



PROYECTO DE DESARROLLO  
TECNOLOGICO DE LAS  
INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA  
POTABLE Y ALCANTARILLADO

CONFERENCIAS DE UN SIMPOSIO Y TALLERES  
SOBRE OPERACION Y MANTENIMIENTO  
SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA  
POTABLE Y ALCANTARILLADO

LIBRARY  
INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE  
FOR COMMUNITY WATER SUPPLY AND  
SANITATION (IRC)

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD  
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la  
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD



CENTRO PANAMERICANO  
DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS  
DEL AMBIENTE

DTIAP-4159

La presente publicación incluye las conferencias presentadas en un Simposio y un Taller sobre Operación y Mantenimiento de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado celebrados en el CEPIS, Lima, Perú, del 13 al 17 de agosto y del 22 al 26 de octubre de 1979 respectivamente.

Estos eventos se llevaron a cabo como parte de las actividades del Proyecto para el Desarrollo Tecnológico de las Instituciones de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado (DTIAPA).

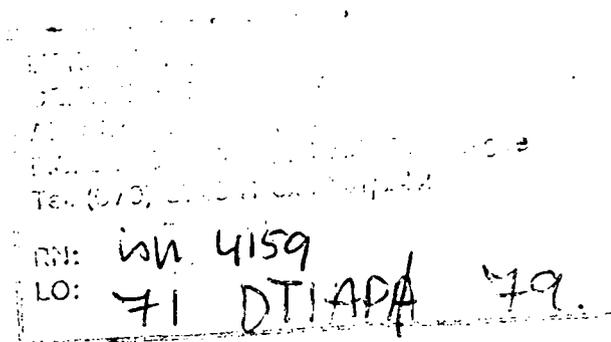
Las personas interesadas en obtener más información sobre estos eventos pueden solicitar al CEPIS la Memoria de los mismos.

Todos los trabajos son de responsabilidad exclusiva de los respectivos autores. Asimismo, la mención en esta publicación de equipos o marcas patentadas se hace solo con propósitos ilustrativos. Esto no implica la recomendación ni la preferencia por dichos productos, de parte de la Oficina Sanitaria Panamericana / Organización Mundial de la Salud, sobre otros similares de marcas o compañías no mencionadas en el texto.

LISTA DE CONFERENCIAS INCLUIDAS EN ESTA PUBLICACION

1. INFORMACION SOBRE EL PROYECTO DESARROLLO TECNOLOGICO DE LAS INSTITUCIONES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO - STOM 1
2. GENERALIDADES SOBRE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO - STOM 2
3. ORGANIZACION PARA LA OPERACION Y EL MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO - STOM 3
4. PROGRAMACION Y EVALUACION EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO - STOM 4
5. PERSONAL NECESARIO PARA LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO. EJEMPLO PARA EL CASO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - STOM 5
6. SUMINISTROS EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO - STOM 6
7. OBRAS DE CAPTACION Y POZOS - STOM 7
8. CONSIDERACIONES PARA LA PREPARACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y OPERACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA - STOM 8
9. CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE BEBIDA - I - STOM 9
10. CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE BEBIDA - II - CRITERIOS Y NORMAS - STOM 10
11. REDES DE DISTRIBUCION - ASPECTOS URBANOS - STOM 11
12. REDES DE DISTRIBUCION - ASPECTOS RURALES - STOM 12
13. CONTROL DE FUGAS EN REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA - STOM 13
14. CONTROL DE DESPERDICIOS EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA - STOM 14
15. REDES DE RECOLECCION - STOM 15
16. ESTACIONES DE BOMBEO - STOM 16
17. DISPOSICION FINAL - I: Sinopsis de una conferencia - STOM 17  
DISPOSICION FINAL - II: Alternativas - STOM 17
18. MANEJO Y CONTROL DE PROCESOS EN OPERACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - STOM 18

19. PAPEL DEL LABORATORIO EN EL CONTROL DE CALIDAD - STOM 19
20. CONTROL DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA - EQUIPO BASICO PARA UN LABORATORIO DE AGUAS - STOM 20
21. POLITICAS DE RECURSOS HUMANOS EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO - STOM 21
22. POLITICAS DE ADIESTRAMIENTO EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO - STOM 22
23. CAPACITACION DEL PERSONAL REQUERIDO EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO - STOM 23
24. EJECUCION DE PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO - STOM 24



PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

INFORMACION SOBRE EL PROYECTO  
DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

Ing. Rodolfo Sáenz Forero  
Coordinador del Proyecto DTIAPA

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA  
Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS)  
Lima - Perú  
1980

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

I PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

Antecedentes

El Gobierno del Perú y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) suscribieron, en febrero de 1978, un convenio sobre cooperación técnica no reembolsable para la realización de un proyecto de desarrollo tecnológico de las instituciones encargadas del abastecimiento de agua potable y de la recolección y tratamiento de aguas residuales en el Perú y otros países latinoamericanos, miembros del BID, particularmente en los signatarios del Acuerdo de Cartagena, proyecto que se ejecutará a través de los entes peruanos a cargo de los servicios de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, con la colaboración de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), a través del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

Funciones de los organismos participantes

El BID es el organismo que financia el Proyecto en su carácter de Administrador del Fondo Fiduciario de Progreso Social para el otorgamiento de recursos no reembolsables de cooperación técnica, habiendo asignado un aporte de US\$1'300,000 para el desarrollo de las actividades previstas.

La Corporación Financiera de Desarrollo (COFIDE) actúa como agente financiero del Gobierno Peruano.

El Instituto Nacional de Planificación (INP) tiene a su cargo la coordinación y supervisión general de los aspectos técnicos y operativos del Proyecto.

La OPS es el organismo ejecutor a través del CEPIS, entidad que desarrollará el Proyecto en coordinación con la Oficina del Area IV de la OPS y con el apoyo de un Comité Técnico constituido por el Gobierno Peruano. Además, la OPS hará un aporte representado en servicios profesionales, gastos administrativos y apoyo global al Proyecto, con base en su capacidad instalada.

Organización para la ejecución

El Gobierno del Perú ha constituido, de acuerdo con los términos del Convenio firmado con el BID, un Comité Técnico para apoyar, supervisar y evaluar el Proyecto, Comité que está integrado por representantes del INP, del Ministerio de Vivienda y Construcción, del Ministerio de Salud y de la OPS.

Las instituciones de abastecimiento de agua potable y alcantarillado del Perú constituirán o designarán sus propias unidades para la ejecución de actividades que se lleven a cabo con el apoyo del Proyecto DTIAPA.

La OPS, a su vez, ha establecido en el CEPIS una Unidad de Coordinación y Apoyo Logístico desde la cual se dirige el Proyecto y se organizan los eventos y la ejecución de las actividades que se desarrollarán a través de, y en común acuerdo con, las Instituciones de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado (IAPA). El CEPIS colaborará, además, con el apoyo de su capacidad instalada.

#### Campo de acción

El propósito general del Proyecto DTIAPA es el de establecer y/o fomentar la aplicación de prácticas y procedimientos que permitan el desarrollo tecnológico de las IAPA, tanto en las zonas rurales como urbanas, para prestar un servicio más eficiente. Estas prácticas y procedimientos deben ser compatibles con las condiciones socioeconómicas de los países latinoamericanos, especialmente con las de los países del Grupo Andino y del Perú, donde tendrán su primera aplicación.

Para conseguir una mayor eficiencia en la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado deben considerarse cuatro factores fundamentales de desarrollo: tecnológico, institucional, administrativo y socioeconómico.

El Proyecto DTIAPA hace especial énfasis en el desarrollo tecnológico pero se manifiesta la importancia de tener una interacción amplia con los otros factores.

El desarrollo tecnológico debe apoyarse en la transferencia de tecnología, en la investigación, y en la capacitación del personal a todos los niveles. Por esta razón, el Proyecto se propone realizar actividades en cuatro campos básicos: adiestramiento, cooperación técnica, información e investigación, orientados a conseguir (como objetivo global) el desarrollo tecnológico de las IAPA, que se traducirá en una mayor eficiencia de los servicios.

#### Objetivos y actividades para su logro

*Mejor conocimiento de la situación de las IAPA, principalmente en lo que se refiere a operación y mantenimiento de los servicios.*

Para lo cual se ha previsto la preparación de un documento descriptivo de la organización institucional existente en el Perú para el abastecimiento de agua potable y alcantarillado, con énfasis en los aspectos tecnológicos.

*Mayor rendimiento y mejor servicio de las instituciones.*

Para lograr este objetivo se realizará un estudio detallado de tres instituciones tipo (una Empresa de Saneamiento, una Dirección Regional de la Dirección General de Obras Sanitarias y una Oficina Regional del Ministerio de Salud). Con base en este y otros estudios que se adelanten en el Proyecto se diseñarán modelos de optimización de los servicios y se colaborará con las instituciones nacionales en su implantación.

*Modificación sensible en el nivel técnico del personal del sector.*

Para lo cual se realizarán 20 actividades de adiestramiento (foros, simposios, talleres, cursos, etc.).

*Institucionalización de actividades de capacitación/adiestramiento.*

Con este propósito se diseñarán modelos para el establecimiento de un sistema permanente de adiestramiento y capacitación en las IAPA, y se colaborará con ellas en la implantación de este sistema.

*Establecimiento de metodologías y procedimientos para evaluar los servicios.*

Para lograr este objetivo se ha previsto el diseño de la metodología y de los procedimientos para evaluación y su aplicación en un estudio por muestreo del estado actual de los servicios de agua potable y alcantarillado en el Perú (Investigación 1.1)

*Fomento de la Cooperación Técnica entre Países en Desarrollo (CTPD) y del desarrollo de tecnología apropiada.*

Dentro de las actividades para alcanzar este objetivo se ha previsto la realización de una encuesta de necesidades de cooperación técnica especializada y, basándose en ella, formular un programa para cuya ejecución se contratarán expertos de países latinoamericanos. En el desarrollo de este programa se buscará la utilización de tecnología apropiada para las condiciones locales. También se espera poder diseñar procedimientos de cooperación técnica interpaíses, dentro del Grupo Andino, para mejoramiento de los servicios de agua potable y alcantarillado.

*Desarrollo de material informativo y didáctico.*

Lo cual incluye la preparación de manuales y de material audiovisual para los cursos, el cual será ampliamente difundido entre las IAPA; preparación y/o adaptación de manuales de operación y mantenimiento; y, actualización y adecuación del Manual de Medidores (OPS/BID).

*Sistematización de la realización de estudios especiales y proyectos de investigación.*

Para lo cual se desarrollarán diez proyectos de investigación y se prepararán modelos para la programación y realización de investigación aplicada.

*Sistematización de programas de control de la calidad del agua.*

Se espera conseguir esta sistematización a través de los modelos de optimización de los servicios y con la realización del programa de cooperación técnica especializada.

#### *Desarrollo de nuevas tecnologías.*

Para principios de 1981, cuando se espera tener un año de experiencia en el desarrollo del programa de cooperación técnica especializada, se ha previsto una evaluación y reajuste del mismo. En esa oportunidad se podrán detectar expectativas de nuevas tecnologías que serán desarrolladas en los meses siguientes.

*Mejoramiento del proceso de comunicación entre entidades del sector (a nivel nacional, subregional y regional).*

Con este objetivo se establecerá una "Carta Periódica" como medio informativo del Proyecto DTIAPA; se promoverá la participación de profesionales nacionales en las actividades de adiestramiento, especialmente en las discusiones de grupo y mesas redondas que se realicen para la preparación de guías que orienten la elaboración de manuales, y se propiciará el intercambio de profesionales entre las IAPA.

*Establecimiento de bibliotecas básicas y, cuando sea el caso, de unidades de información en las IAPA.*

Para lograr este objetivo se preparará una lista de textos básicos, obras de referencia y colecciones de publicaciones periódicas necesarias en las IAPA, se establecerán las necesidades físicas, de personal y equipamiento para el establecimiento de las bibliotecas, se adquirirán los principales elementos básicos para iniciar la constitución del acervo bibliográfico y los mobiliarios y equipos indispensables para el almacenamiento y uso, y se brindará adiestramiento en el manejo y utilización del acervo bibliográfico.

*Establecimiento de un sistema de entrega de información a las instituciones, a los profesionales y a los técnicos.*

Con este fin se espera implantar en el Perú, utilizando el CEPIS como punto focal nacional, los dispositivos previstos en REPIDISCA (Red Panamericana de Información y Documentación en Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales) para entrega de información a usuarios institucionales e individuales; efectuar un análisis detallado y mantener actualizado el inventario de fuentes y usuarios de información ya levantado en el Perú; y, diseñar e implantar una rutina para distribución de la información.

## II MODULOS DEL PROYECTO

### MODULO DE INVESTIGACION

Este módulo tiene el propósito de evaluar situaciones, obtener innovaciones tecnológicas y procurar soluciones adecuadas a problemas específicos mediante la investigación.

#### Aspectos a ser considerados en las investigaciones

- Procedimientos de capacitación
- Características socioculturales
- Aspiraciones de los usuarios
- Procedimientos administrativos y operativos
- Materiales
- Procesos unitarios
- Hidrología
- Captaciones y pozos
- Conducción
- Redes de distribución, control de fugas y control de desperdicio
- Equipos
- Cualquier otro que afecte los campos de planeamiento, operación, mantenimiento, producción y tratamiento de agua y recolección y tratamiento de aguas residuales.

#### Posibles proyectos de investigación

Con base en estudios previos realizados por el CEPIS se elaboró la lista de posibles proyectos de investigación que se detalla a continuación:

#### Area (i) Evaluación, planeamiento, administración

Proyecto 1.1: Situación actual y proyecciones futuras de los servicios de abastecimiento de agua y de recolección y tratamiento de aguas residuales en el Perú.

Proyecto 1.2: Desarrollo de un sistema para mantener costos actualizados de las obras de abastecimiento de aguas y de recolección de aguas residuales.

Proyecto 1.3: Recolección de información para el desarrollo de criterios de diseño para que la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable y alcantarillado y sus costos se ajusten a las características socioeconómicas de las comunidades.

#### Area (ii) Conducciones y redes

Proyecto 2.1: Desarrollo de procedimientos para evaluar el funcionamiento de redes de distribución de agua.

Proyecto 2.2: Control de fuga en sistemas de distribución de agua.

Proyecto 2.3: Control de desperdicio en sistemas de abastecimiento de agua.

Proyecto 2.4: Desarrollo de criterios para el establecimiento de medición en los sistemas de distribución de agua.

Proyecto 2.5: Estudios sobre técnicas de distribución de agua potable.

Proyecto 2.6: Reguladores del consumo de agua.

Proyecto 2.7: Técnicas para disminuir el consumo de agua en instalaciones intradomiciliarias.

Proyecto 2.8: Estudios sobre suministro de agua a la población rural, evaluación de las soluciones técnicas aplicadas.

Area (iii) Producción y tratamiento del agua para consumo humano. Tratamiento de aguas residuales. Desinfección. Control de la calidad del agua.

Proyecto 3.1: Desarrollo de sistemas para potabilizar aguas superficiales en pequeñas comunidades.

Proyecto 3.2: Desarrollo de una metodología para la evaluación del rendimiento y eficiencia de plantas de tratamiento de agua.

Proyecto 3.3: Remoción de color en aguas de la Amazonía.

Proyecto 3.4: Desarrollo de métodos para control de la calidad del agua para consumo humano, aplicables a zonas de difícil acceso o que disponen de pocos recursos para llevar a cabo el control.

Proyecto 3.5: Lagunas para tratar aguas residuales con el propósito de reusarlas en riego.

Area (iv) Materiales, productos químicos y equipos utilizados en el suministro de agua potable y recolección y tratamiento de aguas residuales.

Proyecto 4.1: Producción local de materiales y sustancias químicas para uso en plantas de tratamiento de agua.

Proyecto 4.2: Problemas de operación y mantenimiento de equipos de bombeo para pozos y sus posibles soluciones.

Proyecto 4.3: Desarrollo de equipos simplificados para análisis de agua.

**MODULO DE ADIESTRAMIENTO**

El propósito de este módulo es colaborar en los esfuerzos que se hagan para establecer un sistema de adiestramiento permanente en los entes de abastecimiento de agua y alcantarillado.

Estudios preliminares indican que en el período 1981-1990 se tendrá que adiestrar en los países del Grupo Andino más de 35,000 personas distribuidas de la siguiente manera:

Bolivia	3,000
Colombia	13,000
Ecuador	4,000
Perú	8,000
Venezuela	7,000

Se considera que una capacitación masiva como ésta requiere el establecimiento de sistemas de adiestramiento permanentes y autosuficientes. El Proyecto DTIAPA está en condiciones de colaborar en la organización de los sistemas de adiestramiento y en la realización de cursos, talleres y otras tareas de tipo docente que sean desarrolladas a su vez por los países con las adaptaciones del caso.

El módulo de adiestramiento se inició en mayo de 1979 con un Foro sobre Desarrollo Tecnológico de las Instituciones de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, al que asistió el nivel superior de decisión del sector en el Perú y los otros cuatro países del Grupo Andino.

El Proyecto prevé la realización de cursos a nivel profesional y para técnicos y supervisores de operación y mantenimiento.

**MODULO DE INFORMACION TECNICA Y CIENTIFICA**

La República del Perú está incluida entre los países que formarán parte de la Red Panamericana de Información y Documentación en Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales (REPIDISCA). El presente Proyecto pretende, sin salirse de este marco, utilizar al Perú como país modelo para definir la operación interna en los Países Miembros de la Red. Con esto se lograrán cuatro objetivos básicos:

- Establecer un mecanismo interno de selección y divulgación de información entre las diferentes regiones y localidades del Perú.
- Dar acceso a las localidades peruanas a la información de carácter internacional disponible por parte de la REPIDISCA.
- Nutrir la REPIDISCA con información procedente de todas las localidades del Perú.
- Estudiar desde el CEPIS un modelo de organización de los "centros focales" de información que, con los ajustes y adaptaciones correspondientes, sirva de base para constituir dichos centros en los diferentes países.

En la República del Perú se han llevado a cabo diversas actividades técnicas y científicas en el campo de las ciencias ambientales y la ingeniería sanitaria. Estas labores han estado ligadas al ejercicio privado de las profesiones (ingeniería, biología, química, etc.), a los centros de enseñanza superior, a la Dirección General de Obras Sanitarias del Ministerio de Vivienda y Construcción, a la Dirección de Ingeniería Sanitaria del Ministerio de Salud y a las Empresas de Saneamiento de Lima, Arequipa y Trujillo. Existen en todas estas entidades numerosos trabajos (tesis de grado, informes técnicos, estudios, investigaciones, etc.), que siendo de interés nacional e internacional, no trascienden la divulgación a nivel local o, en muchos casos, carecen totalmente de divulgación, lo que perjudica el desarrollo tecnológico del país, pues impide el efecto beneficioso de la interacción entre diferentes experiencias y diferentes talentos.

Existe en el Perú un buen acopio de información sobre aspectos técnicos y científicos en el campo de la ingeniería sanitaria y las ciencias del ambiente, que no es utilizado con la amplitud que se debiera por falta de los canales de transferencia adecuados.

Este Proyecto se propone utilizar, durante un período de 24 meses, al CEPIS como "centro focal" de información en el Perú. Entre los aspectos técnicos a considerar están los siguientes:

- Creación de estímulos adecuados para que la práctica profesional privada y las industrias relacionadas se incorporen al sistema.
- Mecanismos de recepción y envío de información.
- Mecanismos de selección.
- Mecanismos de clasificación y almacenamiento, recuperación y disseminación de la información.
- Áreas técnicas y científicas en que se debe clasificar la información  
Otras modalidades de clasificación.
- Estructuración de noticieros periódicos sobre información y referencias disponibles.
- Equipos para acopio, reproducción y manejo de información.
- Otros.

#### MODULO DE COOPERACION TECNICA

Desde hace más de 25 años la OPS presta cooperación técnica a los Países Miembros en el campo de la ingeniería sanitaria y las ciencias del ambiente, inicialmente a través de los ingenieros sanitarios destacados por la OPS/OMS en los

diferentes países y, posteriormente, al crearse el CEPIS, con el apoyo adicional de este Centro. Estas labores de cooperación técnica son dirigidas por la División de Protección de la Salud Ambiental.

Dentro de estas actividades, las correspondientes a abastecimiento de agua y recolección y tratamiento de aguas residuales han sido atendidas por el CEPIS con especial atención. Es así como el CEPIS cuenta con ingenieros especialistas en control de polución de aguas, tratamiento de agua, tratamiento de aguas residuales y química del agua y laboratorios.

Especial importancia se dará dentro de este módulo a la cooperación técnica para el establecimiento de sistemas de adiestramiento permanentes y autosuficientes lo mismo que a la aplicación de metodologías avanzadas de adiestramiento y producción de materiales didácticos.

Al elaborarse el Proyecto DTIAPA se pensó en incluir un módulo de cooperación. Existen muchos problemas de operación para los que puede ser muy útil la asesoría de la OPS/OMS y del CEPIS, la cual puede ser en los campos de desarrollo institucional, administración, hidrología y manejo de cuencas hidrográficas, manejo de acuíferos subterráneos, control de salinidad en acuíferos, tratamiento de agua, tratamiento de aguas residuales, reuso de aguas residuales, química del agua, laboratorios para análisis de agua, etc.

El CEPIS procederá a hacer un estudio sobre los requerimientos de cooperación técnica de los diferentes entes a cargo de la operación y mantenimiento de los servicios. Determinará áreas prioritarias de asesoría y adecuará su capacidad de asesoría, ya sea con personal de planta o contratado, para las prioridades señaladas. Esta actividad será realizada en coordinación y consulta con la Oficina del Area IV de la OPS.

Los proyectos de asistencia técnica que se lleguen a realizar se ejecutarán dentro de la modalidad seguida por el CEPIS. Contarán con el apoyo técnico de los especialistas del Centro en las áreas de polución de agua, química del agua y laboratorios, tratamiento del agua, tratamiento de aguas residuales o de especialistas contratados a corto plazo para proyectos determinados. Los laboratorios, sector de información, secretaría, imprenta, servicios administrativos y demás recursos del CEPIS darán apoyo a los proyectos.

Se dará especial importancia a la cooperación técnica que se solicite en la formación de sistemas de adiestramiento permanentes.

#### III RESULTADOS

Desde su etapa inicial el Proyecto DTIAPA ha sido concebido como un factor de cambio hacia la optimización de la eficiencia de las IAPA. Lo anterior implica

que los resultados obtenidos no se podrán evaluar a través del Proyecto en sí, sino del impacto de éste en el sector. Tiene mayor importancia el efecto residual que deje implementado el Proyecto que las realizaciones del Proyecto en sí.

Por ejemplo, el Proyecto DTIAPA no podrá adiestrar más de 500 personas directamente y sólo en la subregión andina requieren capacitación más de 35,000 personas. Sin embargo, a través del esfuerzo del Proyecto DTIAPA se pueden originar sistemas, metodologías y materiales didácticos que faciliten la continuación de las actividades por las propias instituciones. La mejor cooperación técnica será la que tienda a capacitar a las instituciones para llevar a cabo su propio desarrollo tecnológico a través de la creación de sistemas permanentes de adiestramiento, investigación, información técnica, etc.

Por consiguiente, del Proyecto DTIAPA se esperan los siguientes resultados:

1. Establecimiento de sistemas de adiestramiento permanentes en algunas instituciones del sector y, de ser posible, un sistema nacional autofinanciado.
2. Desarrollo de por lo menos 20 actividades de adiestramiento, con capacitación de por lo menos 500 personas y producción de metodologías y materiales didácticos que faciliten adiestramiento adicional a cargo de las IAPA.
3. Desarrollo de unidades de investigación en algunas IAPA y capacitación de personal en investigación.
4. Realización de diez investigaciones y/o estudios especiales sobre tópicos relacionados con sistemas de abastecimiento de agua o alcantarillado.
5. Adquisición de algunos equipos para control de operación de sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado.
6. Definición de áreas en que se requiera cooperación técnica y realización de algunas consultorías tendientes a mejorar el desarrollo tecnológico de las IAPA.
7. Iniciación de las actividades de la REPIDISCA en el Perú y apoyo a las mismas.
8. Desarrollo de las demás actividades propuestas para el logro de los objetivos planteados.

#### IV ESTRATEGIA

Las estrategias a seguir varían en los diferentes módulos del Proyecto DTIAPA. Por consiguiente, se discutirá cada módulo por separado a pesar de que todos se complementan entre sí.

#### MODULO DE INVESTIGACION

Las investigaciones propuestas serán llevadas a cabo directamente por las IAPA interesadas, las cuales tendrán que designar una unidad responsable de las mismas. El Proyecto DTIAPA colaborará en la programación de las mismas con asesoría técnica, en organización, compras y suministros, evaluación y preparación de informes.

El laboratorio del CEPIS podrá apoyar algunas de las investigaciones.

Las relaciones entre las entidades participantes y el CEPIS se podrá definir mediante cartas-intención o convenios.

#### MODULO DE ADIESTRAMIENTO

Se estima que sólo en el Perú se requiere adiestrar a más de 8,000 personas y que en los países del Grupo Andino el número asciende a 35,000.

Ya se ha dicho que el Proyecto DTIAPA sólo adiestrará directamente a unas 500 personas pero se espera un efecto multiplicador que haga que el impacto del Proyecto llegue a un grupo mucho mayor.

El módulo de adiestramiento tendrá tres componentes:

- a) Apoyo a las IAPA interesadas en establecer sistemas permanentes y autosuficientes de adiestramiento.
- b) Realización de cursos, talleres, simposios, etc., que además de adiestramiento directo permitan desarrollar y experimentar materiales didácticos, metodologías y técnicas de capacitación, que pueden ser usadas por las propias IAPA.
- c) Desarrollo o fortalecimiento de actividades de capacitación para el personal de las IAPA en centros de enseñanza universitaria (UNI) y servicios de adiestramiento técnico e industrial (SENATI).

#### MODULO DE INFORMACION

Este módulo procurará el desarrollo en el Perú del centro focal de REPIDISC, procurando que la experiencia que se obtenga trascienda a otros países del área andina y de la Región.

Especial atención se le dará al intercambio de tecnologías entre los países como forma de promover la CTPD y el uso de tecnologías apropiadas.

- 12 -

#### MODULO DE COOPERACION TECNICA

Los campos en que el Proyecto DTIAPA puede colaborar con las IAPA son muy variados, pudiéndose afirmar que las posibilidades de cooperación del Proyecto son muy limitadas en relación con las necesidades.

Por tal motivo se ha decidido que el profesional a cargo de este módulo, conjuntamente con los ingenieros de la OPS en el Perú, mantengan un contacto permanente con las IAPA que permita definir las actividades prioritarias a realizar.

Los términos de referencia para cada asesoría se desarrollarán conjuntamente entre el CEPIS, el Area IV de la OPS/OMS y las IAPA interesadas.

Aunque el Proyecto DTIAPA es sobre desarrollo tecnológico, las asesorías dentro de este módulo podrían llegar a incluir áreas complementarias o conexas con las actividades técnicas o estudios sobre situaciones que restrinjan el desarrollo tecnológico.

#### V LA IMPLEMENTACION

El Proyecto DTIAPA se está y continuará implementando a través de eventos que se lleven a cabo en el CEPIS, en centros de capacitación o investigación especializados, o en las propias IAPA.

Las actividades se irán definiendo a nivel del Comité Técnico para luego ser implementadas conjuntamente entre el personal de la OPS y las IAPA interesadas.

Para cada actividad del Proyecto se designará el personal requerido, que debe ser aportado por las IAPA, el que participará por la OPS y el que podrá ser contratado con recursos del Proyecto DTIAPA.

Sobre las actividades de acción prolongada se rendirán informes de avance trimestrales además del informe final.

DETERMINACION APROXIMADA DE LA MAGNITUD DEL ADIESTRAMIENTO REQUERIDO  
PARA EL SECTOR ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO EN LOS  
PAISES DEL GRUPO ANDINO DURANTE EL PERIODO DE 1981 - 1990

POBLACION, PERSONAL TOTAL Y DEL AREA TECNICA REQUERIDO Y PERSONAL POR CAPACITAR EN LOS  
PAISES DEL GRUPO ANDINO EN EL PERIODO 1981 - 1990

PAIS	POBLACION TOTAL PARA EL AÑO 1990 (en millones)	PERSONAL REQUERIDO SI HAY COBERTURA DEL 100% (en miles)	PERSONAL REQUERIDO EN EL AREA TECNICA (en miles)	PERSONAL POR CAPACITAR SI SE QUIERE CUBRIR EL 50% DEL PERSONAL (en miles)
Bolivia	9	9	6	3
Colombia	39	39	26	13
Ecuador	12	12	8	4
Perú	24	24	16	8
Venezuela	21	21	14	7
	105	105	70	35

1=1,000 = Índice de personal vs. población servida en agua y alcantarillado, si la cobertura es del 100%

2/3 Personal del Area Técnica

1/3 Personal del Area Administrativa

PERSONAS POR CAPACITAR EN LOS PAISES DEL GRUPO ANDINO EN EL PERIODO 1981 - 1990  
EN EL AREA TECNICA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO

PAIS	TOTAL	NIVEL PROFESIONAL (5%)	NIVEL TECNICO DE SUPERVISION (15%)	OPERADORES Y OBREROS ESPECIALIZADOS (30%)	OTROS (50%)
Bolivia	3,000 (126)	150 (13)	450 (38)	900 (75)	1,500 *
Colombia	13,000 (542)	650 (54)	1,950 (163)	3,900 (325)	6,500 *
Ecuador	4,000 (167)	200 (17)	600 (50)	1,200 (100)	2,000 *
Perú	8,000 (333)	400 (33)	1,200 (100)	2,400 (200)	4,000 *
Venezuela	7,000 (291)	350 (29)	1,050 (87)	2,100 (175)	3,500 *
TOTAL GRUPO ANDINO	35,000 (1459)	1,750 (146)	5,250 (438)	10,500 (875)	17,500 **

( ) : Número de eventos de adiestramiento suponiendo dos por persona en grupos de 24.

\* Adiestramiento en servicio y programas regulares de educación y capacitación para adultos.

EVENTOS A REALIZAR POR AÑO EN EL PERIODO 1981 - 1990 EN LOS PAISES DEL  
GRUPO ANDINO PARA CAPACITAR PERSONAL DEL AREA TECNICA DE LOS SERVICIOS DE  
AGUA Y ALCANTARILLADO

- 3 -

PAIS	TOTAL	NIVEL PROFESIONAL (5%)	NIVEL TECNICO DE SUPERVISION (15%)	OPERADORES Y OBREROS ESPECIALIZADOS (30%)	OTROS (50%)
Bolivia	14	2	4	8	*
Colombia	56	6	17	33	*
Ecuador	17	2	5	10	*
Perú	34	4	10	20	*
Venezuela	30	3	9	18	*
Total Grupo Andino	151	17	45	89	*

\* Adiestramiento en servicio y programas regulares de educación y capacitación para adultos.

- 4 -

DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO

EVENTOS O ACTIVIDADES

Nº DE PARTICIPANTES

NIVEL

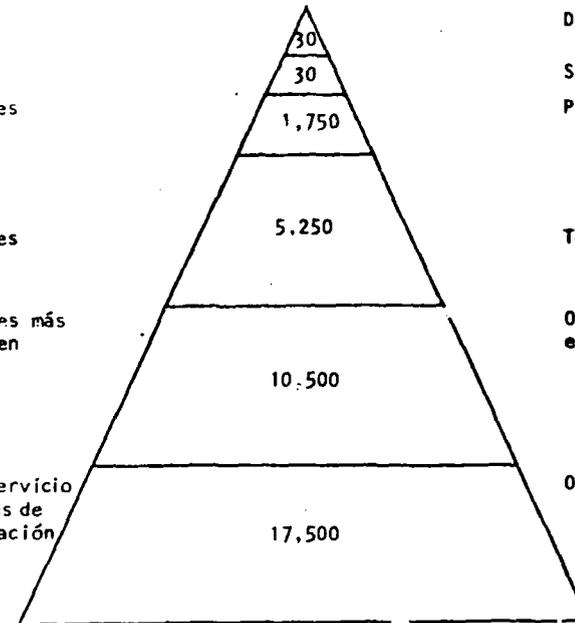
1 Foro  
1 Simposio  
146 cursos o talleres

438 cursos o talleres

875 cursos o talleres más adiestramiento en servicio

Adiestramiento en servicio y programas regulares de educación y capacitación para adultos

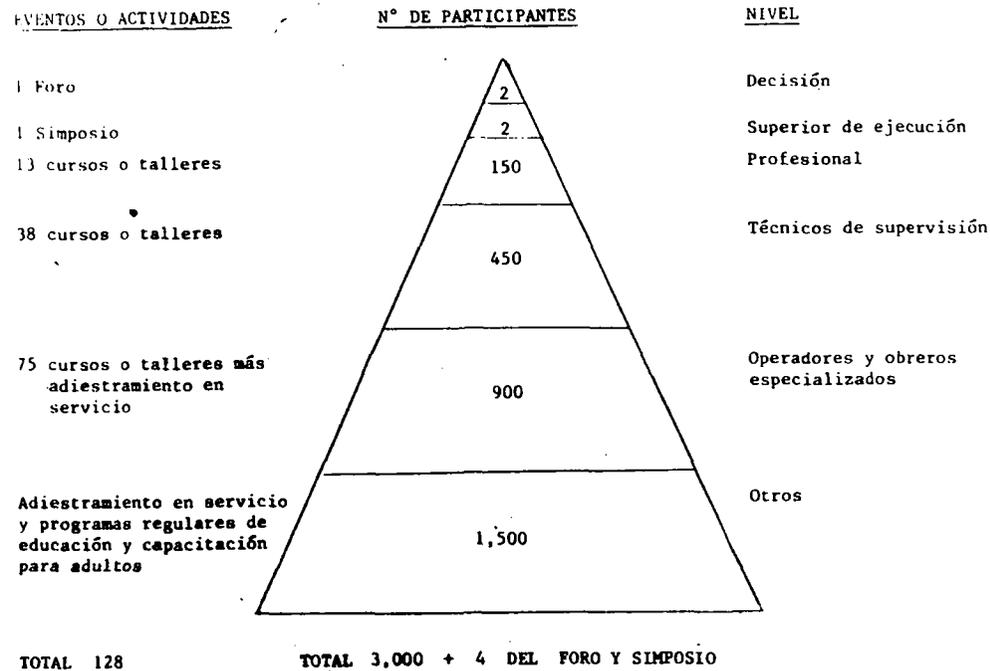
TOTAL 1,461



TOTAL 35,000 + 60 DEL FORO Y SIMPOSIO

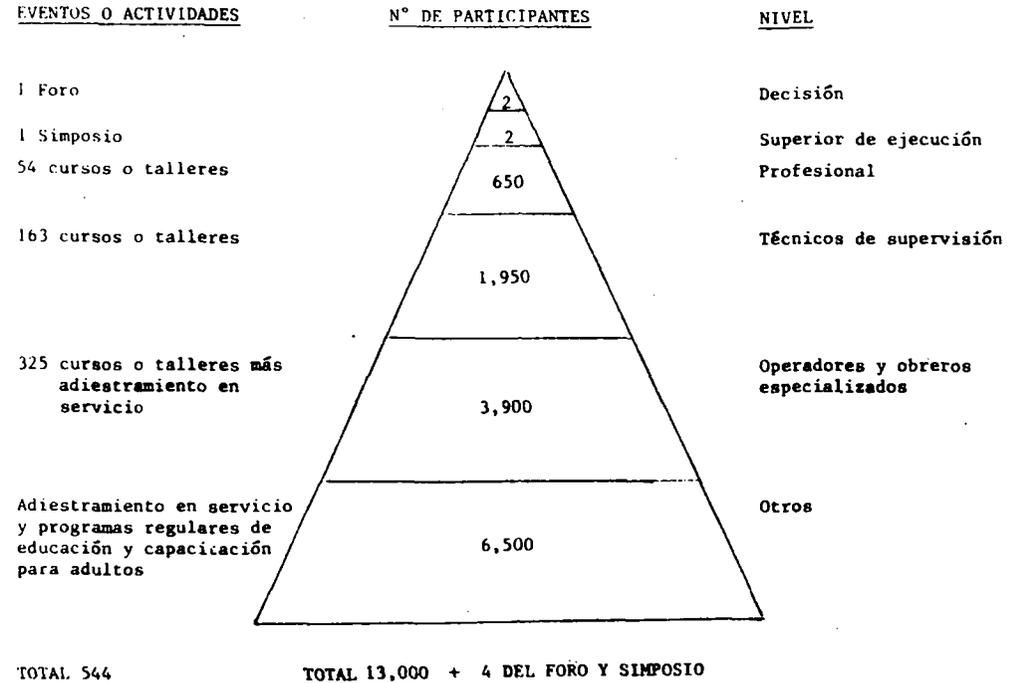
EVENTOS POR REALIZAR Y NUMERO DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN LOS  
PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO PARA PAISES DEL GRUPO ANDINO  
PERIODO 1981 - 1990

DESARROLLO TECNOLOGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO



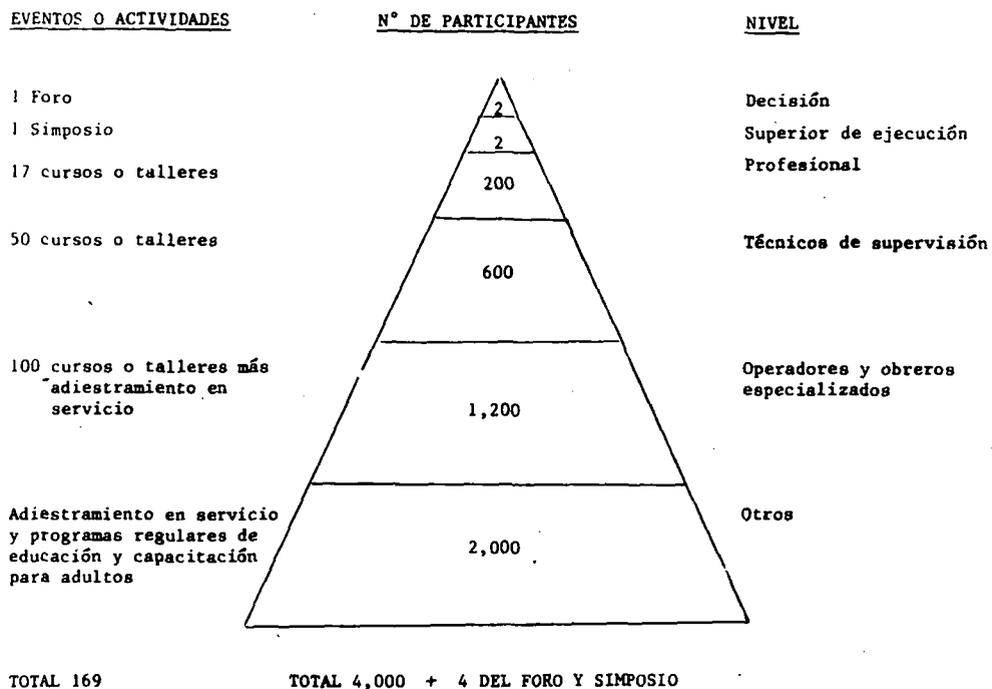
EVENTOS POR REALIZAR Y NUMERO DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN LOS  
PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO PARA BOLIVIA  
PERIODO 1981 - 1990

DESARROLLO TECNOLOGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO



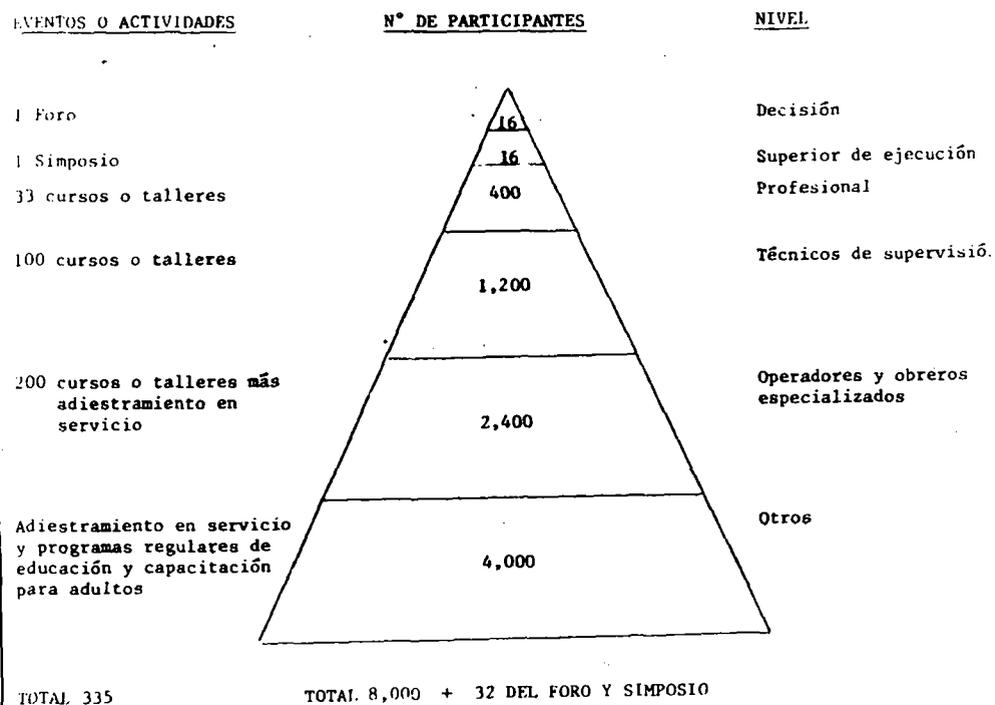
EVENTOS POR REALIZAR Y NUMERO DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN LOS  
PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO PARA COLOMBIA  
PERIODO 1981 - 1990

DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO



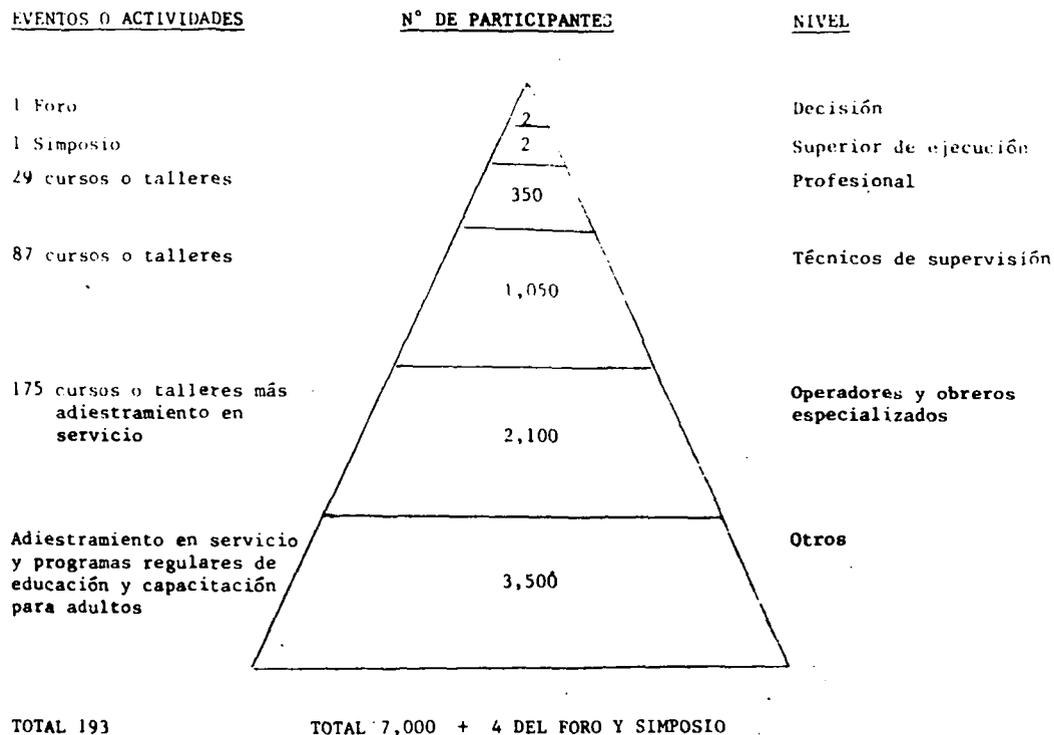
EVENTOS POR REALIZAR Y NUMERO DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN LOS  
PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO PARA ECUADOR  
PERIODO 1981 - 1990

DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO



EVENTOS POR REALIZAR Y NUMERO DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN LOS  
PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO PARA PERU  
PERIODO 1981 - 1990

DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO



ESTRATEGIA PROPUESTA PARA  
LA CAPACITACION DEL PERSONAL REQUERIDO

EVENTOS POR REALIZAR Y NUMERO DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN LOS  
PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO PARA VENEZUELA  
PERIODO 1981 - 1990

Al llegar al año 1980 cerca de la mitad de la población de los países del Grupo Andino contará con servicios de abastecimiento de agua mediante conexión directa o fácil acceso. Aunque no existe en todos los casos un control riguroso de la calidad del agua que se distribuye hay algunos estudios que indican que en muchos lugares ésta no es potable.

Si para el año 1990 se quiere extender el servicio a toda la población, y que además éste sea confiable, habrá que duplicar las instalaciones y el personal de operación y mantenimiento. Esto implica una labor gigantesca en capacitación de personal.

Si bien los niveles o categorías en que se necesita adiestramiento son muy variados, por simplicidad se han establecido seis niveles, los que se muestran en el siguiente cuadro:

Nivel	%	Personal involucrado	
		PERU	GRUPO ANDINO
Decisión Superior de Ejecución Profesional	5*	432	1,810
Técnicos de Supervisión	15	1,200	5,250
Operadores y Obreros Especializados	30	2,400	10,500
Otros	<u>50</u>	<u>4,000</u>	<u>17,500</u>
TOTAL	100	8,032	35,060

\* Tradicionalmente todos los esfuerzos de adiestramiento se han concentrado en estas categorías.

O sea que, según este análisis, durante el período 1980-1990 habrá que adiestrar en el Perú a más de 8,000 personas, y en los países del Grupo Andino a más de 35,000.

Una tarea de esta magnitud sólo puede ser realizada con buen éxito estableciendo en cada país un "Sistema Permanente y Autosuficiente de Adiestramiento" para el sector agua potable y alcantarillado.

Según el "Manual de Adiestramiento para Servicios de Agua y Alcantarillado en Países en Desarrollo" (1), los elementos más importantes que han de tenerse en cuenta para implantar el programa son:

1. Inventario del personal disponible (o requerido).
2. Inventario de recursos para el adiestramiento.
3. Política de personal y de adiestramiento, que incluya un plan de formación de personal.
4. Estructura orgánica del sistema de adiestramiento.
5. Presupuesto (realmente financiado).
6. Metodologías de adiestramiento adecuadas.
7. Material didáctico apropiado.
8. Adiestramiento y formación del grupo de instructores.
9. Evaluación de la efectividad del sistema.

En el presente trabajo se pretende hacer varios comentarios sobre los puntos anteriores. No se hará especial referencia a los puntos 1, 2 y 3 por cuanto son obvios y de alguna manera se están tomando en cuenta en todo ente de abastecimiento de agua y alcantarillado. En relación con estos tres aspectos, el más importante sería la coordinación de estas actividades con el Sistema de Adiestramiento.

Estructura orgánica del Sistema de Adiestramiento

Será diferente en cada país según sea la modalidad que se haya establecido para la prestación de los servicios. A continuación se discute cuál podría ser su forma.

En la figura 1 se muestra la posible estructura orgánica de un sistema de adiestramiento en el sector agua potable y alcantarillado. En la figura 2 se propone la estructura orgánica de un "Instituto para el Adiestramiento en el Sector Agua Potable y Alcantarillado".

Ambos esquemas se inspiran en la organización para el adiestramiento existente en la industria. ¿Por qué no imitarla? ¿No es el servicio de agua potable y alcantarillado una industria? ¿Cuántas veces hemos estado en lugares donde hay industrias que funcionan bien porque hay gente entrenada en la operación y mantenimiento de los equipos industriales; pero al mismo tiempo no funcionan bien ni el acueducto ni el alcantarillado por falta de adiestramiento del personal a cargo de su operación y mantenimiento?

Presupuesto

Sería prematuro en estos momentos indicar cuál es el presupuesto requerido para establecer un sistema de adiestramiento permanente y autosuficiente. Pero sí puede servir como guía el hecho de que en algunos países se ha financiado el adiestramiento para la industria y el comercio con un cargo del uno por ciento

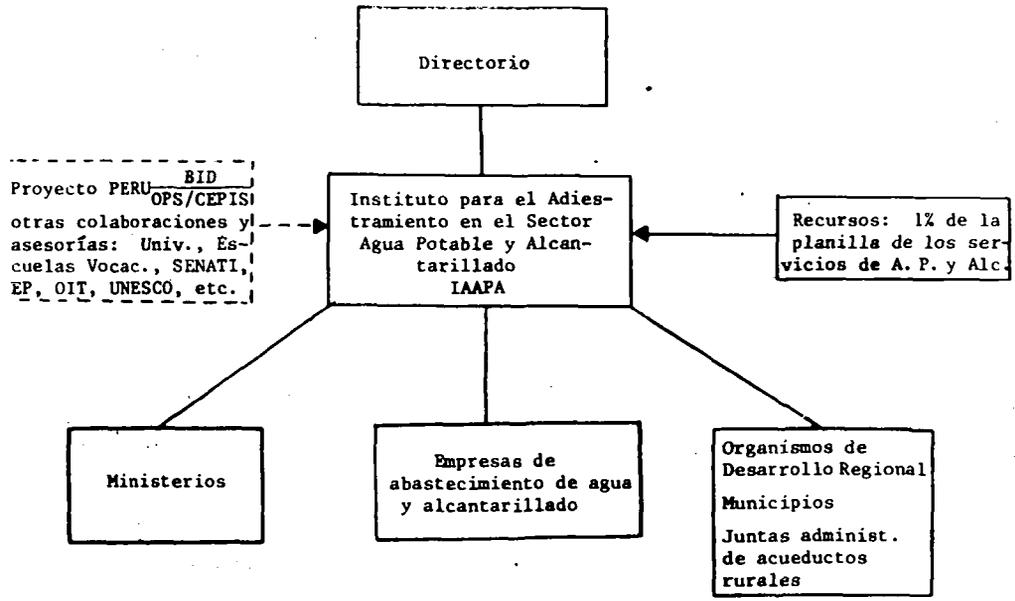


Figura 1

POSIBLE ESTRUCTURA ORGANICA DE UN SISTEMA DE ADIESTRAMIENTO EN EL SECTOR AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

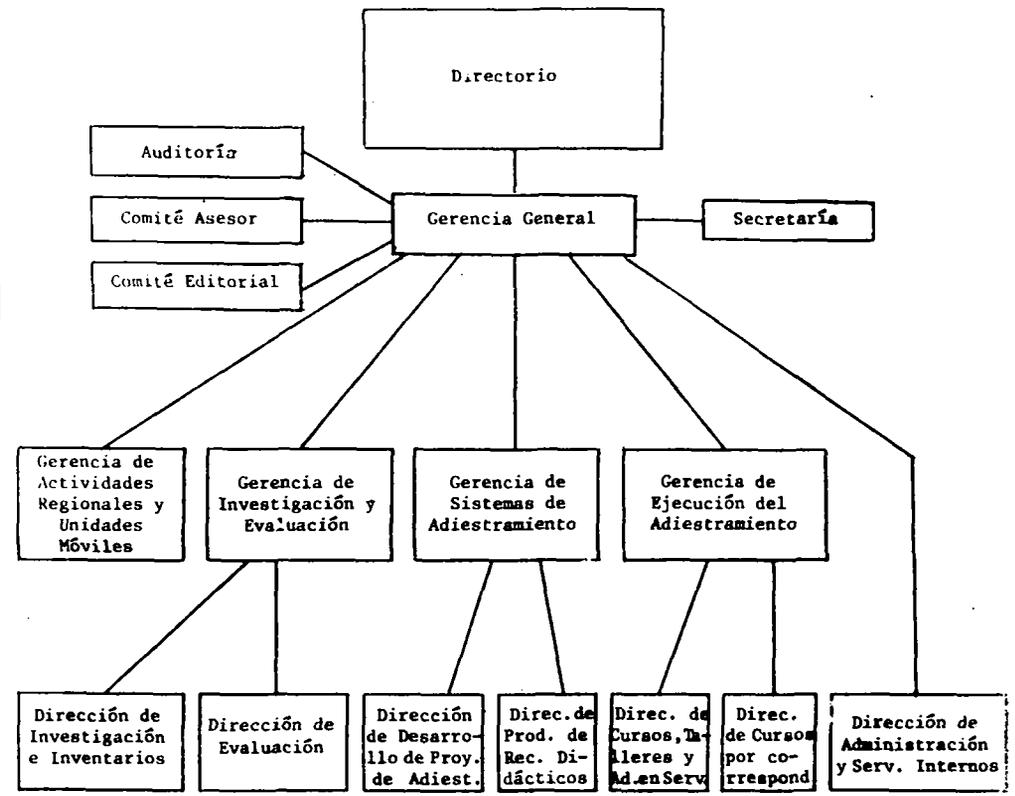


Figura 2

POSIBLE ESTRUCTURA ORGANICA DE UN INSTITUTO PARA EL ADIESTRAMIENTO EN AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

sobre los salarios. La experiencia indica que la única forma de tener un sistema de adiestramiento autosuficiente consiste en crearle rentas propias.

Por otra parte hay numerosos estudios, experiencias e investigaciones que indican que el dinero gastado en adiestramiento siempre es una buena inversión. (2)

Los programas de adiestramiento para los servicios de abastecimiento de agua en la América Latina tradicionalmente han cubierto únicamente la parte más alta de la pirámide ocupacional (ver anexo I). Si realmente se quieren operar eficientemente los sistemas de agua potable y alcantarillado es necesario llevar adiestramiento a todos los niveles; esto hace que el volumen requerido sea muy grande y el costo muy alto. Sin embargo, esta es la única forma en que se podrá llegar a tener un servicio confiable.

Para 1990 la inversión que hayan hecho los países latinoamericanos en agua potable y alcantarillado excederá los 30 mil millones de dólares. El buen funcionamiento de las obras hechas con esa inversión depende de que se destinen los recursos necesarios para adiestrar al personal responsable de su operación y mantenimiento.

Metodologías de adiestramiento adecuadas

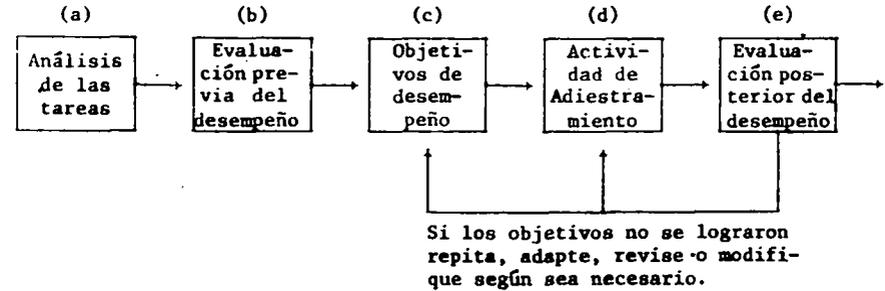
Quando se planea adiestramiento en la industria, y en este caso adiestramiento en la industria de abastecimiento de agua y alcantarillado, se debe pensar en términos de "adiestramiento por objetivos de desempeño", si se trata de los individuos; y en "adiestramiento por objetivos de calidad de servicio" si se trata del "sistema de adiestramiento". Se debe además dar a los empleados la oportunidad de fortalecer su cultura general, pero esto iría en un programa paralelo cuya prioridad es menor en las circunstancias actuales y cuyos alcances caen fuera de los objetivos de esta discusión.

El adiestramiento en la industria del abastecimiento de agua y alcantarillado confronta problemas de cantidad y calidad.

Hay una gran cantidad de gente por adiestrar a niveles muy variados (ver anexo I). Este adiestramiento masivo se simplifica aplicando conceptos como "adiestramiento de adiestradores" y "adiestramiento en servicio". (3)

El adiestramiento de adiestradores procura que los supervisores de operación y mantenimiento, lo mismo que obreros especializados, comprendan que parte de su responsabilidad en el trabajo es enseñar, de manera tal que además de ser adiestrados técnicamente en la forma más efectiva, reciben cursos sobre cómo mejorar su habilidad para comunicarse, técnicas de instrucción, etc. De esta manera se logra que sean agentes de cambio y superación técnica en las empresas, y su labor misma de supervisión se convierta en una actividad permanente de adiestramiento en servicio, la cual conviene que sea apoyada con manuales e información específica.

El problema de calidad de adiestramiento se puede definir de una manera muy simple: cada individuo debe saber hacer bien las tareas a su cargo. Esto nos lleva al concepto de "adiestramiento por objetivos de desempeño" y de "aproximación sistemática hacia el adiestramiento óptimo". (3) Estos conceptos se tratan de presentar por medio del siguiente diagrama:



Aproximación sistemática hacia el adiestramiento óptimo

El proceso consiste en: (a) analizar y definir las diferentes tareas que tiene que llevar a cabo cada individuo; (b) evaluar su habilidad o desempeño; (c) definir los objetivos de desempeño o desempeño ideal; (d) desarrollar alguna actividad de adiestramiento para ayudar al individuo a lograr los objetivos de desempeño; (e) evaluar el desempeño con posterioridad a la actividad de adiestramiento. Si esta última evaluación indica que el individuo aún no alcanza en su trabajo los objetivos de desempeño previstos, se deberá repetir el proceso de adiestramiento, adaptarlo, revisarlo o modificarlo. Habrá algunos casos en que la solución será reubicar al individuo de acuerdo con su nivel real de competencia.

Material didáctico apropiado

En el párrafo anterior se ha insistido en que el adiestramiento por objetivos de desempeño se propone lograr que cada individuo sepa hacer bien las tareas a su cargo. Para lograr lo anterior se requiere que el material didáctico a utilizar permita a los alumnos aprender "haciendo las cosas" en presencia de un instructor calificado que les indique las acciones correctivas o de perfeccionamiento que sean necesarias. El aula de clase, las ayudas audiovisuales, tales como cine, transparencias, dibujos, textos, etc., serán de gran utilidad; pero en última instancia deberá someterse al alumno a una evaluación de desempeño enfrentándolo a condiciones semejantes a las de trabajo.

Una de las mejores prácticas de adiestramiento-desempeño es poner a los alumnos a elaborar o revisar manuales de operación o mantenimiento del área, sector, procesos o aparatos a su cargo. La redacción de estos manuales, o su revisión con sentido crítico, y su evaluación y corrección en el trabajo diario, puede constituir un elemento didáctico excelente, que además coadyuva en la organización y programación de las actividades de operación y mantenimiento.

Adiestramiento y formación del grupo de instructores

Entre más abstracta es una función más fácil es reproducir en un aula o en un curso las condiciones de adiestramiento requeridas para el buen desempeño de la misma.

Entre más práctica es una función más difícil es reproducir en un aula o en un curso las condiciones de adiestramiento requeridas para el buen desempeño de la misma.

Los dos comentarios anteriores y un análisis del número de personas por adiestrar, a los diferentes niveles (ver anexo I), más la realidad de que el adiestramiento es requerido en campos muy diversos, nos lleva a la conclusión de que estamos ante un problema de adiestramiento sumamente complejo. Por consiguiente, no existe una modalidad de adiestramiento aplicable a todos los casos, ni mucho menos una regla para definir cómo se van a formar y adiestrar los instructores.

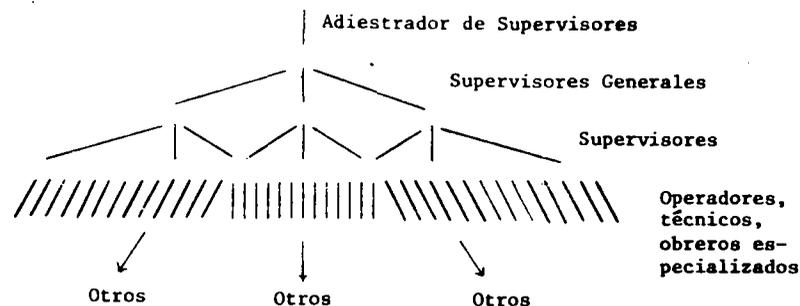
Para mayor simplicidad no serán analizados aquí los niveles de decisión, superior de ejecución y profesional, por cuanto el sistema de enseñanza superior de los países, con el apoyo de algunos consultores, está en capacidad de montar los cursos que sean necesarios.

Ya en el párrafo anterior sobre "Metodologías de adiestramiento" se mencionó el concepto de adiestramiento de adiestradores. A través de este proceso es más factible llegar a capacitar a los operadores, obreros especializados, ayudantes y aún al personal no especializado. Dentro del mismo se pueden usar cursos y talleres; pero el adiestramiento en servicio será la herramienta principal. Hay que concentrar el adiestramiento en los supervisores para lograr un efecto multiplicador como el que se muestra en la siguiente página.

Una buena estrategia puede ser escoger entre los supervisores mejor capacitados técnicamente a los que demuestren mayor habilidad para transmitir conocimientos y darles la formación complementaria para convertirlos en adiestradores de supervisores.

Dentro del Proyecto DTIAPA se ha propuesto que los supervisores reciban un curso general sobre abastecimiento de agua y alcantarillado y un adiestramiento específico en el campo en que van a ser adiestradores. Este curso general se ha previsto para dos niveles de formación escolar diferentes que se

han llamado básico e intermedio. Además, se ha previsto que en algunos casos el curso general sea sólo sobre tratamiento de agua o explotación de aguas subterráneas. Como complemento estos supervisores deberán tener acceso a material didáctico apropiado. Su actividad la llevarán a cabo dentro de un programa de adiestramiento en servicio que prevea el uso de instalaciones de la empresa en el adiestramiento.



Efecto multiplicador del "adiestramiento de adiestradores"

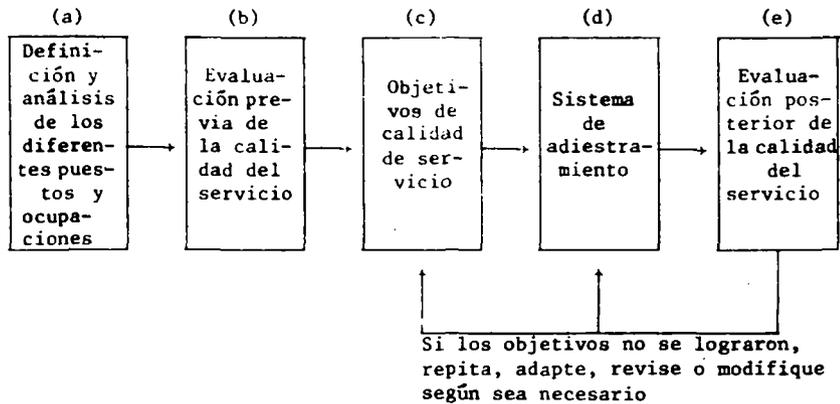
Evaluación de la efectividad del sistema

La efectividad de un sistema de adiestramiento existente en una entidad de abastecimiento de agua o alcantarillado se mide por el mejoramiento en la calidad del servicio. También es un indicador importante el costo del servicio.

Se deben establecer los objetivos de calidad de servicio a un costo tal que se considere razonable y lógico dentro de la capacidad de pago de la comunidad servida.

El sistema de adiestramiento tendrá como propósito facilitar el logro de los objetivos de calidad de servicio fijados, mediante capacitación, y la evaluación de su efectividad se hará a través de la medida del grado de cumplimiento de las metas de calidad de servicio.

La misma metodología descrita anteriormente para la aproximación sistemática hacia el adiestramiento óptimo se podría utilizar para procurar un servicio de calidad óptima, tal como se indica a continuación.



Aproximación sistemática hacia un servicio de calidad óptima

Ejemplo

En una planta de tratamiento de agua para una ciudad latinoamericana se decidió capacitar al supervisor de operaciones, enviándolo a un curso y dándole la oportunidad de permanecer varias semanas en otras plantas de tratamiento en las que se sabía que la operación era muy eficiente.

La figura 3 ilustra la mejora de la clarificación del agua después del programa de adiestramiento en que participó este supervisor de la planta.

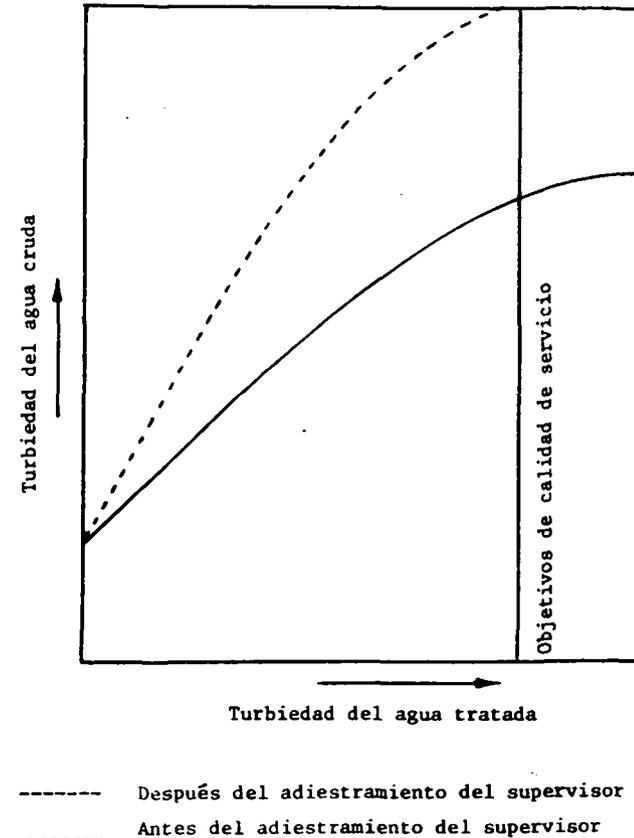


Figura 3

CLARIFICACION DEL AGUA LUEGO DEL PROGRAMA DE ADIESTRAMIENTO DEL SUPERVISOR DE PLANTA

Referencias bibliográficas

1. Manual de adiestramiento de personal para servicios de agua y alcantarillado en países en desarrollo. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, 86(1):79-90, ene. 1979.
2. REAMES, J.P. The benefit/cost relationship in entry job training in water distribution. Washington, D.C., Environmental Protection Agency, s.d.
3. PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. Instructor's manual & planning guide for training of trainers. Barbados, Caribbean Basin Water Management Project, s.d.

STG. 2

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

GENERALIDADES SOBRE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE LOS  
SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Ing. Bernardo Gómez  
Consultor a Corto Plazo OPS/OMS-CEPIS

TALLER PARA INGENIEROS SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 22-26 de octubre de 1979

## C O N T E N I D O

### I INTRODUCCION

### II CONCEPTOS FUNDAMENTALES

#### A. OPERACION

#### B. OPERACION TECNICA

#### C. TIPOS DE OPERACIONES TECNICAS

#### D. MANTENIMIENTO

#### E. TIPOS DE MANTENIMIENTO

##### 1. Mantenimiento correctivo

##### 2. Mantenimiento preventivo

##### 3. Comparación entre los dos tipos de mantenimiento

#### F. RELACIONES ENTRE LA OPERACION Y EL MANTENIMIENTO

### III PRINCIPIOS

#### A. SERVICIO PUBLICO

#### B. SANITARIO

#### C. SEGURIDAD PUBLICA

### IV SITUACIONES QUE SE PRESENTAN

### V ACCIONES Y ELEMENTOS

### I INTRODUCCION

Los puntos que se tratan a continuación corresponden, en su mayor parte, a una serie de conceptos que son ampliamente conocidos por los participantes al Taller pero cuya presentación en forma sistemática se hace indispensable para facilitar las exposiciones y discusiones enfocando los siguientes objetivos: (1) Establecer una base común para las ideas. (2) Delimitar el campo de las actividades de operación y mantenimiento en los sistemas de agua potable y alcantarillado. (3) Analizar las situaciones generales en las cuales se desarrollan esas actividades, así como, el tipo de acciones y los elementos que ellas requieren.

### II CONCEPTOS FUNDAMENTALES

#### A. OPERACION

De un modo general puede decirse que la operación es un conjunto de actividades que se desarrollan para conseguir un fin determinado. De acuerdo con este fin se establece la denominación que recibe ella en cada caso. Así, se dice que se trata de una "operación bancaria", cuando se mueven los fondos depositados en un banco; de una "operación de crédito", cuando se obtiene un préstamo de dinero; de una "operación contable", cuando se registra en los libros de contabilidad de una empresa el movimiento de sus valores; etc.

#### B. OPERACION TECNICA

Cuando se desarrolla un conjunto de actividades para conseguir directamente que las estructuras físicas, integrantes de un sistema de abastecimiento de agua o de alcantarillado, desempeñen la función para la cual están destinadas, puede decirse que ellas constituyen una "operación técnica", en contraposición a otra serie de acciones, que se toman en el mismo sistema, con fines directos diferentes. En cambio, la compra de materiales, no podrá considerarse lo mismo porque se lleva a cabo dentro del campo administrativo, como una operación de ese tipo, sin accionar directamente ninguna de las estructuras físicas del sistema.

En la práctica de los abastecimientos de agua y alcantarillado la palabra operación se emplea, generalmente, en el sentido que hemos citado de "operación técnica"; por consiguiente, cuando se hable de la "operación y mantenimiento" de ellos se estará haciendo referencia a la operación técnica, es decir, al accionamiento de las estructuras físicas y no a las otras operaciones, como pueden ser las administrativas y comerciales de la entidad correspondiente, a pesar de que el desarrollo de las acciones técnicas lleve envuelto varios aspectos administrativos que constituyen una parte integral de ellas.

#### C. TIPOS DE OPERACIONES TECNICAS

Desde el punto de vista de la organización y del control de la operación es conveniente clasificar las acciones correspondientes en tres tipos así:

(1) "Operaciones elementales", que corresponden a cada uno de los pasos sucesivos

que deben ejecutarse para accionar un equipo. (2) "Operaciones simples", que son el conjunto de operaciones elementales que se desarrollan para accionar un equipo determinado o una parte específica de una estructura. (3) "Operaciones compuestas", que son conjuntos de operaciones simples que se desarrollan, simultáneamente o en una secuencia, para conseguir un fin determinado.

Tomando como ejemplo el accionamiento de las válvulas en un sistema de distribución de agua potable, puede apreciarse la diferencia entre uno y otro tipo y la importancia de su clasificación. En la figura 1 se muestra la "operación simple" de una válvula descompuesta en sus tres "operaciones elementales": abrir la caja (A), introducir la llave (B) y girar la llave (C). En la figura 2 se presenta el caso de una suspensión del servicio en un punto A del sistema de distribución. Esta es una operación compuesta formada por la secuencia de 12 operaciones simples de cierre de válvulas.

Haciendo un análisis de estos casos y de otros similares que lleguen a plantearse, se obtienen varias conclusiones que pueden considerarse básicas para la organización de los sistemas operacionales: una primera consiste en que las operaciones simples requieren, para desempeñarse correctamente, el empleo tanto de herramientas e instrumentos apropiados como de personal debidamente adiestrado. La importancia de ello se aprecia en una operación tan simple como es la del cierre de una válvula en que el operador debe saber, entre otras cosas, cómo encontrar el sentido de giro para abrirla (esquema C, figura 1) y también que las últimas vueltas producen el 90% de reducción del flujo (esquema C, figura 1). No se conoce cuántos de los daños que diariamente se producen en los sistemas de distribución son ocasionados por una mala operación de válvulas.

Otra conclusión es que, como las operaciones compuestas son una secuencia de operaciones simples, es indispensable, primero, conocer debidamente las unidades que se van a accionar y, segundo, programar previamente la secuencia y controlar su cumplimiento. Cuanto más complicada y grande sea la operación, tanto más importante serán esos requerimientos. En el caso de la suspensión del servicio, presentado en la figura 2, se ve que es necesario disponer de un gráfico o plano de la red que indique la ubicación e importancia de las válvulas y hacer una programación de la secuencia de su movimiento. En todos los sistemas de distribución existe permanentemente un número mayor o menor de válvulas cerradas indebidamente, muchas de las cuales son consecuencia de la falta de programación de los cierres y del desconocimiento de las redes.

Desde otro punto de vista y también con el objeto de organizar adecuadamente los sistemas correspondientes conviene, además, clasificar las operaciones en: (1) "Usuales" o "frecuentes", que son aquellas que se desarrollan a menudo o en forma repetitiva, como la dosificación de sustancias químicas, el lavado de filtros en una planta o la operación de válvulas pequeñas y medianas en los sistemas de distribución. (2) "Esporádicas" u "ocasionales", que se ejecutan de vez en cuando, como la iniciación o parada de una planta de tratamiento o la operación de las grandes válvulas en los sistemas de distribución. (3) "De emergencia", que se presentan intempestivamente y plantean situaciones complejas. Tal es el caso de las que se requieren como consecuencia de la falla de una tubería de aducción o por la destrucción de una planta de bombeo a causa de un rayo.

Las operaciones usuales o frecuentes requieren un "manual de operación" que en la práctica viene a funcionar como un tipo de programación. Las ocasionales necesitan también estar incluidas en el manual de operación; pero además y para cada caso, debe hacerse previamente un programa específico detallado, siendo también aconsejable que periódicamente se repita la operación como adiestramiento. Las de emergencia requieren hacer simulacros que mantengan al personal en condiciones de desarrollar adecuada y oportunamente las operaciones correspondientes.

Finalmente, dentro de los grupos indicados, es conveniente destacar dos variedades más de operación que son: (1) Las "alternativas", es decir, aquellas que se ejecutan en lugar de otra o de otras. (2) Las "de alimentación" que corresponden a equipos que para su funcionamiento necesitan un suministro. Dado el carácter de los servicios de agua y alcantarillado, estas modalidades son de especial importancia.

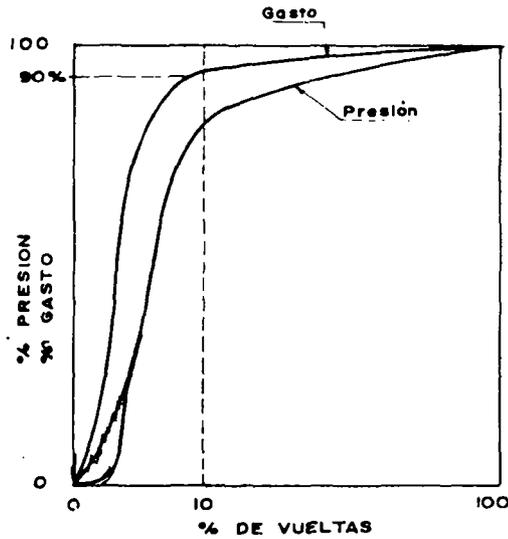
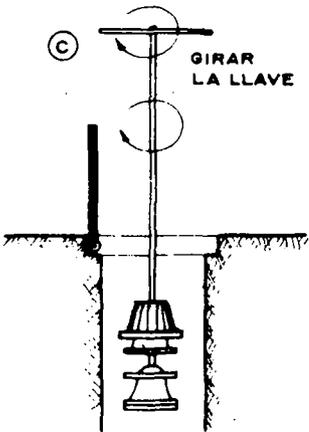
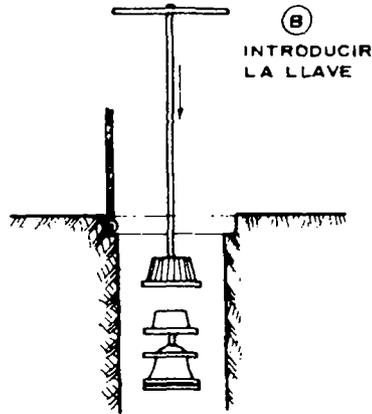
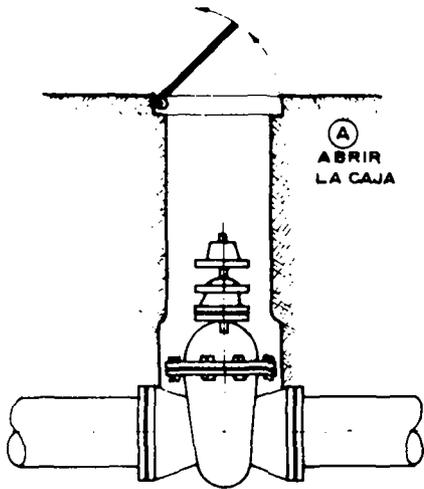
Como ejemplo de las operaciones alternativas se puede citar, en las estaciones de bombeo, la operación de un motor Diésel en lugar de la de un motor eléctrico; en las plantas de tratamiento, la dosificación de hipoclorito por la de cloro gaseoso; y, en los sistemas de distribución, la del cierre "B" en lugar del "A" (figura 3) para la suspensión de servicio en un punto "M" o la operación manual de una válvula de cortina junto con un manómetro en lugar de la válvula reductora de presión automática (figura 3). Estas operaciones alternativas deben incluirse en los manuales de operación en forma destacada y requieren el adiestramiento adecuado del personal y un programa de maniobras periódicas de sus equipos.

Las operaciones de alimentación se presentan en los casos de la dosificación de sustancias químicas y en los de los motores de combustión. Ellas requieren una programación de los suministros a corto, mediano y largo plazo y un control adecuado de las existencias. De la forma como se manejen estos programas y controles dependerá el éxito en aspectos fundamentales como son los de la desinfección del agua y los de la continuidad del servicio.

En resumen, las operaciones pueden clasificarse, de acuerdo con su complejidad, en elementales, simples y compuestas; de acuerdo con su frecuencia, en frecuentes, ocasionales y de emergencia y, por su modalidad especial, deben considerarse además las alternativas y las de alimentación. El cuadro N° 1 contiene un resumen indicativo de los principales requerimientos de cada una.

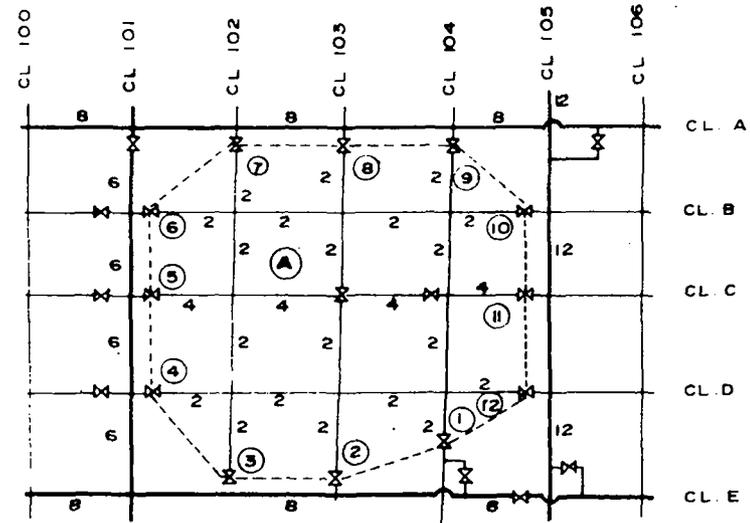
#### D. MANTENIMIENTO

El mantenimiento en los sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado consiste en el conjunto de actividades que es necesario desarrollar para: (1) corregir oportunamente las fallas que lleguen a presentarse en sus estructuras y (2) conseguir que éstas se encuentren continuamente en condiciones de poderse operar adecuadamente.



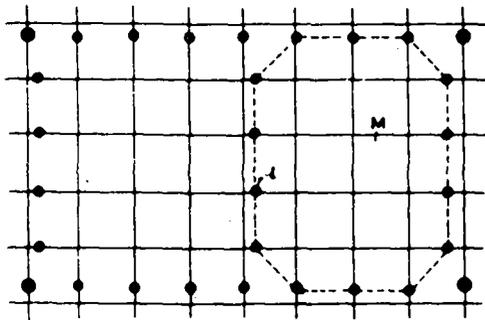
D Cuando se cierra una válvula, solo, con el 10% final del total de vueltas, se reduce el 90% del gasto

FIGURA N° 1  
OPERACION SIMPLE DE UNA VALVULA,  
DESCOMPUETA EN SUS OPERACIONES  
ELEMENTALES

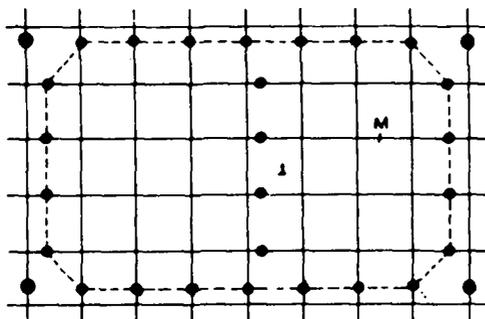


VALV. Nº	UBICACION	Ø	HORA	
			CERRADA	ABIERTA
1	CL 104 x CLE	2	8 + 03	17 + 19
2	CL 103 x CLE	2	8 + 06	17 + 25
3	CL 102 x CLE	2	8 + 15	17 + 33
4	CLD x CL 101	2	8 + 25	17 + 45
5	CLC x CL 101	4	8 + 30	16 + 20
6	CLB x CL 101	2	8 + 40	16 + 30
7	CL 102 x CLA	2	8 + 45	16 + 38
8	CL 103 x CLA	2	8 + 55	16 + 50
9	CL 104 x CLA	2	9 + 05	16 + 55
10	CLB x CL 105	2	9 + 10	17 + 03
11	CLC x CL 105	4	9 + 17	17 + 10
12	CLD x CL 105	2	9 + 25	17 + 15

FIGURA N° 2  
SUSPENSIÓN DEL SERVICIO EN EL PUNTO A  
OPERACION COMPUESTA DE 12 CIERRES  
SIMPLES DE VALVULAS



OPERACION A  
 SI LA VALVULA (1)  
 NO FUNCIONA, HAY  
 QUE EMPLEAR LA  
 ALTERNATIVA B,  
 PARA SUSPENDER  
 EL SERVICIO EN EL  
 PUNTO M



OPERACION B  
 CIERRE ALTERNATIVO  
 PARA SUSPENDER EL  
 SERVICIO EN EL PUNTO  
 M, CUANDO LA VALVULA  
 (1) NO FUNCIONA

SI LA VALVULA "R"  
 REDUCTORA DE PRESION  
 NO FUNCIONA, HAY QUE  
 UTILIZAR LA ALTERNATIVA  
 MANUAL

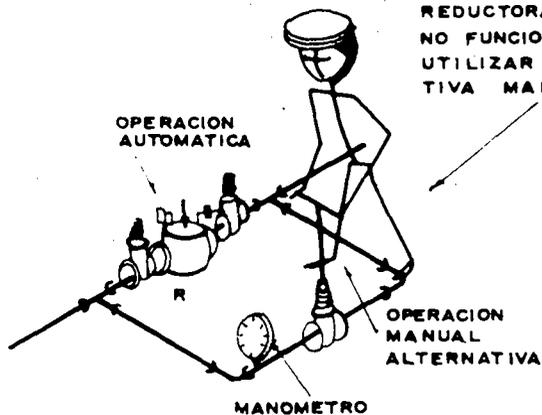


FIGURA N° 3  
 EJEMPLOS DE OPERACIONES ALTERNATIVAS  
 EN LA RED

CLASIFICACION Y REQUERIMIENTOS DE LAS OPERACIONES TECNICAS  
 Cuadro N° 1

GRUPO	TIPO	REQUERIMIENTOS					
		Instrum. o Herr.	Adiestr. Pers.	Materiales	Programas	Maniobra Manuales Period.	Simulacros Movil.
I	Elementales Simples Compuestas	X X X	X X X		X X X		X X
II	Frecuentes Ocasionales De emergencia	X X X	X X X		X X X	X	X X X
III	Alternativas De alimentaci3n Especial		X			X	

## E. TIPOS DE MANTENIMIENTO

De acuerdo con la definición anterior, en los sistemas de agua potable y alcantarillado se deben considerar principalmente dos clases de mantenimiento: (1) El "correctivo", constituido por las actividades destinadas a reparar oportunamente cualquier falla que se presente en las estructuras físicas. (2) El "preventivo", que corresponde a las que se destinan a garantizar, por medio de programas de ejecución permanente, el funcionamiento adecuado y la integridad de todas las estructuras físicas.

Además conviene considerar un tercer tipo de mantenimiento, el de "renovación" (\*), que consiste en desarmar completamente los equipos y cambiarles las piezas que sea necesario para dejarlos en un estado similar al de las unidades nuevas.

### 1. Mantenimiento correctivo

Para desarrollar las actividades correctivas se requiere:

- Información sobre la falla observada
- Revisión y diagnóstico de la unidad en referencia
- Labores de reparación
- Reporte para efectos de control y estadística

La información necesita un agente que puede ser: (a) el público, a base de comunicaciones personales, telefónicas o escritas; (b) los operadores, que observan la presencia de una falla; (c) los encargados de un programa de revisión, que detectan la falla.

Dada la característica que tiene el mantenimiento correctivo de originarse en una información, las actividades correspondientes deben considerarse siempre de emergencia. La forma como se lleven a cabo y la urgencia de su ejecución dependen de: (a) el tipo de unidad en cuestión; (b) la magnitud de ella y (c) el número de habitantes cuyo servicio se afecte. Por lo tanto, los programas diarios de trabajo deben contemplar prioridades basadas en estas consideraciones.

El personal que interviene es de cuatro tipos:

- Obreros no calificados que trabajan en las labores manuales, tanto del movimiento de tierras como del transporte de los materiales
- Obreros calificados en plomería y albañilería, para los trabajos de tuberías y colectores
- Técnicos, mecánicos, electricistas y electrónicos, para la reparación de equipos de varios tipos
- Operarios de equipos tales como palas mecánicas, bulldozers, grúas, camiones, camionetas, plantas eléctricas y bombas portátiles, compresores, etc.

## 2. Mantenimiento preventivo

A diferencia del correctivo, el mantenimiento preventivo se inicia con un programa, sigue con una revisión y termina con un informe que puede originar una actividad de reparación. Para su formulación y desarrollo es indispensable: (a) una lista de equipos; (b) establecer procedimientos; (c) hacer la programación; (d) organizar y llevar un registro de datos y (e) producir la información.

Para programar la frecuencia entre revisiones existen tres criterios diferentes: Uno que considera que un equipo no debe trabajar períodos muy largos sin someterse a una revisión, éste fija por tanto el tiempo máximo (número de horas, días, meses o años, según el caso) entre revisiones; el otro establece que el desgaste es función del trabajo realizado y así define los períodos, por el número de horas trabajadas o por el de unidades que han intervenido ( $m^3$  de agua, Km de recorrido, etc.); el tercero adopta los dos criterios y fija, como período, lo primero que se presente, por ejemplo, revisar un automotor cada dos meses o cada 4,000 Km

Cualquiera que sea el criterio adoptado la programación del mantenimiento preventivo debe considerarse como un problema económico. La figura N° 4 muestra cómo los costos anuales por concepto de mantenimiento preventivo disminuyen a medida que la duración de los períodos entre revisiones aumenta y cómo los correspondientes al correctivo, a la depreciación y a otros varios, aumentan. Los costos totales, que son la suma de los dos, presentan un valor mínimo cuyo período constituirá la frecuencia óptima.

En el caso de los sistemas de distribución de agua potable los principales programas de mantenimiento preventivo que se pueden formular son:

- Válvulas
- Hidrantes o grifos
- Fuentes públicas
- Ventosas y purgas
- Reductoras de presión
- Reservorios
- Fugas y desperdicios
- Presiones
- Flujos y rugosidad de las tuberías
- Calidad del agua en la red

En el sistema de colectores de alcantarillado:

- Revisión y limpieza de colectores
- Revisión y limpieza de sumideros
- Revisión y limpieza de canales y acequias
- Revisión y limpieza de aliviaderos y otras estructuras
- Control de residuos industriales

(\*) Véase "A Planned Maintenance Management System for Municipal Wastewater Treatment Plants" E.P.A. Manual PB-233 III

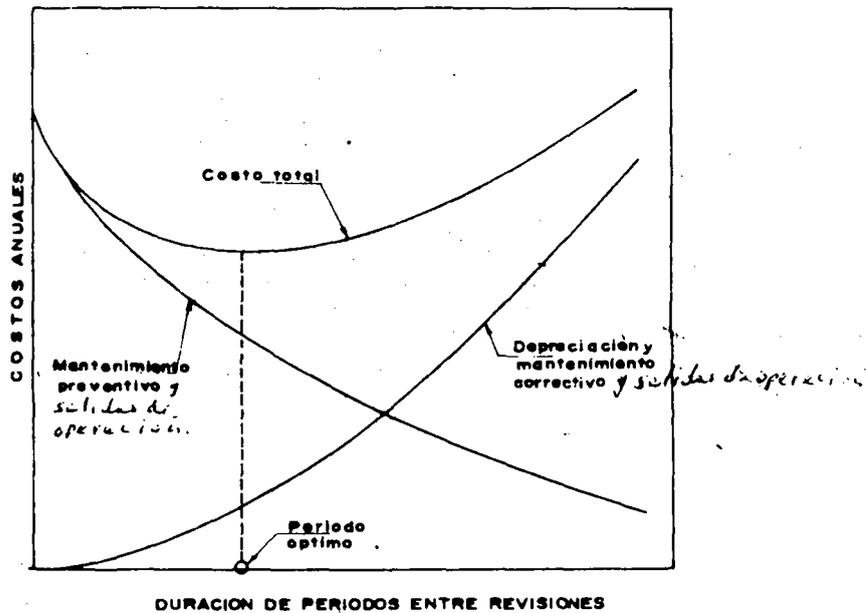


FIGURA Nº 4

**PERIODO OPTIMO PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

3. Comparación

Comparando las actividades del mantenimiento correctivo con las del preventivo se aprecia entre otras cosas que:

- a) El correctivo se inicia con un informe, el preventivo termina en un informe y con la corrección de una falla y se inicia con un programa.
- b) El mantenimiento preventivo requiere la existencia previa de una organización para el correctivo.
- c) Las actividades del mantenimiento preventivo reducen las del correctivo.
- d) Aparentemente en las redes de alcantarillado las actividades preventivas tienen mayor trascendencia que en las de acueducto.

F. RELACIONES ENTRE LA OPERACION Y EL MANTENIMIENTO

Las actividades correspondientes difieren básicamente en que, con las de operación, se accionan las estructuras y, con las de mantenimiento, se hace que éstas se encuentren permanentemente en condiciones de funcionar adecuadamente. Se considera que las primeras son acciones externas y las segundas internas. Es decir, constituyen dos áreas distintas que necesitan cada una de recursos específicos y una organización conveniente.

En la práctica esas actividades, sin embargo, están íntimamente ligadas. Los principales aspectos que se conjugan son los siguientes:

- 1) El operador de una unidad o de un equipo funciona como un agente para el mantenimiento correctivo produciendo los informes necesarios para corregir las fallas que se presentan.
- 2) La programación del mantenimiento preventivo y en algunos casos la que demande el correctivo, no puede hacerse sin tener en cuenta la operación de las estructuras correspondientes.
- 3) Para el mantenimiento se requiere, muchas veces, determinadas operaciones que exigen la intervención del personal que tenga a su cargo esas funciones. Por ejemplo, puede ser necesario parar la planta de tratamiento para una reparación dada.
- 4) Existen varias actividades que es difícil determinar a cual de las dos áreas pertenecen y que pueden considerarse como de "mantenimiento operativo". En estos casos ayuda mucho el criterio de dividirlos en acciones externas e internas.
- 5) A medida que la operación se automatiza el mantenimiento es de mayor importancia.

## II PRINCIPIOS

Las actividades de operación y mantenimiento se desarrollan dentro de los sistemas de agua potable y alcantarillado, como si se tratara de una gran industria cuyo producto básico es el agua, que se transporta y recolecta por medio de tuberías y no en vehículos automotores. Sin embargo, la industria del agua se diferencia fundamentalmente de las demás en que:

- 1) Es un servicio público.
- 2) Suministra a toda la población un elemento insustituible cuyo empleo, no debe afectar la salud.
- 3) La mayor parte de sus estructuras están ubicadas en el subsuelo de todas las vías de las poblaciones correspondientes.

Por las razones expuestas, la operación y el mantenimiento están regidos por los tres principios que se detallan a continuación:

### EL PRINCIPIO DEL SERVICIO PUBLICO

El desarrollo de las actividades de operación y mantenimiento requiere, antes de hacer cualquier otra consideración, tener presente que el abastecimiento de agua y el alcantarillado son servicios públicos esenciales y que deben prestarse, por tanto, en forma regular, continua e indiscriminada.

El ideal sería en servicio "permanente", es decir de 24 horas/día, pero la regularidad y continuidad deben entenderse como la prestación del servicio por períodos iguales y a la misma hora (regular) todos los días (continuo). La indiscriminación consiste en no hacer diferencias: de raza, ingresos económicos, religión, posición social, etc., para la prestación del servicio.

Además, basándose en las mismas consideraciones sobre servicio público, toda decisión que se tome, programa que se organice o actividad que se desarrolle, debe tener como referencia fundamental el número de habitantes que ella afecte y, de acuerdo con esto, agotar todas las precauciones que estén al alcance en el momento para reducir la cantidad de gente afectada y minimizar las incomodidades y molestias, tanto en duración, como en tipo de inconvenientes.

### EL PRINCIPIO SANITARIO

Las actividades de operación y mantenimiento, de cualquier naturaleza que ellas sean, deben orientarse de tal manera que, como consecuencia directa o indirecta de ellas, las aguas, ambas, de abastecimiento y residuales, no afecten directa ni indirectamente la salud de la comunidad, para lo cual se emplearán siempre la totalidad de los recursos al alcance.

### EL PRINCIPIO DE LA SEGURIDAD PUBLICA

Cuando se desarrollen actividades de operación y mantenimiento en las vías públicas es compulsivo programarlas y adelantarlas en tal forma que se evite, por

todos los medios al alcance en ese momento, que directa o indirectamente pueda afectarse la vida y/o la integridad física de las personas y/o causar daños a los vehículos, a las propiedades y a las estructuras de otros servicios.

Sobre estas bases puede decirse que el propósito de la operación y mantenimiento consiste en aprovechar las estructuras físicas correspondientes para satisfacer, adecuada y económicamente, las necesidades de agua potable y alcantarillado de una comunidad, en forma regular y continua, sin discriminaciones, sin afectar directa ni indirectamente la salud de la comunidad y dentro de las condiciones de seguridad pública.

## IV SITUACIONES QUE SE PRESENTAN

La operación y mantenimiento de los servicios puede sucederse dentro de tres situaciones diferentes:

- 1) Normales, cuando las estructuras y los recursos hídricos son suficientes para atender las necesidades y no se presentan modalidades imprevisibles.
- 2) Deficitarias, cuando las estructuras no son capaces para satisfacer las necesidades de la población.
- 3) De emergencia, cuando en cualquiera de los dos casos anteriores se presenta una modalidad extraordinaria que afecta notablemente la prestación del servicio.

Todas las tres situaciones se suceden en las áreas urbanas, rurales concentradas y rurales dispersas. En las urbanas, la operación y mantenimiento se desarrolla dentro de una forma empresarial, en la cual la participación de los usuarios es pasiva. En la rural concentrada, la comunidad debe organizarse; su participación en la operación y mantenimiento es activa y se dispone de recursos muy limitados. En la rural dispersa, el usuario tiene a su cargo, en principio, las funciones de operación y mantenimiento.

Las situaciones deficitarias pueden deberse a:

- 1) Insuficiencia en las fuentes de abastecimiento de agua.
- 2) Incapacidad de una o más estructuras, en cualquiera de los dos servicios o en ambos.
- 3) Falta de cobertura, también en cualquiera de los dos o en ambos.

El efecto que ellas producen se caracteriza porque aumenta y complica las funciones normales.

Los casos más importantes de estas situaciones deficitarias son los racionamientos y las viviendas sin conexiones.

El primero se presenta en general y se debe a la incapacidad del abastecimiento o de las estructuras o, muchas veces, a fugas, desperdicios y/o mal mantenimiento de los sistemas. Los racionamientos obligan a operaciones extraordinarias en las redes y producen congestión de reclamos y de averías, etc., además, crean un gran malestar en la ciudadanía y afectan los pagos de los servicios. Cuando se presenta una situación deficitaria su solución exige, a la mayor brevedad, la formulación y el desarrollo de un plan de acción el cual no solamente debe contemplar la ejecución de obras sino, como un punto primordial, las medidas para lograr una operación y mantenimiento relativamente satisfactorios.

Las viviendas sin conexión se deben a la falta de cobertura y afectan al área urbana y, dentro de ésta, especialmente a las ciudades donde se presentan grandes sectores sin servicios. La falta de cobertura plantea varios problemas para la operación y el mantenimiento, uno es el abastecimiento con fuentes públicas, otro el de los carros cisterna, también el de redes de tipo provisional que, a la larga, desordenan y complican los sistemas y, en alcantarillado, dan origen a zanjas de aguas negras en las vías públicas, etc.

Las soluciones para estos problemas son complejas y difíciles. El papel de la operación y mantenimiento en ellos es de gran importancia y requiere una acción especial por parte de su personal y la activa colaboración de él en la formulación y desarrollo de los planes correspondientes.

Las situaciones de emergencia pueden presentarse:

- 1) Como consecuencia de una avería grande en una de las estructuras principales del sistema; por ejemplo, una tubería de aducción que se rueda en un tramo largo. Estos casos obligan a concentrar todos los esfuerzos de la entidad correspondiente en el sitio para la reparación del daño, dando soluciones provisionales que permitan subsanar el déficit rápidamente y, además, hacer operaciones extraordinarias del sistema que, aun cuando sea en forma racionada, alivien lo mejor posible la situación.
- 2) Como consecuencia de una gran sequía. Este caso es similar al de la situaciones deficitarias, por lo cual es lógico decir que éstas son de emergencia permanente.
- 3) Por último, la operación y mantenimiento tiene que desenvolverse también en situaciones de catástrofe tales como un terremoto, una inundación, etc. Dentro de ella pueden considerarse tres modalidades:  
(a) Que el sistema se destruya y la población se mantenga. Esto es similar al de las averías grandes. (b) Que la ciudad se destruya y el sistema se mantenga, entonces, la operación y el mantenimiento deben enfocarse a adaptarlo a las soluciones de emergencia que se tomen para la población. (c) Que ambos se destruyan, la acción en este caso dependerá de las condiciones.

## V ACCIONES Y ELEMENTOS

Para el desarrollo de las actividades de operación y mantenimiento, dentro de las diversas condiciones enumeradas, es indispensable:

- 1) Disponer de los elementos necesarios.
- 2) Ejecutar una serie de acciones destinadas al aprovechamiento de esos elementos para conseguir el fin que se propone en cada caso.

Los elementos necesarios son: (a) El personal debidamente capacitado que accione las estructuras convenientemente para operarlas y que haga las revisiones y reparaciones para su mantenimiento. (b) Los materiales requeridos para las operaciones de alimentación y de repuestos y demás indispensables para las reparaciones. (c) Las herramientas y los equipos que deban utilizarse en las labores de operación y/o mantenimiento.

Las condiciones que han de reunir esos elementos son, principalmente, las siguientes: Primero, el personal a todos los niveles debe seleccionarse adecuadamente y adiestrarse oportuna y adecuadamente para que conozca las estructuras suficientemente, la manera de accionarlas y evite tanto los daños que una mala maniobra llegue a ocasionarle a ellas, como los accidentes que él, sus compañeros o terceras personas puedan sufrir.

Segundo, los materiales deben: (a) cumplir las especificaciones requeridas, (b) estar disponibles cuando se les necesita y (c) tener una existencia suficiente como para garantizar la cantidad y oportunidad de su suministro. Finalmente, los instrumentos, las herramientas y los equipos apropiados para los trabajos que los requiera, que deben encontrarse permanentemente en buenas condiciones y estar al alcance del personal para su empleo oportuno.

Las acciones que coordinan el empleo de esos elementos para lograr los fines de la operación y del mantenimiento son básicamente las siguientes:

La programación: Destinada a determinar, qué, quién, cuándo, cómo y dónde deben ejecutarse las distintas actividades, bien sean repetitivas, esporádicas o de emergencia.

La organización: Cuya finalidad es coordinar el personal, los materiales, los instrumentos, herramientas y equipo, para lograr adecuadamente la operación y el mantenimiento de las estructuras.

Los suministros: Consistentes en la determinación de las cantidades de ellos que se requieren, bien sea en forma permanente o en determinados momentos, fijando las reservas a que haya lugar y haciendo los seguimientos necesarios para garantizar disponibilidad oportuna.

Los reglamentos: De todo tipo que sean indispensables para el funcionamiento de las unidades, los elementos y los procesos.

El control: Que evalúe la calidad del agua, el cumplimiento de las normas, la bondad, el rendimiento y el costo de los procesos.

Las conferencias que siguen a continuación y las discusiones que se suscitan en el curso de las mesas redondas y posteriormente a las exposiciones tienen por objeto aclarar y fijar las ideas sobre los diferentes aspectos que, en esta forma, se han presentado.

- 3.1 -

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

ORGANIZACIÓN PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Ing. Bernardo Gómez  
Consultor a Corto Plazo  
Proyecto DTIAPA

STOM 3

SIMPOSIO SOBRE OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

- 3.2 -

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. ASPECTOS GENERALES .....	71
II. GRUPOS FUNCIONALES .....	72
III. ESQUEMAS FUNDAMENTALES .....	73
IV. PRODUCCIÓN DEL AGUA .....	75
V. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN .....	81

## I. ASPECTOS GENERALES

Tal como se indicó en la conferencia anterior (véase Generalidades sobre Operación y Mantenimiento), para el logro de los objetivos de la operación y mantenimiento se requiere la intervención, coordinada y adecuada, de tres clases de elementos: el personal, los materiales y el grupo de los instrumentos, herramientas y equipos. Además, en todo momento esa intervención debe producirse de acuerdo con los principios que, sobre servicio público, saneamiento y seguridad pública se enunciaron también en ella.

El conjunto de acciones que se desarrollen, para estructurar, reglamentar, responsabilizar y coordinar la intervención combinada de esos elementos y de esos principios, a fin de obtener económica y satisfactoriamente el logro de los objetivos de la operación y el mantenimiento, constituye en forma general, el problema de su organización.

Específicamente, ese problema de la organización, presenta dos aspectos fundamentales: uno, el del proceso para desarrollarla y que consiste en identificar funciones, agruparlas, reglamentarlas y establecer las responsabilidades y los procedimientos; y otro el de controlar su funcionamiento y adaptarlo a las modalidades cambiantes, debidas al crecimiento de la cobertura y de la demanda y a las nuevas tecnologías y sistemas que se vayan introduciendo.

Además, en la práctica ambos aspectos deben considerarse también de dos modos diferentes: el formal y el informal; el primero está constituido por las estructuras, reglamentos, niveles, procedimientos, etc., que resultan del proceso de organización; y el segundo consiste en las reacciones que ellos produzcan tanto en el personal que opera y mantiene los servicios, como en los usuarios o suscriptores. En estas condiciones puede decirse que la efectividad de la operación y mantenimiento dependerá en último término: (a) de qué tan adecuada sea en cada caso, la organización formal para las condiciones y modalidades locales, y (b) de la manera cómo la organización informal interprete las estipulaciones de la estructura formal, cosas ambas que en conjunto constituyen uno de los mayores problemas en la prestación de los servicios.

Finalmente, las actividades de operación y mantenimiento tienen que desarrollarse en las áreas urbanas, cubriendo toda la gama de sus concentraciones, desde las grandes ciudades hasta las pequeñas poblaciones y en el sector rural tanto en la parte nucleada como en la dispersa. Esto da lugar a una situación extremadamente variada, no solamente por el tamaño, sino por las diferentes modalidades que adoptan los servicios, en cada uno de los grupos que puedan considerarse.

Cualquiera que sea la manera de apreciar la organización de la operación y mantenimiento, el proceso de su desarrollo requiere siempre identificar las funciones, agruparlas, hacer la reglamentación, fijar responsabilidades y establecer procedimientos. Con el objeto de mostrar varios aspectos de este proceso, se ha considerado conveniente presentar a continuación, como un ejemplo del problema, algunas formas, ensayadas ya para ciudades grandes y medianas, relativas a grupos funcionales, estructuras fundamentales y esquemas y procedimientos correspondientes a la producción y distribución del agua.

## II. GRUPOS FUNCIONALES

La actividad de los sistemas de abastecimiento de agua y de alcantarillado puede considerarse, de modo general, como el desarrollo sucesivo de una parte o de la totalidad de las siguientes funciones, cualquiera que sea el grado de complejidad, la manera de cumplirlas (individual o colectiva) o el tamaño del sistema en referencia: (1) captación, (2) aducción o conducción, (3) tratamiento del agua potable, (4) almacenamiento, (5) distribución, (6) consumo, (7) bombeo, (8) recolección, (9) tratamiento de aguas servidas, (10) disposición. Las unidades destinadas a desarrollar estas funciones constituyen las estructuras que deben operarse y mantenerse.

Dependiendo de cosas tales como el tipo y el número de fuentes de abastecimiento, la topografía del lugar, la magnitud del problema, etc., los sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado adoptan formas diferentes para las funciones enumeradas, lo cual en cada caso les imprime modalidades especiales que son, necesariamente, la base para la organización de la operación y el mantenimiento de sus estructuras.

Por otra parte, en los servicios de abastecimiento de agua y alcantarillado existe la necesidad de ir extendiendo permanentemente la cobertura del sistema de distribución, de tal modo que pueda atender la demanda de ellos a medida que se vaya sucediendo el desarrollo de la población correspondiente. Esto constituye una función complementaria de las de operación y mantenimiento, que es indispensable considerar como parte integrante de la estructura de su organización.

En estas condiciones, la identificación y agrupación de funciones que constituyen la primera etapa en cualquier proceso de organización de la operación y mantenimiento de los servicios son en realidad un problema específico de cada sistema. Sin embargo, en forma general es posible llegar a plantear, a manera de modelos, algunas agrupaciones armadas con funciones que tengan objetivos comunes y con las cuales sea fácil establecer la delegación de autoridad, el deslinde de las responsabilidades y el control del desarrollo de las funciones.

La primera de estas agrupaciones consista en dividir las funciones en dos conjuntos, el de agua potable (funciones 1 a 7) y el de alcantarillado (funciones 8 a 10), cada uno de los cuales tiene objetivos definidos que permiten fijar líneas de autoridad, establecer delegaciones y delimitar claramente las responsabilidades. Además las estructuras correspondientes tienen características especiales en cada grupo que hacen muy diferentes los detalles de su operación y mantenimiento.

Un segundo nivel de agrupaciones requiere determinar las modalidades de las funciones. Así, en los aspectos de agua potable será posible en algunos casos, como en aquellos que corresponden a un abastecimiento simple por gravedad y que tengan además el almacenamiento a la entrada del sistema de distribución, hacer la subdivisión en dos grupos: uno de producción (funciones 1 a 4) y otro de distribución y consumo (funciones 5 a 7); con ella se logran también objetivos definidos y se consigue fácilmente una delimitación clara de las responsabilidades.

En otras circunstancias, por ejemplo cuando el almacenamiento se encuentra en varios reservorios y en los extremos del sistema de distribución o existen abastecimientos diferentes, unos con pozos, otros superficiales con o sin bombes, la división en los dos grupos de producción y distribución no permite fácilmente establecer el deslinde de responsabilidades que se necesita para estructurar adecuadamente su organización y se hace indispensable buscar otros criterios. En estos casos, una división que permite conseguir tales finalidades consiste en agrupar, no ya las estructuras y sus funciones, sino las actividades en dos bloques: el de operación y el de mantenimiento, siendo necesario además, en la mayoría de las veces, introducir adicionalmente una segunda subdivisión para la parte del mantenimiento, separando el conjunto de actividades que corresponde a la producción de aquellas que correspondan a la distribución; en esta forma se definen mejor los objetivos y se deslindan mas adecuadamente las responsabilidades.

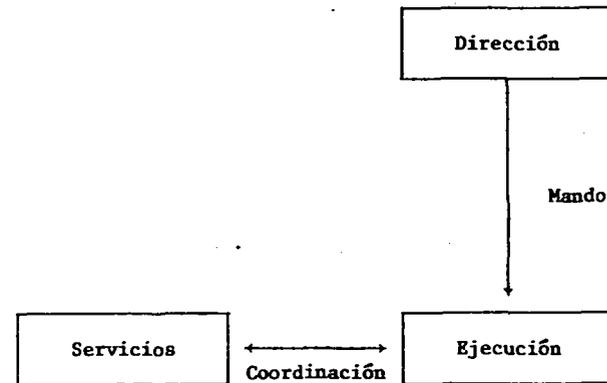
En los aspectos de alcantarillado, al hacer consideraciones similares es posible llegar a una subdivisión tal como la de Red de recolección (función 8) y Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales (funciones 9 y 10), que son grupos de características definidas. La presencia de plantas de bombeo, puede hacer necesaria una agrupación diferente.

### III. ESQUEMAS FUNDAMENTALES

La organización destinada a poner en marcha el conjunto de actividades que constituye la operación y mantenimiento requiere la existencia de tres componentes fundamentales (véase figura 1): dirección, ejecución y servicios. El componente de ejecución está constituido por los grupos funcionales que se describieron en el punto anterior y por tanto se refiere a los procesos mismos. La de dirección consiste en las acciones de los niveles de autoridad indispensables para el mando y coordinación de las funciones y programas. La de servicios está integrada por las actividades complementarias y de apoyo, necesarias para el desarrollo de las labores ejecutivas y que son principalmente: el suministro de materiales, los equipos, la administración de personal, y otras tales como la actualización permanente de los planos y registros de las redes.

La distribución adoptada para integrar los elementos correspondientes a esos componentes y para deslindar las responsabilidades y establecer las líneas de mando y coordinación, constituyen la estructura orgánica de la operación y mantenimiento, junto con las normas que las definen y reglamentan. En la práctica, lo mismo que se hizo notar anteriormente, estas cosas son en realidad un problema específico de cada sistema que requiere el análisis de sus modalidades locales; sin embargo, basándose en las consideraciones que se hicieron sobre los grupos ocupacionales, es posible tratar esquemas estructurales, como los indicados en la figura 2, que permiten apreciar algunas formas típicas para la organización de las funciones de operación y mantenimiento en los sistemas grandes y medianos.

Figura 1  
COMPONENTES BASICOS DE UNA ORGANIZACION



Los esquemas incluidos en la figura 2 se han basado en la división fundamental de la operación y mantenimiento en dos grupos, el de agua potable y el de alcantarillado; es decir que en ellos se deslindan claramente las responsabilidades estableciendo una división para cada servicio. En los esquemas A y B como segundo nivel de autoridad se han empleado, para el agua potable, las agrupaciones en distribución y producción, para el alcantarillado, las de redes y tratamiento y la de disposición, pero en la B, la separación de los dos servicios se establece en el segundo nivel. Ambos modelos funcionan bien, sin embargo el B se presta más para emplearse cuando la autoridad del gerente se delega en subgerencias, como las de operación y mantenimiento, financiera, comercial, etc.

En los esquemas C y D se han utilizado agrupaciones separadas para la operación y el mantenimiento en la parte de agua potable y en el D, lo mismo que en los dos anteriores, esa separación está hecha en el segundo nivel. Estos dos últimos esquemas son los más aconsejables para establecer las delegaciones de autoridad y para deslindar claramente las responsabilidades cuando los sistemas de abastecimiento de agua resultan complejos y no se prestan para dividirse en grupos que tengan como base las estructuras físicas.

Los aspectos referentes a la adaptación de los sistemas al desarrollo de la ciudad, que se traducen en actividades de diaria ejecución y que consisten en la hechura de nuevas conexiones y en la prolongación de los tramos de las redes, pueden refundirse con las de mantenimiento o establecerse como una sección separada. Si se adopta esta forma separada es posible, y en la mayor parte de las veces más conveniente, que los mismos grupos de trabajo que desarrollan las labores de instalación en agua potable hagan también las de alcantarillado, especialmente cuando se trata de las conexiones domiciliarias.

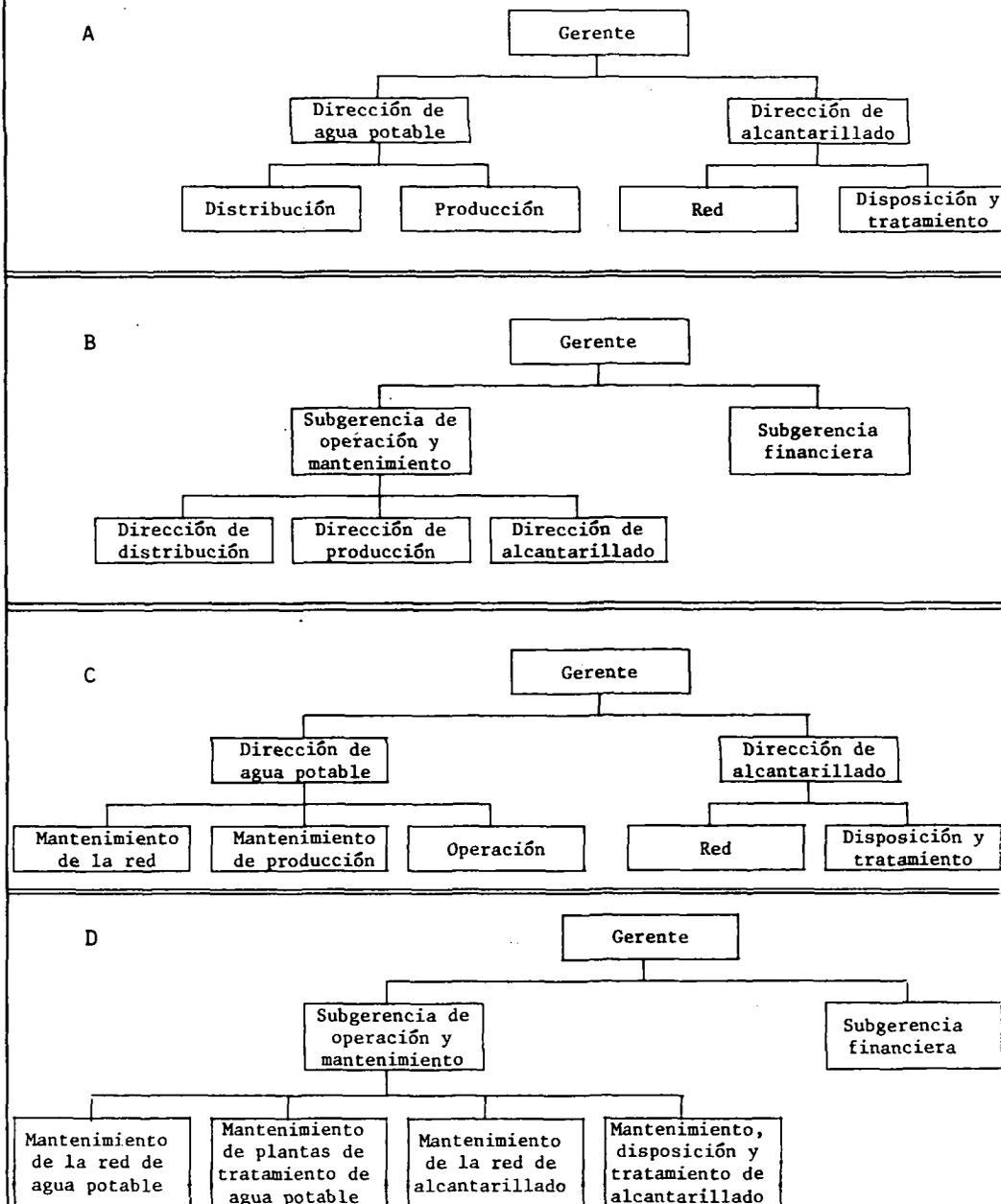
A continuación se detallan algunos aspectos específicos de estas estructuras referentes a la producción del agua, la distribución, las obras y conexiones y los planos de las redes. Las funciones consideradas han sido las correspondientes a la agrupación más sencilla, es decir, la que establece la división en producción y distribución.

#### IV. PRODUCCION DEL AGUA

Desde el punto de vista de la organización, la producción de agua debe entenderse como la parte del proceso de abastecimiento destinada a captar, conducir, tratar y suministrar al sistema de distribución y las cantidades de agua de características adecuadas que la población demanda permanentemente.

Los grupos funcionales que ella incluye son básicamente los de operación, mantenimiento, sustancias químicas, personal y calidad del agua. Los dos primeros son actividades de ejecución, el tercero y el cuarto se pueden clasificar como servicios y la calidad del agua es una acción de control. Como actividades de servicio, los aspectos de sustancias químicas y de personal forman parte tanto del conjunto de operación y mantenimiento como del área administrativa y requieren, por consiguiente, una definición clara de sus líneas de autoridad y de sus responsabilidades.

Figura 2



El organigrama de la figura 3 muestra la estructura básica, formada con las funciones descritas divididas en tres grupos de ejecución: (1) operación, (2) mantenimiento, (3) administración y uno de control: el laboratorio. Puede apreciarse además cómo el problema de materiales y de personal obliga a establecer una línea de dependencia funcional del área administrativa. Según la magnitud y/o la multiplicidad de las unidades físicas, cada grupo funcional puede subdividirse de acuerdo con las necesidades, pero la definición y deslinde de las responsabilidades hace indispensable mantener la disposición fundamental a base de los cuatro bloques descritos.

En la figura 4 se ilustra la forma cómo se materializa la estructura de operación en un sistema de producción sencillo. El operador es responsable durante su turno, del funcionamiento del conjunto y de la calidad del agua; además controla el trabajo de sus colaboradores. La organización, para un caso más complejo como el indicado en la figura 5 que puede considerarse como el extremo opuesto al anterior y que corresponde a un conjunto constituido por grandes unidades distantes unas de otras, entre las cuales se incluye una estación de bombeo, exige para el desarrollo de las distintas etapas del proceso, tal como se aprecia en el esquema, la existencia de un jefe de operación para cada turno, bajo cuya dependencia actúan los operadores y ayudantes de las bombas, de los filtros y de la dosificación y floculación.

La agrupación para el mantenimiento abarca los aspectos referentes a: (1) el mantenimiento correctivo, (2) el mantenimiento preventivo, (3) el funcionamiento de un taller. El desarrollo de las funciones correspondientes requiere, por lo menos, un mecánico-electricista y un ayudante, quienes deben tener a su cargo la revisión, lubricación y reparación de las diferentes unidades y equipos y también del aseo y limpieza del edificio y otras dependencias de la planta. Para el mantenimiento preventivo que requiere un registro adecuado de los equipos, una programación y un control, además de la ejecución de las revisiones y reparaciones correspondientes en los sistemas pequeños, parece más conveniente que el personal de mantenimiento se encargue solamente de estas dos últimas funciones y la dirección de la planta lleve directamente los registros, formule los programas y haga el control. Cuando se trate de sistemas grandes, la organización de las dependencias del mantenimiento debe incluir los grupos necesarios para estas actividades dentro de su propia estructura.

Fuera de las funciones descritas, la producción del agua implica en muchos casos la acción de un personal más o menos numeroso que colabore en tareas de tipo variable y a veces de emergencia; por eso la integración de él y su dependencia deben quedar bien definidas. Los casos en que más frecuentemente se necesita corresponden a los del lavado de las unidades de floculación y de sedimentación y a los que se presentan cuando se hacen reparaciones grandes en las captaciones, conducciones y plantas. En los sistemas pequeños puede satisfacerse esta necesidad empleando personal del que exista para el mantenimiento de la red de distribución. En cambio en los más grandes conviene que la unidad de producción lo tenga dentro de sus propios recursos. Una forma que se ha experimentado con éxito para esto consiste en tener en la planta un personal flotante, no menor de cuatro o seis, que labore a órdenes directas del encargado del mantenimiento y cuyo trabajo consista en las tareas que diariamente él les asigne, tales como movimiento de bultos de alumbre y cilindros de cloro a las bodegas, lavado de tanques, movimiento de piezas grandes para reparación, etc. Cuando no sea necesario hacer ninguna de estas actividades, se dedica al mantenimiento de los jardines.

**Figura 3**  
ORGANIZACION BASICA PARA LA PRODUCCION DE AGUA

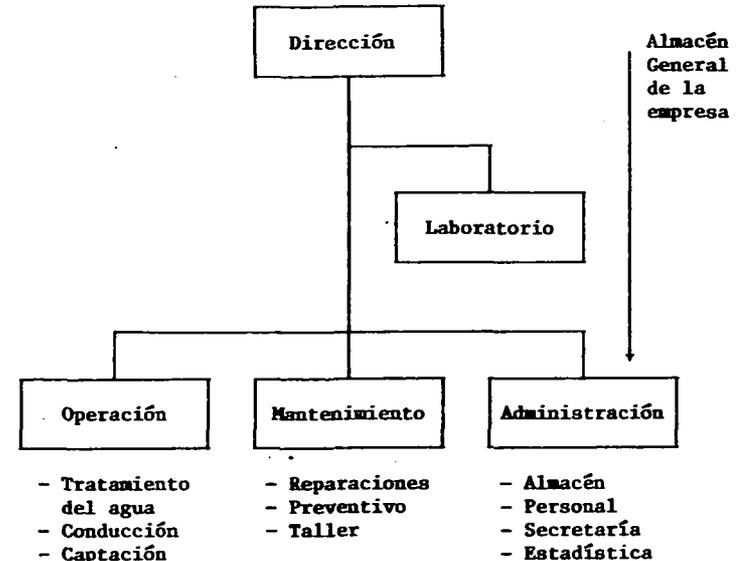


Figura 4

PERSONAL MINIMO PARA LA OPERACION DE LA PRODUCCION DE AGUA

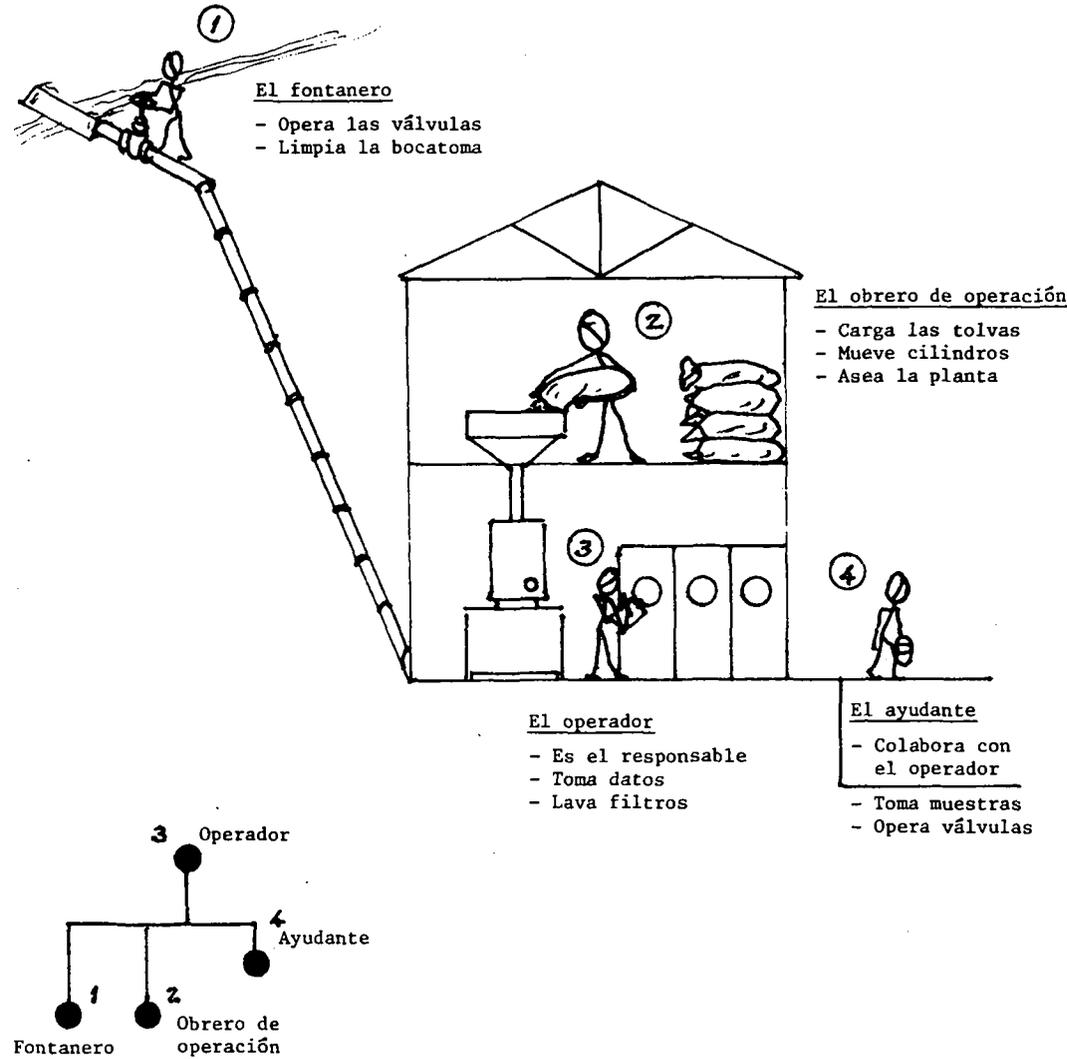
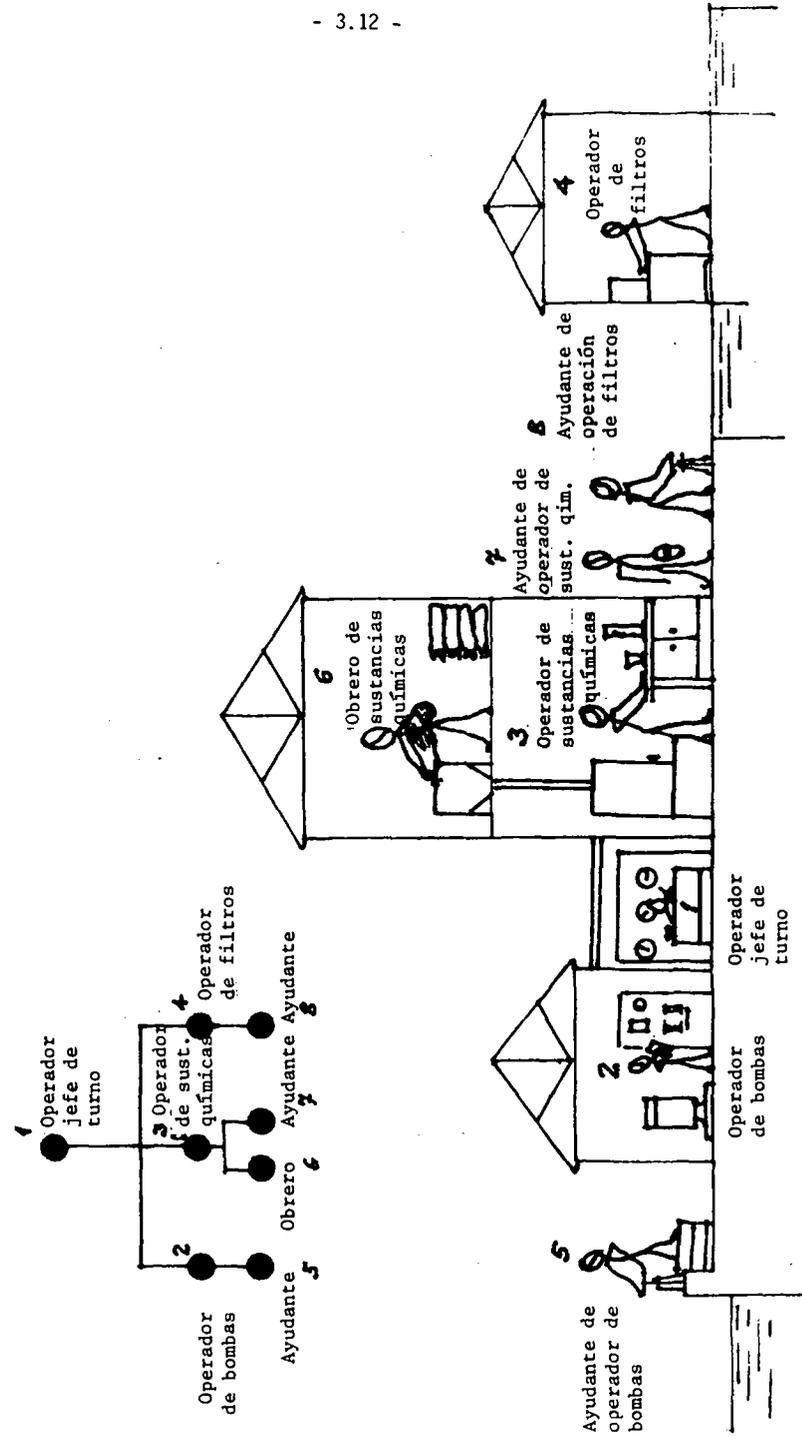


Figura 5

CASO DE UN SISTEMA COMPLEJO



El grupo de las actividades de administración incluye básicamente las funciones de almacén, personal, secretaría y estadística. Las dos primeras necesitan una dependencia funcional del área general administrativa de la entidad correspondiente; las otras dos son específicas del conjunto de producción. En estas condiciones, la organización de la unidad tiene algunas modalidades que conviene establecer debidamente a fin de facilitar los procesos de suministros, personal y estadística. A continuación se dan algunas bases para esto.

El hecho de que la regularidad y continuidad en los procesos de producción de agua sea fundamental tanto para la prestación del servicio como para la calidad del agua, hace indispensable que las dependencias correspondientes dispongan de: (1) una bodega dotada con existencias de las sustancias químicas y repuestos de los equipos, suficientes para atender la demanda de ellos en cualquier momento; (2) una reglamentación y un control adecuados del personal; (3) un encargado del desarrollo de las actividades correspondientes a los dos aspectos, en las organizaciones pequeñas, o uno para cada uno en las grandes.

El reglamento de personal debe establecer claramente las obligaciones específicas para el área de producción, sobre todo en lo relacionado con turnos, cumplimiento de horarios, extensiones de la jornada de trabajo, etc. El encargado de la función de personal debe preparar periódicamente la programación de los turnos, los descansos y designar los reemplazos necesarios. El deberá someterse a las disposiciones establecidas en las unidades generales de administración de la entidad. Pero, los programas y las órdenes deben ser autorizados por el jefe de producción.

En relación con los materiales, el funcionamiento en la unidad se verificará sobre las siguientes bases: (1) los materiales no podrán moverse sin autorización del jefe de producción, (2) las existencias deben corresponder a las programadas para atender las necesidades del período óptimo considerado, más una reserva para emergencias, (3) un control establecido por medio de un inventario practicado el último día de cada mes y que debe traducirse en un balance como el que se indica en el cuadro 1, al final del cual se establece el tiempo que posiblemente se podrá cubrir con la existencia.

La estadística es una función de la dirección de la producción que se adelanta generalmente a través del grupo de administración. Los datos necesarios son producidos por los operadores y por el laboratorio. La figura 6 da una idea del flujo correspondiente.

V. SISTEMA DE DISTRIBUCION

Las funciones correspondientes a la distribución en los sistemas de abastecimiento de agua tienen por objeto el desarrollo de las actividades destinadas principalmente a operar y mantener las estructuras físicas, establecidas para conducir el agua a lo largo de las diferentes vías de la localidad; para almacenarla en reservorios ubicados en varios sitios de ella; pasarla de las tuberías principales al interior de las edificaciones de los consumidores; bombearla, bien sea para elevarla a los puntos altos o para aumentar la presión de servicio; y aforar el consumo de cada uno de los usuarios.

Cuadro 1

CONTROL MENSUAL DE SUSTANCIAS QUIMICAS

- Inventario anterior	
= saldo el 1° del mes .....	_____ A
- Ingresado en el mes .....	_____ B
	_____
Subtotal = A + B =	_____ C
- Saldo al 30 del mes .....	_____ D
	_____
- Diferencia C - D = consumo	
del mes	_____ E

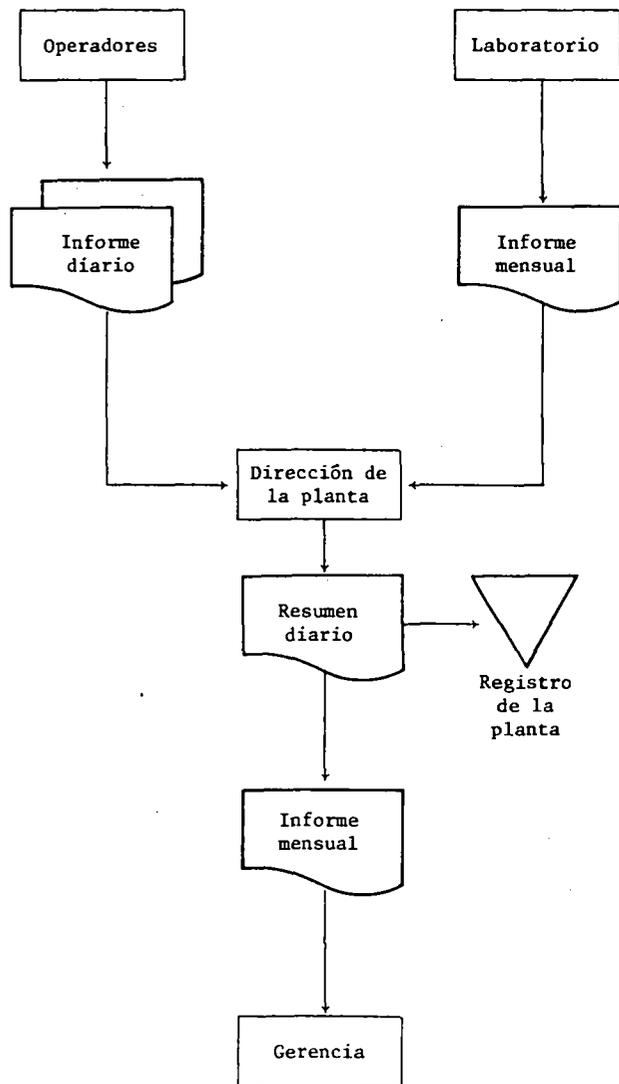
Ep = Consumo promedio

D = Meses de reserva

Ep

Figura 6

FLUJO DE LA ESTADISTICA



Los elementos de ejecución necesarios generalmente para el desarrollo de estas funciones son: un centro de información, equipos\* de reparación, equipos de mantenimiento preventivo, equipos de operación de válvulas, y equipos para operación de bombas. Los auxiliares son: el catastro de la red, el suministro de materiales, y los equipos mecánicos auxiliares (compresores, bombas, grúas, palas, etc.).

La figura 7 muestra el esquema de funcionamiento del proceso correspondiente. El centro de información, como puede apreciarse, es el eje fundamental y está destinado a recibir los datos, investigarlos y encausarlos adecuada y oportunamente para su solución. Concretamente, sus funciones son: (1) atención, o sea recepción de la información; (2) registro, es decir la anotación en el formulario respectivo; (3) trámite, que consiste en pasar la información, bien sea al terreno o a otra de las dependencias para su solución; (4) control, o sea una forma de comprobar que todas las informaciones han sido resueltas, debida y oportunamente; (5) información estadística.

La figura 8 muestra las bases para los equipos de reparaciones (esquema 1), válvulas (esquema 2), cajas y tapas (esquema 3). El de reparaciones corresponde a lo que puede considerarse como un módulo; tiene una capacidad para atender, en promedio, 10 daños diarios. La operación de válvulas tiene también un módulo como el indicado en la figura 2. En una ciudad mayor de 300,000 habitantes, es conveniente que en las horas del día funcionen dos de ellos y por la noche uno solamente.

En el esquema 1 de la figura 8 puede verse que el módulo de reparación tiene entre sus equipos una bodega ambulante que lleva una existencia de los elementos de uso normal en las reparaciones de cada uno de ellos. El conductor del vehículo funciona como un bodeguero ambulante que entrega a los obreros el material y las herramientas necesarias produciendo un vale y responde por una existencia constante que renueva diariamente cambiando los vales por un giro contra el almacén. Los trámites pueden apreciarse en el esquema 4 de la figura 8.

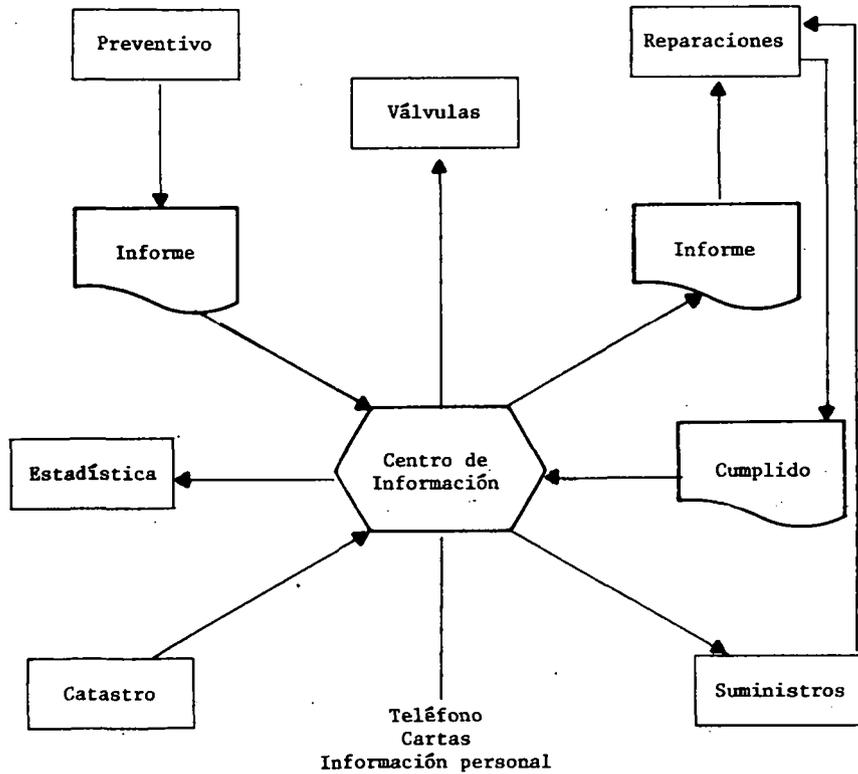
La figura 9 da una idea de la organización para el mantenimiento de los medidores. Los elementos de ella son: la unidad de mantenimiento; una bodega dividida en dos secciones, la de medidores buenos y la de los dañados; y un taller destinado a la revisión, reparación y prueba de los aparatos. La existencia total de la bodega está formada por un número constante de medidores. Su función consiste en regular el trabajo del taller, de tal manera que éste trabaje con una carga uniforme, ojalá igual a su capacidad, a base de cambiar medidores buenos por dañados. Esta organización puede funcionar también a nivel regional, con un taller central y bodegas en cada localidad.

En relación con las estadísticas, es posible con una organización simple lograr informaciones mensuales adecuadas. Uno de los procedimientos consiste en disponer un espacio dentro de los formularios de las órdenes para el terreno que produce el centro de información, donde se señale con una cruz el concepto correspondiente sobre una lista. Por ejemplo, en casos de reclamos por mal servicio, anotar si era cierto o no, si se trata de medidor obstruido, llave de control cerrada, tubería obstruida, baja presión. Por la noche, el personal de turno puede clasificar y totalizar los informes.

\* El término equipo se ha utilizado aquí para designar al conjunto de personal, vehículos, herramientas y equipos mecánicos que se emplean para una función específica.

Figura 7

ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE LA OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCION



REPARACION

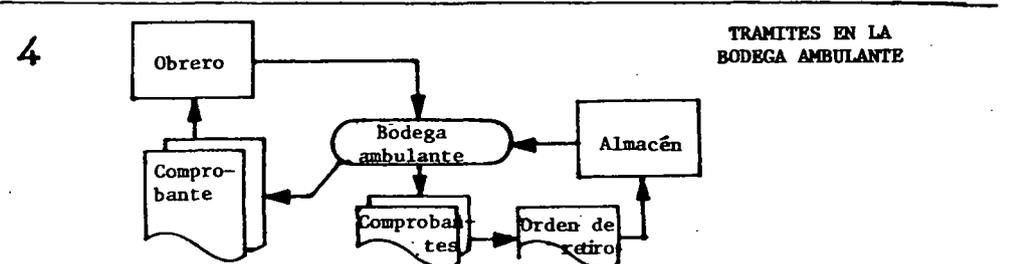
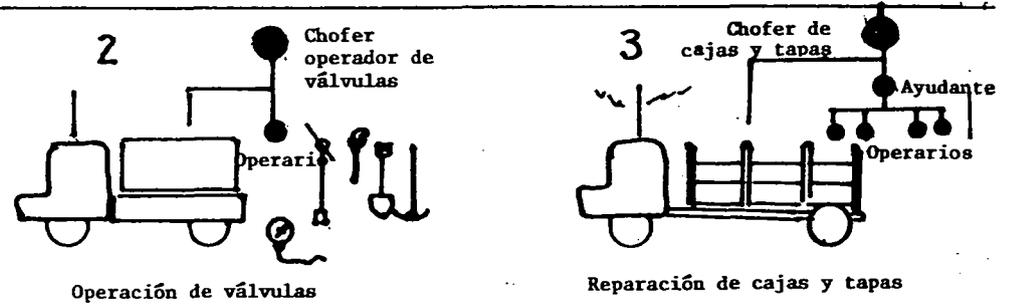
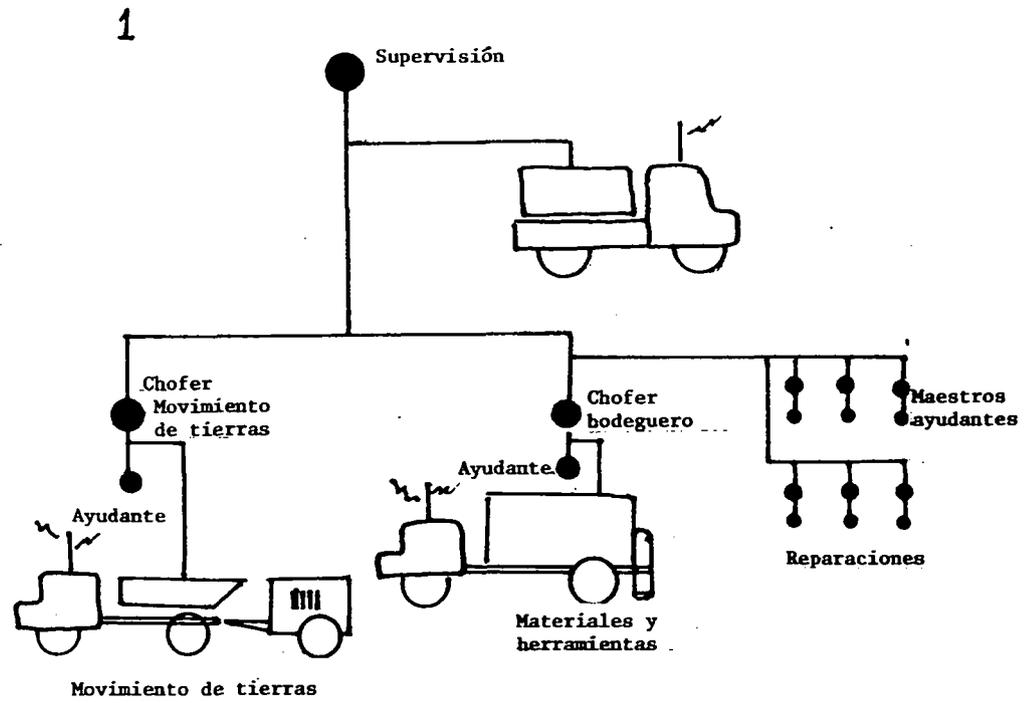
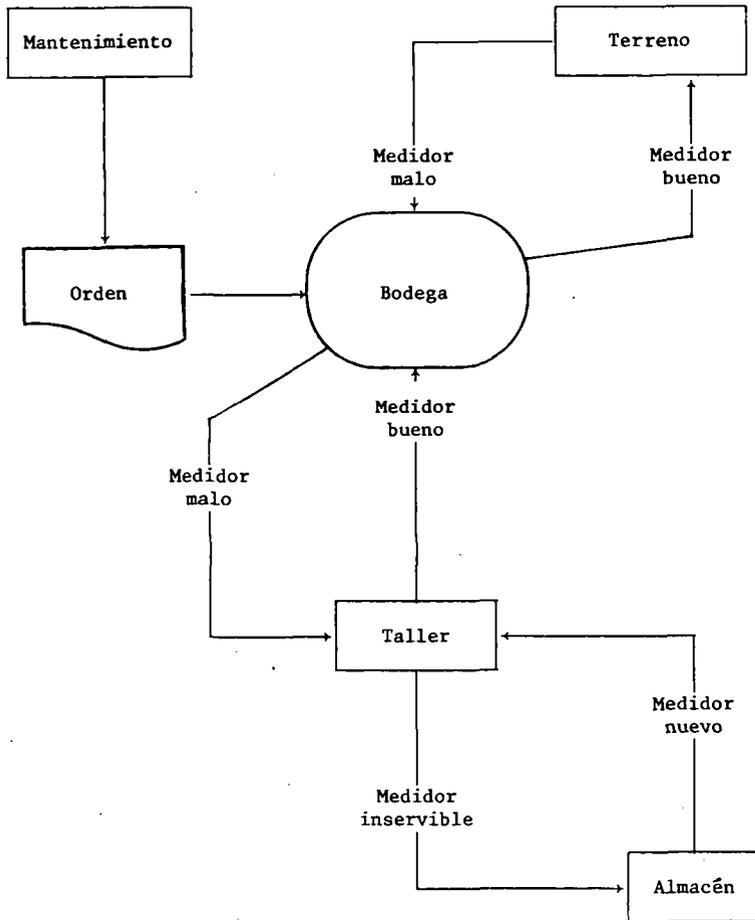


Figura 8

Figura 9  
TRAMITE DE MEDIDORES



- 4.1 -

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

PROGRAMACION Y EVALUACION EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE  
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Ing. Jerónimo Mazzini  
Consultor a Corto Plazo OPS/OMS-CEPIS

STOM 4

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

- 4.2 -

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	90
2. ALCANCE DE LA PROGRAMACION .....	91
3. ETAPAS DE LA PROGRAMACION .....	92
4. EL DIAGNOSTICO .....	93
5. ELABORACION DE PROGRAMAS .....	95
6. EJECUCION DE LOS PROGRAMAS .....	103
7. LA EVALUACION .....	104
ANEXOS .....	111

## 1. INTRODUCCION

El profesional que asume dentro de una empresa o institución la tarea de hacer funcionar adecuadamente los sistemas de agua potable y de alcantarillado, con responsabilidades sobre una gran ciudad o sobre un conjunto de ciudades de diferente magnitud, se enfrenta con muchos y variados problemas que lo envuelven, crecen continuamente y le impiden obtener los resultados que sus conocimientos y su buen juicio lo instan a conseguir.

Las presiones ejercidas por las autoridades y el público y la ausencia de recursos de toda índole pueden crear en este profesional una aguda sensación de frustración y desaliento y, a veces, de indiferencia, perjudiciales para la institución y para el usuario.

Cientos de profesionales en Latinoamérica están forzados a aceptar situaciones de deficiencias en los sistemas de agua que ellos operan debido a fallas producidas:

- al elaborar el proyecto,
- al efectuar la construcción,
- al organizar la institución,
- al decidir el financiamiento.

Estas deficiencias han sido objeto de una detallada discusión en temas anteriores de este Simposio. Ellas son las responsables de que a nivel mundial sólo el 35% de la población urbana de los países en desarrollo cuente con servicio de agua potable permanente y que ésta cifra sea similar en el caso de América Latina y el Caribe.

Pero lo que resulta alarmante es la ausencia de programas intensivos destinados a corregir esta situación, como consecuencia de la cual se están desperdiciando fuertes inversiones, no se están cumpliendo los objetivos de los proyectos y se están asumiendo falsas cifras de cobertura, basadas en metas de inversión y no en metas de funcionamiento de los sistemas.

El profesional a que hemos venido haciendo referencia se encuentra, por otro lado, asimilado a una institución latinoamericana en la que no cuenta con el apoyo de un sistema de planificación eficiente y efectivo. Pocas son aún las instituciones que cuentan con oficinas de planificación en las que se estén investigando y analizando los problemas de la operación y el mantenimiento para consolidar un diagnóstico real cualitativo y cuantitativo de dicha área y para concebir un plan de desarrollo de la misma paralelamente a los planes de inversión destinados a incrementar la cobertura de servicios.

Nuestro funcionario se encuentra entonces la mayor parte de las veces solo con sus problemas, sujeto a las rigideces de los presupuestos anuales que la institución asigna al área de operación y mantenimiento y sin muchos argumentos ni estadísticas para solicitar recursos con la debida anticipación

¿Podría la elaboración de programas bien estructurados ayudar a disminuir las deficiencias existentes, a mejorar el rendimiento de los responsables de la operación y el mantenimiento, y a mejorar la calidad del servicio que se presta a los usuarios del mismo?

Es indudable que la respuesta es positiva y este será el tema que desarrollaremos a continuación. Pero desde ya adelantamos la primera recomendación:

No importa cuan atareado esté el profesional de operación y mantenimiento en el cumplimiento de sus funciones, la mejor inversión en tiempo que pueda realizar será el detenerse a examinar sus necesidades, a organizarse y a programar soluciones para el presente y para el futuro. Esta función programadora es una de las importantes tareas que debe cumplir todo funcionario en el nivel directivo institucional.

## 2. ALCANCE DE LA PROGRAMACION

Las primeras interrogantes que deben ser respondidas al tenerse en mente la elaboración de programas para operación y mantenimiento se refieren al sistema institucional que será responsable de dicha programación y al número de actividades que deben incluirse en dicha programación.

El mecanismo ideal sería aquel que permitiera un enlace adecuado entre el sistema de planificación y el sistema operacional.

Si el sistema de planificación se encuentra bien desarrollado dentro de la institución, estarán bien coordinadas las actividades de elaboración de proyectos de construcción y de operación y mantenimiento, y, en consecuencia, el responsable de las áreas de operación y de mantenimiento podrá contar con la información necesaria para cuantificar y presupuestar con anticipación sus necesidades en organización y en recursos para los nuevos proyectos y dispondrá, asimismo, del circuito institucional adecuado para plantear y presupuestar recursos para los sistemas de agua potable y alcantarillado en funcionamiento.

El profesional de operación y mantenimiento aportará entonces la información necesaria para que el sistema de planificación pueda estructurar planes de mejoramiento y de desarrollo de su área. Contará asimismo con recursos para elaborar programas que día a día mantengan en funcionamiento eficiente sus instalaciones.

Como se verá entonces en este esquema ideal, para llegar a una buena programación de todas las actividades y todos los recursos que lleven a una buena conducción de las operaciones unitarias y procesos involucrados en los sistemas de agua potable y de alcantarillado, es necesario que el sistema de planificación y, más aun, todos los otros sistemas institucionales estén funcionando adecuadamente para apoyar al sistema operacional y, dentro de él, a las áreas de operación y mantenimiento.

¿Qué se entiende por áreas de operación y de mantenimiento?

El área de operación dentro de una institución de agua y alcantarillado comprende todos los elementos, recursos y actividades que se desarrollan para hacer funcionar eficientemente las instalaciones de agua potable y alcantarillado. Su objetivo es el de suministrar servicios de agua potable y de alcantarillado dentro de la máxima capacidad de dichas instalaciones ciñéndose a las normas de cantidad, calidad, cobertura y continuidad adoptadas en los diseños respectivos.

El área de mantenimiento incluye todos los elementos, recursos y actividades que se desarrollan en la institución para que sus instalaciones y equipos permanezcan funcionando eficientemente toda su vida útil dentro de los límites de rendimiento fijados en los proyectos. Su objetivo es permitir que la operación de las instalaciones y equipos se lleve a cabo en forma continua, con eficiencia y con los menores costos posibles.

El profesional responsable de estas áreas deberá, en consecuencia, estar en capacidad de programar sus recursos para cumplir los objetivos de dichas áreas y deberá dedicar a ello una parte de su tiempo.

Lamentablemente, como ya se ha dicho, el mecanismo ideal que se ha descrito no está completamente desarrollado en la mayoría de las instituciones.

El profesional de operación y mantenimiento se encuentra entonces ante el dilema de permitir que las instalaciones existentes no funcionen adecuadamente y se sigan deteriorando por falta de mantenimiento, de recibir nuevas obras sabiendo que no cuenta con suficientes recursos y programas para operarlas y mantenerlas adecuadamente, o de actuar más decididamente dentro de la institución para tratar de mejorar esta realidad.

Una correcta programación puede ayudarlo a plantear, demostrar y cuantificar sus necesidades, a estudiar su financiamiento y a calcular los beneficios, con lo cual tendrá más éxito en la obtención de recursos para sus áreas.

Asimismo, la programación le será de suma utilidad para la utilización eficiente de sus elementos en la operación y el mantenimiento de los sistemas de agua y alcantarillado.

### 3. ETAPAS DE LA PROGRAMACION

La programación en las áreas de operación y de mantenimiento debe ser un proceso continuo porque un servicio que se presta a grupos poblacionales debe desarrollarse con el mismo dinamismo que la población y, mejor aún, adelantarse a cubrir sus necesidades con anticipación.

Por otro lado, este tipo de programación no constituye un proceso aislado dentro de la institución, porque si no es el resultado de una correcta coordinación entre las diferentes áreas y si no se traduce al final en un mejoramiento real del funcionamiento y la conservación de las instalaciones, todo el esfuerzo habría sido inútil.

Como en todo proceso de programación deberán cumplirse las siguientes fases:

- Diagnóstico
- Elaboración de programas
- Ejecución de los programas
- Evaluación de resultados

Pero no deberá olvidarse que en la operación de los sistemas de agua esta secuencia no admite interrupciones entre una fase y otra por la misma razón que estos sistemas no deben dejar de funcionar.

Se puede desde ya adelantar entonces que una característica fundamental en este tipo de programación es que la ejecución de los programas debe amoldarse a la necesidad de mantener los servicios funcionando.

### 4. EL DIAGNOSTICO

En general la mejor manera de obtener un buen análisis de una situación en las áreas de operación y mantenimiento y llegar así a un diagnóstico correcto es la de tener en mente un modelo de funcionamiento en el cual se cumplan los objetivos fijados para dichas áreas (ver rubro 2).

Si una correcta operación de un sistema de agua significa hacerlo funcionar con eficiencia y obtener resultados en todos los procesos que concuerden con los parámetros y especificaciones del proyecto, requeriremos entonces:

- a) Conocer perfectamente las instalaciones y equipos y los límites de rendimientos calculados en el proyecto.
- b) Programar el funcionamiento del sistema.
- c) Registrar continuamente los resultados.
- d) Comparar los resultados con los límites de rendimiento esperados.
- e) Evaluar las diferencias encontradas en cuanto a eficiencia y costos.
- f) Diseñar y aplicar medidas correctivas.

Este proceso sólo podrá ser cumplido si contamos con los elementos necesarios debidamente organizados:

Para conocer las instalaciones y equipos

- 1. Planos de construcción detallados.
- 2. Planos catastrales de las redes.
- 3. Planos catastrales de las conexiones domiciliarias.
- 4. Catálogos de los fabricantes de equipos.

5. Inventario de instalaciones y equipos.
6. Un sistema de formularios.

Para comparar resultados y hacer evaluaciones

7. Las normas y especificaciones de diseño.
8. Manuales de operación.

Para programar el funcionamiento

Toda la información anterior y además:

9. Información sobre el personal necesario en las diferentes etapas del sistema de agua o de alcantarillado.

Si alguno de esos elementos no existen, o están incipientemente desarrollados en el área de operación y mantenimiento de la institución, se puede prever sin lugar a dudas que no se está operando correctamente el sistema y que no se cuenta con información adecuada para llevar a cabo un buen mantenimiento del mismo.

Al realizarse el diagnóstico el profesional de operación y mantenimiento debe estar alerta para reconocer problemas producidos por:

- a) Deficiencia en los proyectos.
- b) Deficiencias en la construcción.
- c) Deficiencias en la calidad de materiales.
- d) Deficiencias en calidad y cantidad de equipos.
- e) Fugas y roturas por fallas en la operación.
- f) Fugas y roturas por situaciones de desastre.
- g) Fugas y roturas por intervención de personas en las tuberías o por efectos del tráfico de vehículos.
- h) Falta de presión por deficiencias en las fuentes, fallas en equipos, fugas inadvertidas, desperdicios.
- i) Desgaste prematuro de tuberías por acción de suelos corrosivos o aguas agresivas.
- j) Reducción del diámetro interno de las tuberías por incrustaciones.
- k) Conexiones cruzadas.
- l) Suministro intermitente por falta de capacidad del sistema o por desperdicios exagerados.

- m) Desinfección inadecuada por falta de equipos, dificultades en la obtención de repuestos o deficiencias en el suministro oportuno del desinfectante.
- n) Cisternas domiciliarias defectuosas, bombas elevadoras mal instaladas y tanques elevados mal conservados.
- o) Ausencia de programas de mantenimiento preventivo.
- p) Procedimientos de operación y de mantenimiento defectuosos.

Encontrándose también problemas de escasez de personal adiestrado y, muchas veces, organizaciones defectuosas y carentes de recursos económicos.

Todos estos problemas y otros más podrán ser solucionados sistemáticamente con una mejora en la organización de las áreas y la elaboración de programas y de manuales como se verá en seguida.

5. ELABORACION DE PROGRAMAS

La situación hallada al efectuar el diagnóstico debe ser corregida desde dos puntos de vista.

- Remediar las fallas en los sistemas en funcionamiento.
- Aplicar para los próximos proyectos criterios que aseguren una correcta operación y un fácil mantenimiento de las instalaciones.

Con respecto al primer punto, los programas que es necesario preparar pueden ser agrupados en la forma siguiente:

- A. Programas para el desarrollo de los elementos básicos para la operación y el mantenimiento.
- B. Programas para resolver problemas específicos.
- C. Programas para la operación de los sistemas.
- D. Programas para el mantenimiento preventivo.
- E. Programas de adiestramiento.

Programas del grupo A

Estos programas pueden ser identificados de modo tal que el jefe de las áreas de operación y de mantenimiento pueda constituir grupos de trabajo especializados y, en algunos casos, contratar ayuda para, en el plazo más breve posible, desarrollar los elementos que se requieren.

De acuerdo a los resultados del diagnóstico se podrán desarrollar programas tales como:

- A-1 Archivos de planos
- A-2 Archivos técnicos
- A-3 Formularios
- A-4 Catastros de redes y conexiones domiciliarias
- A-5 Elaboración de inventarios de equipos e instalaciones
- A-6 Recopilación de catálogos y literatura sobre los equipos

En un anexo al presente documento se hace una breve descripción de algunos de estos programas a manera de ilustración.

#### Programas del grupo B

Estos programas tienen como finalidad organizar sistemáticamente las actividades que son necesarias para resolver problemas de operación en forma intensiva en campos de suma importancia para todas las áreas institucionales y de implicancias no sólo técnicas sino económicas y administrativas. La identificación de los programas permitirá, como en el caso anterior, utilizar grupos de trabajo dentro de la institución y contratar, si es necesario, ayuda especializada. La sola enumeración de estos programas hace notar su gran importancia para el área.

- B-1 Comunicaciones
- B-2 Operación de redes
- B-3 Control de calidad
- B-4 Control de fugas
- B-5 Medición
- B-6 Mejoramientos

En un anexo al presente documento se hace una breve descripción de estos programas (hay que anotar que algunos de ellos constituyen tema del Simposio y serán tratados detalladamente más adelante por lo cual no se han incluido todos ellos).

#### Programas del grupo C

Los programas de este grupo serán estructurados con base en la información obtenida en el grupo A. De la calidad de esa información dependerá también la calidad de estos programas.

Los programas para la operación y los sistemas de agua y alcantarillado deben ser elaborados con un buen conocimiento de los procesos y operaciones unitarias que se desarrollan en todas las partes de dichos sistemas. Al final deben resultar instrucciones de operación claras y concisas que proporcionen a los operadores una visión práctica y completa de la forma como deben manejar sus instalaciones.

Los programas deben dar lugar a los manuales de operación. Estos manuales son los elementos que permitirán imprimir orden y regularidad a las tareas que se deben realizar para hacer funcionar las instalaciones y facilitarán el control, la supervisión y la evaluación de dichas actividades.

Al mismo tiempo constituyen herramientas valiosas para el adiestramiento del personal y deben ser fuente de consulta para quienes dirigen, controlan e inspeccionan.

Los manuales de operación deben ser preparados en el momento que se han finalizado los diseños definitivos y a más tardar completados antes de terminar la construcción. Posteriormente deberán ser continuamente actualizados siguiendo el curso de las mejoras, ampliaciones, cambios de equipos y, en general, cualquier modificación o corrección que se haga necesaria de acuerdo con la experiencia y las nuevas técnicas.

Los manuales de operación deben ser preparados por grupos de especialistas con experiencia en operación y en ingeniería. De otro modo resultarán manuales que parecerán informes de ingeniería y serán difíciles de aplicar. Lo que debe tenerse en cuenta es a quien van dirigidos los manuales y utilizar el lenguaje adecuado.

Se puede afirmar por ello que aun en los países en desarrollo se está creando conciencia para la revisión y/o la elaboración de verdaderos manuales de operación.

Desde luego que el primer manual que se produzca será el más laborioso y el más costoso pero, en los próximos, la experiencia adquirida y el uso de capítulos similares dará lugar a economías en tiempo y dinero.

En algunas instituciones en donde la importancia de las mismas y los recursos lo permitan se puede recurrir a contratar la elaboración de los primeros manuales con especialistas. Esta inversión puede resultar muy provechosa en muy corto plazo.

El alcance y contenido de los manuales puede variar según el tamaño del sistema de agua y de alcantarillado. Para ciudades grandes se puede preparar un conjunto de manuales: captaciones, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, etc. En el caso de ciudades pequeñas con sistemas simples un solo manual podrá contener en diversos capítulos toda la información necesaria.

En general todos los manuales incluirán en cada uno de sus capítulos un verdadero programa de operación.

Estos grandes capítulos pueden ser:

#### I Introducción

- Guías para el uso del manual
- Responsabilidades del personal
- Breve descripción general del sistema
- Diagramas de flujo

II Aspectos legales y normas utilizados

- Permisos para usos de terrenos, cruces, descargas, uso del agua, etc.
- Normas de calidad de agua
- Normas para desagües
- Otros aspectos legales

III\* Descripción, operación y control de las instalaciones

Generalidades

- Descripción del (o los) procesos
- Ubicación dentro del sistema
- Componentes principales
- Problemas de operación más frecuentes
- Controles de laboratorio
- Arranque inicial

Operación específica

- Operación normal
- Operación alternativa
- Operación en emergencia

IV Personal

- Requerimientos de personal
- Calificaciones
- Certificados

V Pruebas de laboratorio

- Propósito del control
- Programa de muestreo
- Bibliografía de referencia
- Interpretación de las pruebas de laboratorio
- Formularios de laboratorio

VI Registros

- Registros diarios
- Registros de laboratorio
- Informes mensuales

\* Este capítulo puede repetirse en el caso de sistemas extensos o plantas de tratamiento complejas.

- Informes anuales
- Registros de mantenimiento
- Registros de costos
- Registros de sucesos de emergencia
- Records de personal

VII Programas para operar en emergencias

- Objetivos
- Análisis de vulnerabilidad
- Métodos para reducir la vulnerabilidad del sistema
- Acuerdos de ayuda mutua
- Inventario de equipos de emergencia
- Protección de los archivos
- Inventario de los principales usuarios del alcantarillado cuyas descargas sean dañinas
- Coordinación con la policía, bomberos y defensa civil
- Responsabilidades del personal
- Centro de coordinación de emergencia
- Necesidades adicionales de personal

VIII Seguridad

- Generalidades
- Redes
- Peligros eléctricos
- Peligros en equipos mecánicos
- Peligros de explosión e incendio
- Peligros de infecciones
- Peligros con el cloro
- Peligros con gases o por asfixia
- Peligros en el laboratorio
- Equipos de seguridad
- Manejo de productos químicos
- Referencias para la seguridad del personal

IX Servicios públicos

- Electricidad
- Teléfono
- Gas natural
- Agua
- Petróleo

X Sistema eléctrico

- Fuente de energía
- Distribución del sistema de fuerza
- Sistema de control y mando
- Fuente alternativa de energía

## XI Apéndices

- Diagramas
- Listado de válvulas
- Formularios
- Criterios de diseño detallados
- Productos químicos utilizados
- Proveedores de equipos
- Manuales de fábrica
- Fuentes de aprovisionamiento de repuestos
- Planos de construcción
- Fotografías de la construcción
- Códigos de colores en las instalaciones
- Pinturas utilizadas
- Bibliografía útil

Como es de suponer, esta esquematización debe ser ajustada a las necesidades particulares de cada institución pero la idea básica es que los operadores cuenten con:

- Una visión completa del sistema: gráfica y descrita.
- Un documento que les explique como funciona el sistema y qué se espera en cuanto a resultados.
- Instrucciones claras para manejar las instalaciones.
- Instrucciones claras para llevar los registros.
- Instrucciones claras para actuar en casos de emergencia.
- Instrucciones de seguridad.
- Referencias detalladas para consulta.

### Programas del grupo D

Los programas para el mantenimiento preventivo pueden constituir un capítulo más de lo que sería un manual de operación y de mantenimiento del sistema. Esto dependerá, desde luego, del tamaño y complejidad del sistema. En el caso de una planta de tratamiento de agua grande y compleja es conveniente, por ejemplo, que el mantenimiento preventivo constituya un capítulo de un manual único, ya que en la mayoría de los casos se deberá contar con personal permanente de mantenimiento en la planta.

La información básica para este grupo se encuentra en los programas del grupo A. Se ha considerado conveniente tratar separadamente de estos programas por la gran importancia que tienen para las instituciones.

Aclaremos en primer lugar que se debe evitar la elaboración de programas limitados solamente a los equipos. Los programas de mantenimiento deben ser amplios y abarcar a todo el sistema. Aunque se prefiera comenzar con programas restringidos, el objetivo deberá cubrir todas las instalaciones del sistema.

Se puede afirmar rotundamente que la inversión en programas de mantenimiento producirá grandes beneficios a las instituciones y resulta contradictorio que no sean aún de aplicación general en las instituciones de agua y alcantarillado. Esta reflexión debe ser materia de un examen de conciencia en los niveles directivos de dichas instituciones.

Las dificultades que a menudo se citan: falta de personal adiestrado, falta de recursos, etc., a menudo ocultan la realidad que es simple indiferencia, por cuanto las inversiones en equipos para reemplazar a otros prematuramente desgastados son cuantiosas y servirían para financiar y superar cualquier obstáculo. En cambio, en los casos en que se han iniciado programas de mantenimiento preventivo, la reducción de las intervenciones por fallas han sido notables.

La secuencia de implantación de un programa de mantenimiento preventivo en la institución podría ser la siguiente:

1. Organizar la Oficina de Programación nombrando a uno o más programadores.
2. Elaborar un código para los equipos e inventarios.
3. Elaborar un código para los servicios de mantenimiento.
4. Diseñar, elaborar y llenar las tarjetas individuales para cada equipo e instalación en base al inventario de equipos e instalaciones.
5. Diseñar, elaborar y llenar las tarjetas individuales de servicio.
6. Elaborar los programas de mantenimiento preventivo.
7. Ejecutar los programas.

Existen diversos métodos para estructurar los archivos, tarjetas y formularios de programación, pero esto será definido fácilmente por un profesional con experiencia, existiendo siempre la posibilidad de contratar servicios especializados.

Lo importante es que se llegue a contar con un archivo simple que permita identificar los equipos e instalaciones y en el cual figuren las necesidades de servicio de los mismos.

El método de programación puede igualmente variar desde un calendario con anotaciones de los equipos y los servicios que se deben efectuar, llevados a mano, hasta programas que utilicen los códigos numéricos de los equipos y de los servicios que puedan ser procesados en computadoras.

Al final lo importante será conseguir que los equipos e instalaciones sean atendidos debidamente y en su oportunidad en una forma sistemática que no produzca confusiones ni problemas a los controladores ni al nivel directivo.

El análisis de los programas de mantenimiento, una vez estructurados, conducirá a determinar las necesidades en:

- Repuestos
- Herramientas
- Vehículos
- Personal especializado

El éxito de la programación consistirá en establecer secuencias que permitan utilizar eficientemente a este personal. Las variantes en organización dependerán de la magnitud de los sistemas sea ciudades grandes o grupos de ciudades.

En las ciudades grandes deberá existir una "unidad de mantenimiento" con su oficina de "programación del mantenimiento". En las ciudades pequeñas se pueden establecer unidades de mantenimiento para un grupo de ellas, economizándose así en recursos de toda índole.

Los manuales de mantenimiento o el capítulo de mantenimiento, según sea el caso, deberán ser preparados siguiendo los mismos criterios que se fijaron para los manuales de operación, es decir, información completa, gráfica y descrita, lenguaje claro e instrucciones precisas.

Si la institución cuenta con personal profesional adecuado, ellos deberán elaborar los manuales; aunque mucho esfuerzo y tiempo se pueden ahorrar cuando participan especialistas con experiencia en la confección de manuales.

Para tener una idea del contenido de un manual de mantenimiento, se señala una posible esquematización:

- I Generalidades
  - Objetivo del mantenimiento
  - Alcance del programa recomendado
  - Características principales del programa
- II Sistemas para archivos de información sobre equipos
- III Programas y calendarios
- IV Sistemas de inventarios y almacenes
- V Personal de mantenimiento
- VI Costos y presupuestos para las actividades de mantenimiento
- VII Mantenimiento de edificaciones
- VIII Herramientas y equipos especiales
- IX Lubricación
- X Garantías existentes para los equipos
- XI Contratos de mantenimiento
- XII Anexos
  - Lista de catálogos de fábrica existentes
  - Lista de proveedores de repuestos
  - Lista de proveedores de servicios

NOTA: Cuando el manual de mantenimiento es independiente del manual de operación, se deberá incluir el capítulo de "seguridad".

### Programas del grupo E

Los programas de adiestramiento de personal deben ser preparados por la unidad especializada de la institución pero es importante la participación de las áreas de operación y de mantenimiento en el inventario de recursos humanos, en la identificación de necesidades de adiestramiento y en la elaboración de los cursos correspondientes.

#### 6. EJECUCION DE LOS PROGRAMAS

Dependerá de la situación particular del área de operación y del área de mantenimiento de la institución la decisión que se adopte en cuanto a la ejecución de los programas.

Lo deseable es desarrollar paralelamente todos los programas pero para ello habrá que contar con recursos suficientes. En todo caso, será difícil establecer una prioridad pues ello significará tomar decisiones en cuanto a qué es más importante: cantidad, calidad, cobertura, continuidad, costo. Sin embargo, siempre será factible llegar a una secuencia de ejecución de los programas con toda la gama de posibilidades en cuanto a primeras y segundas etapas combinadas entre sí. En este caso jugarán un importante papel las técnicas de control de la ejecución de los programas que permitan volcar las actividades en mecanismos de fácil visualización de los avances y del uso de los recursos.

Ya están bien difundidas las técnicas de programación por los sistemas PERT/CPM, gráficos simples GANTT y otras variaciones de los sistemas de mallas. Pero aún no se están usando en forma intensiva en las instituciones de agua y alcantarillado y menos aún en las áreas de operación y de mantenimiento. De allí que la mayor parte de las veces los programas de proyectos, construcciones y de administración y operación de servicios sufran grandes distorsiones en tiempo y costos, simplemente porque no se estudiaron bien las actividades involucradas en cuanto a duración y recursos necesarios ni se coordinaron a tiempo la obtención de dichos recursos. Los costos elevados que esta falta de control ha producido hubieran financiado con mucho exceso varias unidades de control de programas bien organizados. De allí la necesidad que el profesional de operación y mantenimiento esté en capacidad de explicar las ventajas de una buena programación, de organizar unidades de programación y de conseguir el financiamiento respectivo, que al final será un ahorro institucional.

En contra de lo que se puede suponer la programación es más necesaria en los organismos estatales en donde existen rigideces en la gestión y obtención de recursos pero que pueden ser previstas razonablemente. La existencia de buenos programas ha significado una buena herramienta para el directivo en su gestión de recursos presupuestales.

## 7. LA EVALUACION

Es de suma importancia para el profesional de operación y mantenimiento el conocimiento oportuno y eficaz de los resultados que se obtienen durante el funcionamiento de los sistemas de agua y de alcantarillado, pero éste conocimiento no le sería de mucha utilidad si no contara con los medios necesarios para evaluar esos resultados.

El tema de la evaluación, en el campo de la operación y el mantenimiento de sistemas de agua potable y alcantarillado, no ha sido aún suficientemente desarrollado en el ámbito latinoamericano. Más aún, no existen todavía sistemas uniformes a nivel mundial razón por la cual los criterios que se utilizan en cada institución no son comparables y las estadísticas no son de aplicación generalizada.

Una buena evaluación de resultados requiere, en primer lugar, que se definan determinados coeficientes de evaluación, los que a su vez surgirán en función de los objetivos perseguidos en cada proceso.

La aplicación de los coeficientes, por otro lado, necesitará de buenos registros y estadísticas y de valores patrones de comparación.

Conociendo el nivel de desarrollo de las áreas de operación y de mantenimiento en nuestros países podremos reconocer que no se puede alcanzar a breve plazo sistemas muy perfeccionados de evaluación. Pero es imprescindible que iniciemos desde ahora esta labor cuyos frutos serán de inmediata utilidad.

En el curso de los últimos años se han hecho varios intentos para seleccionar algunos coeficientes de evaluación, pero no existe aún información suficiente para fijar valores patrones para dichos coeficientes, que puedan ser de aplicación en todos los sistemas de agua y de alcantarillado. Esta tarea debe ser activamente continuada.

Otro punto que debe ser convenientemente aclarado es que los coeficientes de evaluación se diferencian de las especificaciones de diseño del proyecto en que los primeros incorporan conceptos de eficiencia económica, ya que existe una diferencia fundamental en operar para obtener los resultados esperados en el proyecto simplemente, o en conseguir los mejores resultados dentro de costos razonables.

La aplicación de coeficientes a las actividades de operación y de mantenimiento significará entonces combinar los patrones fijados en el proyecto (criterio técnico) con patrones económicos, para llegar a una cifra que incorpore ambos criterios y que permita en definitiva evaluar el comportamiento de la organización, desde el punto de vista del personal, de sus procedimientos y del uso de recursos.

Estos coeficientes permitirán además identificar problemas de operación que pueden ser de orden técnico o solamente de orden económico o de una combinación de ambos. El profesional de operación y mantenimiento podrá así tener un mejor ángulo de visión para programar medidas correctivas y para solicitar los recursos o modificar procedimientos.

La selección de coeficientes no es una tarea muy sencilla, por lo cual se recomienda que al comienzo se haga una selección de los más necesarios o representativos y que se haga paralelamente un esfuerzo para controlar durante la operación todos los parámetros fijados en el proyecto. De otro modo se puede caer en el exceso de recoger muchas cifras que no podrán ser analizadas correctamente por falta de estadísticas confiables.

### Selección de coeficientes

La selección de coeficientes de evaluación debe, en principio seguir el siguiente esquema:

- A. Establecer una división del sistema de agua, o de alcantarillado, en componentes para los cuales se puedan fijar objetivos: captaciones, plantas de tratamiento, redes de agua, redes de alcantarillado, estaciones de bombeo.
- B. Determinar los objetivos para cada componente en base a criterios que permitan llegar a una cuantificación de resultados.
- C. Elegir un coeficiente que, en base a una relación aritmética, permita comparar los resultados con valores que se consideran representativos de los máximos que se puedan obtener en cada actividad específica.
- D. Determinar el sistema de registros que permitan obtener los datos que se necesitan para conocer resultados y aplicar los coeficientes.
- E. Aplicar y evaluar los coeficientes en diferentes sistemas de agua y alcantarillado.

### A. Criterio para la división de los sistemas

Cada sistema de agua y de alcantarillado es, en principio, diferente al otro tanto en su concepción como en su magnitud o su edad. Pero en todos ellos las operaciones unitarias y los procesos son muy similares.

Es conveniente entonces utilizar una división simple y lo más similar posible a la que pueda requerir la institución para elegir sus centros de costos. Cabe aquí aplicar un sentido práctico y a la vez simple para facilitar el uso de los coeficientes.

Las divisiones más comúnmente utilizadas para diferentes aplicaciones son las siguientes:

### Sistemas de agua

1. Captaciones
2. Conducciones
3. Tratamiento

- 4. Almacenamiento
- 5. Distribución
- 6. Bombeo

Sistemas de alcantarillado

- 7. Recolección
- 8. Tratamiento
- 9. Disposición
- 10. Bombeo

Pueden hacerse algunas variantes a estas divisiones pero, en general, en primera etapa de estudio no es conveniente dispersar mucho el análisis y más bien buscar soluciones aún más simples. Sobre todo en el presente caso en que la división antes señalada ha venido teniendo aceptación general.

B. Criterios para la determinación de los objetivos

B.1 Han sido bastante difundidos en la actualidad los objetivos generales para un sistema de agua potable en base a los criterios de las 5 "C":

- Cobertura
- Continuidad
- Calidad
- Cantidad
- Costo

O sea que la eficiente operación y el mantenimiento de un sistema de agua debe permitir entregar agua de buena calidad y permanentemente, a todos los puntos a donde alcanzan las redes de distribución a un costo razonable y en suficiente cantidad.

En el caso de la operación y el mantenimiento, como se podrá observar, los criterios de cobertura y cantidad escapan a la responsabilidad de los operadores por cuanto no es de su entera responsabilidad la ampliación de los servicios sino el de mantenerlos tal cual están construidos.

Por consiguiente, los criterios que se aplicarán serán los de:

- Continuidad: Criterio para el mantenimiento
- Calidad: Criterio para la operación
- Costo: Criterio para operación y mantenimiento

El objetivo de continuidad dependerá más en efecto de que no existan paralizaciones en el servicio y, por ello, incide más en las actividades de mantenimiento.

El objetivo de calidad habría que precisarlo en base a las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua, que se relacionan más con una buena conducción de los procesos, sin dejar de reconocer los riesgos derivados de un mal mantenimiento.

El objetivo de costo establece un criterio muy valioso para hacer énfasis en la creciente alza del valor de los recursos que se utilizan y la necesidad de conseguir resultados a base de costos razonables. Son de aplicación aquí las clásicas curvas de costos totales en función del número de actividades en las cuales se llega a un punto de balance óptimo por encima del cual los costos comienzan a crecer y a tornar ineficientes los resultados.

Todas las actividades de operación y de mantenimiento que se realicen en las seis grandes divisiones de los sistemas de agua deberán contribuir al logro de estos objetivos y, en base a ellos, deberán estudiarse los coeficientes.

B.2 Para los sistemas de alcantarillado se pueden fijar objetivos similares (sin incluir el de cobertura por las razones ya expuestas)

- Continuidad: Criterio de mantenimiento
- Calidad: Criterio de operación
- Costo: Criterio para operación y mantenimiento

Igualmente habrá que desarrollar coeficientes para evaluar el mantenimiento en base a la ausencia de interrupciones al servicio.

Para la calidad servirán las normas fijadas para las descargas de aguas servidas provenientes de plantas de tratamiento.

El criterio de costo se aplicará en la misma forma que para los sistemas de agua, o sea, para obtener un balance económico favorable en las actividades que se desarrollen.

C. Criterios para la selección de coeficientes

Al identificar los objetivos se ha planteado objetivos para la operación y objetivos para el mantenimiento, introduciendo en ambos el criterio económico, imprescindible en todo coeficiente de evaluación.

Los coeficientes pueden ser agrupados en dos grandes rubros:

Para sistemas de agua potable

- Coefficientes de operación
- Coefficientes de mantenimiento

Para sistemas de alcantarillado

- Coefficientes de operación
- Coefficientes de mantenimiento

Todos ellos pueden ser, a su vez, clasificados dentro de las 10 divisiones señaladas en el rubro A, de modo que se podrán obtener coeficientes para la operación de captaciones, plantas, estaciones de bombeo, etc., y para el mantenimiento de las mismas.

No significa esto que se deban utilizar tantos coeficientes a no ser que se cuente con información suficiente para aplicarlos con probabilidades de éxito.

Se indican a continuación algunos conceptos que pueden ser utilizados para el desarrollo de coeficientes de comportamiento en sistemas de agua.

<u>Concepto</u>	<u>Cálculo</u>	<u>Valor óptimo</u>
Efectividad de continuidad del servicio:	$\frac{\text{Horas de servicio al día}}{24}$	1
Efectividad de cantidad:	$\frac{\text{Miles de lt. producidos/24 horas}}{\text{N}^\circ \text{ de habitantes servidos}}$	El del diseño
Efectividad de cloración:	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de muestras con residual/mes}}{\text{N}^\circ \text{ de muestras totales/mes}}$	1
Efectividad de servicio:	$\frac{\text{Promedio de presión mínima/mes}}{\text{Presión mínima de diseño}}$	1
Efectividad de mantenimiento:	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de interrupciones de servicio/mes}}{30}$	0
Efectividad de mantenimiento:	A) $\frac{\text{N}^\circ \text{ de servicios preventivos/mes}}{\text{N}^\circ \text{ de servicios correctivos/mes}}$ B) $\frac{\text{N}^\circ \text{ de servicios preventivos/mes}}{\text{N}^\circ \text{ de servicios correctivos/mes}}$	La relación debe aumentar

Como ya se habrá observado, no existe concepto de eficiencia en estos indicadores, por cuanto no se ha introducido el concepto del costo. Tampoco se obtiene información de los valores óptimos que constituyen una tendencia ideal; lo importante es encontrar un valor aceptable que permita aplicar medidas correctivas cuando los resultados se alejen de él.

En el siguiente ejemplo se presenta un coeficiente de evaluación en el cual se introduce el concepto del costo:

Eficiencia operacional:  $\frac{\text{Gastos directos de operación/mes}}{\text{N}^\circ \text{ de conexiones domiciliarias/mes}}$

Este concepto puede aplicarse a todo el sistema o parte de él, pero debe fijarse un costo patrón standard por conexión para obtener utilidad del coeficiente.

Para dar una mejor idea del mecanismo que conduce a la obtención de coeficientes de evaluación de resultados haremos referencia a una última publicación del "Journal-Water Pollution Control Federation - April 1979", en la cual figura el artículo de los señores Brady, Goodman, Kem y Reed, denominado "Performance Indicators for Wastewater Collection Systems" (Indicadores de Comportamiento para Sistemas de Recolección de Aguas Servidas).

Los autores identifican dos objetivos para dichos sistemas, proponen el uso de tres coeficientes y consignan los resultados obtenidos al aplicarlos en nueve instituciones.

Para ello hacen dos divisiones del sistema de recolección de aguas servidas: las tuberías de recolección y las estaciones de bombeo.

Los objetivos para las mismas son: reducir al mínimo el número de atoros por kilómetro de red que lleguen a causar inundaciones y reducir al mínimo el número de fallas en las estaciones de bombeo que causen inundaciones. Los autores insisten en que no se deben registrar atoros o fallas que no produzcan inundaciones, porque estos no son una amenaza para la salud. Se establece aquí un principio de simplicidad para facilitar el uso de los coeficientes.

La información que debe estar registrada en la institución es la siguiente:

- Kilómetros de redes colectoras
- N° de estaciones de bombeo
- N° de atoros que produjeron inundaciones por año
- N° de fallas en las estaciones de bombeo que produjeron inundaciones por año
- Potencia instalada total en todas las estaciones de bombeo (HP)
- Energía consumida por todas las estaciones de bombeo (millones de KWh/año)

Los coeficientes de evaluación del comportamiento que se proponen son:

a) Para la red de recolección:

(costos en \$/Km) x (atoros/Km)

b) Para las estaciones de bombeo:

(1)  $\frac{(\text{costos en } \$/\text{estación}) \times (\text{fallas/estación})}{\text{HP total de bombeo instalado/estación}}$

(2)  $\frac{(\text{costos en } \$/\text{estación}) \times (\text{fallas/estación})}{\text{millón KWh/estación de energía consumida}}$

La comparación se hace dividiendo el valor patrón entre el valor resultante y multiplicando por 100%:

$$\text{Comportamiento} = \frac{\text{Valor patrón}}{\text{Valor del coeficiente}} \times 100\%$$

Lo interesante aquí es la determinación de los valores patrones. Los autores los han calculado en base a un análisis del comportamiento en nueve instituciones pero indican que otras instituciones pueden elegir otros valores más apropiados.

Los valores patrones adoptados fueron: 55, 10 y 22,500, en el orden en que han sido presentados los coeficientes.

Para aclarar más este asunto, se da un ejemplo para una de las instituciones:

- Población servida	10,000
- Longitud de colectores-millas	29.1
- Atoros al año	5
- N° de estaciones de bombeo	5
- N° de fallas en estaciones	1
- HP total instalado en todas las estaciones	52
- Energía consumida por todas las estaciones (año)	0.0239 kWh x 10 <sup>6</sup>
- Gastos anuales:	
- Colectores	\$ 5,391
- Estaciones de bombeo	\$10,687

Aplicación de los coeficientes

Para colectores:

$$\frac{5,391}{29.1} \times \frac{5}{29.1} = 32 \text{ atoros por milla cuadrada}$$

$$\text{Comportamiento} = \frac{55}{32} \text{ (patrón)} \times 100\% = 172\%$$

Para estaciones de bombeo:

$$(1) \frac{(10,687/5) \times (1/5)}{52/5} = \$41 \text{ por falla/HP/estación}$$

$$\text{Comportamiento} = \frac{10}{41} \text{ (patrón)} \times 100\% = 24\%$$

$$(2) \frac{(10,687/5) \times (1/5)}{0.0239 \text{ millón}/5} = \$89,431 \text{ por falla/kWh/estación}$$

$$\text{Comportamiento} = \frac{22,500}{89,431} \text{ (patrón)} \times 100\% = 25\%$$

La aplicación de estos coeficientes en nueve instituciones produjo una gran variedad de resultados en el comportamiento que fueron atribuidos principalmente al uso de diferentes sistemas de registro, la variación en longitudes, tipos y edades de los colectores y al hecho de iniciarse recién la utilización de este tipo de indicadores.

Es significativo anotar, para finalizar, que los autores reconocen en las conclusiones que no hay suficientes estudios aún para desarrollar indicadores de comportamiento a nivel nacional, lo cual puede servir de guía para que se aproveche esa experiencia y los profesionales de operación y mantenimiento en nuestros países aúnen esfuerzos para uniformizar criterios, intercambiar experiencias y lograr la implantación de sistemas de registro de información y de estadística que faciliten la identificación de coeficientes de evaluación y de patrones confiables.

El insuficiente desarrollo en estos aspectos puede ser así aprovechado favorablemente tomando el rumbo adecuado.

A N E X O S

PROGRAMA A-1: ARCHIVOS DE PLANOS

Objetivos

Organizar en la institución un sistema de archivo de planos de todos los componentes de las instalaciones de agua y alcantarillado que se encuentran a cargo de ella, para:

- Conocer exactamente todas las instalaciones y organizar su funcionamiento.
- Elaborar programas de mantenimiento preventivo.
- Ubicar cualquier elemento de las instalaciones para efectuar reparaciones.
- Llevar a cabo programas de mejoramiento y de ampliaciones.
- Preparar programas de adiestramiento para el personal.

Actividades del programa

- Ubicar un lugar adecuado dentro del área técnica de la institución para organizar una planoteca central.
- Ubicar en la unidad de operación y mantenimiento un local para organizar una planoteca auxiliar de copias de los planos que requiera dicha unidad.
- Definir el tipo de muebles para archivar los planos y determinar su capacidad y cantidad (tener en cuenta los muebles existentes).
- Adquirir los muebles necesarios, después de deducir los existentes.
- Recopilar los planos existentes y actualizarlos.
- Elaborar los planos faltantes.
- Elaborar el manual de planotecas.

Recursos

Para llevar a cabo este programa se requiere:

- Que se designe un profesional o estudiante de ingeniería para la tarea de recopilar planos y para su actualización.

- Que se adiestre y designe un encargado para la planoteca central.
- Elaborar coordinadamente el manual de planotecas. Este manual es básico para definir el funcionamiento de las planotecas y adiestrar al personal.

Recomendaciones para el manual de planotecas

Contenido:

- Objeto del manual
  - Procedimientos de entrega y recepción
  - Procedimientos para certificar los planos
  - Procedimientos para actualizar los planos
  - Procedimientos para renovar planos
  - Tipo de archivadores
  - Codificación y conservación
  - Personal requerido: funciones y actividades
- El objetivo del manual debe ser claramente explicado, indicando sus alcances.
  - Se señalarán los procedimientos para la entrega y recepción oficial de los planos originales, indicando el personal involucrado en el proceso.
  - Se indicarán los procedimientos para certificar la autenticidad del plano y convertirlo en documento oficial.
  - Se indicarán los procedimientos para actualizar los planos y certificar las modificaciones.
  - Se indicarán los procedimientos para renovar originales deteriorados.
  - Se describirán los diversos tipos de archivadores de uso posible y los requisitos mínimos en materiales y detalles de construcción.
  - Se establecerá un código para identificar los planos y se indicarán las áreas mínimas de almacenamiento y las condiciones ambientales que aseguren su conservación.
  - Se indicará el personal requerido, sus requisitos, funciones y tareas.

PROGRAMA A-2: ARCHIVOS TECNICOS

Objetivos

Organizar un archivo técnico de toda la documentación relacionada con los acueductos y que contenga entre otras cosas, las normas y especificaciones de diseño y de construcción para utilizarlas en:

- Controlar la operación comparando los resultados con los valores fijados en el proyecto.
- Controlar el mantenimiento de modo que se respeten los criterios fijados en cuanto a materiales y métodos de construcción.
- Programar futuras mejoras y ampliaciones.
- Evaluar resultados.
- Orientar las tareas de supervisión (auditoría técnica).
- Fijar pautas de trabajo a los contratistas de proyectos y de construcción de obras de ampliación y de mejoramiento.

Actividades del programa

- Establecer un código numérico para identificar los componentes principales de los sistemas de agua y de alcantarillado.
- Hacer un listado de todos esos componentes con su respectivo código.
- Verificar si se cuenta con las especificaciones de diseño y de construcción para esos componentes.
- Efectuar la recopilación de las especificaciones no existentes.
- Organizar el archivo en un mueble metálico, incluyendo las normas de diseño y de construcción adoptadas.
- Establecer como procedimiento oficial que toda obra que se construya, de cualquier magnitud, cuente con una descripción de las especificaciones utilizadas y que previamente se le asigne el número que le corresponde dentro del código aprobado.

PROGRAMA A-3: FORMULARIOS

Objetivos

Desarrollar un sistema uniforme de formularios que permitan a la institución:

- Registrar los resultados de la operación y el mantenimiento y compararlos con los patrones existentes.
- Preparar información para el nivel central con fines de evaluación, corrección y estadística.
- Preparar informes al nivel de directorio y gerencia, a base de indicadores técnicos, administrativos y económicos.

Actividades

- Hacer un listado de los formularios que se requieren en cada uno de los tres niveles institucionales (ver instrucciones más adelante).
- Diseñar los formularios.
- Implantar los formularios.

Recursos

Se requiere que un profesional de experiencia trabaje en forma exclusiva, conjuntamente con un especialista en organización y métodos, para el diseño de los formularios.

El especialista podría ser contratado para estudiar el sistema integral de racionalización administrativa y el diseño de formularios formaría parte de esa responsabilidad.

Recomendaciones sobre formularios para operación y mantenimiento

El funcionamiento de los sistemas da lugar a una serie de acciones de operación que producen diferentes resultados.

La decisión sobre las acciones y resultados, que deben ser registrados, controlados y evaluados, tendrá una influencia notable sobre las eficiencias técnicas y administrativas de la institución.

El elemento que ordena la información y facilita su registro y su canalización en todos los niveles de intervención es el formulario.

La organización de esos formularios para que sean de fácil manipulación, de simple registro y de lectura comprensible y para que sirvan de enlace en la producción de informes y transmisión de órdenes es el objeto de las instrucciones que en seguida se describen.

Para el área de operación, el formulario ha sido concebido como un elemento de registro en el nivel de ejecución, o sea el nivel local. En dicho nivel se anotarán todos los resultados que produzcan las acciones de operar y mantener que sean significativas para la organización. Dichos formularios serán de uso exclusivo local y permitirán al acueducto dirigir la ejecución y procesar la información en formularios de informe hacia el nivel regional.

Deberán diagramarse diferentes formularios de nivel local para los distintos tipos de acueductos.

En el nivel regional el formulario se convierte en una herramienta de información y de control porque permitirá examinar la información, hacer comparaciones con patrones o normas, establecer órdenes correctivas y guiar las actividades de los supervisores.

En el mismo nivel regional se agrupará la información en formularios destinados al nivel central. La finalidad será presentar aquellos datos procesados que sirvan para hacer evaluaciones con el uso de indicadores técnicos, administrativos y económicos.

Por lo expuesto, el primer paso a dar será el estudio de los tipos de registro necesarios en el nivel local, los requeridos en el nivel regional y los que utilizará el nivel central.

Luego se examinará la mejor forma de tabular la información en formularios debidamente rayados. En este aspecto debe primar el concepto de la menor cantidad de papel con el máximo de información; se debe tener en cuenta la frecuencia con que se requiere la información y la facilidad de traslado y manipulación.

## PROGRAMA B-1: COMUNICACIONES

### Objetivos

Establecer un sistema de enlace directo entre todas las unidades de la institución en sus niveles central, regional y local, de modo que se puedan transmitir informaciones y respuestas en el menor tiempo posible, efectivizándose así las actividades de operación y mantenimiento y de administración en general.

### Actividades

- Hacer un estudio de todos los lugares y unidades móviles que deben ser enlazadas.
- Analizar los sistemas de comunicación en uso actual para que en base a sus ventajas y desventajas elegir uno o una combinación de dichos sistemas.
- Profundizar el análisis anterior en base a costos iniciales y de operación.
- Preparar un programa de adquisiciones y estudiar su financiamiento.
- Efectuar las adquisiciones, efectuar instalaciones y poner en marcha el sistema.

### Recomendaciones

En principio la institución debe tratar de utilizar los servicios de comunicación telefónicos y telegráficos en los lugares donde existan.

Sin embargo, este tipo de comunicación tiene limitaciones por no cubrir todos los centros poblados y por las sobrecargas naturales en las horas de máxima demanda. No puede cubrir, asimismo, a las unidades móviles en labores operacionales o de mantenimiento.

Es necesario, entonces, recurrir adicionalmente al sistema de radio, con estaciones base en las oficinas y equipos móviles en los vehículos. De ése modo se harían más flexibles y ágiles las comunicaciones y se establecería un control y dirección más efectivos sobre el personal de las unidades móviles.

PROGRAMA B-5: MEDICION

Objetivos

Obtener con la máxima exactitud posible información sobre los volúmenes de agua que circulan por los acueductos desde su ingreso como agua sin tratar hasta su entrega a los usuarios para:

- Controlar la eficiencia de la operación en comparación con las previsiones del diseño.
- Operar adecuadamente todos los componentes del sistema desde el punto de vista hidráulico.
- Realizar adecuadamente el tratamiento del agua (dosificaciones).
- Detectar pérdidas de eficiencia o pérdidas físicas de agua en cualquier componente del sistema.
- Permitir un balance parcial y general del agua que se capta y que se distribuye a los usuarios.
- Establecer un adecuado sistema de cálculo de costos y facilitar los estudios tarifarios.
- Obtener estadísticas de demandas y consumos reales para futuros estudios.

Este programa se complementa con el programa de fugas y el de facturación y recaudación para obtener resultados en macro y micromediciones y resolver el problema del "agua no controlada".

Actividades

- Examinar en cada acueducto los puntos del sistema en los que se requiera conocer caudales: captaciones superficiales, pozos, galerías, tuberías de conducción, plantas de tratamiento, tuberías principales, estanques, plantas de bombeo y conexiones domiciliarias.
- Investigar, utilizando las memorias de diseño y efectuando aforos, los caudales aproximados en cada uno de los puntos identificados y las fluctuaciones que se producen.
- Especificar las capacidades de los instrumentos de medición correspondientes, elegir el tipo y especificar sus características y las condiciones de instalación.

- Determinar las políticas de micromedición en las conexiones domiciliarias y en base a ellas determinar el tipo de medidores y la cantidad por adquirir.
- Determinar los procedimientos y políticas de mantenimiento de los medidores para que se utilicen en el diseño de los talleres de medidores domiciliarios (programa de mantenimiento) y en los correspondientes instructivos.

Recomendaciones

- La necesidad de la macromedición del agua debe ser tenida en cuenta desde el diseño del acueducto. Es conveniente que se establezca esta norma de diseño desde ahora para reducir el problema a los acueductos existentes.
- El diseño debe analizar la introducción de macromedidores en el sistema (actividad XII-I), introducir válvulas para aislar circuitos en la red de distribución y resolver el problema de mediciones en dicha red. En el proceso de construcción deben quedar instalados los macromedidores.
- Al mismo tiempo, los estudios de factibilidad deben definir la política de micromedición en cada acueducto. El agua se está convirtiendo en un recurso escaso y no debe ser desperdiciado, aún cuando pudiera resultar más económico hacer ampliaciones, lo cual no es frecuente. El agua no siempre tiene un solo uso y su derivación al uso doméstico pudiera restárselo a la agricultura.
- El proyectista debe estar consciente de esta situación. De nada sirve investigar dotaciones si al final el reparto del agua no resulta factible al nivel del usuario.
- Para uniformizar la distribución del agua en forma justa no bastarán las campañas de promoción. Estas servirán para explicar las medidas que se tomen para asegurar el uso correcto de este líquido, pero no impedirán del todo la negligencia y a veces la dificultad económica para reparar instalaciones interiores.
- El ideal es la medición total a nivel domiciliario. Esto requiere colocar un aparato medidor en todas las conexiones y cargar al usuario todo el costo de utilizar este sistema:

Costos de adquisición  
Costos de instalación  
Costos de lectura  
Costos de mantenimiento

- Como principio ésta debe ser la tendencia. Pero no será posible comenzar con el 100% de medición en muchos casos.

La posición intermedia, temporal, sujeta al análisis resultante de los costos de producción que indudablemente evolucionarán en forma creciente es la de utilizar mecanismos para controlar el caudal que ingresa a cada domicilio sin aparato de medición.

- La primera opción es la de un controlador que asegure un flujo continuo de agua al domicilio sin recurrir a almacenamientos. Esto requiere de un servicio permanente durante 24 horas. La intermitencia del servicio obligará al usuario a utilizar un estanque pequeño para almacenar agua.
- En este caso la segunda opción es la de utilizar un aparato controlador de gasto que se instala en el pequeño estanque domiciliario.

En ambos tipos de controladores el diseño debe permitir un caudal uniforme a pesar de las variaciones de presión.

- Como se verá, este programa al igual que los demás, se encuentra enlazado con todos los sistemas institucionales porque el sistema comercial, por ejemplo, dependerá para su completa eficiencia de una medición universal de conexiones. La medición parcial y el uso de controladores con sus cuotas mensuales fijas puede ser una solución intermedia satisfactoria.

- 5.1 -

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

PERSONAL NECESARIO PARA LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS  
DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

EJEMPLO PARA EL CASO DE PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Ing. Manuel Senra Alvares da Silva  
Consultor a Corto Plazo OPS/OMS-CEPIS

STOM 5

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

- 5.2 -

CONTEUDO

Folha

INTRODUÇÃO .....	123
1. ANÁLISE INDIVIDUAL DOS FATORES .....	125
1.1 Grãu e processo de tratamento .....	125
1.2 Nível de automação .....	132
1.3 Capacidade de tratamento da E.T.E. ....	133
1.4 Filosofia da administração dos serviços .....	133

### INTRODUÇÃO

Para se dimensionar o quadro de pessoal necessário para a operação, manutenção e conservação de uma Estação de Tratamento de Esgotos (E.T.E.), no mínimo quatro fatores distintos deverão ser considerados:

- 1.1 - Grau e processo de tratamento
- 1.2 - Nível de automação
- 1.3 - Capacidade da E.T.E.
- 1.4 - Filosofia da Administração dos serviços

Por mais variado que seja o tipo de tratamento das águas residuárias, em qualquer parte do globo terrestre, as atividades dos funcionários de uma Estação de Tratamento de Esgotos estarão caracterizadas pelos seguintes tipos de trabalho:

### OPERAÇÃO

Ligar e desligar bombas, grades, aeradores; abrir e fechar comportas.

### MANUTENÇÃO

Lubrificar equipamentos, trocar rolamentos, esticar correas, testar circuitos elétricos.

### LABORATÓRIO

Efetuar análises físicas-químicas e biológicas para manter a eficiência do tratamento com a correta operação dos equipamentos e unidades, coletar amostras.

### ADMINISTRAÇÃO

Fornecer apoio material para o desempenho da E.T.E.. Cuidar de problemas dos empregados (frequência, férias, vacinação, pagamentos).

### CONSERVAÇÃO

Reparos em canais, pintura de equipamentos e instalações, corte de grama, ajardinamento.

### SUPERVISÃO

Interpretação de dados operacionais, correção de operação, troca e compra de equipamentos, análise estatística, elaboração de relatórios.

Atendimento a entidades governamentais, universidades, escolas e público em geral.

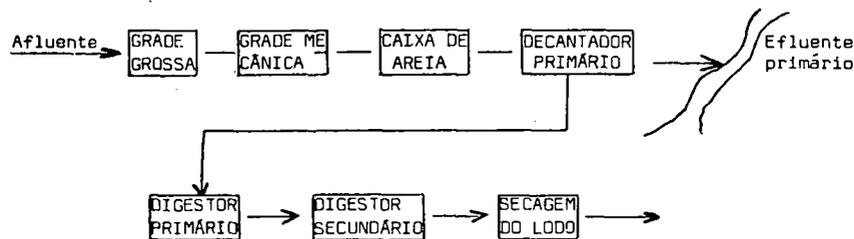
1. ANÁLISE INDIVIDUAL DOS FATORES

1.1 - GRÁU E PROCESSO DE TRATAMENTO

O gráu de tratamento se refere a qualidade do efluente final (primário, secundário, terciário, etc.), ao passo que o processo de tratamento está relacionado às unidades existentes como tanques de aeração (lodos ativados, valos de oxidação, carrossel), filtros biológicos, lagoas de estabilização, fossas sépticas, filtração e desinfecção, troca iônica, etc.

1.1.1 - COMO O GRÁU DE TRATAMENTO INFLUENCIA NO DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL.-

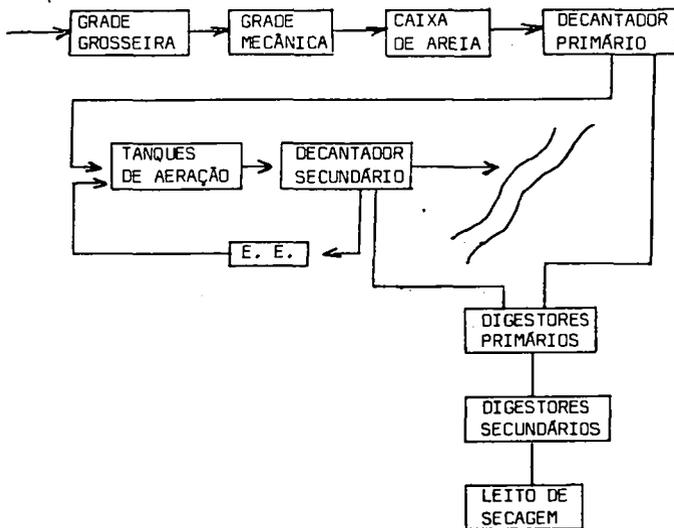
Consideremos uma E.T.E. com capacidade para tratar a nível primário, a vazão de 1,0 m<sup>3</sup>/s com o processo clássico para este tipo de tratamento, ou seja: as unidades de tratamento existentes seriam: grade grosseira, grade média mecanizada, caixa de areia, decantador primário, digestor primário, digestor secundário, leitos de secagem de lodo digerido. Consideremos também um nível mínimo de automatização para esta E.T.E..



Esta Estação de Tratamento possuirá cerca de 51 funcionários, assim distribuídos:

Encarregado de operação .....	01
Secretária .....	01
Auxiliar administrativo .....	01
Datilógrafo .....	01
Copeira .....	01
Almoxarife .....	01
Operadores (4 por turno) 4 x 4 .....	16
Ajudantes de operação .....	03
Encarregado de manutenção .....	01
Mecânicos .....	03
Eletricistas .....	03
Ajudante de manutenção .....	02
Pintores .....	02
Pedreiro .....	01
Ajudante de conservação .....	02
Pessoal de jardim (ajudantes) .....	05
Encarregado de conservação e jardim .....	01
Motorista .....	02
Laboratorista .....	01
Auxiliar de laboratório .....	01
Ajudante de laboratório .....	01
Porteiro .....	02
51	

Se esta estação passar por uma mudança, e vier tratar os esgotos a nível secundário, por exemplo, pelo processo de lodos ativados, as outras unidades que serão incorporadas ao sistema consistem de: tanque de aeração, decantadores secundários e Estação Elevatória de Retorno de Lodo.



Vamos analisar, considerando cada um dos fatores: operação, manutenção, laboratório, administração, conservação e supervisão, o que ocorreria em termos de pessoal a passagem deste grau de tratamento de primário para secundário.

#### 1.1.1.1 - Relacionado a operação

A necessidade de mais um operador para atuar na área dos tanques de aeração, elevatória de retorno de lodo ativado, decantador secundário.

Como são 3 turnos de 8 horas e existe sempre 1 operador de folga, teremos na realidade um aumento de 4 operadores.

Deverá ser acrescentado também mais um ajudante de operação para ajudar na limpeza dos tanques e dos leitos de secagem que serão ampliadus.

#### 1.1.1.2 - Relacionado à manutenção

Com o acréscimo dos aeradores superficiais, bombas de retorno, bombas de drenagem, mecanismos no raspador do decantador secundário a manutenção preventiva deveria ser acrescida de mais um mecânico auxiliar e de um electricista auxiliar.

#### 1.1.1.3 - Relacionado ao laboratório

Com a implantação do tratamento secundário nas análises de controle operacional serão necessários (oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão no "mixed liquor", lodo decantado em 30 minutos, sólidos em suspensão no lodo de retorno). No efluente final poderão ser determinados fosfatos, nitratos, DQO, nitrogênio, etc.. Para um bom controle de operação de um processo de lodo ativado o uso de um microscópio e o conhecimento dos organismos presentes no tanque de aeração levariam a contratação de um biólogo além de mais um laboratorista para atender as análises referidas inicialmente.

#### 1.1.1.4 - Relacionado a Administração

Neste setor o número de pessoal não seria alterado com a passagem do grau de tratamento primário para secundário. Haverá sim um acréscimo de serviços, maior número de funcionários para serem controlados, maior número de papéis para serem datilografados e arquivados.

#### 1.1.1.5 - Relacionado a conservação e limpeza

Com a construção das novas unidades (tanque de aeração e decantadores secundários) surgirão novas áreas gramadas e novas paredes e equipamentos para serem periodicamente pintados. No

mínimo um ajudante de conservação e mais seria necessário.

1.1.1.6 - Relacionado a supervisão

O tratamento secundário por exigir determinados controles operacionais e maior vivência em processos que envolvem inclusive reações de natureza bioquímica, poderá exigir uma supervisão de pessoal de nível universitário. Será conveniente o aumento de um funcionário de nível universitário para supervisionar a correta operação da E.T.E., preferencialmente um engenheiro.

1.1.1.7 - Quadro comparativo do tratamento primário e secundário em termos de número de funcionário

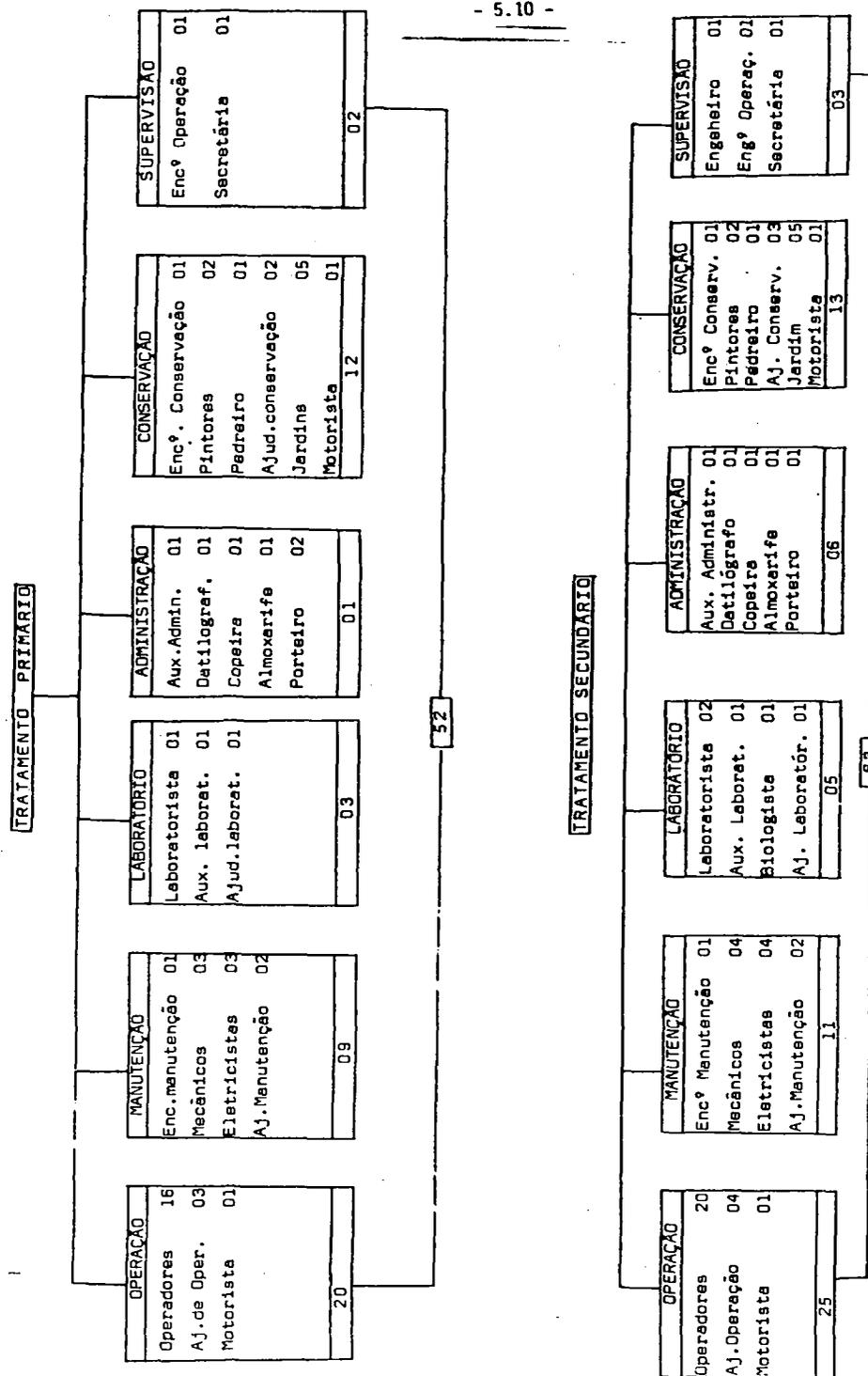
Levando-se em conta as observações feitas anteriormente a passagem do grau de tratamento primário para secundário acarretaria no seguinte acréscimo de pessoal:

- relacionado a operação	.....	5	pessoas
- " manutenção	...	2	"
- " laboratório	...	2	"
- " administração	.	0	"
- " conservação	...	1	"
- " supervisão	...	1	"

O acréscimo total seria pois de 11 pessoas e passaríamos a ter a seguinte posição:

- tratamento primário	.....	52	pessoas
- " secundário	.....	63	"

O quadro da página 8 ilustra as duas posições.



1.1.2 - COMO O PROCESSO DE TRATAMENTO INFLUENCIA NO DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL.-

Quando falamos em processo de tratamento de esgotos estamos nos referindo a lodos ativados, filtros biológicos, valos de oxidação, lagoas de estabilização, etc.. Para se ter uma ideia de como o processo de tratamento influi no dimensionamento de pessoal, tomamos o mesmo exemplo anterior de vazão igual a 1,0 m<sup>3</sup>/s.

Se, em vez do processo de lodos ativados, for construído um sistema tipo Australiano, de lagoas de estabilização (lagoa anaeróbia + lagoa facultativa). O pessoal necessário para a operação do sistema seria grandemente reduzido pelas seguintes razões:

- 1.1.2.1 - Não seriam necessários operadores de turno;
- 1.1.2.2 - Um técnico de nível médio com conhecimento de laboratório de esgotos poderia efetuar as análises necessárias para verificação da eficiência do sistema;
- 1.1.2.3 - Não existiria manutenção eletromecânica (isto supondo como no exemplo anterior a chegada dos esgotos por gravidade);
- 1.1.2.4 - Os serviços de escritório seriam de pequena quantidade e poderiam ser feitos na Administração Central da Companhia de Saneamento local;
- 1.1.2.5 - A conservação civil praticamente não existiria e somente a manutenção de áreas gramadas externas as lagoas e limpeza geral de uma área aproximada de 50.000 m<sup>2</sup> exigiriam cerca de 10 funcionários braçais.
- 1.1.2.6 - O quadro total de pessoal seria então de:

Técnico de nível médio encarregado da operação, supervisão, laboratório e conservação;

Um auxiliar para coleta de amostras e limpeza das vidrarias e do prédio;

10 operadores braçais para a manutenção e conservação da área.

Um total pois de 12 pessoas seria o suficiente para operar, manter e conservar este novo processo de tratamento de esgotos.

O quadro abaixo mostra pois a variação do número de funcionários de uma E.T.E. com capacidade de 1,0 m<sup>3</sup>/s em função do grau e processo de tratamento de esgotos.

GRÁU E PROCESSO	Nº DE EMPREG.
Tratamento primário convencional	5 2
Tratamento secundário por lodos ativados	6 3
Tratamento secundário por lagoas de estabilização	1 2

1.2 - NÍVEL DE AUTOMAÇÃO

O nível de automação de uma ETE, reduz sensivelmente o número de funcionários.

Assim um sistema centralizado de controle com painéis - contendo todos os comandos de liga e desliga das diversas unidades de tratamento poderia ser operado por um único funcionário.

Monitores de vídeo, amostradores contínuos de esgotos afluente e efluente nas diversas unidades substituem operadores e pessoal de laboratório.

Sistemas com computadores, unidades de fita magnética, fitas perfuradas, máquinas impressoras, teleimpressoras, substituem também operadores, químicos e datilógrafos.

É bom frisar que surge também uma categoria de funcionários com mão-de-obra bastante especializada em eletrônica e instrumentação e que vem a representar um alto custo operacional.

Tivemos a oportunidade de visitar na Inglaterra, uma ETE, cujos portões eram fechados às 17:00 horas e todos

os comandos ligados a um sistema automático combinado a um intercomunicador telefônico. Tal sistema, ligado através de um alarme por linha telefônica ia ter a uma central de manutenção com plantão de 24 horas. Qualquer defeito dos equipamentos era anunciado a distância sem a interferência do operador.

O grau de automatismo atua diretamente no número de operadores, parcialmente na Administração e na área de laboratório mas não atua diretamente na manutenção e conservação.

O automatismo faz com que coletas de amostras sejam feitas sem interferência humana e análises tais como oxigênio dissolvido, PH, teor de cloro, temperatura, já sejam impressos em fichas de controle.

### 1.3 - CAPACIDADE DE TRATAMENTO DA E.T.E.

Quando se considera a capacidade de tratamento de uma E.T.E. e o número de funcionários da mesma, a área que menos se altera com a variação da capacidade de tratamento é a Administrativa. A operação, manutenção, conservação e laboratório varia diretamente com o aumento do número de equipamentos e aumento da área física. Para se ter uma idéia, se considerássemos uma ETE com tratamento secundário pelo processo de lodos ativados e para uma vazão de 50 l/s (20 vezes menos que o exemplo considerado anteriormente e mantendo-se o mesmo nível de automatismo) o total de pessoal cairia de 63 para 22 pessoas.

### 1.4 - FILOSOFIA DA ADMINISTRAÇÃO DOS SERVIÇOS

Orientação e normas que conduzem os serviços de determinada Companhia poderão influenciar o número de funcionários de uma Estação de Tratamento de Esgotos, do seguinte modo:

- Quanto ao número de operadores não interfere porque uma quantidade mínima de pessoal para abrir comportas,

registros, ligar e desligar equipamentos, é indispensável;

- Quanto a manutenção, a Administração dos serviços poderá interferir porque muitos administradores preferem enviar máquinas e motores para serem consertados por firma especializada do que manter uma grande e bem montada oficina. Outros administradores preferem ter "turnos volantes" de mecânicos e eletricitistas que em sistema de rodízio fazem as manutenções preventivas elétricas e mecânicas nas Estações de Tratamento e Estações Elevatórias de Esgotos, ou seja, o pessoal de manutenção não é fixo em cada E.T.E.;
- Quanto ao laboratório, os serviços de cada ETE poderão ser efetuados num laboratório central da Companhia de Saneamento ficando número de pessoal de laboratório restrito as coletas de amostras e análises para controle operacional.

Este caso é bastante comum quando se tem uma grande ETE e várias instalações de pequeno porte na mesma cidade;

- Se a orientação da Companhia de Saneamento é de contratar firmas para executar serviços de conservação civil e de jardinagem, então na área de conservação não existirá pessoal próprio da ETE.

Verificamos pois que a filosofia da Administração dos serviços de esgotos poderá pelo que foi acima exposto, influenciar diretamente no número próprio de funcionários de uma ETE.

#### 1.4.1 - CONCLUSÃO E EXEMPLOS

As considerações tecidas nas páginas anteriores nos levam a ver que não existe um parâmetro simples para dimensionar o número de operadores de uma Estação de Tratamento de Esgotos. Este número é função de diversas variáveis. Todavia u

uma coisa é bastante certa: o pessoal necessário aos serviços de uma ETE deverá atender a cinco objetivos distintos: operar, manter, controlar, conservar e administrar.

Nas páginas seguintes apresentamos alguns exemplos de número de pessoal existente em algumas Estações de Tratamento que tivemos a oportunidade de visitar e de operar.

1.4.2 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE PINHEIROS - SP.

Grau de tratamento .....: primário  
Capacidade de tratamento.: 2,0 m<sup>3</sup>/s  
Unidades existentes .....:  
- grade grosseira ..... 01  
- " mecânica ..... 04  
- E.E. esgotos ..... 12 bombas  
- decantadores primários: 04  
- desarenadores ..... 03  
- adensadores de lodo .. 02  
- digestores primário .. 03  
- " secundário.. 01  
- caldeira para aquecimento de lodo ..... 01  
- trocador de calor .... 02  
- queimador de gás ..... 02  
- centrífuga ..... 02  
- total de bombas ..... 48  
- área ajardinada .....68000 m<sup>2</sup>

PESSOAL EXISTENTE

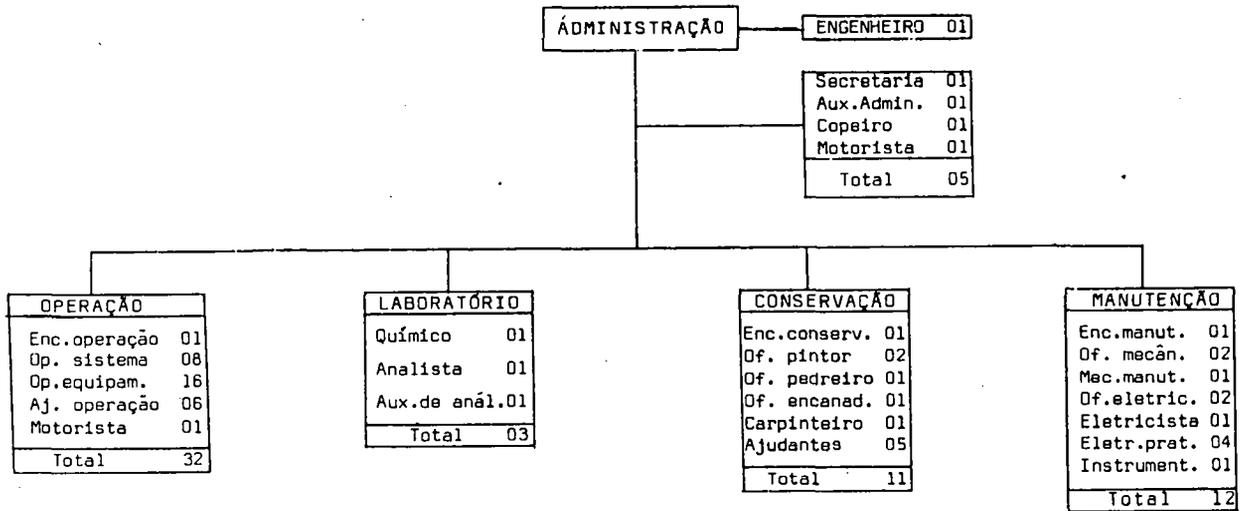
- operação ..... 32  
- manutenção eletro mecân. 12  
- conservação civil .... 11  
- laboratório ..... 03

- administração e supervisão ..... 05  
t o t a l ..... 63

OBSERVAÇÃO:

A E.T.E. Pinheiros é parcialmente automatizada.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE PINHEIROS - SPAULO



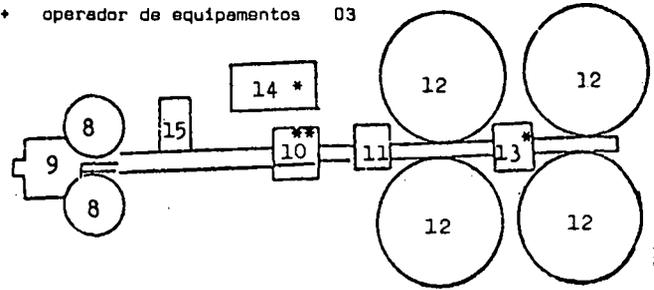
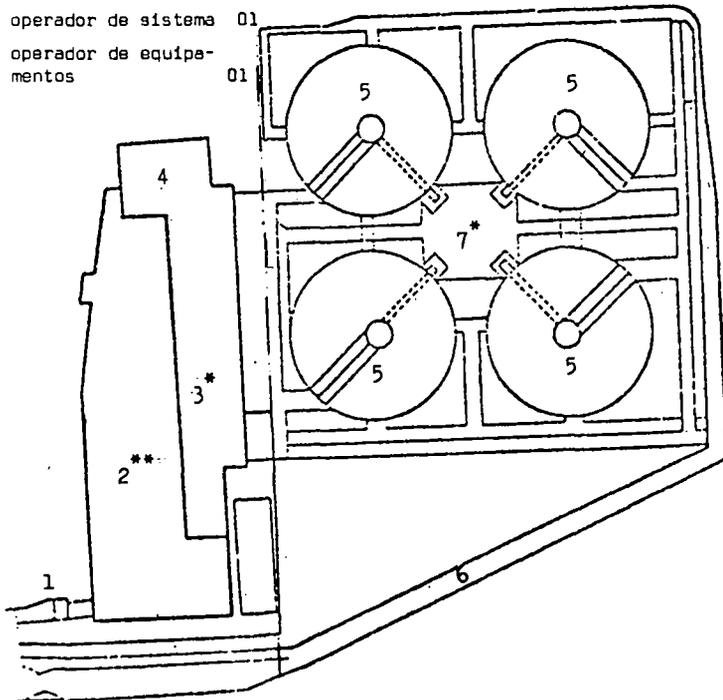
- 5.17 -

O total de funcionários é de 63 pessoas e o serviço de jardinagem (10 pessoas não pertencem a ETE), sendo contratado por firma externa.

DISTRIBUIÇÃO DOS OPERADORES NAS UNIDADES DA ETE/PINHEIROS

- ++ operador de sistema 01
- + operador de equipamentos 01

- ++ operador de sistema ..... 01
- + operador de equipamentos 03



- 01 - canal afluente da Estação - comporta principal
- 02 - sala de comando
- 03 - gradeamento - Estação Elevatória
- 04 - desarenadores
- 05 - decantadores primários
- 06 - canal efluente da Estação
- 07 - bombeamento de lodo decantado
- 08 - edensadores de lodo
- 09 - bombeamento de lodo adensado
- 10 - casa controle para sistema de lodo
- 11 - aquecimento de lodo
- 12 - digestores
- 13 - casa de bombas de lodo digerido
- 14 - secagem de lodo - centrífuga
- 15 - queimador de gás

- 5.18 -

1.4.3 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE BRASÍLIA DA ASA SUL

- grau de tratamento ..... secundário
- processo adotado ..... lodos ativados
- capacidade de tratamento .. 550 l/s
- unidades existentes
  
- grade grosseira ..... 01
- grade média manual ..... 01
- grade média mecanizada ..... 01
- caixa de areia manual (by pass) ..... 01
- caixa de areia mecanizada ..... 01
- decantador primário ..... 02
- aeradores - número de câmaras ..... 36
- casa de cloração com 2 cloradores ..... 01
- digestores primários ..... 02
- digestor secundário ..... 01
- aquecedores de lodo ..... 02
- gerador Diesel ..... 01
- gasômetro ..... 01
- queimador de gás ..... 01
  
- leitos de secagem - área total: 12.000 m<sup>2</sup>
- total de bombas ..... 13
- motores elétricos ..... 35

PESSOAL NECESSÁRIO

- Operação ..... 16
- Manutenção Eletro-Mecânica ..... 05
- Conservação ..... 12
- Laboratório ..... 05
- Administração ..... 04
- Total ..... 42

OBS.: a ETE é operada toda manualmente, sem nenhum automatismo.

BECKTON SEWAGE TREATMENT WORKS ORGANISATION

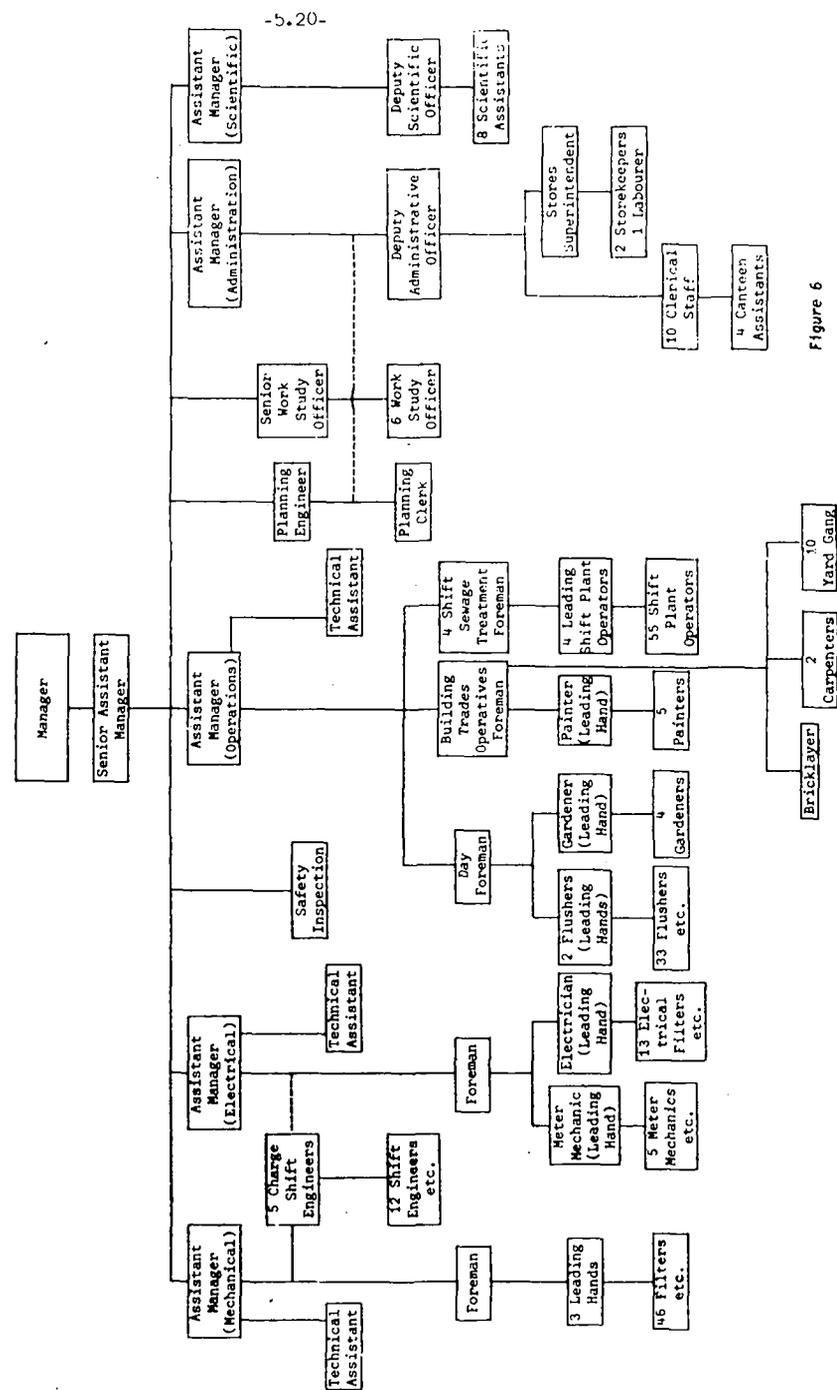


Figure 6

E.I.S.E.	LOCAL	TIPO DE TRATAMENTO	CAPACID. DE TRATAM. (m <sup>3</sup> /s)	TOTAL DE FUNCIONAR.
Blackbirds	Londres	Secundário por ar difuso	0,315	30
Beckton	"	"	13,0	270
Acheres	Paris	"	24,0	600
Dusseldorf	Alemanha	Secundário por aeração superficial	3,3	45
Emscher	"	"	20,0	200
Hamburgo	"	"	6,5	96
Rockaway	New York	Secundário por ar difuso	2,0	40
Middlesex	"	Secundário por oxigênio puro	5,0	76
Cedar Cree	"	Secundário por ar difuso	2,0	92
Deer Island	Boston	Primário	17,0	200
Harxford	Connecticut	Secundário por ar difuso	2,6	82
West Southwest	Chicago	"	47,0	900
John Egan	"	Terciário por ar difuso e filtração	2,2	74

TABLE 13  
STAFF COMPLEMENTS FOR WASTEWATER TREATMENT PLANTS  
Example No. 7(a)

Occupation Title	Plant Average Day Capacity, mgd									
	1	3	5	10	20	35	50	65	80	100
	Estimated Number of Personnel									
Superintendent		.5	.5	1	1	1	1	1	1	1
Assistant Superintendent					1	1	1	1	1	1
Clerk Typist					1	1	2	2	3	4
Operations Supervisor							1	1	1	1
Shift Foreman						1	1	2	3	4
Operator II	1	2	3	4	5	5	8	10	10	12
Operator I	4	5	6	5	7	10	10	11	14	15
Auto. Equipment Operator						1	1	2	2	2
Maintenance Supervisor								1	1	1
Mech. Maintenance Foreman						1	1	1	2	3
Maintenance Mechanic II				1	1	2	2	2	2	3
Maintenance Mechanic I				.5	1	1	2	2	2	2
Electrician II					1	1	1	2	2	2
Electrician I						1	1	1	1	1
Maintenance Helper			1	1	2	3	4	4	5	6
Laborer	.5	1	1	2	3	4	5	6	7	8
Painter								.5	1	1
Storekeeper								1	1	1
Custodian							1	1	1	1
Chemist									.5	1
Laboratory Technician	1	1	1	1.5	2	2	3	3	3	3
<b>Total Staff Complement</b>	<b>6.5</b>	<b>9.5</b>	<b>12.5</b>	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>35</b>	<b>45</b>	<b>54.5</b>	<b>63.5</b>	<b>73</b>

Notes:

(a) Plant components included in this example are:

Liquid Treatment  
Raw wastewater pumping  
Preliminary treatment  
Primary sedimentation  
Aeration  
Final sedimentation  
Recirculation pumping  
Chlorination

Sludge Treatment  
Primary sludge pumping  
Sludge digestion  
Sludge drying beds(b)  
(1, 3 and 5 mgd plants)  
Sludge lagoons(c)  
(10 mgd and larger plants)

Other Plant Components  
Yardwork  
Laboratory  
Administration and general

(b) Sludge removed from plant site by plant personnel.  
(c) Sludge removed from plant site under contract.

C A R G O	PRINCIPAIS TAREFAS DOS FUNCIONARIOS
Engenheiro	<p>Coordenar e supervisionar os serviços de operação, laboratório, conservação e manutenção eletro-mecânica da Estação de Tratamento;</p> <p>Participar na elaboração de programas, necessários às atividades inerentes à Estação de Tratamento - de Esgotos, tais como, treinamento de pessoal, previsões orçamentárias, aquisições de bens em geral;</p> <p>Emitir documentos em geral.</p>
Secretária	<p>Executar serviços burocráticos em geral;</p> <p>Atender o público e pessoal da área;</p> <p>Serviços de dactilografia em geral.</p>
Auxiliar Administrativo	<p>Executar serviços relativos ao pessoal, tais como, cartões de ponto, afastamento, férias, etc.;</p> <p>Serviços de pequenas compras, controles de notas fiscais.</p>
Copeiro	<p>Executar serviços de copa em geral;</p> <p>Atender o pessoal da área.</p>
Motorista	<p>Ficar à disposição da Administração para serviços em geral;</p> <p>+ outro motorista</p> <p>Transportar em viaturas especiais, os materiais tais como, material retirado das grades, areia, lodo para área de disposição final.</p>
Encarregado de Operação	<p>Orientar e supervisionar todos serviços relativos a operação, executados pelas 04 (quatro) equipes;</p> <p>Distribuir os serviços aos ajudantes de operação para limpeza dos equipamentos e das unidades;</p> <p>Informar da necessidade de manutenção nos equipamentos;</p> <p>Fornecer os dados operacionais ao Engº responsável;</p> <p>Zelar pela disciplina do pessoal.</p>

C A R G O	PRINCIPAIS TAREFAS DOS FUNCIONARIOS
Operador de Sistema	<p>Responder pela operação das diversas unidades da Estação de Tratamento;</p> <p>Anotar em fichas apropriadas, as ocorrências durante a jornada de trabalho;</p> <p>Decidir sobre problemas operacionais, quando na ausência do Encarregado de Operação;</p> <p>Distribuir os operadores de equipamento nos diversos locais físicos da Estação.</p>
Operador de Equipamentos	<p>Operar os equipamentos e zelar pelo local de trabalho, designado pelo operador de sistema;</p> <p>Substituir o operador de sistema quando necessário.</p>
Ajudante de Operação	<p>Executar serviços de limpeza dos equipamentos e unidades de tratamento;</p> <p>Auxiliar os serviços de operação quando necessário.</p>
Químico	<p>Coordenar os serviços de laboratório;</p> <p>Elaborar previsão de materiais necessários aos serviços de laboratório;</p> <p>Executar serviços de análises, calibrar aparelhos, preparar soluções;</p> <p>Enviar dados de análises ao Encarregado de Operação e ao Engenheiro responsável</p>
Analista Físico Químico	<p>Executar as análises diárias para controle operacional da Estação;</p> <p>Preparar soluções necessárias aos serviços.</p>
Auxiliar de Análises	<p>Executar as coletas de amostras;</p> <p>Auxiliar na execução das análises;</p> <p>Zelar pela limpeza de vidrarias e do laboratório.</p>
Encarregado de Conservação	<p>Coordenar e supervisionar os serviços de conservação civil da área, tais como: serviços de pintura;</p> <p>Serviços de reparos em geral, realizados pelo pedreiro, carpinteiro, pintores;</p>

C A R G O	PRINCIPAIS TAREFAS DOS FUNCIONÁRIOS
Encarregado de Conservação	Serviços hidráulicos Conservação do paisagismo Zelar pela disciplina do pessoal
Oficial pintor	Executar serviços de pintura dos equipamentos e nas unidades da Estação.
Oficial pedreiro	Executar reparos em alvenaria em geral.
Oficial Encanador	Executar serviços de reparos hidráulicos em geral.
Carpinteiro	Executar serviços de reparos em geral.
Ajudante	Executar limpeza de pisos, vidro, banheiros, etc.; Auxiliar os oficiais, pintor, pedreiro, encanador, carpinteiro e encarregado nos serviços em geral.
Encarregado de Manutenção	Coordenar os serviços de manutenção eletro-mecânica e instrumental dos equipamentos da Estação; Distribuir as diversas tarefas aos mecânicos, eletricitista e instrumentista; Programar a manutenção preventiva dos equipamentos; Providenciar o material necessário a execução dos serviços; Elaborar plano de lubrificação dos equipamentos.
Oficial Mecânico	Inspecionar os equipamentos apontando as necessidades de manutenção; Executar e orientar os mecânicos de manutenção na execução dos serviços de manutenção corretiva e preventiva; Relatar ao encarregado de manutenção os serviços que foram executados.
Mecânico de Manutenção	Executar serviços gerais de manutenção; Montar e desmontar equipamentos, trocar peças, etc..

- 5.25 -

C A R G O	PRINCIPAIS TAREFAS DOS FUNCIONÁRIOS
Oficial Eletricista	Orientar e coordenar os serviços de montagens em geral; Executar com o auxílio do eletricitista de manutenção os serviços de manutenção corretiva; Apresentar relatório dos serviços executados ao Encarregado de Manutenção.
Eletricista	Executar os serviços de revisões, montagens, colocação de chaves magnéticas; Executar reparos em painéis, cabines primárias, sub-estações.
Eletricista Praticante	Executar operações em cabines de entrada de força; Trocar fusíveis Matheus; Executar pequenos reparos durante os turnos de operação; Operar geradores de emergência.
Instrumentista	Executar reparos em instrumentos em geral, tais como: amperímetros, voltímetros, medidor de vazão, medidores de gás; Executar manutenção preventiva nos instrumentos do sistema de gases; Calibrar instrumentos.

- 5.26 -

1979	DEPARTAMENTO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS-DTE ESCALA DE TURNO DE OPERAÇÃO - ETE LEOPOLDINA ENC.OP.TRAT.ESGOTOS - JOSÉ VITORIANO UCHÔA	D S T Q Q S S 1 2 3 4 5 6 7 JULH. 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
------	---	---

HORAS	DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
06:00 — 14:00		B	B	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	
14:00 — 22:00		C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	D	D	
22:00 — 06:00		D	D	D	B	B	B	C	C	C	A	A	A	D	D	D	B	B	B	C	C	C	A	A	A	D	D	D	B	B	B	C
FOLGA		A	A	B	D	D	C	B	B	A	C	C	D	A	A	B	D	D	C	B	B	A	C	C	D	A	A	B	D	D	C	B

EQUIPE -- A	EQUIPE -- B	EQUIPE --- C	EQUIPE --- D
JOSÉ BEZERRA DA SILVA ANTONIO V. DOS SANTOS Carlos Oliveira Ressurreição José de Souza Freire Antonio Juraci Medice * José Pedrosa Brito	AURINO SILVA DOS SANTOS PEDRO LUIZ DOS SANTOS Evanildo Cirilo Campos Francisco Lucas da Silva José Marcos Silva Juvanil Coutinho Santos*	TAMORÉ BARROS COSTA FLORENTINO B.GONZAGA Lauro Lisboa da Silva Aparecido C. Cunha Helberty Amorim e Silva José Roberto Filho	UBIRATAN A. RODRIGUES JOSÉ BATISTA DO NASCIMENTO Anísio T. do Nascimento Aparecido M. de Oliveira * João Alves da Silva Manoel Messias Rocha
-* FÉRIAS <b>PENSE</b>  <b>NÃO CONFIE NA SORTE</b>	AJUDANTE DE OPERAÇÃO em horário normal: 07:00 às 11:00 e 12:00 às 17:36 horas 1. Francisco Assis Lima 2. Francisco Gomes da Silva 3. Gilberto da Silva 4. José Camilo dos Santos 5. Paulo Aparecido da Costa *		<b>PENSE</b> <b>UM ACIDENTE PODE</b> <b>TRANSFORMAR TODA</b> <b>SUA VIDA,</b>

- 5.27 -

- 6.1 -

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

SUMINISTROS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Ing. Manuel Senra Alvares da Silva  
Consultor a Corto Plazo OPS/OMS-CEPIS

STOM 6

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

- 6.2 -

CONTEÚDO

	<u>Folho</u>
1. INTRODUÇÃO .....	150
2. ARMAZENAGEM .....	151
3. ORGANIZAÇÃO DOS ESTOQUES .....	152
4. AQUISIÇÃO DOS MATERIAIS .....	153
5. SUPRIMENTO DAS NECESSIDADES .....	153
6. FUNÇÕES ADMINISTRATIVAS DE SUPRIMENTOS .....	155
7. CONCLUSÃO .....	156
ANEXOS .....	157

SUPRIMENTO EM OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO  
DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA E ESGOTO

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a prática adotada, para solucionar no menor espaço de tempo possível o problema de saneamento básico, foi a criação do Plano Nacional de Saneamento - PLANASA que obrigou cada um dos Estados brasileiros a terem uma única companhia para cuidar do abastecimento de água e da coleta de esgoto.

Estados brasileiros de grandes dimensões territoriais deram origem a pequenas companhias, e outros estados de menores dimensões deram origem a grandes companhias. Exemplo típico é o Estado de São Paulo, cujo território aproxima-se muito ao da Espanha ou França e possui nada menos do que 571 municípios.

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP empresa responsável pela captação, adução, tratamento e distribuição de água, bem como pela coleta, tratamento e disposição final de esgotos em todo o Estado de São Paulo, responde hoje pelos serviços em 225 municípios, com um efetivo humano de 18.000 homens, com um programa de investimentos em obras para 1979 de Cr\$ 14 bilhões (US\$ 540 milhões) e em 1980 de Cr\$ 26 bilhões (US\$ 1 bilhão), constituindo-se na 4ª companhia estatal brasileira.

Pelo que dissemos, pode-se imaginar a complexidade do sistema de suprimentos em nossa companhia não só pelas dimensões territoriais como também por possuir cidades de todos os portes: pequenas, médias e grandes, de características operacionais de seus sistemas de água e esgoto bastante diversos.

Ainda estamos dentro de uma estrutura dinâmica da área de suprimentos, com constantes mudanças de rotinas operacionais. Entretanto, a política geral já foi traçada e estamos caminhando rapidamente para a sua consolidação.

2. ARMAZENAGEM

2.1 - A Companhia possui na cidade de São Paulo, capital do Estado e local de sua sede, 4 (quatro) grandes almoxarifados pulmões a saber:

- a - Almoxarifado de Materiais Gerais: abrigando materiais de higiene e limpeza, escritório, desenho, e materiais de pequenas dimensões e pequeno valor, mas em grande quantidade.
- b - Almoxarifado de Rede de Água: abrigando tubos, peças e aparelhos de rede de água em PVC, Fibro-cimento e Ferro-fundido.
- c - Almoxarifado de Rede de Esgotos: abrigando tubos e peças de material cerâmico.
- d - Almoxarifado de Produtos de Tratamento: abrigando, principalmente produtos utilizados em tratamento de água.

2.2 - Na grande São Paulo, local da maior concentração populacional do estado e do país e, uma das maiores do mundo, possuímos 16 almoxarifados e 23 depósitos e no interior do estado, 5 almoxarifados e 7 depósitos, que são supridos pelos almoxarifados pulmões citados anteriormente.

Os almoxarifados da Região Metropolitana de São Paulo atendem às unidades a eles ligadas pela proximidade das distâncias. Os almoxarifados do interior, denominados polos, estão localizados em cidades grandes e centro de regiões e atendem às cidades a ele vinculadas. São também supridos pelos almoxarifados pulmões.

Os almoxarifados atendem principalmente às solicitações de manutenção e operação enquanto que os depósitos atendem somente aos programas de obras e são supridos diretamente pelos fornecedores de materiais.

Os depósitos são criados quando da necessidade de uma obra e terminam, quase sempre, ao final dela.

### 3. ORGANIZAÇÃO DOS ESTOQUES

Os diversos materiais estocados, são armazenados em função de sua natureza, tamanho, valor, etc, em recintos fechados ou abertos, em prateleiras ou pilhas etc.

Entretanto, todos são codificados e identificados seguindo normas específicas. Toda movimentação destes materiais é feita através de documentos próprios e a contabilidade física e financeira tem procedimentos rigorosos.

A movimentação física dos materiais é feita por equipamentos, apropriados e pessoal qualificado e treinado.

Para orientação dos usuários, foi editado um catálogo de materiais que contém:

- a - Nomenclatura padronizada. dos materiais.
- b - Desenho ou foto dos materiais.
- c - Codificação dos materiais.
- d - Classificação dos materiais no estoque: (RN,EE,PD).

A entrada do material do almoxarifado é feita por dois documentos: Nota Fiscal do fornecedor ou Movimentação de Material (MM) caracterizando uma transferência de outro almoxarifado.

A saída de material do almoxarifado é feita por dois documentos: Movimentação de Material (MM) para aplicação direta ou transferência ou Nota Fiscal para envio ao fornecedor em devolução ou para beneficiamento.

### 4. AQUISIÇÃO DOS MATERIAIS

Os materiais são adquiridos mediante uma licitação feita segundo três formas:

- a - Concorrência Pública: é a forma de licitação onde qualquer empresa pode participar desde que qualificada para o objeto da mesma;
- b - Tomada de Preços: somente podem participar empresas previamente cadastradas na companhia e habilitadas para o fornecimento;
- c - Convite: podem participar empresas cadastradas ou não mas, habilitadas ao fornecimento.

A diferença entre as três modalidades de licitação está no valor da aquisição.

As compras são feitas para atender a programas de obras e são realizadas no momento mais oportuno em função do cronograma e da disponibilidade financeira ou, para estoque de operação e manutenção em obediência à política da empresa.

Para o nosso objetivo interessa o suprimento para operação e manutenção cuja política iremos nos deter à seguir.

### 5. SUPRIMENTO DAS NECESSIDADES

Para os materiais de estoque utilizados em operação e manutenção, o tratamento dado é todo especial e requer uma equipe especializada.

Todos os materiais são padronizados internamente à Companhia e suas especificações técnicas seguem normas nacionais ou internacionais conforme sua aplicação.

Os estoques são classificados quanto ao valor de consumo, segundo o método ABC que consiste no agrupamento de todos os itens em 3 classes, "A", "B" e "C", de acordo com o valor de consumo de cada item.

A classificação é relativa ao consumo do período de um ano.

Este método permite agrupar os materiais em grandes famílias identificadas pelo valor de sua demanda, possibilitando definir parâmetros de planejamento e controle comuns a cada família.

A configuração mais comum na classificação ABC é a seguinte:

CLASSE A - 10% do número de itens são responsáveis por 75% do valor consumido.

CLASSE B - 20% do número de itens corresponde a 20% do valor consumido.

CLASSE C - 70% do número de itens equivale a 5% do valor consumido.

Ainda dentro desta classificação identificamos alguns itens (pequeno número) que não possuem movimentação em períodos longos mas são de grande importância e por isso são chamados de Classe D.

Em função desta classificação, é que os materiais são adquiridos na renovação dos estoques através de lotes econômicos de ressurgimento pelo método do "menor custo total anual".

A quantidade a ser adquirida num pedido deve proporcionar o menor custo operacional do sistema de suprimento que é o somatório do custo de passagem e o de posse.

Custo de passagem são os custos administrativos gastos nas tarefas de determinar a necessidade de aquisição, processar a aquisição, inspecionar o material, receber o material, contabilizar, processar o pagamento e, os custos de transporte, envolvendo carga e descarga.

Custo de posse são os custos de armazenamento, custos de manuseio, custos de dano e obsolescência custo do capital imobilizado e custo do seguro.

O custo de posse é expresso, em geral, como um percentual do valor médio do item estocado, enquanto que o custo de passagem é um valor fixo por pedido. Estes custos podem ser expressos da seguinte forma:

$$y_1 = a.x \quad \text{equação de uma reta, para o custo de passagem}$$

$$y_2 = \frac{b}{x} \quad \text{equação de uma hipérbole equilátera, para o custo de posse}$$

Para a premissa de um ano como período, para preço fixo e entrega total, o modelo matemático do lote econômico pode ser expresso por:

$$QR = \sqrt{\frac{2 DP}{n.i}} \quad \text{onde:}$$

QR = quantidade de ressurgimento

P = custo de passagem por pedido

u = preço unitário fixo

D = demanda anual

i = taxa do custo de posse

## 6. FUNÇÕES ADMINISTRATIVAS DE SUPRIMENTOS

As funções de suprimentos em qualquer empresa não deve restringir-se somente à compra das necessidades mas sim, a um trabalho amplo e muito importante.

Compete a suprimentos na aquisição dos bens preocupar-se com a intercambiabilidade dos materiais, com o que existe no mercado fornecedor, com a codificação dos materiais, com a simplificação das especificações técnicas, com a determinação da qualidade exigida, bem como com a melhor descrição de cada artigo.

Compete ainda, preocupar-se com a melhor forma de licitação: concorrência pública, tomada de preços ou convite, bem como com a melhor forma de contratação dos fornecedores. Entre estas duas tarefas a atividade de análise das propostas requer, tendo sempre em mente na decisão, os interesses da companhia.

Compete também, as tarefas de armazenagem transporte e distribuição aos locais de utilização, bem como a manutenção e recuperação dos bens estocados.

7. CONCLUSÃO

Finalizando, espero que estas informações sobre suprimentos em uma companhia de grande porte que também tem pequenos problemas a resolver, tenha sido de alguma valia a todos.

Não é minha pretensão ao concluir, que esta é a melhor solução, mas sim uma experiência em execução, pois cada um deverá encontrar nas suas atividades aquela que melhor se adapte as suas necessidades.

.x.x.x.x.x.

ANEXO I

LIMITES PARA LICITAÇÕES EM ORTN

TIPO APL	DISPENSA	CONVITE	TOMADA DE PREÇOS	CONCORRÊNCIA
COMPRAS	100	5.000	25.000	> 25.000
SERVIÇOS	300	7.000	45.000	> 45.000
O B R A S	300	9.000	70.000	> 70.000

LIMITES PARA LICITAÇÕES EM CR\$

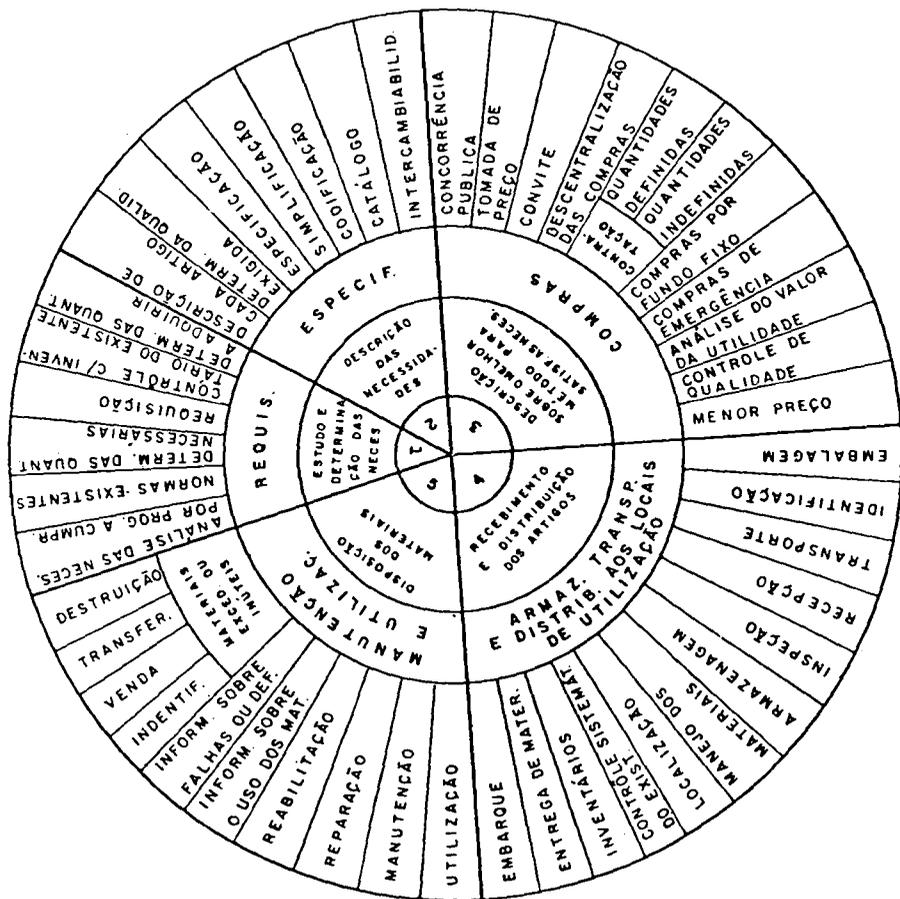
TIPO APL	DISPENSA	CONVITE	TOMADA DE PREÇOS	CONCORRÊNCIA
COMPRAS	39.010,00	1.950.500,00	9.752.500,00	> 9.752.500,00
SERVIÇOS	117.030,00	2.730.700,00	17.554.500,00	> 17.554.500,00
O B R A S	117.030,00	3.510.900,00	27.307.000,00	> 27.307.000,00

VALOR DA ORTN (2º Semestre/79) = 390,10

OBSERVAÇÕES:

- 1) Os Editais acima de 500.000 ORTNs serão apreciados previamente pela DIRETORIA COLEGIADA. (Cr\$ 195.050.000,00)
- 2) Carta-Contrato - 1.000 ORTNs. (Cr\$ 390.100,00)

2. CICLO DAS FUNÇÕES DA ADMINISTRAÇÃO DE SUPRIMENTOS



C A T A L O D E

M A T E R I A I S

## I. APRESENTAÇÃO

Com as dimensões assumidas pela SABESP e a diversificação dos materiais utilizados rotineiramente no atendimento às suas necessidades, cada vez mais se fez sentir a carência de um instrumento capaz de informar aos usuários, quais os materiais padronizados na Empresa, sua nomenclatura e codificação.

Foi visando corrigir esta deficiência que iniciamos a edição deste "Catálogo de Materiais" que, quando completo, identificará, através das respectivas especificações, códigos e nomes básicos, todos os materiais padronizados para utilização na SABESP. Complementando estas informações, indicará ainda, quais os materiais cuja existência nos estoques estará sempre assegurada, visando com isto orientar o usuário no encaminhamento das suas requisições.

O "Catálogo de Materiais" será composto de módulos, cada um com um índice contendo um grupo de materiais padronizados.

## II. UTILIZAÇÃO

O "Catálogo de Materiais" será utilizado por todas as Unidades' como orientação para emissão das "Requisições de Materiais" e pelos almoxarifados para padronização de nomenclatura e codificação, bem como para identificação de materiais.

Para encontrar o material desejado, inicialmente o usuário deverá identificá-lo em um dos seguintes grupos:

- 01 - Materiais para escritório
- 02 - " de desenho
- 03 - " higiene e limpeza
- 04 - Tubos e peças de ferro fundido
- 05 - " de aço galvanizado e peças de ferro maleável
- 06 - " e peças cerâmicas para esgoto
- 07 - " " de materiais plástico
- 08 - " " concreto
- 09 - " " aço
- 10 - Materiais de copa e cozinha e eletro-domésticos
- 11 - Impressos, formulários e materiais para tipografia

- 12 - Materiais, equipamentos e produtos químicos para laboratórios, serviços médicos e odontológicos.
- 13 - Instrumentos de medição e de engenharia
- 14 - Equipamentos, peças e acessórios de telecomunicações
- 15 - Materiais e equipamentos elétricos
- 16 - Materiais e equipamentos para construção civil
- 17 - Artigos para alojamentos, cama, mesa e tapeçaria
- 18 - Livros, mapas, revistas, jornais, materiais didáticos e bandeiras
- 19 - Conjuntos motor-bomba e bombas em geral
- 20 - Artefatos de borracha, mangotes e mangueiras em geral
- 21 - Compressores de ar, ferramentas e acessórios pneumáticos
- 22 - Combustíveis e lubrificantes
- 23 - Elevadores, guindastes e similares
- 24 - Ferragens em geral
- 25 - Cordas, fibras, tecidos, jutas, aniagens, plásticos e couros
- 26 - Ferramentas em geral
- 27 - Madeiras em geral
- 28 - Materiais e equipamentos para solda e fundição
- 29 - Materiais para instalações hidráulicas e peças de bronze, latão e ligas especiais
- 30 - Metais ferrosos e não ferrosos
- 31 - Rolamentos, mancais, juntas e gaxetas
- 32 - Máquinas para escritório
- 33 - Máquinas e equipamentos para oficinas
- 34 - Papéis copiativos e produtos afins
- 35 - Materiais e equipamentos para pintura
- 36 - Materiais filtrantes e produtos químicos para tratamento de água e esgotos
- 37 - Vestuário, materiais e equipamentos de higiene e segurança
- 38 - Motores em geral
- 39 - Veículos, máquinas, pneus, câmaras, peças e acessórios
- 40 - Materiais diversos
- 41 - Produtos alimentícios
- 42 - Equipamentos para estações de tratamento
- 43 - Tubos, conexões e peças de cimento-amianto

Uma vez identificado o grupo, o usuário encontrará no módulo correspondente, um índice alfabético dos nomes básicos, seguidos dos respectivos códigos básicos. Localizando no índice o nome

básico e conseqüentemente o código básico do material desejado, o usuário encontrará, na ordem sequencial dos números dos códigos básicos, a folha que contém o material procurado.

EXEMPLO: deseja-se encontrar "colar de tomada de PVC, 60 x 19 mm, com saída rosqueada":

- 1 - procura-se na relação a que grupo pertencem as peças de materiais plásticos e encontra-se o grupo 07;
- 2 - no índice do grupo 07, procura-se "colar de tomada de PVC, com saída rosqueada" e encontra-se - código básico 07.119;
- 3 - na ordem crescente, procura-se a fôlha com código básico 07.119, que contém as informações desejadas.

### III - DEFINIÇÕES

#### A - CÓDIGO

O código de materiais adotado na SABESP é um conjunto de 8 algarismos, que se destina a identificar os materiais, permitindo ao mesmo tempo classificá-los. Os 8 algarismos são divididos em 3 grupos de 2 e 3 algarismos, que correspondem respectivamente a: o primeiro par de algarismo classifica os materiais em grupos, de acordo com sua natureza; os 3 algarismos seguintes, identificam a classe do material dentro do grupo a que pertence e, finalmente, os 3 últimos algarismos, o número de série, identificam o material.

Retomando o exemplo anterior, "colar de tomada de PVC com saída rosqueada, 60 x 19 mm", o código é formado da seguinte maneira:

- a) o colar de tomada é de material plástico: portanto, o grupo é 07;
- b) a peça é um colar de tomada com saída rosqueada: portanto o número da classe é 119;
- c) o colar de tomada com saída rosqueada é identificado pelas suas dimensões úteis: 60 x 19 mm e seu número

de série é 017.

Assim, temos o código:

<u>GRUPO</u>	<u>CLASSE</u>	<u>SÉRIE</u>
07	119	017

#### B - NOME BÁSICO E CÓDIGO BÁSICO

O nome básico é a identificação genérica da peça, dentro do seu grupo e corresponde ao código básico, formado pelos algarismos representativos do grupo e da classe.

No exemplo citado, o nome básico é "colar de tomada de .. PVC, com saída rosqueada" e o código básico 07.119.

#### C - ESPECIFICAÇÃO

A especificação do material é um conjunto de informações necessárias à sua aquisição ou fabricação.

#### D - DESCRIÇÃO

No campo destinado à descrição, aparecem as informações complementares que, juntamente com o nome básico, identificam o material.

#### E - COLUNA "C"

É o campo destinado a informar ao usuário a situação dos materiais em relação aos estoques:

- RN, indica que se trata de material de reposição normal e automática no estoque, ficando sua existência assegurada em quantidades compatíveis com o seu consumo;
- EE, indica que o material poderá ser eventualmente encontrado em estoque;
- PD, indica que o material não existe em estoque, sendo entretanto padronizado para uso na SABESP.

#### IV - REQUISIÇÃO DE MATERIAIS

Todas as unidades da SABESP serão atendidas em suas necessidades de materiais, através da "Requisição de Materiais", mod. 202-A e da "Requisição Simplificada de Materiais", mod. 869, devendo esta ser utilizada somente para requisitar materiais para escritório, desenho, higiene e limpeza (grupos 01, 02 e 03) e a "Requisição de Materiais" mod. 202-A deverá ser utilizada para requisitar todos os outros materiais e nunca para os grupos 01, 02 e 03.

Qualquer funcionário poderá emitir "Requisições de Materiais", ficando entretanto, sua aprovação sujeita a regulamento contido na Instrução da Presidência 043/77.

O atendimento das "Requisições de Materiais" somente será - possível, se forem preenchidas de acordo com as seguintes regras básicas:

- Os números dos itens deverão ser anotados em ordem crescente;
- A unidade de medida de cada item deverá ser a mesma indicada no catálogo;
- O código de cada item deverá estar completo e corretamente lançado;
- A discriminação do material deverá conter única e exclusivamente o nome básico e a descrição contidas no catálogo;
- Numa mesma "Requisição de Materiais", somente poderão constar materiais do mesmo grupo;
- Não poderão ser atendidas "Requisições de Materiais" que contenham materiais de reposição normal (RN), conjuntamente com materiais de estoque eventual (EE) e/ou materiais não existentes em estoque (PD). Assim sendo, para cada uma destas condições deverá ser emitida uma "Requisição de Materiais".

Após o correto preenchimento e aprovação, as "Requisições de Materiais" deverão ser encaminhadas como segue, devendo o requisitante reter a última via para seu controle;

- Requisições de Materiais de estoque de reposição normal (RN): ao depósito ou almoxarifado que atende o local;
- Requisições de Materiais de estoque eventual (EE): o requisitante consulta o depósito ou almoxarifado que atende o local. Se o material estiver disponível, envia a Requisição ao depósito ou almoxarifado consultado; caso contrário, ao DPC;

- Requisições de Materiais não existentes em estoque (PD) : deverão ser encaminhadas ao DFC.

#### V - ALTERAÇÕES E REVISÕES DO CATÁLOGO DE MATERIAIS

Periódicamente o DPC revisará o Catálogo, distribuindo as folhas que contiverem alterações identificando a nova versão à direita do código básico.

Ao receberem as folhas revisadas, as unidades deverão substituir nas pastas as folhas tornadas obsoletas, eliminando-as. Sempre que necessário, as folhas revisadas serão acompanhadas de novos índices.

Quando for necessário, poderão as unidades sugerir ao DPC, através de memorando justificativo, a inclusão de novos itens no Catálogo de Materiais. O DPC analisará a conveniência e propriedade da inclusão e, em caso positivo, procederá à padronização e codificação do material e à consequente inclusão.





## Catálogo de Materiais

HIDRANTE SUBTERRÂNEO COMPLETO .....	04.320
JUNTA GIBAULT .....	04.364
LUBRIFICANTE P/TUBOS E CON FF .....	04.372
LUVA BI-PARTIDA FF P/BOLSAS .....	04.380
LUVA BI-PARTIDA FF P/CORPOS CILINDRÍCOS .....	04.382
LUVA DE CORRER FF JC .....	04.386
LUVA DE CORRER FF JM .....	04.390
LUVA FF JE .....	04.394
PEÇA EXTREMIDADE FF C/BOLSA E FLANGE JC .....	04.470
PEÇA EXTREMIDADE FF C/BOLSA E FLANGE JE .....	04.472
PEÇA EXTREMIDADE FF C/BOLSA E FLANGE JM .....	04.474
PEÇA EXTREMIDADE FF C/PONTA E FLANGE JE .....	04.478
REDUÇÃO FF C/BOLSAS JM .....	04.516
REDUÇÃO FF C/FLANGES .....	04.530
REDUÇÃO FF C/PB JC .....	04.534
REDUÇÃO FF C/PB JE .....	04.536
REGISTRO GAVETA FF ( ROBC ) .....	04.592
REGISTRO GAVETA FF ( ROFV ) .....	04.606
TAMPA FF P/ POÇO DE VISITA .....	04.632
TAMPÃO EXTREMIDADE ( CAP ) FF JC .....	04.634
TAMPÃO EXTREMIDADE ( CAP ) FF JE .....	04.636
TAMPÃO FF P/POÇO DE VISITA .....	04.638



## Catálogo de Materiais

TE FF C/BOLSAS E FLANGE JM .....	04.650
TE FF C/BOLSAS JC .....	04.658
TE FF C/PONTA E BOLSAS JE .....	04.668
VÁLVULA BORBOLETA FF CORPO CURTO C/CABECOTE .....	04.722
VÁLVULA BORBOLETA FF CORPO CURTO C/VOLANTE .....	04.724
VÁLVULA DE PÉ C/CRIVO .....	04.728
VÁLVULA DE RETENÇÃO C/BY-PASS .....	04.740
VENTOSA SIMPLES .....	04.750
VENTOSA TRÍPLICE FUNÇÃO .....	04.752



# Catálogo de Materiais

CODIGO BÁSICO 04.032 VERSÃO REFERENCIA



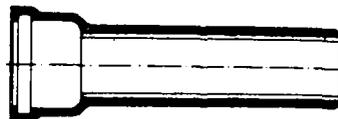
# Catálogo de Materiais

NOME BÁSICO TUBO FF DÚCTIL REVEST INT CIM C/PB JE

ESPECIFICAÇÃO

Tubo de ferro fundido dúctil com ponta e bolsa, de Junta Elástica, com revestimento interno de cimento para redes de água potável, conforme ABNT P-EB-305.

FIGURA



SÉRIE	DESCRIÇÃO	UNID	C	SÉRIE	DESCRIÇÃO	UNID	C
007	75 MM	M	RN				
010	100 MM	M	RN				
012	125 MM	M	EE				
015	150 MM	M	RN				
020	200 MM	M	RN				
025	250 MM	M	RN				
030	300 MM	M	RN				
035	350 MM	M	RN				
040	400 MM	M	RN				
045	450 MM	M	RN				
050	500 MM	M	RN				
055	550 MM	M	EE				
060	600 MM	M	RN				
070	700 MM	M	EE				
080	800 MM	M	EE				
090	900 MM	M	EE				
100	1000 MM	M	EE				
120	1200 MM	M	EE				

ÍNDICE

NOME	CÓDIGO BÁSICO
TUBO DE AÇO GALVANIZADO CLASSE MÉDIA-C/COSTURA.....	05.011
BUCHA DE REDUÇÃO FG .....	05.021
BUJÃO ( PLUG ) FG .....	05.023
CONTRA PORCA FG .....	05.025
COTOVELO FG .....	05.027
COTOVELO DE REDUÇÃO FG .....	05.031
CRUZETA FG .....	05.051
CURVA MACHO 90 GR FG .....	05.059
LUVA DE AÇO GALVANIZADO .....	05.083
LUVA DE REDUÇÃO FG .....	05.087
NIPLE CÔNICO FG .....	05.091
NIPLE DUPLO FG .....	05.093
TAMPÃO ( CAP ) FG .....	05.097
TÊ 90 GR FG .....	05.101
UNIÃO FG C/ASSENTO PLANO .....	05.121



**GS**  
sabesp

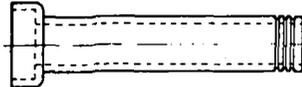
**Catálogo de Materiais**

CÓDIGO BÁSICO 06.009 VERSÃO  
REFERÊNCIA

NOME BÁSICO TUBO CERAMICO PB

ESPECIFICAÇÃO FIGURA

Tubo Cerâmico de Ponta e Bolsa, de junta não elástica conforme ABNT P-EB-5, para canalizações de águas pluviais, de esgotos sanitários e despejos industriais, sob pressão atmosférica.



SÉRIE	DESCRIÇÃO	UNID	C	SÉRIE	DESCRIÇÃO	UNID	C
010	100 MM ( 4 POL )	M	RN				
015	150 MM ( 6 POL )	M	RN				
020	200 MM ( 8 POL )	M	RN				
025	250 MM ( 10 POL )	M	RN				
030	300 MM ( 12 POL )	M	RN				
037	375 MM ( 15 POL )	M	RN				
045	450 MM ( 18 POL )	M	RN				

**GS**  
sabesp

**Catálogo de Materiais**

ÍNDICE

NOME CÓDIGO BÁSICO

TUBO PAD ..... 07.004

TUBO PVC FLEXÍVEL P/SUCÇÃO ..... 07.008

TUBO PVC RÍGIDO SÉRIE A JS ..... 07.020

TUBO PVC RÍGIDO SÉRIE B JE ..... 07.024

ADAPTADOR CURTO PVC SOLD P/REGISTRO ..... 07.033

ADAPTADOR FF P/LIG PONTA PVC JE A BOLSA FF JC ..... 07.041

ADAPTADOR P/PAD LR MACHO ..... 07.049

ADESIVO P/PVC RÍGIDO ..... 07.069

ANEL BORRACHA P/PVC JE ..... 07.073

BUCHA CURTA DE REDUÇÃO PVC SOLD ..... 07.082

CAP PVC JE ..... 07.099

CAP PVC JS P/SÉRIE A ..... 07.103

COLAR DE TOMADA FF P/PVC C/SAÍDA ROSQ ..... 07.115

COLAR DE TOMADA PVC C/SAÍDA ROSQ ..... 07.119

COTOVELO 90 GR PVC ROSQ C/INSERIO MET ..... 07.139

COTOVELO 90 GR PVC SOLD ..... 07.143

CRUZETA DE REDUÇÃO PVC C/BOLSAS E PONTAS JE ..... 07.167

CRUZETA PVC C/BOLSAS E PONTAS JE ..... 07.187

CURVA 22 GR 30° PVC PB JE ..... 07.235





### Catálogo de Materiais

INDICE

NOME	CÓDIGO BÁSICO
ALAVANCA DE AÇO .....	26.035
ALICATE DE BICO REDONDO E COMPRIDO .....	26.047
ALICATE UNIVERSAL .....	26.080
ARCO DE PUA C/CATRACA .....	26.105
ARCO DE SERRA .....	26.110
BROÇA ESPECIAL P/TUBO FF .....	26.165
CAIXA P/FERRAMENTAS .....	26.181
CABEÇA DA CHAVE STILSON .....	26.183
CASTANHA DA CHAVE STILSON .....	26.192
CHAVE DE AÇO P/DOBRAR FERRO DE CONSTRUÇÃO .....	26.223
CHAVE DE FENDA .....	26.230
CHAVE P/FERRULE .....	26.245
CHAVE STILSON .....	26.265
CHAVE "T" P/MANOBRA .....	26.275
CHAVE DE LANÇA .....	26.280
COLHER DE PEDREIRO .....	26.310
CORTA FRIO .....	26.315
COSSINETE P/TARRACHA ROSCA GAS .....	26.330
ENXADA .....	26.370



### Catálogo de Materiais

ESTOPIADEIRA .....	26.400
FERRO DE REBATER JUNTAS .....	26.430
LIMA CHATA BASTARDA .....	26.505
LIMA CHATA MURÇA .....	26.510
LIMA REDONDA BASTARDA .....	26.575
LIMA REDONDA MURÇA .....	26.580
MACHADINHA .....	26.610
MACHADO .....	26.615
MARTELO P/PEDREIRO .....	26.665
MARTELO DE PENA .....	26.673
MARTELO DE UNHA .....	26.675
MARTELO DE PONTA .....	26.682
MARRETA .....	26.685
METRO DE MADEIRA .....	26.690
MOLA DA CHAVE STILSON .....	26.695
MORSA TIPO FIXO .....	26.695
NÍVEL .....	26.710
PÁ DE BICO P/PEDRA .....	26.720
PÁ DE BICO P/TERRA .....	26.721
PÁ RETA P/TERRA .....	26.725
PICARETA .....	26.750
PORCA DA CHAVE STILSON .....	26.778



### Catálogo de Materiais

SERRA P/ARCO AJUSTÁVEL MANUAL .....	26.820
SERROTE P/CARPINTEIRO .....	26.840
TALHADEIRA .....	26.860
TARRACHA .....	26.875
TORNO TIPO FIXO .....	26.895
TRENA DE AÇO .....	26.920



### Catálogo de Materiais

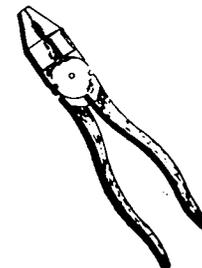
CODIGO BÁSICO 26.080  
REFERÊNCIA

NOME BÁSICO ALICATE UNIVERSAL

ESPECIFICAÇÃO

Alicate Universal em aço cromo-vanádio, de acabamento cromado.

FIGURA



SÉRIE	DESCRIÇÃO	UNID	C	SÉRIE	DESCRIÇÃO	UNID	C
060	6 POL ISOLADO	UNID	PD				
065	6 1/2 POL ISOLADO	UNID	PD				
070	7 POL ISOLADO	UNID	PD				
074	7 1/4 POL ISOLADO	UNID	PD				
080	8 POL ISOLADO	UNID	RN				
084	8 1/4 POL ISOLADO	UNID	PD				
085	8 1/2 POL ISOLADO	UNID	PD				
160	6 POL NÃO ISOLADO	UNID	PD				
165	6 1/2 POL NÃO ISOLADO	UNID	PD				
170	7 POL NÃO ISOLADO	UNID	PD				
174	7 1/4 POL NÃO ISOLADO	UNID	PD				
180	8 POL NÃO ISOLADO	UNID	PD				
184	8 1/4 POL NÃO ISOLADO	UNID	PD				
185	8 1/2 POL NÃO ISOLADO	UNID	PD				









UNIDADE PILOTO PARA DISPOSIÇÃO FINAL DE LODO

AGREGADO LEVE DE LODO PARA CONCRETO

junho de 1979

## 1. HISTÓRICO

Um problema de preocupação mundial que os sanitaristas vêm enfrentando, e cujas proporções vêm aumentando dia a dia com o avanço tecnológico da recuperação das águas servidas, é o da disposição final dos lodos produzidos nos processos de tratamento de esgotos.

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP, solicitou ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, através de sua Divisão de Tratamento de Minérios, que efetuasse uma pesquisa experimental do aproveitamento do lodo digerido da Estação de Tratamento de Esgotos de Pinheiros.

Essas pesquisas foram conduzidas pelo Professor Carlos Dias Brosch e sua equipe, vindo a receber o prêmio "Governador do Estado de São Paulo", em 1976, de melhor invenção devido a sua originalidade e importância.

Aquele Instituto após um estudo minucioso e de vários testes de laboratório, conseguiu obter a partir de lodo digerido, um material granulado, caracterizado e classificado dentro das especificações de AGREGADO LEVE padrão ASTM, para fins de construção civil.

Posteriormente, passou-se a um processamento piloto, ainda em operação descontínua naquele Instituto e finalmente foi elaborado o projeto básico de uma instalação semi-industrial, produtora de agregado leve, a partir de lodo digerido, por sinterização.

Esta instalação semi-industrial, implantada junto a Estação de Tratamento de Esgotos de Vila Leopoldina, teve seu projeto industrial desenvolvido por firma brasileira, com componentes mecânicos e elétricos totalmente de fabricação nacional, entrando em operação experimental em junho de 1979.

A utilização do resíduo industrial de estações recuperadoras de qualidade das águas - lodo digerido - na fabricação de agregado leve por sinterização, traz uma nova opção, em nível internacional, tanto para a solução da disposição final destes resíduos, como para a obtenção de um produto de importante aplicação na construção civil.

## 2. AGREGADO LEVE - DADOS TÉCNICOS E APLICAÇÕES

### 2.1. Introdução

A utilização de agregado leve em construção civil data de épocas remotas, pois os romanos já conheciam o concreto leve e estavam perfeitamente familiarizados com as vantagens que seu uso poderia proporcionar. Tais agregados leves eram oferecidos pela natureza, muito antes que a tecnologia conseguisse fazê-los em termos mais racionais e objetivos: os concretos eram executados a partir de pomes, escórias vulcânicas e outras rochas porosas.

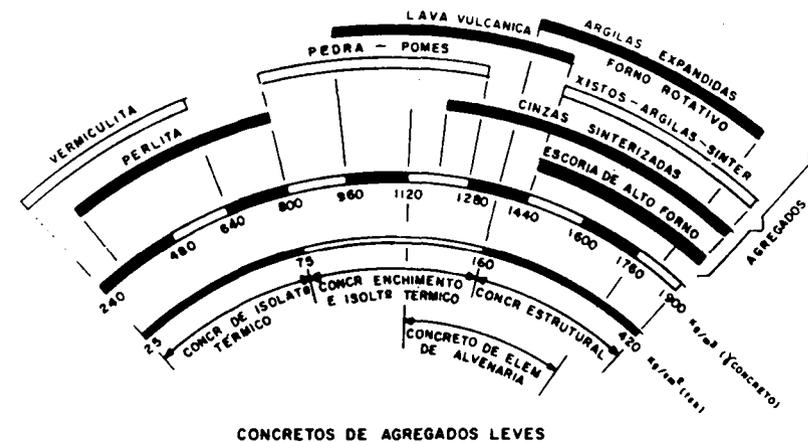
A partir do início deste século, começam a ser aproveitados os resíduos industriais para a fabricação de agregados leves. Inicialmente utilizou-se escórias de alto-forno e cinzas volantes que, após sofrerem adequado tratamento, passavam a apresentar propriedades semelhantes às das rochas porosas naturais. Em seguida passaram a ser explorados os xistos e argilas expandidas, calcinados em fornos rotativos e que, mesmo tendo o custo de extração da matéria prima, mostraram-se viáveis quanto a sua industrialização e comercialização.

Hoje, denomina-se agregado leve a uma certa gama de agregados de uso especial, cujo peso específico aparente encontra-se abaixo dos agregados comuns. Sua obtenção industrial é feita pela expansão, calcinação ou sinterização de produtos como a vermiculita, escória de alto forno, argilas termo expansivas, diatomitas, cinzas volantes, ardósia, etc.

Quanto à sua aplicação em concretos, os agregados leves estão classificados em três categorias e normalizados pela ABNT em:

- EB-230 - Agregados leves para concreto estrutural
- EB-228 - Agregados leves para elementos de alvenaria em concreto
- EB-229 - Agregados leves para concreto de isolamento térmico.

Dependendo do processo de fabricação, podem resultar como agregados leves, ou partículas arredondadas com uma película de cobertura (argila expandida em fornos rotativos), ou partículas irregulares e com uma textura externa porosa. Os primeiros têm absorção de 5 a 10%; os últimos têm absorção até 25%. A alta absorção dos agregados leves, porém, em nada diminui a qualidade do concreto produzido, pois a água de mistura absorvida não interfere com as reações do cimento e ainda serve como água adicional durante a cura do concreto.



CONCRETOS DE AGREGADOS LEVES

OBS: Para os concretos convencionais  $\gamma$  está entre 2300 e 2450 kg/m<sup>3</sup>.

## 2.2. Agregado Leve de Lodo (ALL)

O agregado leve produzido por sinterização de lodos digeridos (ALL) foi testado pelo IPT, apresentando características que cobrem as especificações EB-230, 228 e 229, podendo ser utilizado para concretos leves de isolamento térmico, para elementos de alvenaria e concretos estruturais.

As características obtidas nos testes com os agregados (ALL), são os seguintes:

granulometria:	peneira (mm)	% retida acumulada
	25	1
	19	7
	12,5	28
	9,5	44
	4,8	72
	2,4	94
	0,3	99

módulo de finura = 6,0

diâmetro máximo = 25 mm

- densidade aparente do agregado seco em estufa: 570 kg/m<sup>3</sup>
- impureza orgânica:  
a solução apresentou turbidez inferior à solução padrão
- torrões de argila: 1,3%
- perda ao fogo: 1,6%

Os resultados obtidos com concretos preparados com agregado graúdo leve (ALL), areia comum e cimento, estão resumidos na tabela a seguir:

DETERMINAÇÕES	CONCRETOS			
	A	B	C	D
- relação água/cimento (em peso)	0,45	0,65	0,90	0,97
- consumo unitário de cimento (kg/m <sup>3</sup> )	555	410	310	260
- peso específico do concreto aos 28 dias de idade (kg/m <sup>3</sup> )	1.884	1.845	1.776	1.770
- tensão de ruptura à compressão axial (kg/cm <sup>2</sup> )				
. 7 dias	241	155	90	78
. 28 dias	290	203	142	109
- tensão de ruptura na tração-compressão diametral aos 28 dias (kg/cm <sup>2</sup> )	24	19	14	12
- módulo de elasticidade aos 28 dias (kg/cm <sup>2</sup> )	230x10 <sup>3</sup>	185x10 <sup>3</sup>	155x10 <sup>3</sup>	145x10 <sup>3</sup>
- retração por secagem (%)	0,034	0,050	0,055	0,062

## 2.3. Aplicações do Agregado Leve

Nos Estados Unidos, onde estão localizadas a maioria das usinas, os agregados argilosos expandidos conquistaram os mercados e a produção de agregados leves alcançou marcas inesperadas, chegando somente neste país, à casa de 20 milhões de toneladas produzidas anualmente.

No Brasil, com 90% do consumo na área da Grande São Paulo, já temos produção superior a 20.000 m<sup>3</sup>/mês; este agregado é produzido basicamente pela CINASITA.

A distribuição percentual do consumo de agregado leve, nas diversas aplicações tem sido:

concreto estrutural .....	40%
blocos de alvenaria de concreto .....	25%
enchimento de vazios .....	20%
isolamento térmico .....	10%
outros usos .....	5%

O sucesso alcançado pelo agregado leve na construção civil é explicado pelas grandes vantagens que a aplicação de concreto leve confere. Assim podemos citar algumas vantagens nos seguintes exemplos:

- Estruturas tradicionais

Segundo resultados de estudo realizado por especialistas em estruturas são apreciáveis as vantagens auferidas com aplicação de agregado leve. Neste estudo foi feito um cálculo comparativo para concreto comum e concreto leve. Em decorrência do menor peso do concreto leve, houve sensível redução nas nervuras, vigas de borda, vigas centrais, pilares e fundações, quer na secção de ferro, quer na secção de concreto, registraram-se economias no concreto da ordem de 29% e, no ferro, da ordem de 32%. A redução nas cargas das fundações foi da ordem de 24%.

A aplicação do concreto leve proporciona grandes vantagens também na execução de pontes e em todos os tipos de estruturas nas quais a fração da carga permanente incide na carga total em proporção maior que a da carga acidental. Coberturas planas ou cascas delgadas podem ser dimensionadas de forma mais arrojadada, tirando-se partido da leveza do concreto de agregado leve.

Em estruturas sujeitas a impactos também poderão ter sua aplicação, uma vez, calculadas de forma mais conveniente, em consequência do menor módulo de elasticidade do concreto leve.

- Estruturas pré-fabricadas

Todas as vantagens assinaladas no tópico anterior, somadas as que a leveza proporciona em relação ao aproveitamento máximo do equipamento de transporte, de levantamento e montagem, fazem do concreto leve o material ideal para estruturas pré-fabricadas.

- Isolamento térmico

O concreto leve pode ser utilizado para isolamento térmico, em placas de concreto isolante para proteção de revestimentos impermeabilizantes de coberturas planas. Lajes de coberturas ou cascas delgadas podem ser executadas com concreto leve dispensando qualquer revestimento posterior. Painéis de vedação ou alvenarias de blocos executados com concreto leve oferecem condições de conforto térmico perfeitas, em qualquer estação do ano e em circunstâncias as mais desfavoráveis.

- Pré-fabricação total dos edifícios

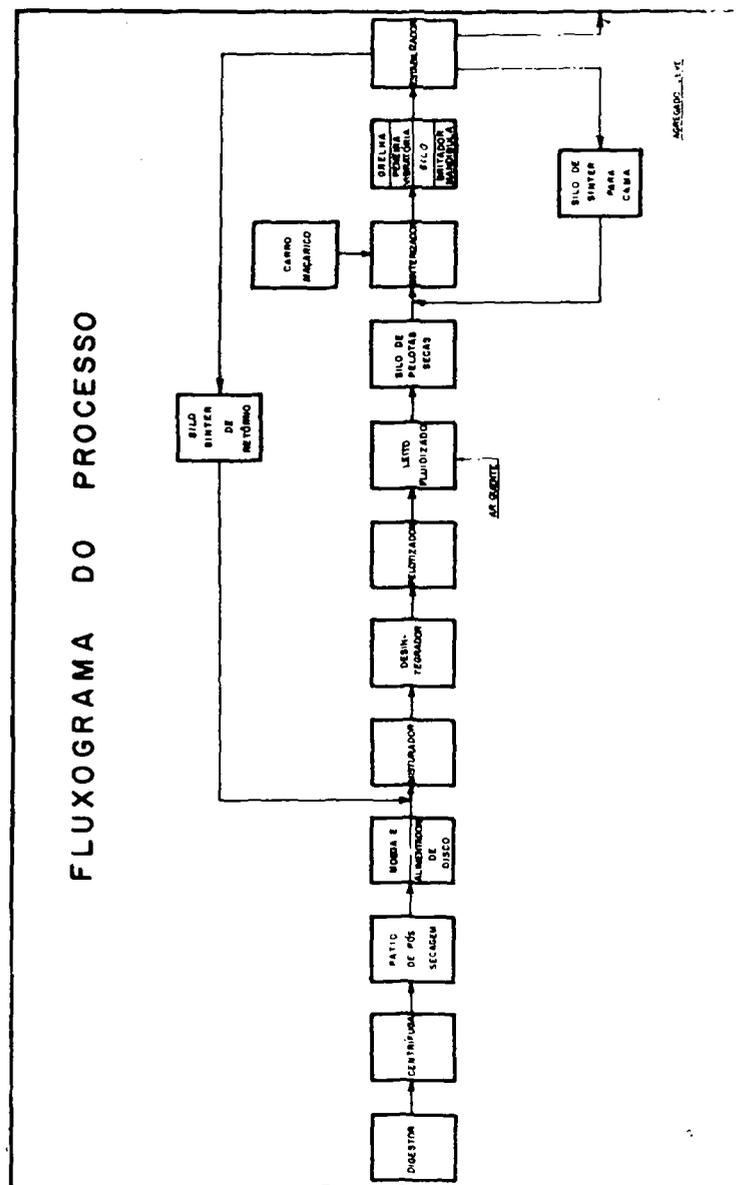
As dificuldades que se registram com os processos já tradicionais de pré-fabricação total residem principalmente na execução dos painéis. Realmente nos principais processos utilizou-se concreto comum na moldagem dos painéis e o isolamento térmico é conseguido pela técnica dos sanduiches onde o núcleo é constituído de material isolante. Esta técnica, em que materiais com propriedades e características diferentes são utilizados, apresenta uma série de inconvenientes de caráter estrutural. Além do mais, a execução é trabalhosa e onerosa, enquanto que o isolamento térmico nem sempre é perfeitamente assegurado, em razão de fontes térmicas que se originam nas juntas da interface.

O concreto leve, em contraposição, permite a execução dos painéis de uma forma homogênea sob os aspectos estrutural e termo acústico.

### 3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

O processo de produção do agregado leve a partir do lodo digerido dos esgotos, passa pelas seguintes operações unitárias:

- Desidratação do lodo digerido.
- Pôs secagem do lodo digerido.
- Dosagem e mistura dos componentes.
- Pelotização.
- Secagem das pelotas por leito fluidizado.
- Sinterização.
- Quebramento e britagem do sinter.
- Estabilização e classificação do sinter.
- Recolhimento de pós.
- Lavagem dos gases.



### 3.1. Desidratação do Lodo Digerido

O lodo digerido proveniente do processo de digestão anaeróbia contém cerca de 5% de sólidos e 95% de umidade.

Este lodo é bombeado para as centrífugas, onde é concentrado a 30% de sólidos e 70% de umidade.

### 3.2. Pós Secagem do Lodo Centrifugado

O lodo digerido centrifugado é transportado por correias transportadoras para o pátio de pós-secagem. Neste pátio, cujo piso é de concreto, e coberto com telhas transparentes, sofrerá uma pós-secagem natural até atingir um teor de umidade de 46 a 62%. Este lodo será manuseado no pátio através de um pequeno trator provido de caçamba e que efetuará a carga no primeiro equipamento que é uma moega dispondo inferiormente de um alimentador de disco.

### 3.3. Dosagem e Mistura dos Componentes

Do disco alimentador, o lodo é introduzido ao misturador onde recebe parte do sinter de retorno em dosagens convenientes para a conformação da mistura em suas características de umidade. Após essa mistura o material passa por um moinho de pinos onde é triturado e encaminhado através de uma correia transportadora para o tambor pelletizador.

### 3.4. Pelotização

A operação da pelotização consiste em introduzir a mistura preparada anteriormente (lodo centrifugado + sinter de retorno) em um tambor rotativo de baixa velocidade, que no percurso desde a boca de entrada até a boca de saída, transformará a mistura disforme em pequenas pelotas, cujo diâmetro máximo será de 4 mm. Essas pelotas terão um teor de umidade de 45% e densidade aparente de 800 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.5. Secagem das Pelotas por Leito Fluidizado

As pelotas originadas no pelletizador são encaminhadas através de uma correia transportadora para o leito fluidizado.

Nesta unidade é insuflado ar por meio de um ventilador, ao mesmo tempo em que é queimado gás metano procedente dos digestores anaeróbios.

Este ar aquecido atravessa uma placa perfurada no sentido de baixo para cima e mantém as pelotas em estado de flutuação de tal maneira, que o teor de umidade das pelotas passará de 45% na entrada, para 15% na saída. Os pós finos que se originarem no interior do leito fluidizado são, através de um exaustor, encaminhados a dois ciclones e daí se dirigem para a saída do leito fluidizado, juntando-se ao produto seco pelletizado.

As pelotas ao saírem do leito fluidizado, apresentam as seguintes características principais:

- umidade ..... 15%
- temperatura máxima ..... 75° C
- densidade aparente ..... 700 kg/m<sup>3</sup>
- granulometria ..... 0 a 4 mm

Através de um elevador de canecas elas são transportadas até um silo de estocagem.

### 3.6. Sinterização

Ao lado do silo de estocagem das pelotas procedentes do leito fluidizado, existe um outro silo que contém um material denominado "sinter de cama".

Sob estes silos se desloca um carrinho que receberá primeiramente, uma carga do "sinter de cama" e a seguir a carga de pelotas que serão sinterizadas.

Este carrinho se movimenta até se posicionar sobre um dos dois sinterizadores e então descarrega seu conteúdo para o interior do sinterizador.

Uma vez carregado o sinterizador, desloca-se sobre o mesmo, o carro maçarico. Este carro possui um maçarico de ignição que é alimentado por gás de esgoto procedente dos digestores anaeróbios e consumirá 50 N/m<sup>3</sup>/h a uma pressão de 2000 mm de coluna d'água.

Iniciada a ignição do sinterizador, o carro maçarico é desligado ao mesmo tempo em que se liga o sistema de exaustão dos gases de sinterização.

A sinterização tem uma duração de 15 minutos por sinterizador e o término da mesma é indicada por meio de um termôgrafo e de uma curva de temperatura.

### 3.7. Quebramento e Britagem do Sinter

Uma vez terminada a sinterização, abrem-se as comportas laterais dos sinterizadores, descarregando-se os blocos sinterizados em um carrinho que manualmente é empurrado sobre trilhos, até o sistema de britagem do sinter.

O carrinho é descarregado sobre uma grade onde é feita a quebra manual dos blocos de sinter. O material quebrado cai sobre uma peneira vibratória que possui aberturas de 25 mm. O material maior que 25 mm é desviado para um britador de mandíbulas e após processado se reúne com aquele que atravessou as malhas da peneira vibratória, sendo, através de um elevador de canecas encaminhado para a entrada do tambor estabilizador. Este sinter que alimenta o estabilizador tem as seguintes características:

- temperatura aproximada ..... 250<sup>0</sup> C
- densidade aparente ..... 800 kg/m<sup>3</sup>
- granulometria ..... 0 a 25 mm
- quantidade alimentada ..... 1.500 kg/h

### 3.8. Estabilização e Classificação do Sinter

A estabilização é a última etapa do processo e consiste fundamentalmente em submeter o sinter a uma abrasão recíproca dentro de um tambor giratório. Na saída do tambor estabilizador serão obtidos 3 produtos distintos:

- sinter de retorno
- sinter de cama
- sinter útil (Agregado Leve)

Estes três materiais são classificados através de um sistema de peneiras rotatórias existentes no tambor estabilizador.

O sinter de retorno, cujas principais características são:

- temperatura ..... 150<sup>0</sup> C
- capacidade de produção ..... 375 kg/h
- granulometria entre ..... 0 a 2,4 mm

será encaminhado para um silo de estocagem e posteriormente irá ter ao misturador no início do processo para modificar a umidade do lodo procedente do pátio de pós secagem.

O sinter de cama é encaminhado para um silo e será utilizado como falsa grelha no processo de sinterização, formando a cama das pellets no sinterizador.

As principais características deste sinter de cama são:

- capacidade de produção ..... 125 kg/h
- densidade aparente ..... 570 kg/m<sup>3</sup>
- granulometria entre ..... 10 e 25 mm

O sinter útil (Agregado Leve) é o produto final acabado que é encaminhado por uma correia transportadora para o pátio de estocagem industrial. As principais características do agregado leve são:

- capacidade de produção ..... 500 kg/h
- densidade aparente ..... 570 kg/m<sup>3</sup>
- granulometria ..... 2,4 a 25 mm

### 3.9. Recolhimento de Pó

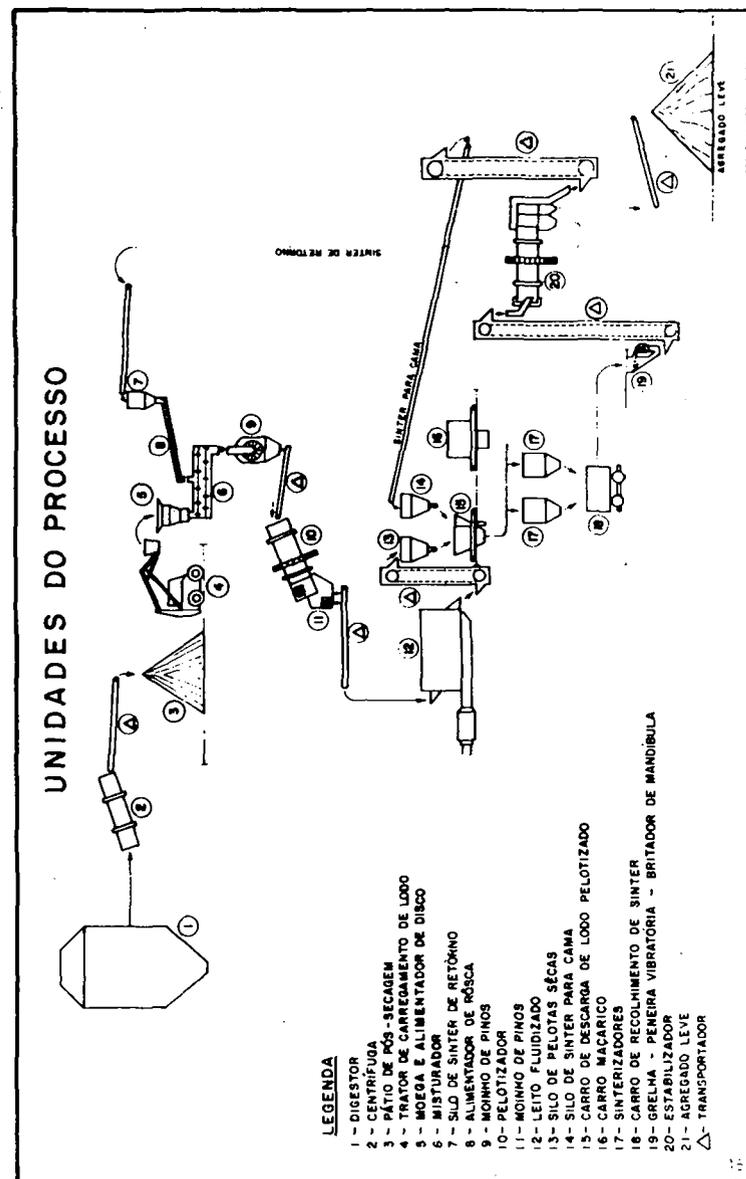
Durante as diversas fases da produção do agregado leve haverá a formação de finos em várias unidades do processo.

Estes finos são aspirados por exaustores e enviados a um filtro de mangas de onde são removidos e encaminhados ao silo de estocagem juntamente com o sinter de retorno procedente do tambor estabilizador.

### 3.10. Lavagem dos Gases

Os gases provenientes dos sinterizadores são aspirados por um exaustor, passando antes por ciclones, cuja finalidade é reter as partículas mais pesadas. As partículas mais leves que continuam com os gases, sofrem uma lavagem através de um sistema de "spray" dentro de uma coluna contendo anéis de Raschig. A água de lavagem contendo as partículas finas é encaminhada para uma unidade de decantação compacta.

A camada sedimentada é encaminhada ao sistema de esgotos, enquanto que a camada líquida superior após passar por um filtro é bombeada para o sistema de "spray", ficando pois em recirculação no processo de lavagem dos gases. A quantidade de pó que será removida dos gases é estimada em 250 kg/h.



- 7.1 -

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

OBRAS DE CAPTACION Y POZOS

Ing. Rodolfo Sáenz Forero  
Coordinador del Proyecto DTIAPA

STOM 7

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

- 7.2 -

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. CAPTACION DE AGUAS SUPERFICIALES .....	7.3
II. POZOS .....	7.9
III. MANANTIALES .....	7.23
IV. GALERIAS DE INFILTRACION .....	7.23
V. OTROS ASPECTOS IMPORTANTES .....	7.23
ANEXO .....	7.27

## I CAPTACION DE AGUAS SUPERFICIALES

Agua superficial es la que en el momento de ser utilizada discurre libremente sobre la superficie del terreno o constituyen lagunas o lagos.

### A. DERIVACION DE RIOS O QUEBRADAS

El agua de los ríos se puede captar, según las características del río y del sitio de toma mediante: tomas de fondo, simples derivaciones, obras de represamiento y toma, y torres de toma.

#### 1. Derivaciones por gravedad sin represa

- a) Tomas de fondo.- Se utilizan en los ríos de las zonas montañosas, pues se hacen aprovechando sitios donde los ríos inician una gran pendiente, tal como se muestra en la figura 1.

Consisten en galerías excavadas directamente en la roca, o construidas dentro de una masa de hormigón.

Su operación es muy simple pues los caudales bajos entran espontáneamente en la galería. Los caudales grandes, y las piedras que éstos arrastran pasan por encima dejando penetrar sólo la cantidad de agua requerida. Es necesario mantener limpias las rejillas lo mismo que el desarenador. Después de grandes avenidas pueden presentarse daños en las rejillas, los que deben repararse rápidamente para evitar el atascamiento de la galería. Por consiguiente se recomienda tener rejillas de reserva.

- b) Derivaciones simples.- Consisten en simples bocatomas acopladas a un canal de derivación. Se utilizan en ríos de gran caudal en los cuales los mínimos de estiaje aportan el tirante de agua necesario para derivar el caudal requerido. Sólo son recomendables en zonas de muy baja pendiente. Su operación consiste fundamentalmente en la limpieza continua de la bocatoma y de las rejillas, lo mismo que de sedimentos que se acumulen en el canal de derivación.

Con frecuencia se utilizan estructuras que regulan los caudales derivados en caso de avenidas (aliviaderos, canales Parshall, compuertas, etc.), las cuales también requieren una atención y limpieza permanentes.

- c) Torres de toma.- Consisten en torres cimentadas en el fondo del río, con entradas a diferentes niveles, lo que permite captar agua sin materia flotante y con el mínimo de sedimentos posible.

Cuando hay bombeo, los equipos pueden estar en la misma torre. Sin embargo, es muy usual que los equipos estén en la margen del río, después de un desarenador, dependiendo de las características del agua.

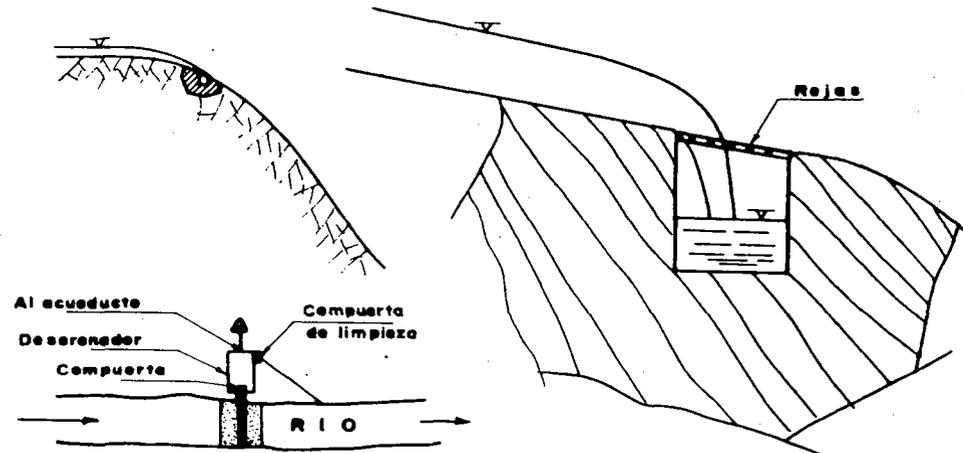


FIGURA N° 1  
TOMAS DE FONDO

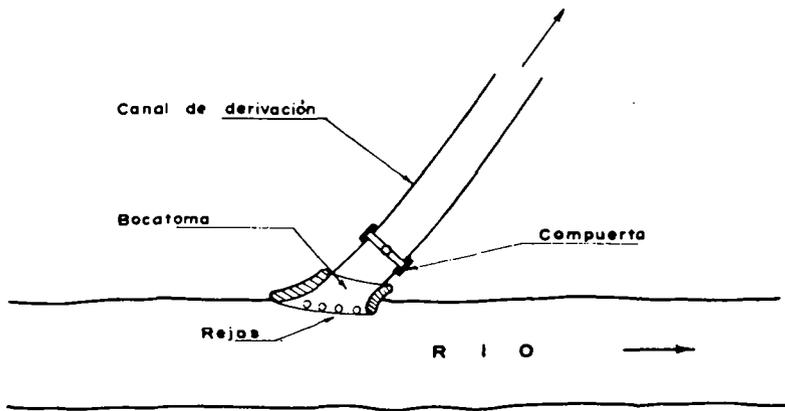


FIGURA Nº 2  
DERIVACIONES SIMPLES

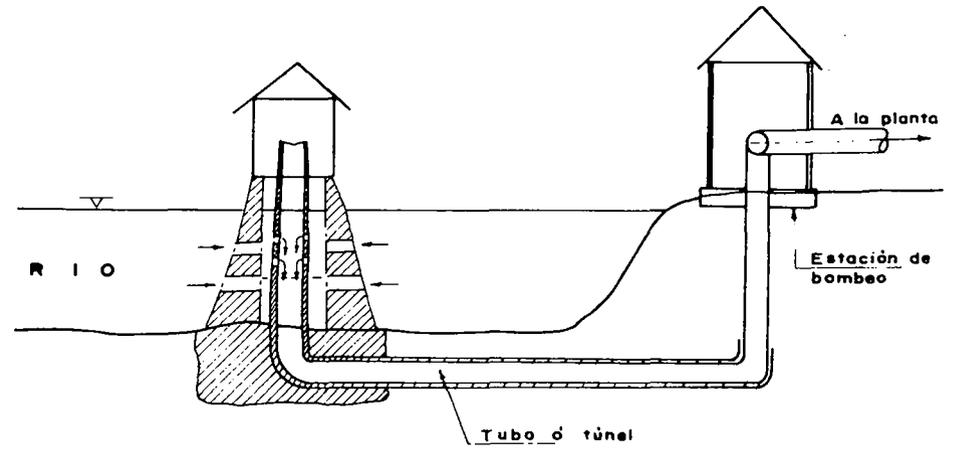


FIGURA Nº 3  
TORRE DE TOMA

Este tipo de toma sólo es recomendable en ríos de baja pendiente, por el peligro que representan las avenidas. Conviene operar estas tomas de manera tal que siempre esté abierta la entrada que deje pasar agua de mejor calidad.

## 2. Derivaciones con represa y toma

Constituyen la solución más común en la captación de aguas superficiales. Tal como se muestra en la figura 4, las obras consisten en una represa y una toma, cerca de la cual debe haber un canal de limpieza. La toma tiene rejas y el agua pasa por un desarenador antes de ingresar a la conducción.

La operación consiste en hacer trabajar oportunamente el canal de limpieza, mantener limpias las rejas y hacer limpiezas periódicas del desarenador. Las compuertas requieren mantenimiento preventivo. En la figura 4 se muestra una cresta vertedora para evacuar avenidas. En algunos casos el diseño ha previsto que durante las grandes avenidas se mantenga abierto el canal de limpieza. Cuando los ríos arrastran muchas piedras y sedimentos, en vez de represas de hormigón, se utilizan las llamadas presas móviles, las cuales consisten de grandes compuertas apoyadas en machones, las cuales se abren para la limpieza o durante las grandes avenidas. La toma de la planta de La Atarjea en Lima tiene este tipo de solución.

## B TOMAS DE AGUA EN EMBALSES O LAGOS

Estas estructuras son de formas muy variadas. Las más usadas son las tomas laterales y las torres de toma, las cuales llevan rejas. En estos casos no se usan desarenadores, pues las partículas grandes ya han sedimentado en el embalse.

### 1. Lagos naturales

En las tomas en lagos naturales la operación es muy simple, reduciéndose casi solo a la limpieza de las rejas y manipuleo de las compuertas. Los sedimentos por lo general no constituyen un gran problema para la toma. Las materias flotantes en cambio, si suelen causar molestias, por lo que a veces se hace necesario construir barreras protectoras.

### 2. Lagos artificiales o embalses

Quando los ríos tienen caudales de estiaje menores que el caudal requerido se construyen embalses en sitios apropiados que guardan agua de las épocas lluviosas para ser usada en las épocas de sequía. Por lo general éstos embalses se construyen haciendo una gran represa que puede ser de hormigón (arco o gravedad), o un enrocamiento con núcleo de arcilla.

La evacuación de las grandes avenidas se hace por medio de vertedores. Algunas veces la misma represa puede ser el vertedor. Otras es una estructura independiente. Los vertedores algunas veces tienen compuertas que deben abrirse durante las avenidas importantes.

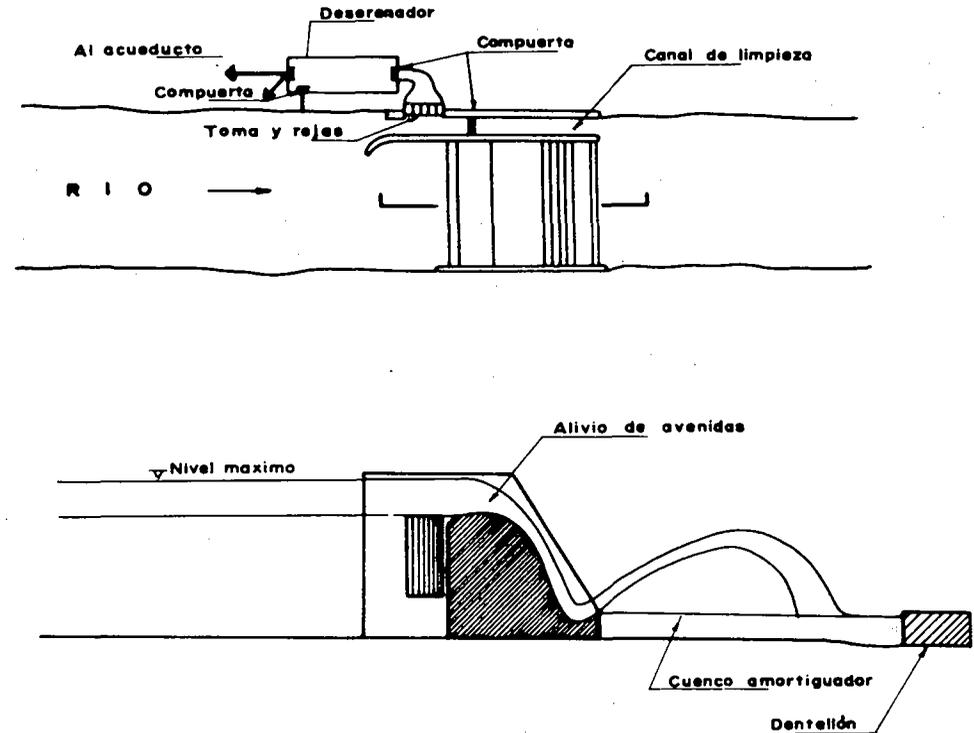


FIGURA N° 4

DERIVACIONES CON REPRESA Y TOMA

En estos lagos artificiales se suelen acumular grandes cantidades de sedimentos, que tienden a disminuir la capacidad de los mismos. Cuando la toma está cerca de algún canal de limpieza se pueden eliminar los sedimentos cercanos a ella mediante apertura de compuertas. Cuando no ha sido posible construir canales de limpieza es necesario recurrir al dragado periódico en las zonas cercanas a la toma. Puede ser necesario mantener un dragado permanente de los sedimentos si se quiere conservar la capacidad del vaso. En los embalses la represa cumple dos funciones: (i) formar el vaso y (ii) servir como estructura de derivación.

#### C USO DE DESARENADORES

Como se ha manifestado en los párrafos que preceden, es muy frecuente el uso de desarenadores inmediatamente después de la toma. El desarenador cumple la función de remover partículas de grava y arena que pueden erosionar la conducción, perjudicar las estructuras de la planta de tratamiento y el funcionamiento de la misma. El uso de desarenadores evita el deterioro rápido de los equipos de bombeo.

El desarenador es un sedimentador que generalmente es diseñado para remover partículas de 0.1 mm o más, razón por la cual su período de retención es limitado.

El operador de un desarenador tiene que tomar en cuenta que la calidad y cantidad de partículas que acarrea el agua es variable, y operar oportunamente la compuerta del canal de limpieza cuando la zona para los sedimentos se ha llenado. Como el funcionamiento de la estructura depende de la oportuna operación de compuertas, a éstas se les debe dar especial atención.

#### D USO DE BOMBAS

Con relativa frecuencia se presenta el caso de que la captación del agua hay que hacerla a una cota tal que no permite el desplazamiento por gravedad hacia la planta de tratamiento o tanque de almacenamiento. En estos casos se recurre al uso de equipos de bombeo. Cualquiera de las soluciones anteriormente descritas es susceptible de utilizarse en un diseño que contemple conducción por gravedad hasta un tanque cisterna del que se impulse el agua mediante bombas. En el caso de las torres de toma, a veces se acostumbra instalar el equipo de bombeo en la misma torre. La operación y mantenimiento de los equipos de bombeo y sus accesorios y complementos se trata aparte.

## II POZOS

Los pozos son estructuras construidas mediante perforación de la corteza terrestre para captar las aguas del subsuelo. El buen funcionamiento de un pozo depende de tres factores, cada uno de los cuales es discutido por separado y a continuación:

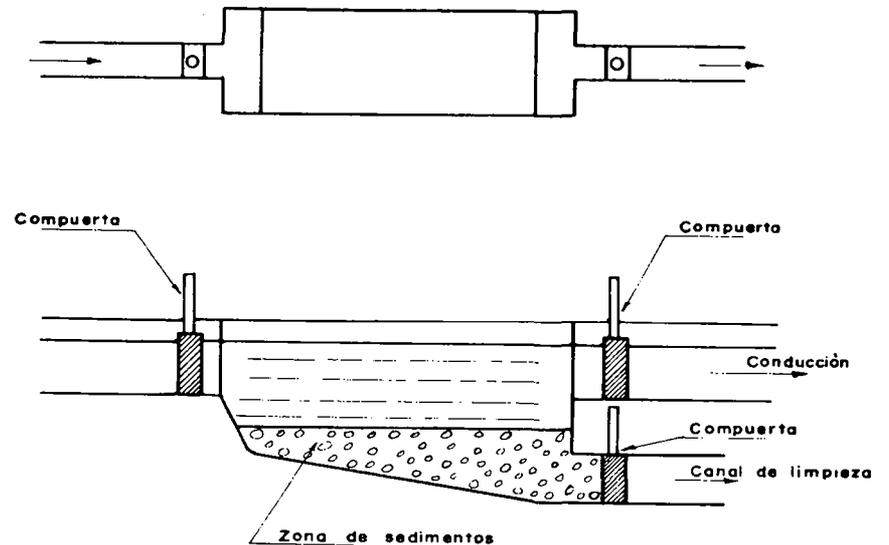


FIGURA Nº 5  
DESARENADOR

Acuífero. Es la formación geológica que almacena y transmite el agua. Su capacidad es limitada, y la buena operación de un pozo depende de no exceder esta capacidad.

Condiciones del pozo. De conformidad con las características hidrogeológicas existentes, deben definirse el ademe, rejilla, sellado y brocal del pozo, tanto en calidad como en su ubicación dentro del perfil geológico existente.

Equipo de bombeo. Con excepción de los pozos artesianos surgentes, todo pozo requiere de una bomba para extraer el agua.

Es interesante observar que cuando se dice que un pozo está malo, o que no funciona, la falla es en alguno de los tres factores mencionados. Para poder tomar acciones correctivas apropiadas se requiere identificar en forma precisa cual de los tres factores está causando el problema.

A LOS ACUIFEROS

Son formaciones geológicas constituidas por rocas de forma granular en las cuales se almacena agua. Los intersticios entre los granos están comunicados entre sí, lo que permite que además de almacenamiento de agua haya flujo de ésta. Los acuíferos casi siempre están constituidos por formaciones de origen sedimentario. Algunas veces se presentan acuíferos constituidos por agrietamientos de formaciones no granulares. Cuando el agua de un acuífero está sometida a una presión mayor que la atmosférica se dice que éste es artesiano. Lo anterior sucede únicamente si el estrato acuífero está confinado por estratos impermeables o acuícieres.

La operación eficiente de pozos sólo se puede llevar a cabo teniendo conocimiento de lo que está sucediendo en el acuífero donde los pozos han sido construidos.

Por consiguiente se necesita  $QR > \Sigma QP$  para poder garantizar un funcionamiento permanente ( $QR$  = caudal de recarga;  $\Sigma QP$  = suma de los caudales extraídos de los pozos).

Con frecuencia no se dispone de información suficiente para determinar  $QR$ . El conocimiento de la hidráulica de los pozos y del flujo a través de medios porosos permeables permite establecer pronósticos sobre el comportamiento probable de los pozos. Lo anterior se hace mediante correlación de datos de caudales extraídos o bombeados contra abatimientos presentados. Estos datos pueden proceder de registros rutinarios de operación; también se pueden obtener en pruebas de bombeo realizadas a propósito.

Las variables envueltas en estos análisis son caudal ( $Q$ ), tiempo ( $t$ ), distancia ( $r$ ) y abatimiento ( $s$ ). También tienen importancia las llamadas constantes de un acuífero: transmisibilidad ( $T$ ) y coeficiente de almacenamiento ( $S$ ).

Theis y Jacob (1) determinaron la ecuación diferencial para el flujo radial del agua hacia un pozo en un acuífero elástico artesiano:

$$\frac{\delta^2 s}{\delta r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\delta s}{\delta r} = \frac{S}{T} \frac{\delta s}{\delta t} \quad I$$

La integración de la anterior ecuación para un caudal constante  $Q$  establece la relación:

$$s = (Q/4\pi T) \int_{r^2 S/4Tt}^{\infty} \frac{e^{-r^2 S/4Tt}}{r^2 S/4Tt} \frac{1}{(r^2 S/4Tt)} \quad II$$

que en forma aproximada se puede expresar así:

$$s = (Q/4\pi T) \left[ \ln (4Tt/r^2 S) - 0.5772 \right] \quad III$$

Esta ecuación no rige para valores de  $t$  muy pequeños. Obsérvese que la anterior ecuación relaciona las cuatro variables ( $Q$ ,  $t$ ,  $r$ ,  $s$ ) y las dos constantes ( $T$  y  $S$ ) mencionadas.

Gráficos tiempo-abatimiento

Si se tiene un pozo que se está bombeando a un caudal  $Q$ , y un pozo de observación situado a una distancia  $r$ , la ecuación III será:

$$K_1 = \frac{Q}{4\pi T}$$

$$K_2 = \frac{4T}{r^2 S}$$

$$s = K_1 (\ln K_2 t - 0.5772)$$

$$s = K_1 (\ln K_2 t - \ln 1.781)$$

$$s = K_1 \ln \left( \frac{K_2}{1.781} \cdot t \right) \quad IV$$

La ecuación IV es una recta en papel semilogarítmico

En la figura 6 se muestran los datos de una prueba de bombeo donde  $s$  está en metros y  $t$  en horas. Efectivamente forman una línea recta en papel semilogarítmico. La prolongación de esta recta permite predecir el abatimiento del pozo al ser bombeado en forma continua por un período prolongado, lo cual es fundamental para una buena operación.

(1) WISLER & BRATER. Hydrology. John Wiley & Sons. pp 153-179. 1959

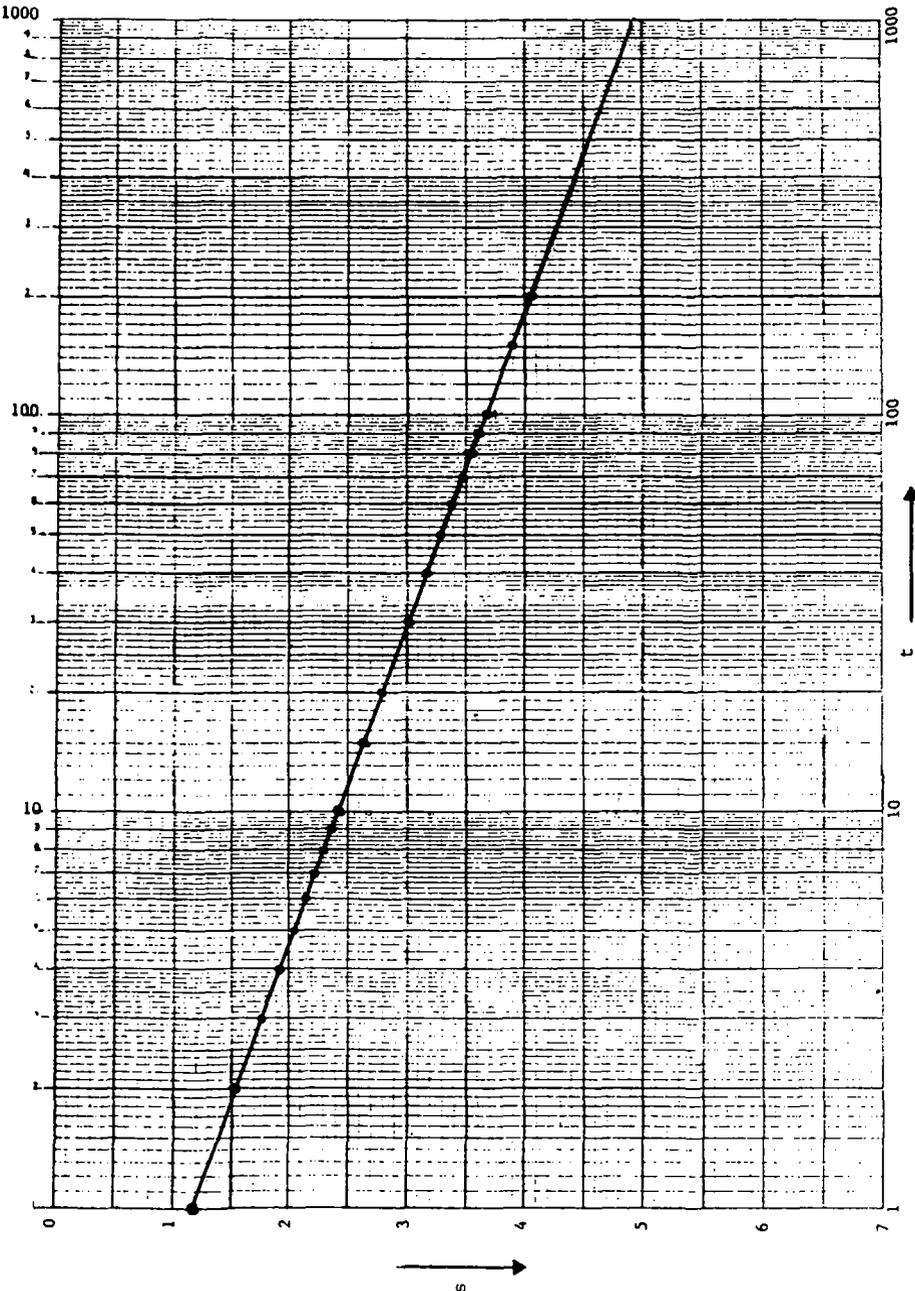


Figura 6

GRAFICO TIEMPO - ABATIMIENTO (t-s)

Mientras el "cono" de abatimiento de un pozo no exceda los límites del acuífero (si éste es isotrópico y homogéneo) se mantiene la tendencia rectilínea indicada. Si dicho "cono" alcanza una fuente de recarga (río, lago o acuífero de mayor capacidad), la tendencia de la recta se interrumpe para volverse horizontal, tal como se muestra en la figura 7. En estos casos se dice que el pozo ha alcanzado condiciones de equilibrio. Otras veces el "cono" de abatimiento del pozo alcanza un lindero negativo (interrupción del estrato acuífero o disminución de la capacidad de éste), lo que provoca un aumento de la pendiente del gráfico tiempo-abatimiento, tal como se muestra en la figura 8.

La identificación de linderos, ya sean positivos o negativos es fundamental para la correcta operación de los acuíferos y pozos.

Gráficos distancia-abatimiento

Si se tiene un pozo de bombeo (PB) y varios pozos de observación (PO1, PO2, PO3), tal como se muestra en la figura 9, la ecuación III será, para un caudal Q y un tiempo t dados:

$$K_1 = \frac{Q}{4\pi T}$$

$$K_3 = \frac{4Tt}{S}$$

$$s = K_1 \left( \ln K_3 \cdot \frac{1}{r^2} - 0.5772 \right)$$

$$s = K_1 \left( \ln K_3 \cdot \frac{1}{r^2} - \ln 1.781 \right)$$

$$s = K_1 \ln \left( \frac{K_3}{1.781} \cdot \frac{1}{r^2} \right) = K_1 \ln \left( \sqrt{\frac{R_3}{1.781}} \cdot \frac{1}{r} \right)^2$$

$$s = 2K \ln \left( \sqrt{\frac{R_3}{1.781}} \cdot \frac{1}{r} \right) \quad V$$

La ecuación V es una recta en papel semilogarítmico. En la figura 10 se muestran los datos correspondientes a un caso como el de la figura 9. Tanto s como r han sido expresados en metros.

La construcción de gráficos distancia-abatimiento es sumamente útil para determinar interferencias entre pozos y abatimientos totales cuando varios pozos que se interfieren son bombeados simultáneamente. Combinando el uso de gráficos tiempo-abatimiento con gráficos distancia abatimiento se puede llegar a predecir abatimientos totales futuros de pozos que se están bombeando simultáneamente y se interfieren entre sí, información que es indispensable para la operación eficiente de los pozos.

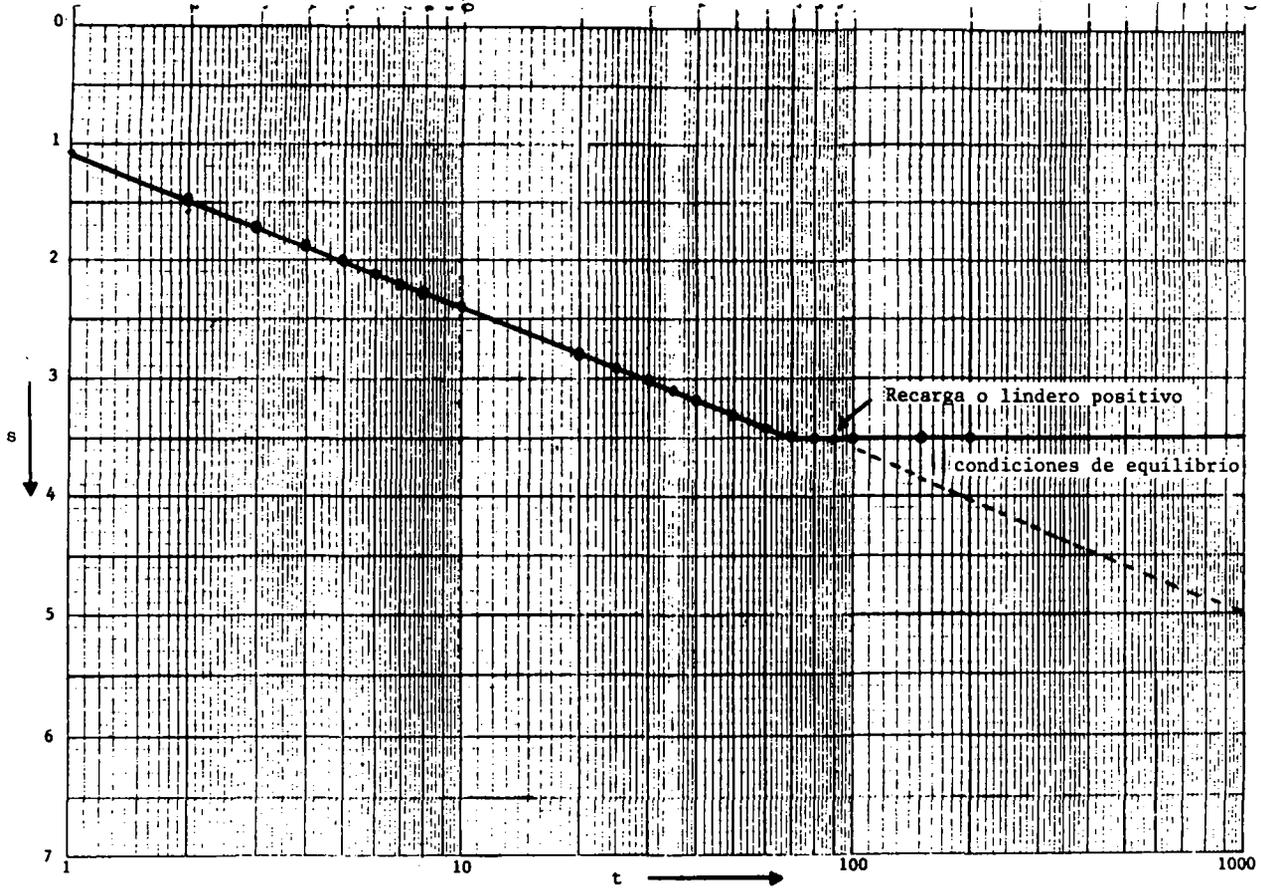


Figura 7

GRAFICO TIEMPO - ABATIMIENTO MOSTRANDO UNA FUENTE DE DESCARGA

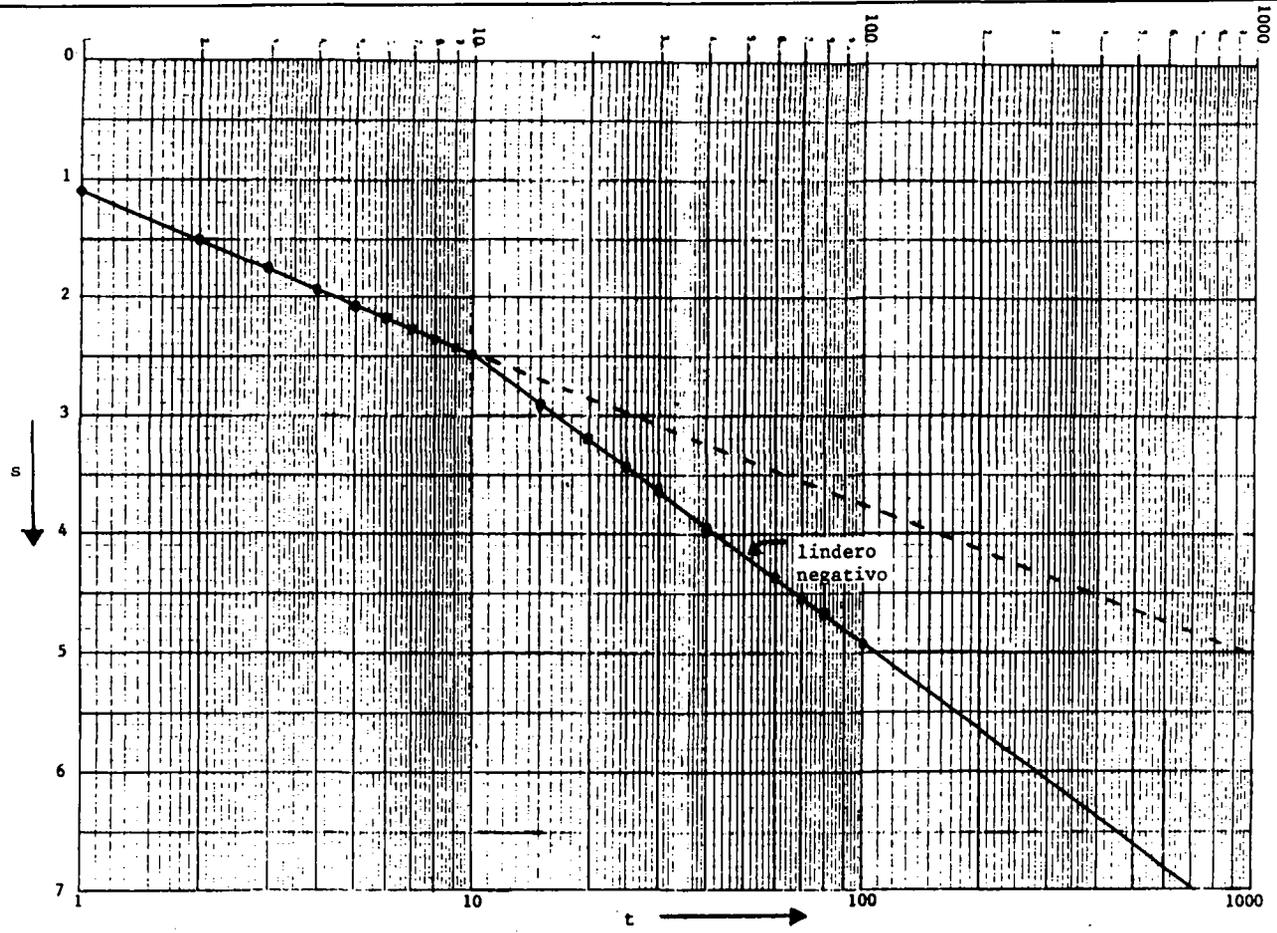
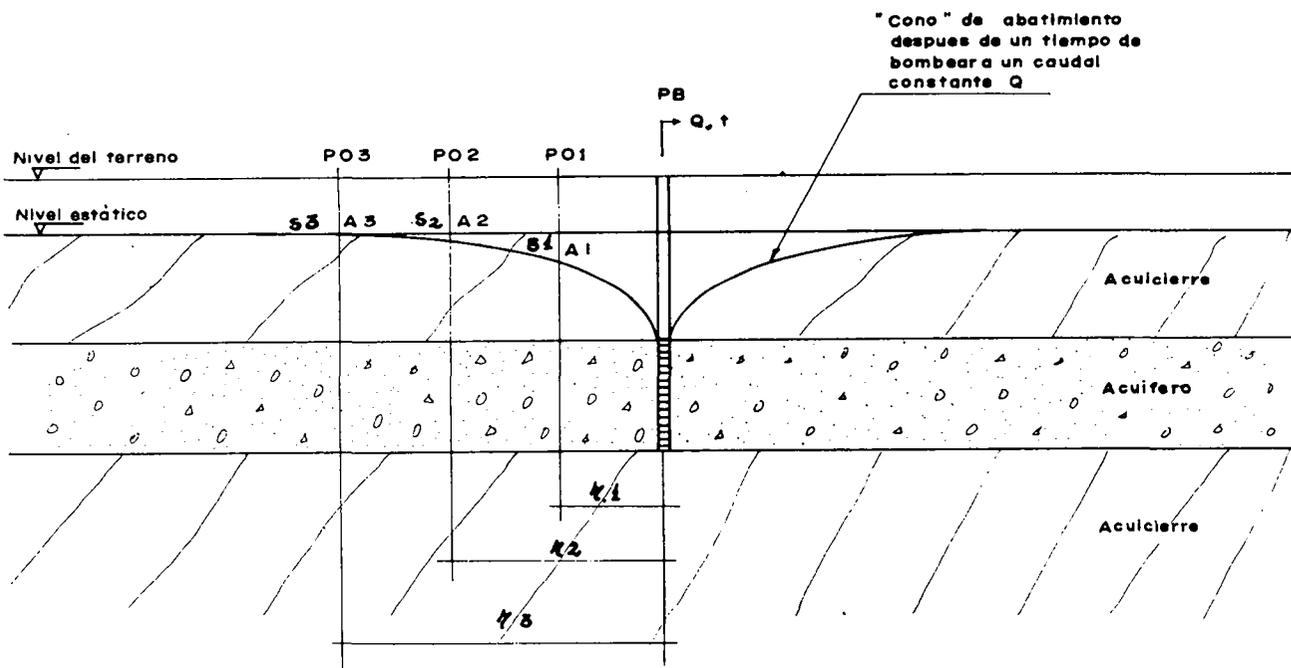


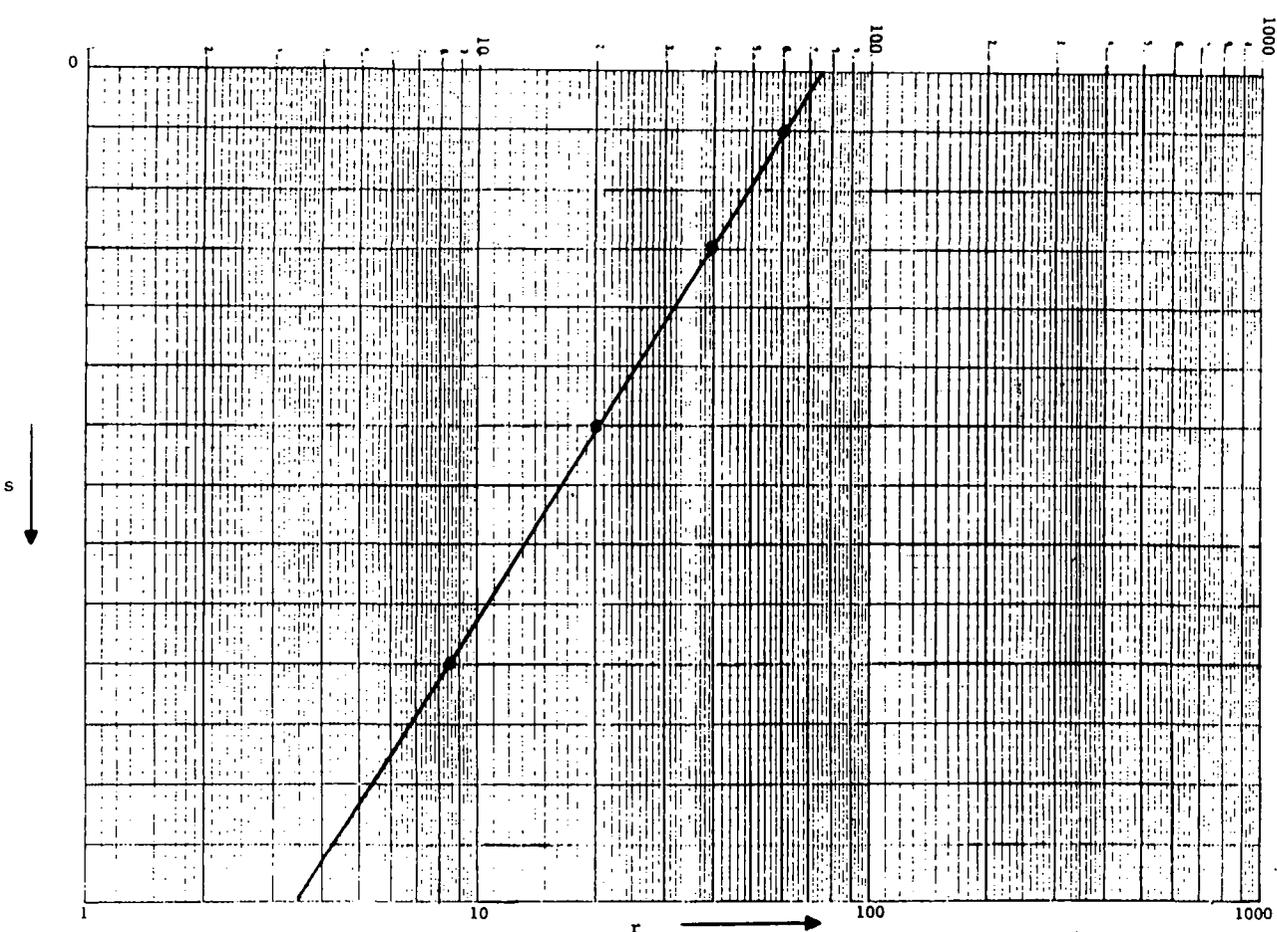
Figura 8

GRAFICO TIEMPO - ABATIMIENTO MOSTRANDO UN LINDERO NEGATIVO



- 7.17 -

FIGURA N° 9  
 ABATIMIENTO PROVOCADO POR EL BOMBEO DE UN POZO



- 7.18 -

Figura 10

GRAFICO DISTANCIA - ABATIMIENTO

Cuando se tiene un solo pozo que se está bombeando, y no existen pozos de observación se pueden hacer algunas proyecciones usando  $r$  igual al radio físico del pozo. Sin embargo, debido a la alta velocidad del agua en la zona inmediata al pozo de bombeo y a alteraciones que sufrió el estrato acuífero durante la perforación, el radio físico del pozo no corresponde al radio efectivo del mismo. Por esta razón es preferible contar con pozos de observación. Los datos de recuperación de un pozo que ha sido bombeado por un período prolongado también permiten obtener información muy valiosa sobre las características y comportamiento del acuífero.

## B LOS POZOS

Un pozo es una excavación vertical, por lo general de diámetro pequeño. Para que el pozo produzca agua se necesita que penetre una formación acuífera.

Aún cuando el acuífero esté en capacidad de aportar el caudal demandado y el equipo de bombeo esté en buenas condiciones y bien ubicado, un pozo puede fallar por causas atribuibles al pozo mismo. En estos casos la persona responsable de la operación del pozo debe investigar las siguientes posibilidades:

- a) derrumbes (falla o desplazamiento de ademe o rejilla).
- b) desplazamiento de ademe con obstrucción del contacto con la formación acuífera.
- c) obstrucción de la rejilla por incrustaciones o colonias de bacterias ferruginosas o de otro tipo.
- d) deficiente desarrollo del pozo agravado por el bombeo del mismo.
- e) derrumbes provocados por diseño inadecuado de la rejilla (bombeo de arena, corrosión, etc.).
- f) diseño inadecuado del pozo (diámetro, espesor o material del ademe, etc.)

Muchas de las causas mencionadas pueden deberse a fallas de diseño y/o construcción u operación deficiente (sobrebombeo). Por consiguiente, deben revisarse los antecedentes del pozo, lo mismo que verificar la calidad física, química y bacteriológica del agua.

Entre las acciones correctivas a tomar están las siguientes:

- verificación del perfil geológico del pozo y de la ubicación del ademe y la rejilla, efectuando las correcciones necesarias.
- verificación del diseño de la rejilla y realización de las correcciones indicadas.
- uso de empaques de grava.
- desarrollo adicional del pozo por el método indicado (pistoneo, lavado, detergentes y/o aplicación de substancias químicas).
- corrección del anclaje, brocal y sello sanitario del pozo.
- adecuación del caudal extraído del pozo.

Cuando los pozos están desalineados o torcidos suelen perjudicar los equipos de bombeo, principalmente si son bombas de turbina para pozo profundo con motor exterior y eje de gran longitud. En estos casos el problema se puede solucionar usando bombas sumergibles para pozo profundo. Si el desalineamiento es muy fuerte puede dificultarse la colocación del equipo sumergible. En todo pozo debe instalarse equipo para medir el abatimiento provocado por el bombeo.

En la figura 11 se muestra un pozo en un acuífero de nivel freático (no artesiano). La figura 12 muestra un pozo en un acuífero artesiano.

## C LOS EQUIPOS DE BOMBEO

En vista de que las bombas tienen una limitación en su capacidad de succión ( $P. at. - h_f - CPNS^*$ ), si el nivel de bombeo del pozo está más profundo que este límite con respecto a la superficie del terreno, se hace necesario usar equipo especial para pozo profundo.

Para pequeños caudales se utiliza un sistema llamado de boquilla o inyector que mantiene el equipo de bombeo fuera del pozo, pero dentro de éste se instala una tubería de recirculación acoplado a un inyector que provoca la extracción del agua del pozo.

Pero la solución más generalizada para extraer agua de pozos consiste en instalar la bomba dentro del mismo pozo, por debajo del nivel de bombeo establecido. A veces se usan bombas de pistón, pero lo más usado son las bombas de turbina para pozo profundo. El motor que suministra la potencia puede estar en la superficie y acoplarse a la bomba mediante un eje de gran longitud (figura 11). En los últimos 20 años se ha generalizado mucho el uso de las llamadas bombas de motor sumergible, las cuales vienen acopladas a un motor eléctrico que trabaja dentro del agua y se acopla directamente a la bomba, evitándose de esta manera vibraciones y otros problemas de tipo mecánico provocados por ejes de gran longitud (figura 12).

Es muy frecuente que la salida de operación de un pozo se deba a fallas en el equipo de bombeo. Si se usa equipo con motor eléctrico, éste debe tener protección térmica y protección contra bajo voltaje o sobrecarga. Algunas veces se dificulta saber donde está fallando un equipo de bombeo, pues los problemas se pueden presentar en la bomba misma, en la columna de descarga, en los componentes mecánicos o en los componentes eléctricos. Se considera que en cualquier sistema por pequeño que sea, deben existir por lo menos dos pozos y dos equipos de bombeo, pues además de utilizar el pozo que no se bombeó como pozo de observación, la duplicidad de equipos facilita el mantenimiento preventivo.

\* CPNS = Carga Positiva Neta de Succión

- 7.21 -

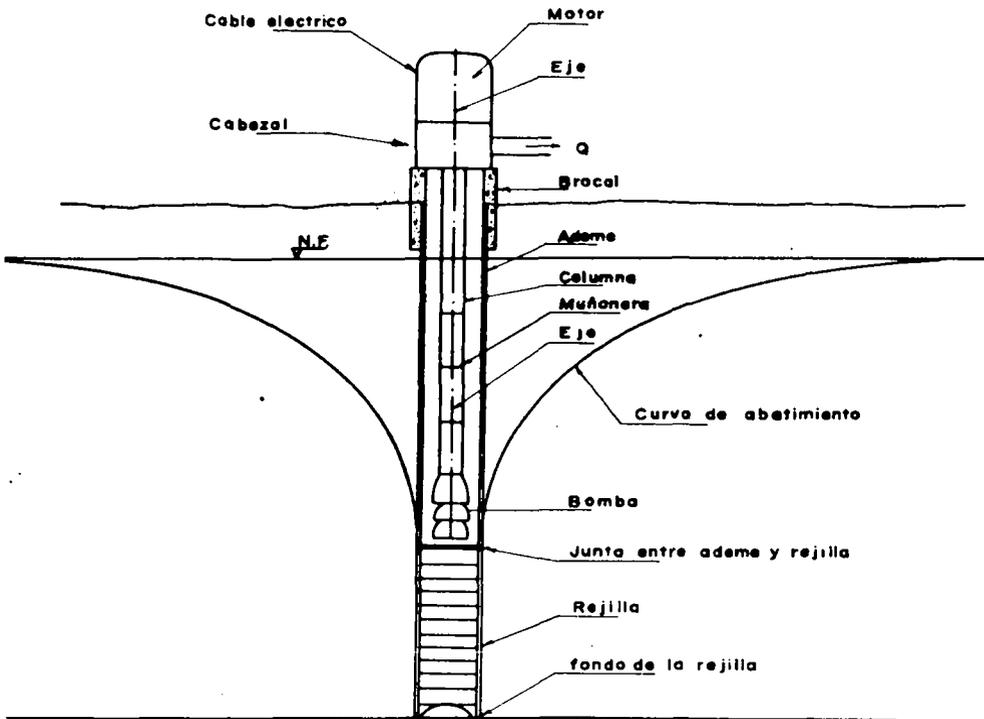


FIGURA Nº 11  
POZO EN UN ACUIFERO NO ARTESIANO CON  
BOMBA DE TURBINA DE MOTOR EXTERNO

- 7.22 -

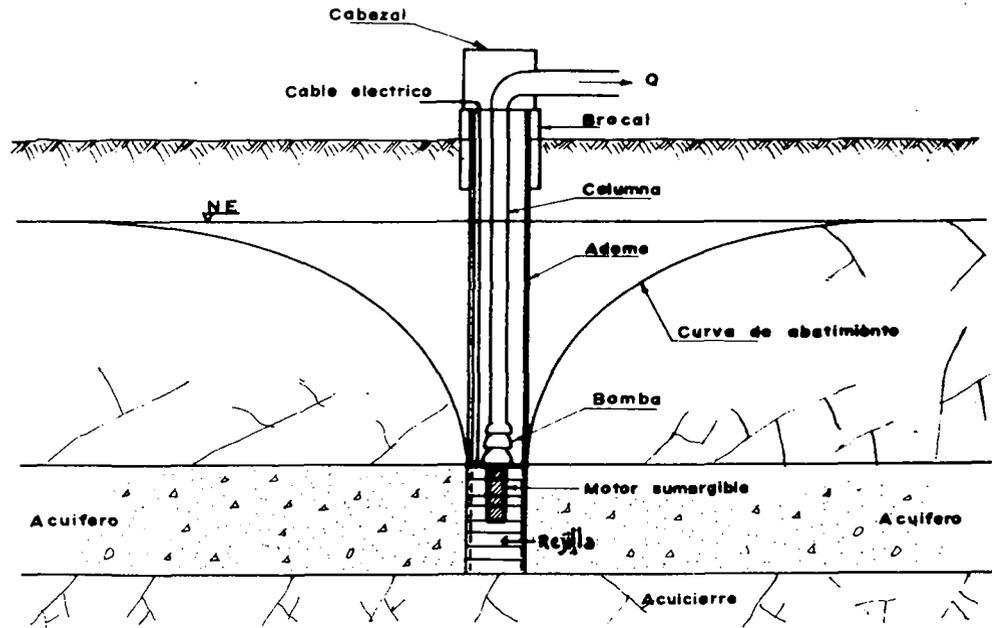


FIGURA Nº 12  
POZO EN UN ACUIFERO ARTESIANO  
CON BOMBA DE MOTOR SUMERGIBLE

### III MANANTIALES

Se originan por el surgimiento natural del agua subterránea, ya sea por afloramiento del acuífero o por la existencia de grietas en capas confinantes de acuíferos artesianos, como suele suceder con mucha frecuencia en las zonas de origen volcánico.

El principal problema de operación consiste en verificar las variaciones de caudal y controlar la calidad del agua, lo mismo que evitar su contaminación por actividades contraindicadas en la zona de recarga.

Los manantiales constituyen un gran recurso en las zonas montañosas por producir casi siempre agua que no requiere mas tratamiento que la desinfección, y porque casi siempre permiten soluciones por gravedad, lo cual es importantísimo en los acueductos rurales. En la figura 13 se ilustra la captación de un manantial.

### IV GALERIAS DE INFILTRACION

Tal como se muestra en la figura 14 una galería de infiltración es una zanja o túnel hecha en un acuífero, con o sin rejilla según las circunstancias, con el propósito de utilizar su agua. Algunas veces se construyen en los bancos de arena y grava que hay a la orilla de los ríos para aprovechar el efecto filtrante de esta formación y así obtener un agua de mejor calidad que la que se extraería directamente del río. En estos casos hay que hacer limpieza periódica del estrato acuífero del lado del río, que tiende a obstruirse por la acción de filtrado que se produce.

Cuando sean zanjás, deben estar cubiertas con tapas removibles que permitan inspecciones periódicas. El nivel dinámico es provocado al fluir el agua de la galería por gravedad o bombeo según sea el caso. Los cuidados de operación y mantenimiento requeridos son semejantes a los de manantiales.

### V OTROS ASPECTOS IMPORTANTES

Existen otros aspectos muy importantes de la captación de aguas superficiales que no han sido considerados en esta conferencia por pertenecer a campos más especializados de la hidráulica, la hidrología, del manejo de recursos hídricos, o del control de calidad del agua. Entre ellos están el análisis de su efecto en la calidad del agua, la evacuación de avenidas, los diferentes tipos de compuertas, métodos de medición de caudales, etc.

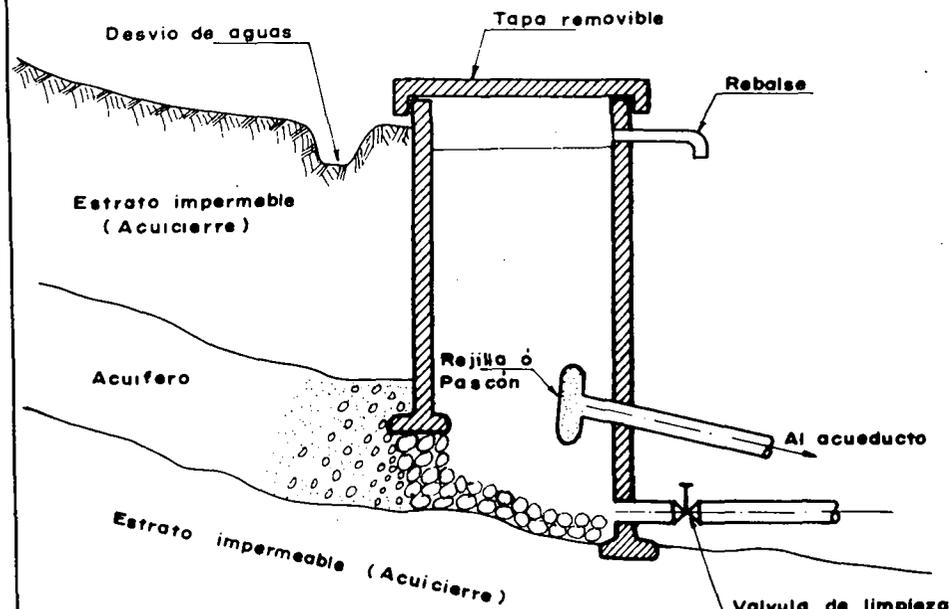


FIGURA Nº 13

CAPTACION DE UN MANANTIAL

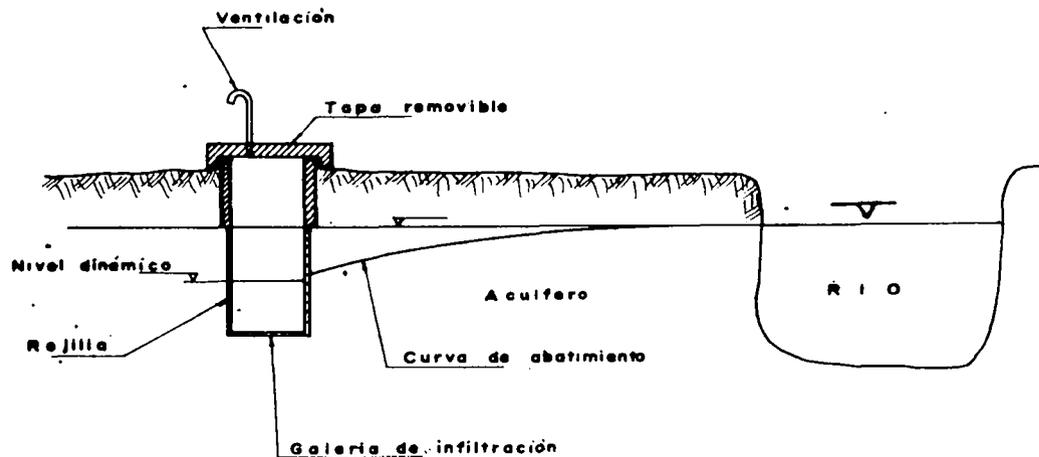


FIGURA Nº 14  
GALERIA DE INFILTRACION

BIBLIOGRAFIA

1. WISLER & BRATER. Hydrology. New York, John Wiley, 1959.
2. KROCHIN, Sviatoslav. Diseño hidráulico. Quito, Editorial Universitaria, 1968.
3. BRIGGS, G.F. Gráficos que explican el comportamiento potencial de acuíferos y pozos. Traducción a español por Rodolfo Sáenz.
4. MOGG, Joe L. Diseño de Pozos para agua. Traducción al español por Rodolfo Sáenz.

A N E X O

GUIA PARA LA PREPARACION DE MANUALES DE OPERACION  
Y MANTENIMIENTO DE OBRAS DE CAPTACION Y POZOS

Ing. Rodolfo Sáenz Forero  
Coordinador Proyecto DTIAPA

Lima, Perú  
Octubre 1979

N O T A

Este anexo ha sido elaborado siguiendo la metodología del trabajo "Guía para la preparación de manuales de operación y mantenimiento de plantas de aguas residuales" por el doctor Fabián Yáñez - CEPIS - octubre de 1978.

## CAPITULO I - Introducción

### A. Problemática actual

#### 1. Transferencia inadecuada

Diseño/Construcción/Puesta en marcha inicial/Operación normal/Operación en etapas posteriores/Incremento de capacidad

#### 2. Registros

Número de determinaciones y registros insuficientes/Laboratorios equipados con criterios variados/Procesamiento de datos/Informes anuales o periódicos

#### 3. Personal de operación y mantenimiento

Número/Inestabilidad/Normalización de funciones/Entrenamiento e información pertinente

### B. Objetivos generales del manual

#### 1. Mecanismo de solución a problemática

#### 2. Normalización de:

Contenido manual/Requisitos de personal/Descripción de funciones/Criterios para programas de control/Procedimientos de operación mantenimiento/ etc.

#### 3. Descripción de responsabilidades de:

Personal administrativo/Personal de operación/Personal de mantenimiento

#### 4. Descripción de herramientas de apoyo disponibles

Cursos/Manuales/Libros para consulta/Noticieros/Revistas periódicas

#### 5. Descripción de componentes

#### 6. Descripción de operación en varias condiciones

#### 7. Establecimiento de criterios para:

Número y tipo de personal/Equipamiento de laboratorio/Programa de mantenimiento preventivo y correctivo/Sistemas de registros/Equipos para mantenimiento

### C. Legislación vigente

#### 1. Leyes y decretos

#### 2. Ordenanzas

#### 3. Definición de responsabilidades

## CAPITULO II - Descripción de los componentes

### A. Contenido

#### B. Descripción de las obras de captación de aguas superficiales

##### 1. Breve descripción

Tipo de tomas/Localización de las mismas

##### 2. Obras de toma

Componentes principales/Pozos y puntos de visita e inspección/Medición/Rejas/Compuertas/etc.

##### 3. Obras de desvío y/o embalse

Represa/Controles de nivel/Compuertas y sus controles/aliviaderos y otros conductos de descarga/Capacidad y número/Capacidad del embalse/Otros controles eléctricos y mecánicos/Previsiones para la limpieza del embalse/etc.

#### C. Descripción de los pozos u obras de captación de aguas subterráneas

##### 1. Acuíferos

Resumen geológico/Resumen hidrológico/Aspectos hidrogeológicos indicando artesianismo o condiciones de nivel freático, constantes del acuífero (T y S)/Mapas de ubicación de los pozos existentes con los principales datos de los mismos

##### 2. Pozos

Perfil del pozo/Estratos atravesados/Acuíferos identificados/Rejilla/Ademe/Protección sanitaria/Brocal/Bomba/Motor/Protección/Impulsores/Columna/Eje/Muñoneras/Lubricación/Cabezal

D. Descripción de galerías de infiltración o manantiales

1. Galerías de infiltración o manantiales

Resumen geológico/Resumen hidrológico/Aspectos hidrogeológicos/Planos de perfil y planta/Detalles del ademe y enrejado de la galería/Detalles del material acuífero/Protección sanitaria

E. Descripción de otras facilidades

1. Facilidades incluidas

Edificio administrativo/Bodegas/Taller mecánico/Laboratorio/Oficinas/Sistemas utilitarios: electricidad, agua potable, teléfono, calefacción, etc./Bodega de materiales químicos y equipo de mantenimiento/etc.

2. Criterios de descripción

Función de cada unidad/Superficie/Área de mesas/Criterios de dimensionamiento de facilidades/Capacidad de reserva/Etapas futuras

CAPITULO III - Operación y Control

A. Controles

1. Métodos de control operacional

Control de flujo/Abastecimiento de cloro/Mediciones necesarias para el control de equipos electromecánicos

2. Control de laboratorio

Lista de pruebas/Valores esperados/Ajustes periódicos

B. Procedimientos de operación en varias condiciones

1. Condiciones consideradas

Puesta en marcha/Operación normal/Operación de emergencia

2. Criterios para la descripción de operación en condiciones iniciales

a. Actividades de coordinación

Entrenamiento de personas en sitio/Selección de turnos/Inspección de la obra y operación de equipos/Inventarios de equipos/Construcción en condiciones iniciales/Programa inicial de muestreo

b. Mediciones y calibraciones

Equipos e instrumentos de medición/Pruebas de sistemas de bombeo/Determinación de intermitencias de bombeo, posiciones de válvulas y vertederos

3. Descripción de operación en condiciones normales

Diagramas de flujo posibles/Arreglo de válvulas/Disposición de compuertas y altura de vertederos

4. Descripción de operación en condiciones de emergencia

a. Condiciones críticas

Inundación/Sismo/Incendio/Vulnerabilidad de componentes del sistema

b. Análisis de vulnerabilidad

Componentes críticos: equipos, niveles de líquido, desbordes/Usos de by-pass/Equipo de emergencia/Personal auxiliar/Entidades y personas a ser informadas

C. Problemas operacionales comunes y soluciones

CAPITULO IV - Personal necesario

A. Criterios para determinación de personal de operación y mantenimiento

1. Variables importantes

Tipo de instalación/Tamaño/Presencia de equipo mecánico/Nivel de entrenamiento

2. Determinación de horas-hombre requeridas

a. Personal

Superintendente  
Químico  
Biólogo  
Técnico de laboratorio  
Ayudante de laboratorio  
Secretaria  
Supervisor de operación general  
Supervisor de operación de turno  
Operador nivel 1  
Operador nivel 2  
Operador de equipo automotor  
Supervisor de mantenimiento general  
Supervisor de mantenimiento mecánico  
Mecánico de mantenimiento 1  
Mecánico de mantenimiento 2  
Electricista 1  
Electricista 2  
Ayudante de mantenimiento  
Obrero  
Pintor  
Bodeguero - Guardián

b. Descripción de funciones

Equipos a operar/Mediciones y registros/Interpretación de mediciones/  
Funciones de mantenimiento/Turnos/Responsabilidades y autoridad

c. Cualidades mínimas requeridas

- . Educación
- . Requisitos legales
- . Aptitudes relativas a las condiciones de trabajo:
  - razonamiento
  - habilidades numéricas
  - habilidades administrativas
  - coordinación motora
  - coordinación manual
- . Temperamento/Interés/Sociabilidad
- . Condiciones de trabajo y prestaciones
- . Certificación

CAPITULO V - Registros operaciones y reportes periódicos

A. Registros diarios-semanal-mensual

1. Condiciones meteorológicas
2. Caudal promedio diario/mínimo y máximo
3. Número de operadores
4. Consumo de energía
5. Químicos

B. Reportes periódicos

1. Sumario anual de datos operativos
2. Sumario anual de datos de mantenimiento
3. Costos
  - personal de: operación, mantenimiento, administrativo
  - utilidades: electricidad, gas, agua, teléfono
  - químicos
  - materiales varios: de laboratorio, limpieza, escritorio, mantenimiento, etc.
4. Registros de trabajo del personal
5. Operación en emergencia

CAPITULO VI - Mantenimiento

A. Sistema de mantenimiento

Propósitos/Componentes básicos

B. Sistema de inventario y de registro de equipo

1. Sistema de numeración
2. Descripción de sistema catalogado
3. Tipo de información a mantenerse
4. Descripción de mecanismo de recuperación

C. Planeación del sistema

1. Guías para mantenimiento preventivo y correctivo
2. Programa de mantenimiento  
Diario/Semanal/Mensual/Trimestral/Semestral y anual/Mantenimiento por contrato
3. Códigos de color en sistema e instalaciones  
Lubricación y revisiones

D. Stock de bodega y sistema de inventario

1. Recomendación de stock de repuestos
2. Procedimientos de inventario  
Numeración/Formato de retiro de bodega/Cantidades máxima y mínima a mantenerse/Sistema de registro/Ordenes de compra

E. Personal de mantenimiento

F. Presupuesto para operaciones de mantenimiento

Costos

- Mantenimiento preventivo, correctivo y reparaciones mayores
- Sistema de contabilidad

G. Registros de mantenimiento

Formatos de mantenimiento preventivo y correctivo/Formato de reporte de daños mayores

H. Mantenimiento de edificios y exteriores

I. Información sobre equipos

Garantías/Catálogos/Dibujos mecánicos

CAPITULO VII - Riesgos para el personal y seguridad

A. Peligros con instalación eléctrica

B. Riesgos con equipo mecánico

C. Explosiones e incendio

D. Enfermedades de origen hídrico

E. Manejo de cloro

F. Gases peligrosos

G. Riesgos en el laboratorio

H. Equipo de seguridad

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

CONSIDERACIONES PARA LA PREPARACION DE UN PROGRAMA DE  
MANTENIMIENTO Y OPERACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

Inq. José Pérez Carrión  
Consultor en Tratamiento de Agua  
CEPIS/OPS

S T O M 8

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

	CONTENIDO	Página
	INTRODUCCION	
I.	NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA .....	1
II.	DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO .....	2
III.	OPERACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA .....	4
IV.	MANTENIMIENTO .....	6
V.	PROGRAMAS DE SEGURIDAD .....	9
VI.	INFORMES Y DATOS .....	11
VII.	PERSONAL .....	14

## INTRODUCCION

### Propósito

La función primaria de una planta de tratamiento de agua es proveer de agua con características físicas, químicas y microbiológicas adecuadas para consumo humano, siendo esencial que dichas plantas sean operadas y mantenidas en forma tal que durante su funcionamiento produzcan agua potable.

El objetivo del presente trabajo es establecer un marco referencial para la preparación de programas de mantenimiento y operación de plantas de tratamiento de agua.

### Fases de ejecución del programa

El desarrollo de un programa de mantenimiento y operación de una planta de tratamiento o de un sistema de plantas, debería ejecutarse en las siguientes etapas:

- identificación y caracterización de estado,
- planificación,
- preparación de manuales,
- implementación de programas,
- coordinación inter y extrainstitucional,

debiendo considerarse fases y/o metas realistas de ejecución de actividades, considerando como mínimo tres niveles de operación y mantenimiento:

- inicial: con programas básicos,
- intermedio,
- avanzado.

## PROGRAMAS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

### 1. NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA

#### 1. Criterios y normas

- Definición de criterio y norma
- Definición de política en tratamiento de agua y control de calidad
- Conceptos
- Errores

#### 2. Criterios de regulación

- Calidad del agua
- Selección de procesos en función de:
  - a. Calidad del agua cruda
  - b. Grado de desarrollo del país y comunidades
  - c. Características de infraestructura institucional

#### 3. Parámetros a considerarse

- Físicos
- Químicos, orgánicos e inorgánicos
- Radiológicos
- Microbiológicos, coliformes y virus

#### 4. Establecimientos de límites (permisibles y/o recomendables)

- Criterios de calidad - efectos en la salud (Estudios epidemiológicos y toxicológicos), análisis de riesgos
- Factibilidad técnico - económica de provisión de servicio de agua con la calidad prevista
- Grado factible de precisión en la realización de análisis
- Prevalencia de condiciones naturales de presentación de un compuesto e importancia sanitaria y económica del mismo

5. Tipo de análisis requeridos

- Específicos
- Subrogatorios
- Indicadores: Eficiencia de procesos

6. Programas de monitoreo

- Toma de muestras; tipo (simples, compuestas, continuas); ubicación; transporte; identificación
- Frecuencia de toma de muestras
- Métodos de análisis
- Análisis de datos y forma de presentación (análisis estadísticos)

7. Facilidad de análisis

- Existencia y caracterización de laboratorios
- Instrumentación, equipos y reactivos
- Métodos de análisis
- Personal

II. DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO

1. Sistema de aprovisionamiento de agua

1.1 Características de la comunidad

- Ubicación
- Análisis poblacional
- Características principales: Geográficas, sanitarias, socioeconómicas y tecnológicas.

1.2 Análisis de consumos

- Dotaciones
- Variación de consumos
- Períodos de diseño
- Caudales de diseño

1.3 Características de las fuentes

- Generales: Nombre, tipo y ubicación
- Caudales
- Calidad: Física, química y microbiológica

1.4 Características generales del sistema de aprovisionamiento de agua

- Elementos integrantes
- Capacidad

2. Planta de tratamiento

2.1 Generalidades

- Nombre
- Ubicación

2.2 Caracterización

- Requerimientos de tratamiento
- Clasificación de la planta
- Procesos utilizados: Procesos y componentes mayores, funciones, eficiencias esperadas, correlación de procesos
- Equipos
- Instalaciones
- Diagrama de flujo: Básico, interconexiones, flujo alterno
- Planos y especificaciones técnicas

2.3 Control de procesos

- Ensayos necesarios
- Equipos
- Expresión de resultados
- Correlación de datos de la planta con resultados del laboratorio

III. OPERACION DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

1. Permisos y estándares de calidad

- Autorización de proyectos de tratamiento de agua
- Autorización de prestación de servicios
- Normas de calidad de agua cruda
- Normas de calidad de agua tratada
- Legislación sobre prevención de contaminación de fuentes
- Inspecciones
- Evaluación y controles de calidad
- Legislación sobre informes inter y extra institucionales

2. Operación normal

2.1 Procesos y reactores

- Forma de operar válvulas, compuertas, reguladores, velocidades, limpieza, vaciado, etc.

2.2 Dosificadores

- Métodos de dosificación, ajuste y recarga.

2.3 Sistemas de interconexión

- Canales, tuberías, válvulas, compuertas, vertederos, aliviaderos.

2.4 Bombeo

- Puesta en marcha, parada y velocidades.

2.5 Equipos e instalaciones

- Eléctricos, aire comprimido, agua potable, desagües, tratamiento de desechos y desagües, teléfonos, accesos, etc.

2.6 Problemas comunes operacionales

- Descripción, causas, posibles soluciones

2.7 Control

- Laboratorio
- Correlación de datos planta. Laboratorio
- Supervisión

3. Operación especial

3.1 Casos de operación especial

3.2 Operación alterna

- Casos de operación alterna: Reactores, equipos.
- Interconexiones, instalaciones
- Procedimientos detallados de operación. Esquemas de flujo

3.3 Puesta en marcha

- Procedimientos operacionales
- Inventario: manuales, equipos, reactores, herramientas, instalaciones y stocks
- Inspecciones: En seco y con agua
- Entrenamiento
- Responsabilidades y funciones
- Ensayo de operación
- Modificación
- Iniciación del servicio
- Detención de la planta

4. Emergencias

4.1 Posibles emergencias y catástrofes

- Naturales
- Desórdenes civiles
- Epidemias
- Contaminación del recurso hídrico
- Características de las catástrofes mayores

4.2 Posibles efectos

- En las estructuras
- En los reactores
- En las instalaciones complementarias

#### 4.3 Análisis de vulnerabilidad

- Requerimientos de agua
- Capacidad de la planta (calidad y cantidad) bajo efectos de desastre
- Identificación de componentes críticos
- Establecimientos de prioridades

#### 4.4 Medidas protectivas y correctivas

- Diseño
- Modificación de planta
- Protección de instalaciones
- Protección del personal
- Colaboración
- Determinación de acciones en caso de emergencia
- Seguridad

#### 4.5 Entrenamiento

### IV. MANTENIMIENTO

#### 1. Generalidades

##### 1.1 Clasificación de mantenimiento

##### 1.2 Propósito del mantenimiento

- Reducción de un proceso complejo a procedimientos simples
- Definir un mínimo de requerimientos
- Frecuencias: controles, tareas, inspecciones y ensayos
- Descripción de métodos, materiales, herramientas y personal requerido
- Prevención o detección de mal funcionamiento
- Proveer de un registro permanente de características de equipos e instalaciones

#### 2. Descripción del sistema recomendado

##### 2.1 Configuración de la lista de equipos e instalaciones

##### 2.2 Procedimientos de mantenimiento

#### 2.3 Frecuencia y ciclos

#### 2.4 Sistema de registro

#### 2.5 Sistema de retroalimentación

#### 2.6 Personal necesario

- Costo y presupuesto

### 3. Sistema de registro de equipos e instalaciones

#### 3.1 Descripción del sistema de numeración

#### 3.2 Catálogo de equipos

#### 3.3 Tipo de información que debe utilizarse

#### 3.4 Instrucciones para provisión de información

#### 3.5 Sistema de información y recuperación

#### 3.6 Provisión de tarjetas de registro

### 4. Programación de frecuencias de acciones

#### 4.1 Guías de acciones de mantenimiento preventivo y correctivo

#### 4.2 Cronograma de acciones

#### 4.3 Orden de actividades

- Formatos
- Instrucciones de llenado

### 5. Bodegas y almacenes

#### 5.1 Lista mínima de repuestos y existencias

#### 5.2 Procedimientos de inventario

#### 5.3 Ordenes de compra

### 6. Reparaciones

#### 6.1 Descripción de actividades

#### 6.2 Formatos de: rupturas, daños y reparaciones

- 7. Actividades de mantenimiento mínimo
  - 7.1 Jardinería
  - 7.2 Pintura
  - 7.3 Limpieza general
  - 7.4 Otros
  
- 8. Herramientas
  - 8.1 Inventario
  - 8.2 Sistemas de control
  - 8.3 Uso de herramientas
    - Frecuencia
    - Ubicación
    - Actividades y conocimientos mínimos para operarlas
  - 8.4 Mantenimiento de herramientas
  
- 9. Lubricación
  - 9.1 Especificaciones de lubricantes
    - Estandarización de lubricantes
  - 9.2 Tablas de equivalencias de lubricantes
  - 9.3 Uso de tarjetas con colores para identificación de tipo y frecuencia de lubricación
  - 9.4 Control de uso y consumo de lubricantes
  - 9.5 Rutas de lubricación
  - 9.6 Almacenamiento y manejo de lubricantes
  
- 10. Información de equipos mayores
  - 10.1 Lista de equipos
    - Rejillas
    - Compuertas
    - Dosificadores

- Mezcla rápida
  - Floculadores
  - Sedimentadores
  - Filtros
  - Desinfección
  - Bombas
  - Compresores
  - Otros
- 10.2 Consideraciones básicas para mantenimiento del equipo eléctrico
  - 10.3 Consideraciones básicas para mantenimiento del equipo hidráulico
  - 10.4 Consideraciones básicas para mantenimiento del equipo mecánico
  - 10.5 Procedimientos para ordenar repuestos, componentes y/o nuevos equipos
- 11. Garantías
    - 11.1 Lista de garantías
    - 11.2 Período de vida garantizada de equipos y partes
    - 11.3 Requisitos de garantías
- 12. Contratos de mantenimiento
    - 12.1 Posibles contratos
    - 12.2 Posibles contratistas
- 
- V. PROGRAMAS DE SEGURIDAD
    - 5.1 Instrucciones generales
      - Programas de seguridad
      - Eliminación de condiciones peligrosas
      - Información a empleados
      - Motivación de empleados
      - Listado telefónico

5.2 Agua potable

- Protección en el trabajo in situ
- Prevención de contaminación y desinfección

5.3 Alcantarillado

- Protección en el trabajo in situ
- Equipo de detección de gases
- Uso de herramientas que no produzcan chispas

5.4 Sistema eléctrico

- Conexiones a tierra
- Protección en el trabajo in situ
- Designación de personal autorizado
- Primeros auxilios

5.5 Sistemas mecánicos

- Protecciones
- Niveles de ruidos
- Designación de personal autorizado

5.6 Explosiones y fuego

- Almacenamiento de sustancias inflamables y/o explosivas
- Ubicación de extinguidores
- Detección de gases asociados con explosiones y fuego

5.7 Uso de sustancias químicas

- Manejo de sustancias químicas en estado sólido: carga, transporte, almacenamiento, descarga
- Manejo de sustancias químicas en estado líquido
- Manejo de sustancias químicas en estado gaseoso
- Detección de fugas
- Uso de máscaras de protección
- Procedimientos de seguridad y primeros auxilios

5.8 Laboratorio

- Manejo de sustancias volátiles

- Ventilación
- Accesorios y vestidos protectores
- Contacto con sustancias peligrosas
- Equipo de aseo urgente: duchas, lavabos

5.9 Equipos de seguridad

- Primeros auxilios
- Extinguidores
- Máscaras contra gases
- Cascos y ropa protectora
- Arnéses de seguridad

5.10 Informes

VI. INFORMES Y DATOS

6.1 Generales

- Clima (temperatura)
- Caudales (entrada, salida)
- Sustancias químicas utilizadas
- Calidad del agua cruda - tratada: turbiedad  
pH  
alcalinidad  
contaje total de Gérmenes  
MPN  
cloro residual
- Operadores en servicio
- Quejas recibidas
- Visitantes
- Consumo de energía eléctrica
- Actividades rutinarias de operación
- Actividades rutinarias de mantenimiento
- Condiciones no usuales (mantenimiento y operación)

6.2 Frecuencia de informes

- Diarios
  - Mensuales
  - Anuales
- }      Contenido: formatos  
                                 Instrucciones de llenado  
                                 Responsabilidad y fechas de presentación  
                                 Trámites administrativos de presentación

6.3 Evaluación de procesos

- Caudales tratados
- Uso de sustancias químicas
- Análisis de flujos, tiempo de retención
- Cargas hidráulicas utilizadas
- Características físicas, químicas, bacteriológicas antes y después del proceso
- Caracterización del proceso: dosificación  
                                 mezcla rápida  
                                 floculación  
                                 sedimentación  
                                 filtración  
                                 desinfección  
                                 otros

6.4 Análisis de laboratorio

- Propósito: control de procesos, registro de operaciones, detección de mal funcionamiento, auxiliar de prevención
- Muestras: tipo: simple  
                                 compuesta  
                                 continua  
                                 cantidad  
                                 frecuencia: horaria  
   esporádica  
   diaria  
   semanal  
   mensual
- Parámetros: físicos: turbiedad  
                                 color  
                                 olor

- sabor
- sólidos totales
- químicos: pH, dureza, alcalinidad  
                 calcio, hierro, manganeso, cinc, boro  
                 cloruros, fluoruros, nitritos, nitratos, sulfatos,  
                                 fenoles  
                 arsénico, bario, cadmio, cromo, cianuro, plata,  
                                 plomo, mercurio, selenio, cobre, vanadio  
                 H.C.P.A., C.O.T., E.T.C., A.B.S., dieldrín, heptacloro,  
                                 lindano, carbamatos  
                 detergentes  
                 hidrógeno, oxígeno consumido, cloro libre
- radiológicos:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$
- microbiológicos: contaje bacteriológico total  
                                 NMP  
                                 virus  
                                 algas, hongos, otros

- Ejecución de análisis
- Representación de datos
- Análisis e interpretación de datos

6.5 Datos operacionales

- Acciones: operación, mantenimiento, administración
- Servicios: electricidad, combustible, agua potable, teléfono, otros
- Sustancias químicas: coagulantes  
                                 ayudantes de coagulación  
                                 modificadores de pH  
                                 cloro  
                                 otros
- Aprovisionamientos varios: sustancias químicas para laboratorio, materiales de limpieza, materiales de mantenimiento, materiales para operación, otros
- Registro de personal

6.6 Datos de mantenimiento

- Accesorios

- Reparaciones
- Mantenimiento preventivo
- Herramientas

6.7 . Emergencias

- Condiciones de emergencia producidas

6.8 Seguridad

6.9 Costos

- Materiales
- Equipos
- Sustancias químicas
- Repuestos
- Mano de obra
- Administración

VII. PERSONAL

7.1 Lista de personal requerido

- Supervisores
- Personal administrativo
- De operación
- De mantenimiento

7.2 Calificaciones requeridas

- Entrenamiento
- Experiencia
- Capacidad y habilidades
- Certificados y licencias

7.3 Responsabilidades y actividades

7.4 Entrenamiento

7.5 Regulaciones administrativas

- 9.1 -

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE BEBIDA - I

Ing. Carlos Alfredo Richter  
Consultor a Corto Plazo, OPS/OMS-CEPIS

STOM 9

TALLER PARA INGENIEROS SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 22-26 de octubre de 1979

- 9.2 -

CONTEÚDO

	<u>Folho</u>
1. QUALIDADE .....	242
2. CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS .....	242
3. PADRÕES DE POTABILIDADE .....	251
4. CONTROLE DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO .....	253
ANEXOS .....	259

## CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Engº Carlos Alfredo Richter  
Cia. de Saneamento do Paraná-SANEPAR

### 1 . QUALIDADE

Os termos ecologia e meio ambiente estão, atualmente, incluídos no vocabulário corrente, com a crescente preocupação na preservação dos recursos naturais, dos quais depende o homem para a sua sobrevivência. Vistas sob um aspecto simplificado, as necessidades básicas do ser humano podem ser resumidas em alimento, água, ar e energia. Na sua evolução histórica o homem tomou conhecimento da maior ou menor carência desses recursos, inicialmente com a alimentação obtida às custas de um dado esforço no uso da terra. Com a evolução da agricultura e a formação dos primeiros núcleos urbanos começa a aumentar as necessidades de água e ao mesmo tempo surgem alterações nas suas qualidades naturais.

As alterações da qualidade da água podem ter origem em contribuições localizadas, tais como efluentes de esgotos domésticos e/ou industriais e não localizadas, incluindo águas de irrigação, percolação de águas pluviais, etc. Qualquer curso d'água pode assimilar uma certa carga poluidora sem efeitos sérios, porém sempre que resultarem alterações reais ou potenciais que a tornem inadequada ao consumo humano, impõe-se alguma forma de tratamento, acompanhada ou não de medidas de proteção ao manancial. Em decorrência disto, deverá haver maior ou menor grau de controle nas atividades de rotina do sistema e, em um sentido mais amplo, a vigilância da qualidade da água.

### 2 . CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS

A qualidade da água para ser distribuída aos consumidores depende da composição química, física e bacteriológica. As características desejáveis de uma água dependem de sua utilização. Para o consumo humano há necessidade de uma água pura e saudável, isto é,

livre de matéria suspensa visível, cor, gosto e odor, de quaisquer organismos capazes de provocar enfermidades e de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais.

A qualidade de uma água é avaliada por um conjunto de parâmetros determinados por uma série de análises físicas, químicas e biológicas. Nem todos os parâmetros necessitam ser determinados. O número e frequência das determinações variam com a sua finalidade. O quadro I indica os parâmetros que são determinados com maior frequência de acordo com a finalidade.

#### 2.1. Características Físicas das Águas

As características físicas das águas são de pouca importância sanitária e relativamente fáceis de determinar. Os principais exames físicos são os que seguem:

##### a) Cor

É uma característica devida principalmente a partículas coloidais e, por isso é relativamente fácil de ser removida por coagulação. Deve-se notar a diferença entre a cor verdadeira, devida a matéria coloidal e dissolvida, e cor aparente, devida à matéria em suspensão.

A cor natural da água apresenta uma tonalidade amarelada, devida a ácidos orgânicos, provenientes da decomposição de folhas e detritos orgânicos em pantanos e florestas; não sendo absolutamente nociva à saúde, pode causar certa repugnância aos consumidores, favorecendo uma tendência à utilização de águas de melhor aparência, porém de má qualidade sanitária.

##### b) Turbidez

A turbidez é uma característica da água devida à presença de partículas suspensas na água com tamanho variando desde as suspensões grosseiras aos colóides, dependendo do grau de turbulência. A presença destas partículas dá a água uma aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa. A turbidez pode ser causada por uma variedade de materiais: partículas de argila ou lodo, descarga de esgoto doméstico ou industrial ou presença de

## QUADRO I

DETERMINAÇÕES MAIS IMPORTANTES  
AO CONTROLE DE QUALIDADE

CARACTERÍSTICA	ÁGUA POTÁVEL		ESGOTO	
	IN NATURA	TRATADA	BRUTO	EFLUENTE
pH	X	X	X	X
Temperatura	X	X	X	
Cor	X	X		
Turbidez	X	X		
Gosto		X		
Odor	X	X		
Sólidos Totais	X	X		
Sólidos Sediment			X	
Sólidos Suspensos			X	X
Condutividade	X	X		
Alcalinidade	X	X	X	X
Acidez	X	X	X	X
Dureza	X	X		
DO	X			
DB5			X	X
BOD			X	X
Nitrog. Orgânico			X	X
Nitrog. Amoniac.	X		X	X
Nitritos	X		X	X
Nitratos	X		X	X
Cloretos	X			
Fosfatos	X		X	
Deterg. Sintético	X		X	X
Exames Bacteriol.	X	X		

um grande número de microorganismos.

c) Sabor e Odor

As características de sabor e odor são consideradas em conjunto, pois geralmente a sensação de sabor origina-se do odor. São de difícil avaliação, por serem sensações subjetivas, causadas por impurezas dissolvidas, frequentemente de natureza orgânica, como fenóis e clorofenóis, resíduos industriais, gases dissolvidos, etc. Sólidos totais, em concentração elevada, também produzem gosto sem odor.

d) Temperatura

A temperatura da água tem importância por sua influência sobre outras propriedades: acelera reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, acentua a sensação de sabor e odor, etc.

e) Condutividade elétrica

A condutividade elétrica depende da quantidade de sais dissolvidos na água e é aproximadamente proporcional à sua quantidade. Sua determinação permite obter uma estimativa rápida do conteúdo de sólidos de uma amostra.

2.2. Características Químicas das Águas

As análises químicas da água determinam de modo mais preciso e explícito as características da água e assim são mais vantajosas para se apreciar as propriedades de uma amostra.

São de grande importância, tanto do ponto de vista sanitário como econômico. Algumas análises como a determinação de cloretos, nitritos e nitratos, bem como o teor de oxigênio dissolvido, permitem avaliar o grau de poluição de uma fonte de água.

As características químicas são determinadas por meio de análises seguindo métodos adequados e padronizados. Os resultados são dados de um modo geral em concentração de substância ou equivalente em mg/l.

a) Alcalinidade

A alcalinidade é devida a presença de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3$ ) ou hidróxidos ( $\text{OH}$ ). Com maior frequência a alcali

nidade das águas é devida a bicarbonatos, produzidos pela ação do gás carbônico dissolvido na água sobre as rochas calcárias.

A alcalinidade não tem significado sanitário a menos que seja devida a hidróxidos ou que contribua demasiado na quantidade de sólidos totais.

É uma das determinações mais importantes no controle de qualidade da água, estando relacionada com a coagulação, redução de dureza e prevenção de corrosão nas canalizações de ferro fundido da rede de distribuição.

A alcalinidade é expressa em termos de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

#### b) Acidez

A maioria das águas naturais e dos esgotos domésticos são tamponados por um sistema composto por dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  e bicarbonatos  $\text{HCO}_3^-$ . O ácido carbônico não é totalmente neutralizado a não ser que o pH seja igual ou superior a 8,2 e não diminuirá o pH a valores baixo de 4,5. Assim, a acidez devida ao  $\text{CO}_2$  está na faixa de pH 4,5 a 8,2, enquanto que a acidez causada por ácidos minerais fortes, quase sempre devida a esgotos industriais, ocorre geralmente a pH abaixo de 4,5.

A acidez tem pouco significado do ponto de vista sanitário, porém em muitos casos é necessário a adição de um alcalinizante para manter a estabilidade do carbonato de cálcio e assim evitar os problemas de corrosão devido a presença do gás carbônico.

Assim como a alcalinidade a acidez é expressa em termos de  $\text{CaCO}_3$ .

#### c) Dureza

É uma característica conferida a água pela presença de alguns ions metálicos, principalmente os de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ) e em menor grau, os ions ferroso ( $\text{Fe}^{++}$ ) e do strôncio ( $\text{Sr}^{++}$ ). A dureza é reconhecida pela sua propriedade de impedir a formação de espuma com sabão. Além disso produz incrustações nos sistemas de água quente.

A dureza é expressa em termos de  $\text{CaCO}_3$  e pode ser classificada de duas maneiras: (1) pelos ions metálicos e (2) pelos anions associados com os ions metálicos.

Na primeira, distingue-se a dureza de cálcio e a de magnésio. Na segunda, a dureza é classificada em dureza de carbonatos e dureza de

não carbonatos.

#### d) Cloretos, Sulfatos e Sólidos Totais

O conjunto de sais normalmente dissolvidos na água formado pelos bicarbonatos, cloretos, sulfatos e em menor concentração outros sais, podem conferir à água sabor salino e uma propriedade laxativa.

O teor de cloretos é um indicador de poluição por esgotos domésticos nas águas naturais e é um auxiliar eficiente no estudo hidráulico de reatores como traçador.

O ion sulfato quando presente na água, dependendo da concentração além de outras propriedades laxativas mais acentuadas que outros sais, associado a ions de cálcio e magnésio promove dureza permanente à água e traz problemas aos sistemas de esgotos sanitários. Estes são o mau cheiro característico do ácido sulfídrico (sulfeto de hidrogênio) e corrosão nos tubos de concreto.

#### e) Ferro e Manganês

O ferro, muitas vezes associado ao manganês, confere a água um sabor amargo adstringente e coloração amarelada e turva, decorrente da precipitação do mesmo, quando oxidado. O ferro presente na água em concentrações acima de 0,3 mg/l mancha as roupas e aparelhos sanitários.

O manganês é semelhante ao ferro, porém menos comum e a sua coloração característica é a marron.

O ferro é facilmente removido da água com um tratamento apropriado.

#### f) Impurezas Orgânicas e Nitratos

O nitrogênio é um elemento importante no ciclo biológico. O tratamento biológico dos esgotos só pode ser processado com a presença de uma quantidade suficiente de nitrogênio.

A quantidade de nitrogênio na água pode indicar uma poluição recente ou remota. Inclue-se neste item o nitrogênio sob as suas diversas formas compostas: orgânico, amoniacal, nitritos e nitratos. O nitrogênio segue um ciclo desde o organismo vivo até a mineralização total, esta sob a forma de nitratos, sendo assim possível avaliar o grau e a distância de uma poluição pela concentração e pela forma do composto nitrogenado presente na água. Por exemplo, águas

com predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal são poluídas por uma descarga de esgotos próxima. Águas com concentrações de nitratos predominantes indicam uma poluição remota, porque os nitratos são o produto final da oxidação do nitrogênio.

Independente da sua origem que também pode ser mineral, os nitratos (em concentrações acima de 50 mg/l em termos de  $\text{NO}_3$ ), provocam em crianças a cianose ou methemoglobinemia.

#### g) Oxigênio Dissolvido (OD)

A determinação do teor de oxigênio dissolvido é um dos ensaios mais importantes no controle de qualidade da água. O conteúdo de oxigênio nas águas superficiais depende da quantidade e tipo de matérias orgânicas instáveis que a água contenha. A quantidade de oxigênio que a água pode conter é pequena devido à sua baixa solubilidade (9,1 mg/l a 20°C). Águas de superfícies relativamente límpidas apresentam-se saturadas de oxigênio dissolvido, porém este pode ser rapidamente consumido pela demanda de oxigênio de esgotos domésticos.

A presença de oxigênio na água, especialmente em companhia do dióxido de carbônico ( $\text{CO}_2$ ), constitui-se em um significativo fator a ser considerado na prevenção da corrosão de metais ferrosos (canalizações e caldeiras).

#### h) Demanda de Oxigênio

A maioria dos compostos orgânicos são instáveis e podem ser oxidados biologicamente ou quimicamente, resultando compostos finais mais estáveis como o  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_3$  e  $\text{H}_2$ .

A matéria orgânica tem, assim, uma certa necessidade de oxigênio, denominada demanda, que pode ser:

1) Demanda bioquímica de oxigênio: é a medida de quantidade de oxigênio necessária ao metabolismo das bactérias aeróbias que destroem a matéria orgânica.

2) Demanda química de oxigênio: permite a avaliação da carga de poluição de esgotos domésticos ou industriais em termos de quantidade de oxigênio necessária para a sua total oxidação em dióxido de carbono e águas.

#### 1) Fenóis e Detergentes

O progresso industrial moderno vem incorporando em muitos fenólicos e os detergentes entre as impurezas encontradas em solução na água.

O fenol é tóxico, mas muito antes de atingir teores prejudiciais à saúde já constitui inconvenientes para águas que tenham que ser submetidas ao tratamento pelo cloro, pois combina com o mesmo, provocando o aparecimento de gosto e cheiro desagradáveis.

Os detergentes em mais de 75% dos casos constituídos de Alkyl benzene sulfonatos (ABS) são indestrutíveis naturalmente e por isso, sua ação perdura em abastecimento de água à jusante de lançamentos que os contenham.

O mais visível inconveniente reside na formação de espuma quando a água é agitada, em concentrações maiores trazem consequências fisiológicas.

#### 2.3. Características Biológicas das Águas

Entre as impurezas nas águas incluem-se os organismos presentes que conforme sua natureza tem grande significado para os sistemas de abastecimento de água.

Alguns desses organismos, como certas bactérias, vírus e protozoários, são patogênicos, podendo provocar doenças e ser a causa de epidemias.

Outros organismos, como algumas algas, são responsáveis pela ocorrência de sabor e odor desagradáveis, ou por distúrbios em filtros e outras partes do sistema de abastecimento.

A hidrologia ocupa-se de dois campos:

- vegetal : - algas (verdes, azuis, diatomáceas)
- bactérias (saprofitas e patogênicas)
- animal : - protozoários
- vermes

As características biológicas das águas são determinadas através de exames bacteriológicos e hidrobiológicos; entre os primeiros se destaca a pesquisa do número de coliformes. Normalmente se pesquisa o seguinte:

- 1) - contagem do número total de bactérias.

Por meio de processo e técnicas adequadas conta-se o número total de bactérias existentes, obtendo-se o resultado em número de bactérias por centímetro cúbico (ou mililitro) da amostra de água.

Um número elevado de bactérias não é obrigatoriamente indicativo de poluição; variações bruscas nos resultados dos exames podem ser interpretados como poluição; águas pouco poluídas geralmente apresentam resultados expressos por números baixos.

A contagem do número total de bactérias é de menor interesse que a pesquisa de coliformes.

## 2) Pesquisas de coliformes:

Os coliformes são bactérias que normalmente habitam os intestinos dos animais superiores. A sua presença indica a possibilidade de contaminação da água por esgotos domésticos. Contudo nem toda água que contenha coliformes é contaminada, e como tal, podendo veicular doenças de transmissão hídrica.

O número de coliformes é expresso pelo número mais provável (N.M.P); representa a quantidade mais provável de coliformes existentes em 100 ml de água da amostra.

O exame de coliformes é empregado para o controle de sistemas de abastecimento de água e assim determina a eficiência do tratamento.

## 3) Características Hidrobiológicas

Usualmente encontram-se na água os seguintes grupos de organismos, em geral microscópios e comumente denominados "Plancton".

- algas (principalmente)
- protozoários: seres animais unicelulares
- rotíferos: seres animais multicelulares
- crustáceos: seres animais multicelulares
- vermes
- larvas de insetos (visíveis a olho nu)

O exame hidrobiológico, feito com processo e técnicas apropriadas, utilizando o microscópio, inclui a identificação das espécies de organismos presentes e também uma estimativa do seu número, e as quantidades e as espécies prevalentes de matérias amorfa, que consistem de silte, matérias orgânicas, etc. Na contagem dos microrganismos, adota-se algumas vezes a "unidade padrão de área" equivalente a 400 micra quadrada (20x20); ou/a unidade padrão de volume, de 8 000 micra cúbica (20x20x20); os microrganismos são relacionados ao número de unidades padrão de superfície ou de volume por centímetro cúbico; protozoários, rotíferos e outros animais são contados individualmente.

Estes exames quando feitos regularmente, dão a necessária informação quanto às medidas de controle para prevenir o desenvolvimento de organismos que causam sabores e odores desagradáveis, obstruem filtros e canalizações, e ocasionam outras dificuldades na operação das estações de tratamento. Constituem um elemento auxiliar na interpretação de outras análises, principalmente na parte referente à poluição das águas.

## 3 . PADRÕES DE POTABILIDADE

Para definir a qualidade média de uma água para o consumo doméstico são fixados os denominados "padrões de potabilidade" por órgãos competentes, como a Organização Mundial da Saúde (OMS), a AWWA (American Water Works Association) etc.

Estes padrões resumem o que pode ser facilmente obtido com os métodos convencionais de tratamento de água, os quais são particularmente fracos face a um certo número de substâncias tóxicas e vírus contra os quais os processos usuais de tratamento são praticamente ineficazes. O conhecimento das limitações dos processos de tratamento reforça a necessidade das medidas de proteção dos mananciais, recomendadas no capítulo anterior.

A Organização Mundial da Saúde estabeleceu normas internacionais, objeto de comissões de trabalho permanentes e submetidas a revisões sucessivas.

A tabela 1 resume os padrões de potabilidade fixados pela OMS.

Tabela 1 . Padrões de Potabilidade da Organização Mundial da Saúde  
(em mg/l, ou unidade anotada)

Característica	Máxima recomendável	Máxima permissível
Sólidos Totais	500	1500
Cor,º Hazen	5	15
Turbidez (UJ)	1	5
Gosto	nenhum	nenhum
Odor	nenhum	nenhum
Ferro	0,1	1,0
Manganês	0,05	0,5
Cobre	0,05	1,5
Zinco	5,0	15,0
Cálcio	75	200
Magnésio	30	150
Sulfatos	200	400
Cloretos	200	600
pH	7,0 - 8,5	6,5 - 9,2
Fluoretos	0,6 - 1,7	-
Compostos Fenólicos	0,001	0,002

Em 95% das amostras examinadas em um ano, não deve ser constatada a presença de bactérias coliformes, ou o NMP deve ser 1/100 ml. Nenhuma amostra deve ter um NMP de coliformes maior do que 10/100ml.

Em 1968, a AWWA adotou uma proposição de metas de qualidade para a água potável, mais exigentes principalmente com relação as características estéticas. A tabela 2 resume algumas das metas da AWWA.

Tabela 2 : Metas de Qualidade para Água Potável da AWWA:

Característica	Metas
<u>Físicas</u>	
Turbidez	0,1 UNT
Cor	1 unidades
Odor	ausente
Gosto	não objeccionável
<u>Químicas (mg/l)</u>	
Alumínio (Al)	0,05
Ferro (Fe)	0,05
Manganês	0,01
Cobre (Cu)	0,2
Zinco (Zn)	1,0
Resíduo filtrável	200

#### 4 . CONTROLE DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO

Toda estação de tratamento deve ter um laboratório para o controle dos processos de tratamento. Não é necessário que este laboratório tenha capacidade para fazer todos os ensaios indicados na "Normas Internacionais para a Água Potável" da OMS, porém deve existir pelo menos um laboratório central capaz de fazer um exame completo de todas as águas periodicamente.

##### 4.1. Estação Convencional para Remoção de Turbidez e/ou Cor

Os ensaios básicos a serem realizados em uma estação convencional incluem:

- Prova de Jarros ("jar-test")
- Turbidez
- Cor
- Alcalinidade
- Temperatura

pH

Cloro residual livre  
Cloro residual total  
Índice de Langlier  
Bactérias coliforme

O ensaio para bactérias coliforme pode ser efetuado por:

- a) Método do número mais provável (ensaio presuntivo e confirmativo), ou por:
- b) Método do filtro de membrana.

Outros ensaios especiais podem ser convenientes, como por exemplo:

Alumínio residual  
Ferro e Manganês  
Demanda química de oxigênio  
Cloretos  
Sabor e Odor, etc.

PROVA DE JARROS ("Jar-Test")

Cada estação convencional deve ter um aparelho para ensaios de coagulação ("jar-tests"), a fim de determinar as dosagens de coagulante cada vez que muda a qualidade da água. Recomenda-se uma prova a cada três horas. Além deste ensaio básico, a prova de jarros pode ser utilizada para determinar o efeito do pH, do tempo de floculação, etc. Dada a sua importância, o ensaio de coagulação é apresentado com maiores detalhes no Anexo I.

TURBIDEZ

Recomenda-se fazer um estrito controle da turbidez, determinando-se seu valor em cada etapa do tratamento: água bruta, água floculada, água decantada e água filtrada, a cada três horas ou a cada hora quando a turbidez varia rapidamente.

COR

Da mesma forma que a turbidez é recomendável medir a cor depois de cada fase do tratamento.

ALCALINIDADE

A alcalinidade deve ser medida com a mesma frequência e simultaneamente com os ensaios de coagulação.

TEMPERATURA

A temperatura não é um parâmetro importante na potabilidade da água, porém como tem marcada influência na coagulação e a sedimentação, deve ser determinada a intervalos regulares.

pH

É um parâmetro básico que deve ser medido em todas as fases do tratamento, a intervalos regulares, de três em três horas, ou, preferencialmente, de hora em hora.

O valor do pH ótimo de coagulação é determinado no ensaio de coagulação.

A desinfecção com o cloro é mais efetiva a baixos valores do pH.

A estabilidade da água depende do pH.

Se uma água for distribuída com pH abaixo do seu valor de saturação, haverá corrosão.

Por outro lado, se o pH for muito superior ao pH de saturação, será uma água incrustante.

Em outras palavras, a água deve ter um índice de saturação levemente positivo.

ÍNDICE DE LANGELIER

O Índice de Langlier deve ser determinado em toda estação de tratamento. Permite estimar se uma água é corrosiva ou incrustante e permite também determinar as dosagens de cal ou outra substância para estabilizar a água.

O Índice de Langlier é definido por

$$I = p_{il} - p_{ls}$$

onde

$$I = \text{Índice de Langlier}$$

pH = pH da água tratada

pHs = pHs de saturação com respeito ao carbonato de cálcio.

Recomenda-se que I seja igual ou maior que 0,3 aproximadamente.

O pHs pode ser calculado em base de um nomôgrafo, se conhecidos os valores para sólidos totais, alcalinidade e cálcio.

Como alternativa à determinação do Índice de Langelier, se pode fazer um ensaio de Marmore.

Este ensaio consiste em determinar o pH da água antes e depois de ter contato com a água tratada.

Se a água é estável o pH não se altera. Se é corrosiva o pH sobe, e se é encrustante o pH baixa. Recomenda-se que a água seja um pouco incrustante.

Tanto o Índice de Langelier como o ensaio de Marmore devem ser completados com uma inspeção regular da rede de distribuição para determinar se está sendo produzida uma água estável ou não.

#### BACTERIAS COLIFORMES

Junto com a turbidez, cor e cloro residual, este é um dos mais importantes ensaios.

A frequência deste ensaio depende do volume de água tratada do grau de contaminação da água bruta, e a variação em qualidade da água bruta. Deve ser efetuado pelo menos um ensaio por semana da água tratada.

Deve-se controlar também os coliformes na rede de distribuição. O número de amostras por mês depende da população servida. Porém em nenhum caso, mesmo em populações inferiores a 1000 habitantes, as amostras examinadas devem ser inferiores a 4 por mês.

Posto que este ensaio é algo mais completo do que os outros apresentados anteriormente, a sua realização pode ficar a cargo de um laboratório central. Porém sempre será preferível que o ensaio seja efetuado no local.

#### 4.2. Estação para Remoção de Ferro e/ou Manganês

Os ensaios básicos de um projeto para remoção de ferro e/ ou

manganês deve incluir:

Ferro e/ou manganês

pH

Alcalinidade

Dureza Cálcica

Índice de Langelier (Ensaio de Marmore)

Cloro residual livre

Cloro residual total

Bactérias coliformes

#### Ferro e/ou manganês

Estes dois ensaios se incluem por razões óbvias. São necessários para controlar o processo de tratamento e obter o grau de remoção desejada.

#### pH

O pH é importante em toda estação de tratamento e na remoção de ferro e manganês em particular, porque sua remoção é mais eficiente a valores de pH mais altos.

#### Alcalinidade

A alcalinidade é um fator importante, que influe na remoção de ferro e/ou manganês, seja esta remoção em forma de hidróxidos ou carbonatos. Também é necessário conhecer a alcalinidade para poder calcular o Índice de Langelier.

#### Dureza Cálcica

A determinação do cálcio é essencial para se poder determinar o Índice de Langelier.

#### Dureza, Índice de Langelier (Ensaio de Marmore), Cloro Residual Livre e Total, Coliformes

Todos estes ensaios devem ser feitos pelas mesmas razões citadas no item 4.1. (Remoção de Turbidez e/ou Cor).

4.3. Estação para Abrandamento

Os ensaios básicos de uma estação de abrandamento (remoção de cálcio e magnésio pelos processos de cal e cal/soda) incluem:

- Prova de jarros
- pH
- Dureza Total
- Dureza de Cálcio
- Alcalinidade
- Bióxido de Carbono
- Índice de Langelier (Ensaio de Mármore)
- Cloro Residual
- Coliformes

4.4. Poço com simples cloração

Esta é a estação de tratamento de água mais simples e provavelmente a mais comum. Normalmente são determinados apenas o pH, alcalinidade e cloro residual, porém é importante também determinar a dureza, Índice de Langelier e pesquisa de coliformes.

4.5. Fluoretação

A fluoretação pode ser aplicada a qualquer das estações mencionadas em 4.1 a 4.4.

Recomenda-se dosar o íon fluoreto conforme a temperatura média anual do ar, como segue:

Média das máximas Temperaturas do ar °C	Limites recomendados dos fluoretora(em F,mg/l)	
	Inferior	Superior
10,0 - 12,0	0,9	1,7
12,1 - 14,6	0,8	1,5
14,7 - 17,6	0,8	1,3
17,7 - 21,4	0,7	1,2
21,5 - 26,2	0,7	1,0
26,3 - 32,6	0,6	0,8

A N E X O I

CONTROLE DO PROCESSO DE COAGULAÇÃO - FLOCULAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A eficiência de uma estação de tratamento de água, por mais perfeito que seja o seu projeto e cuidadosa a seleção de seu equipamento será arruinada se não houver uma coagulação adequada. Uma dosagem insuficiente de coagulante vai produzir um efluente de pior qualidade. Por outro lado, doses de coagulante em excesso, produzem também um efluente de baixa qualidade, além de se constituírem em um desperdício de dinheiro.

Existem até o momento, 22 tipos de ensaios de coagulação que caem em três grandes grupos: (a) sistemas de simulação do processo, por meio de ensaios convencionais ou modificados de "jar-test", onde são feitas determinações de turbidez do sobrenadante, tempo de formação de flocos, velocidade de sedimentação, etc; (b) sistemas baseados na medida da carga da partícula; (c) sistemas baseados na filtração da água coagulada e determinação da turbidez do efluente.

2. ENSAIO DE COAGULAÇÃO ( JAR-TEST)

O jar-test continua sendo o método mais prático e mais extensamente utilizado para o controle do processo de coagulação-floculação, por este motivo será tratado a seguir com suficiente detalhe. Não serão considerados os outros sistemas por não serem prática rotineira na maioria das estações de tratamento. Por este motivo não haverá confusão ao se identificar as palavras "Jar-Test" e ensaio de coagulação.

O ensaio de coagulação é, com maior frequência, utilizado nas estações de tratamento para determinar as dosagens dos reagentes empregados na coagulação. No caso do projeto de uma nova estação, reabilitação e/ou otimização de uma existente, são necessárias algumas informações adicionais que também podem ser fornecidas através deste método.

## 2.1. Equipamento necessário

Para a realização de um ensaio de coagulação é necessário ter disponível os seguintes equipamentos:

- a) Aparelho de Jar-Test
- b) Turbidímetros
- c) Acqua Tester
- d) Potenciometro
- e) Outros

### Descrição do Equipamento

#### Aparelho de Jar-Test

Tal aparelho deve ter dois requisitos básicos: um dispositivo de controle de rotação e a curva de correlação entre o gradiente de velocidade e a velocidade de rotação da paleta.

Camp preparou e publicou as curvas de calibração para um aparelho do tipo Phipps & Bird, a diversas temperaturas (figura 9) com e sem estatores.

O aparelho deve ser implementado com um sistema que possibilite a aplicação de coagulante a um ponto fixo localizado próximo do centro da paleta, de preferência simultaneamente em todos os jarros por um aparelho dosificador, e um sifão para tomada de amostras de água sedimentada em um outro ponto fixo do copo de beaker, por meio de um tubo de vidro de 3 mm de diâmetro como mostra a figura 7.

#### Turbidímetros

São instrumentos baseados na relação entre a luz incidente e a luz transmitida através de uma amostra. Os turbidímetros que tem sido mais largamente utilizados são os de tipo Hellige e Hach. Os Turbidímetros Hellige dependem de comparações visuais e tem a sua própria calibração que necessita ser convertida em unidades Jackson (JTU) mediante gráficos próprios do instrumento. Este tipo de turbidímetro dá indicações corretas na faixa de 0,5 a 150 JTU, com maior segurança para os valores mais altos desta faixa. Os turbidímetros Hach utilizam uma célula fotoelétrica e medem valores de turbidez na faixa de 0,01 a 1000 NTU (unidades nefelométricas de turbidez).

As unidades Jackson (JTU) e as unidades nefelométricas de turbidez (NTU) são equivalentes na prática.

#### Acqua-Tester

É utilizado na determinação da cor. Este aparelho utiliza discos de vidro coloridos simulando vários padrões de cor. O procedimento para a determinação deste parâmetro deve seguir as instruções que acompanham o aparelho.

#### Potenciômetro (pH Meter)

Para a determinação dos valores do pH deve ser usado de preferência o aparelho denominado potenciômetro, que permite determinações bastante mais precisas do que os métodos colorimétricos. É um instrumento que possui um eletrodo de vidro, com o qual se pode determinar o pH de qualquer solução.

#### Outros

Caso se queira fazer a determinação de outros parâmetros, deve-se seguir as técnicas e equipamentos recomendados pela APHA em "Standard Methods for the Analyses of Water and Wastewater".

## 2.2. Concentração das soluções

A concentração da solução de sulfato de alumínio a ser utilizada deverá ser de 1% (um por cento) em massa por volume, ou seja 10 gramas de sulfato em um litro de água. Para a cal na forma de hidróxido, a concentração será a 0,5% em massa por volume (5 gramas por litro de água).

Quando se utilizam "beakers" de 1 litro no ensaio de coagulação, 1 ml da solução de sulfato corresponderá a uma dose de 10 mg/l ou 10 ppm; 1 ml da solução de cal corresponderá a 1 dose de 5 mg/l de hidróxido de cal.

No caso de serem empregados outros reagentes, deve-se procurar uma concentração tal que possibilite trabalhar com volumes que possam ser medidos com exatidão utilizando-se pipetas usuais.

2.3. Ensaio de rotina

a) Informações iniciais

Para a realização deste ensaio são necessárias informações básicas que devem ser obtidas da própria estação de tratamento.

São elas:

- 1) Produtos Químicos utilizados
- 2) Ordem de adição dos produtos químicos
- 3) Tempo de detenção nos floculadores
- 4) Gradiente aplicados nos floculadores
- 5) Velocidade de sedimentação ou taxa de aplicação superficial dos decantadores.

Produtos Químicos Utilizados

A maioria das estações de tratamento de água se utiliza basicamente de sulfato de alumínio e algumas delas necessitam da adição de cal (hidróxido de cálcio).

Mais raramente encontram-se instalações que se utilizam de outros produtos auxiliares. Algumas estações promovem a pré-cloração da água. O cloro tem produtos de hidrólise ácidos e alteram o pH, de vendo portanto, ser considerado no ensaio.

Definidos os produtos químicos, proceder a preparação das soluções de trabalho em laboratório.

Ordem de Adição

Estabelecer, de acordo com as condições da instalação de tratamento a ordem de adição dos produtos químicos, bem como definir os tempos em que tais adições devem ocorrer.

Tempo de Detenção nos Floculadores

O tempo nominal de detenção nos floculadores pode ser calculado segundo a seguinte equação:

$$t = \frac{n \cdot V}{60Q}$$

onde

t = tempo de detenção em minutos

v = volume de um tanque de floculação em m<sup>3</sup>

n = número de tanques de floculação

Q = vazão total da estação de tratamento em m<sup>3</sup>/s.

Gradiente Aplicado nos Floculadores

Esta informação pode ser obtida no projeto da estação ou através de informações dos fabricantes dos equipamentos de floculação.

Velocidade de Sedimentação

A velocidade de sedimentação ou taxa de aplicação superficial dos sedimentadores pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$v_s = \frac{6000 Q}{A n}$$

onde

v<sub>s</sub> = velocidade de sedimentação em cm/min.

Q = vazão total da estação em m<sup>3</sup>/s

A = área de um sedimentador em m<sup>2</sup>

n = número de unidades de sedimentação

Esta fórmula é válida para sedimentadores convencionais. No caso de sedimentadores lamelares (tubulares ou em placas paralelas), deve-se utilizar a fórmula seguinte:

$$v_s = \frac{60 S_c V_o}{\text{sen} \theta + L \text{cos} \theta}$$

onde

S<sub>c</sub> = 1 para placas paralelas e 11/3 para condutos quadrados

V<sub>o</sub> = velocidade média do fluxo através do sedimentador, em cm/s

θ = ângulo de inclinação do sedimentador

L =  $\frac{\text{comprimento do tubo (ou placa)}}{\text{espaçamento}} = \frac{l}{e}$

b) Realização do ensaio

Para facilitar a programação do ensaio pode ser utilizada a folha de trabalho indicada no quadro I. Fixamos as condições do ensaio e preparada a programação, inicia-se o ensaio.

Enchem-se os vasos do Jar Test com água bruta; estes vasos devem ser numerados, com o objetivo de identificá-los com os vasos para dosificação correspondentes, também numerados. Prepara-se a dose de coagulante e/ ou ajudantes de coagulação a serem aplicados em cada beaker do Jar Test, em seu correspondente vaso de dosificação, cada reagente em um recipiente separado e, assim tem-se tudo pronto para iniciar o ensaio.

No processo de coagulação-floculação, a mistura rápida é geralmente realizada nas estações de tratamento a gradientes de velocidade muito elevados, sendo praticamente impossível de serem reproduzidos nos aparelhos de Jar-Test. Assim sendo, no ensaio de floculação a mistura rápida é efetuada pondo o aparelho a 100 rpm, adicionando-se em seguida os coagulantes e deixando o aparelho trabalhar a esta velocidade de rotação durante 1 minuto.

Após a agitação rápida, inicia-se o processo de floculação. A duração, bem como as velocidades de rotação devem ser selecionadas de acordo com os tempos de floculação e os gradientes reais da estação. Durante a floculação convém anotar o tempo de aparição dos flocos e apreciar os flocos em cada vaso em forma qualitativa.

Terminado o tempo de floculação inicia-se a sedimentação, levantando as paletas. O tempo de sedimentação, bem como a profundidade de coleta da amostra, devem ser tais que dividindo-se a profundidade em cm pelo tempo em minutos resulte um valor igual ao da taxa de aplicação superficial dos decantadores. A coleta deve ser, sempre que possível, de maneira simultânea nos seis frascos. Um volume inicial de cerca de 10 ml deve ser desprezado, recolhendo-se a seguir não mais do que 100 ml de amostra em cada vaso, para medir a turbidez residual e o pH.

Após a conclusão das análises, se preencherá a folha do Quadro I na qual se registrará o objetivo do ensaio, local e data, características da água bruta, condições a que se submete cada vaso e os resultados obtidos em cada vaso: turbidez residual, pH, tempo de

aparicação do floco, etc.

Feito isso é conveniente plotar-se os resultados em gráficos com escala decimal, colocando em abscissas as doses aplicadas e em ordenadas os resultados das análises, em termos de remoção de cor ou turbidez.

A análise dos gráficos obtidos fornecerá as dosagens recomendadas, e o seu estudo estatístico permitirá prever a dosagem necessária a coagular a água para diversas condições da água bruta, como se verá mais adiante.

2.4. Ensaio especiais

São semelhantes aos ensaios de rotina, porem com maior número de variáveis, visando determinar o tempo ótimo de floculação; gradientes de velocidade, taxa de aplicação superficial em sedimentadores e outras variáveis.

a) Ensaio Preliminar

O ensaio preliminar consta basicamente do ensaio de rotina descrito no item anterior devendo-se observar:

- O comportamento do coagulante com e sem a adição de um alcalinizante
- Tempo de Floculação de 30 minutos
- Gradiente de velocidade de  $25 \text{ seg}^{-1}$  (aprox. a 40 rpm)
- Velocidade de sedimentação constante.

b) Tempo de Floculação

Após determinar as dosagens ótimas segundo o procedimento descrito no sub-item 2.3. (b) realiza-se o ensaio sob as seguintes condições:

- Dosagens pré-determinadas
- Gradiente de velocidade de  $25 \text{ seg}^{-1}$  ou outro valor constante adequado
- Velocidade de sedimentação constante
- Tempo de floculação variável.

É conveniente realizar duas séries de ensaios de seis frascos perfazendo o total de doze frascos.

Aplicar a agitação rápida do ensaio de rotina, assim como as dosagens dos produtos químicos. Iniciar o processo de floculação em todos os frascos simultaneamente. Após cinco minutos de floculação cessar a agitação no frasco nº 1, coletando a amostra depois de um intervalo, por exemplo 10 minutos.

Repetir esta operação a intervalos consecutivos para os outros frascos. Isto feito, obter-se-ão os dados para preenchimento de uma tabela como a que segue.

FRASCO Nº	TEMPO DE FLOCULAÇÃO (min)	TURBIDEZ	COR
1	5		
2	10		
3	15		
4	20		
5	25		
6	30		
7	35		
8	40		
9	45		
10	50		
11	55		
12	60		

De posse desta tabela traça-se o gráfico da figura

c) Gradiente de Velocidade e Velocidade de Sedimentação

Para a realização desta série de ensaios, aplicar as seguintes condições:

- Dosagens pré-determinadas
- Tempo de floculação ótimo
- Gradiente de Velocidade variável
- Velocidade de sedimentação de 2,5 1,0 e 0,5 cm/min, ou

outras adequadas à finalidade do ensaio.

Será utilizado apenas um frasco por vez, já que trabalharemos com valores de gradiente de velocidade variáveis, o que quer dizer diferentes rpm.

O trabalho com mais de um frasco permitirá variar, ainda, o tempo de floculação.

Programam-se os valores de gradiente de velocidade a testar e ensaia-se de forma análoga os ensaios anteriores, porém coletando as mostras com velocidades de sedimentação de 2,5, 1,0 e 0,5 cm/min, o que se consegue pelo posicionamento adequado do coletor e coleta em tempos pré-determinados.

Assim procedendo haverá condições de preencher uma tabela como do tipo:

GRADIENTE (seg <sup>-1</sup> )	TURBIDEZ		
	vs = 2,5	vs = 1,0	vs = 0,5

Tempo de Floculação \_\_\_\_\_ min.

De posse destes dados traça-se o gráfico da figura

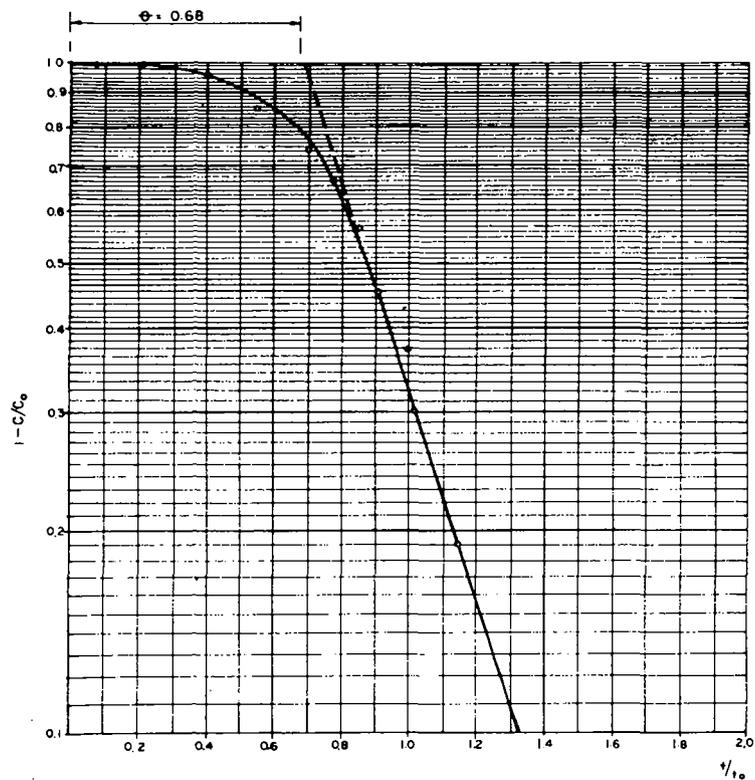


FIG. 1 ENSAIO COM TRAÇADORES MÉTODO DE WOLF E RESNIK

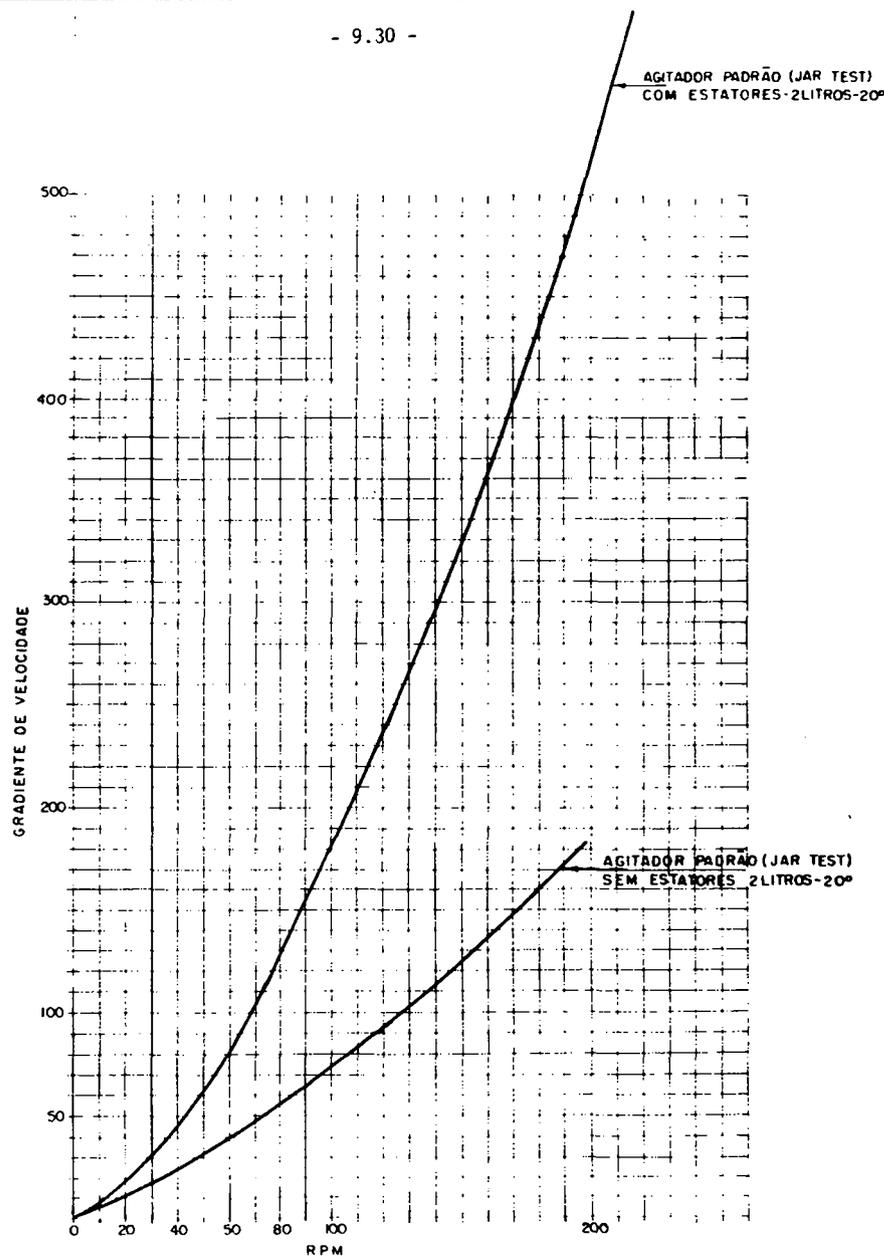


FIG.-2 CURVAS DE GRADIENTES DE VELOCIDADE EM ENSAIOS DE "JAR-TEST"

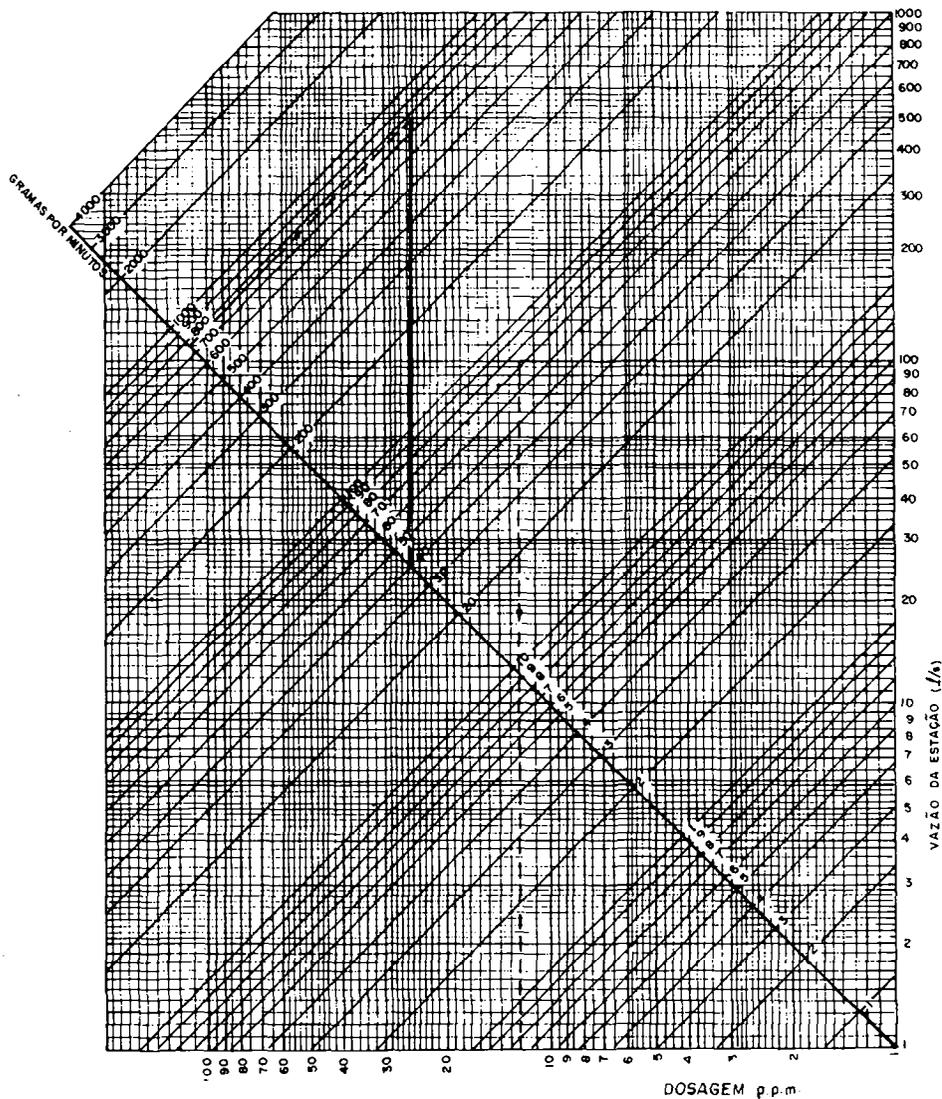


FIG. 3 GRÁFICO PARA DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS A SÊCO

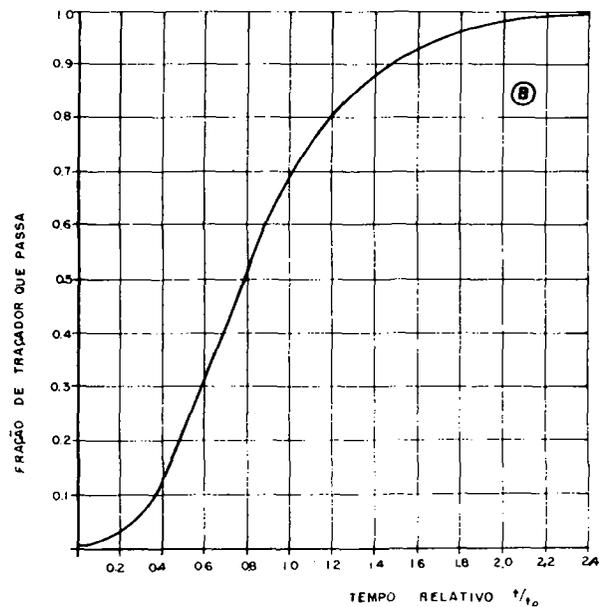
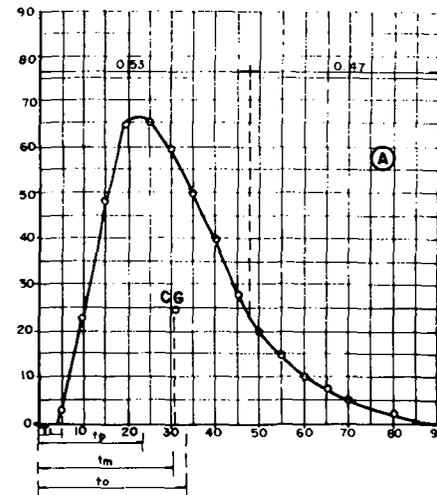


FIG. 4 TESTES COM TRACADORES

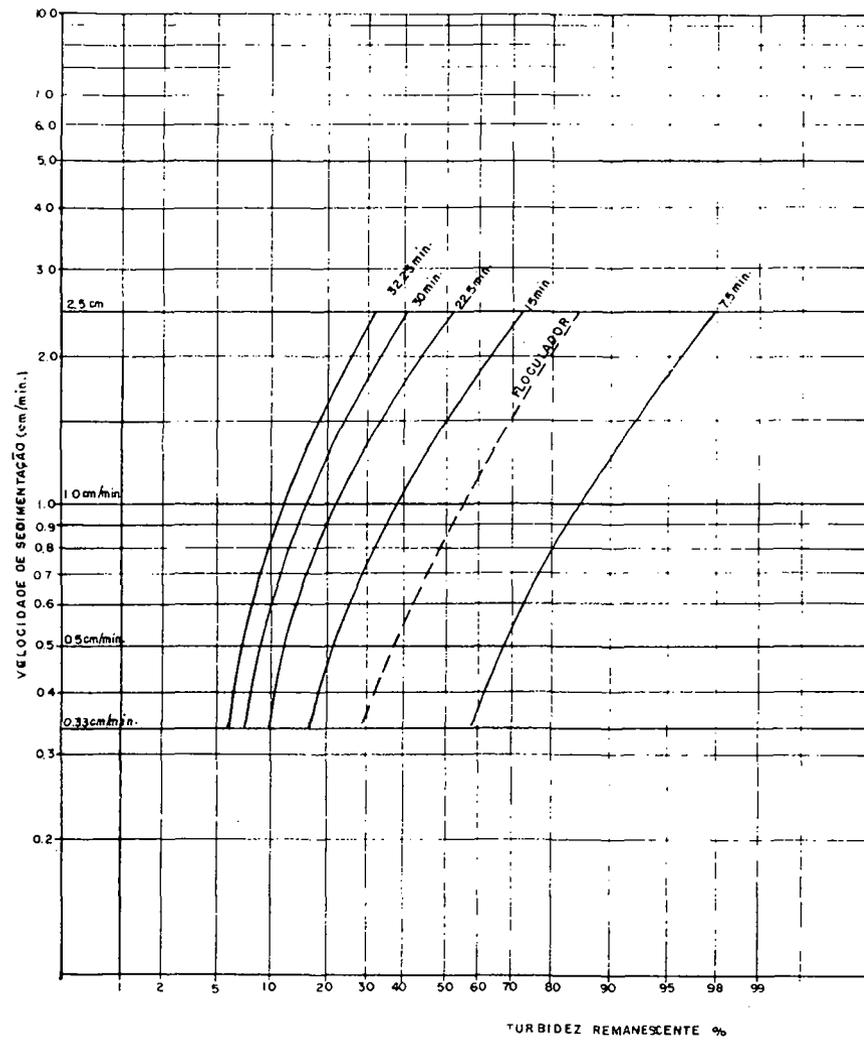


FIG. 5 TESTE PARA VERIFICAR A EXISTENCIA DE CURTOS CIRCUITOS

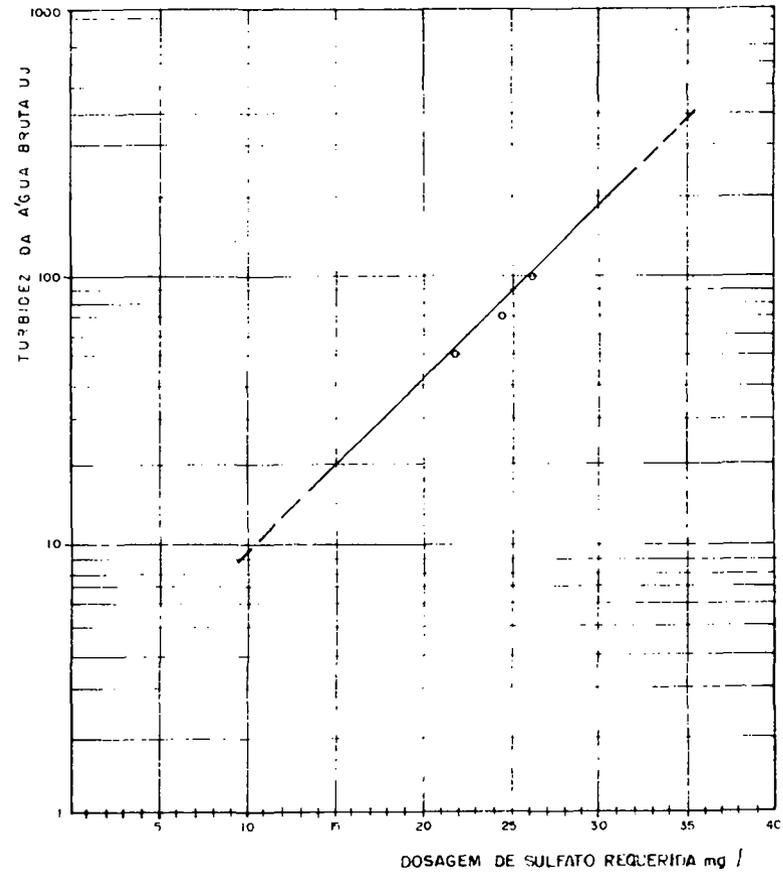
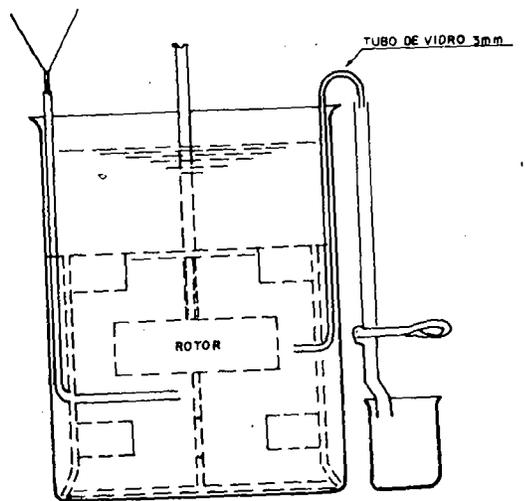


FIG. 6 DOSES DE SULFATO DE ALUMÍNIO EM FUNÇÃO DA TURBIDEZ DA ÁGUA BRUTA (ESTAÇÃO DE TRATAMENTO "SANEPAR-CEMS" DE PRUDENTÓPOLIS-BRASIL)



VISTA FRONTAL

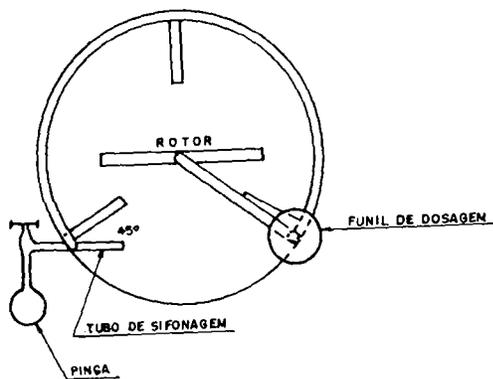


FIG. 7 IMPLEMENTOS PARA O JAR-TEST

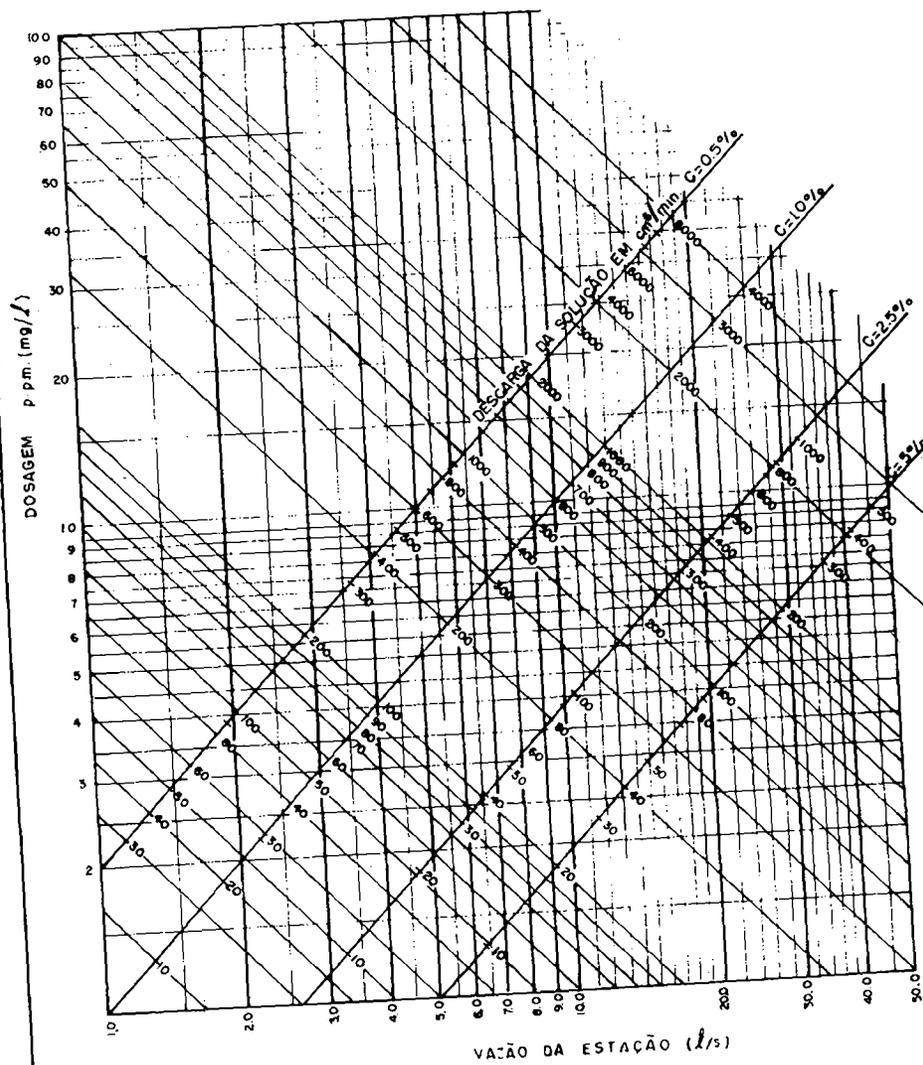


FIG. 8 GRAFICO PARA DOSAGEM DE SOLUÇÕES

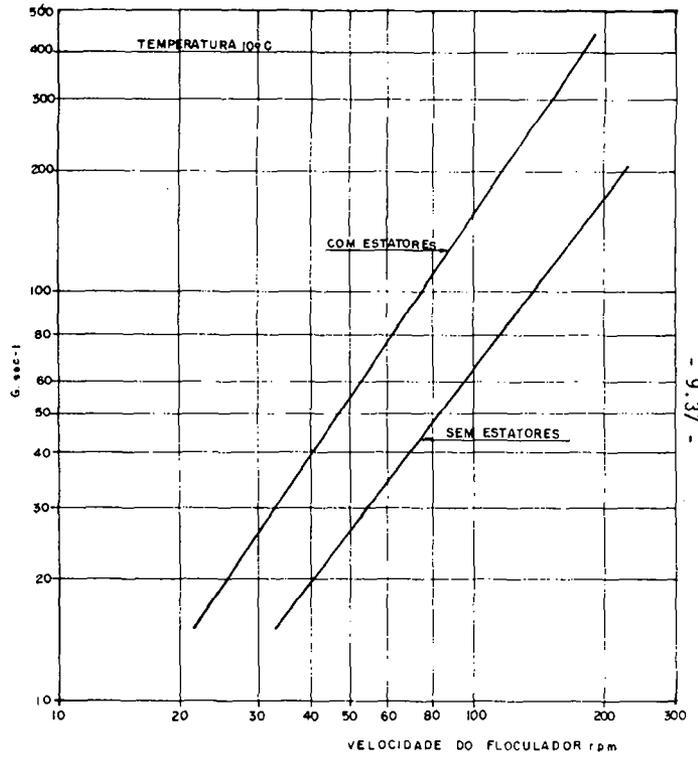
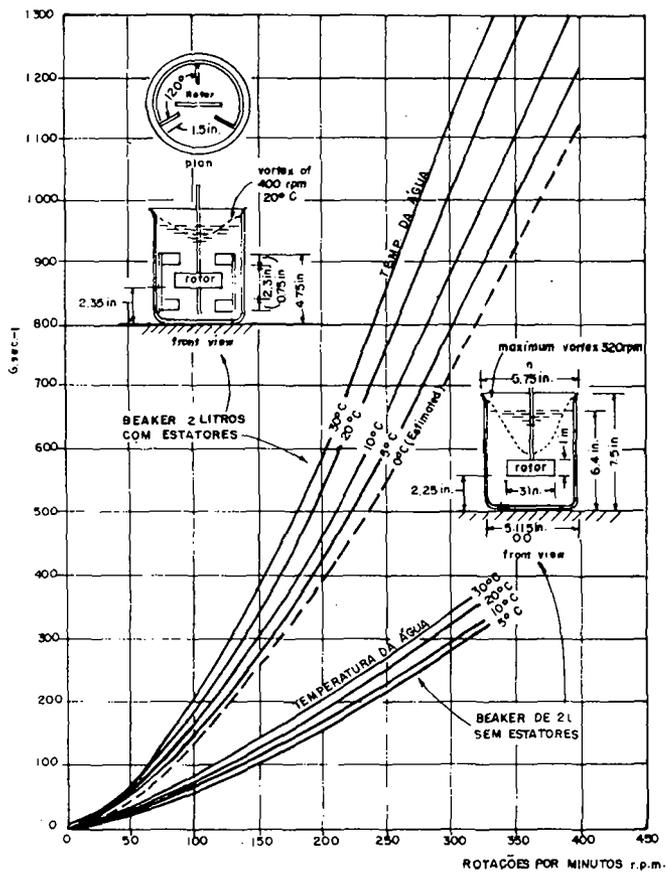


FIG. 9 CURVAS PARA CALIBRAGEM DE "G" EM JAR-TESTS



ANEXO II

FORMULARIOS UTILIZADOS PARA OPERACION, MANTENIMIENTO Y CONTROL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

REGISTRO DIÁRIO DE ANÁLISES

ESTACÃO DE TRATAMENTO DE AGUA DE

C.O.	TEMPERATURA		REACÃO DE PH		OXIGÊNIO CONSUMIDO		COA		TURBIDEZ		ALCALINIDADE		FLUORÉO		CO2 LIVRE		ALUMINA RESIDUAL		
	IN- NATURA	DEC FILT TRAT	IN- NATURA	DEC FILT TRAT	IN- NATURA	DEC FILT TRAT	IN- NATURA	DEC FILT TRAT	IN- NATURA	DEC FILT TRAT	IN- NATURA	DEC FILT TRAT	IN- NATURA	DEC FILT TRAT	IN- NATURA	DEC FILT TRAT	IN- NATURA	DEC FILT TRAT	
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
MAX																			
MIN																			
MED																			

OPERADOR DE TRATAMENTO DAS AS

OPERADOR DE TRATAMENTO DAS AS

OPERADOR DE TRATAMENTO DAS AS



<b>COMPARATIVOS ENTRE OS ENSAIOS DE FLOCULAÇÃO E A ETA</b>		SISTEMA DE	
ESCRITÓRIO REGIONAL DE		MES	
<b>TURBIDEZ REMANESCENTE (% DA DECANTADA EM RELAÇÃO A IN-NATURA)</b>			
CONVENÇÕES	ENSAIO DE FLOCULAÇÃO: _____		
	ETA: _____		
30 20 15 10 5 0 -5 -10 -15 -20 -25 -30 -35 -40 -45 -50 -55 -60 -65 -70 -75 -80 -85 -90 -95 -100	TURBIDEZ REMANESCENTE (% DA DECANTADA EM RELAÇÃO A IN-NATURA)		
01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31			
<b>DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO</b>			
60 50 40 30 20 10 0	DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO		
01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31			
ASSINATURA SETRA			

<b>DADOS RELATIVOS AOS ENSAIOS DE FLOCULAÇÃO</b>						SISTEMA DE	
ESCRITÓRIO REGIONAL DE						MES	
DIA	TURBIDEZ			CONSUMO DE COAGULANTES (ppm)			
	IN-NATURA (FTU)	DECANTADA (FTU)	REMANESCENTE %	S ALUMÍNIO	CAL		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
ASS TÉCNICO QUÍMICO RESPONSÁVEL				VISTO CHEFE DO ESCRITÓRIO REGIONAL			

<b>BOLETIM DIÁRIO DOS FILTROS</b>				ETA DE	TESTE Nº	FILTRO Nº	
					DATA	BOMBA Nº	
<b>TURBIDEZ DA DEC E FILTRO</b>							
HORA							
TURB DEC							
TURB FILT							
% TURB REM							
PERDA DE CAR							
HORA							
TURB DEC							
TURB FILT							
% TURB REM							
PERDA DE CAR							
<b>LAVAGEM DO FILTRO</b>							
ALTURA DA MIRA DO RL				DURAÇÃO		ÁGUA DE LAVAGEM / %	
INÍCIO				INÍCIO		EXPANSÃO DO LEITO / %	
TERMINO				TERMINO		VEL AGUA DE LAVAGEM - CM/MM	
VOL CONSUMIDO / m <sup>3</sup>				TOTAL / MIN			
<b>TURBIDEZ DA ÁGUA DE LAVAGEM</b>							
TEMPO (min)							
TURBIDEZ							
<b>TOTAIS</b>				<b>OBSERVAÇÃO</b>			
TEMPO DE FUNCIONAMENTO / h				CONDIÇÕES DO FILTRO			
VOLUME FILTRADO / m <sup>3</sup>							
TAXA DE FILTRAÇÃO ANTES LAVAGEM - m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> DIA							
TAXA DE FILTRAÇÃO APÓS LAVAGEM - m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> DIA							

024 - 120 B.S. - 100 A - 12 / 78 - GRS/GRN - SETOR DE TRATAMENTO VIAS - 1ª. ESTÁÇÃO / TRATAMENTO - 2ª. SETOR DE TRATAMENTO

- 9.43 -

<b>ENSAIO DIÁRIO DE FLOCULAÇÃO</b>										Nº		
ESTÁÇÃO DE TRATAMENTO DE												
ÁGUA - N.º	PROCEDÊNCIA				LOCAL DA COLETA		HORA/COLETA	DATA/ENSAIO		AGITAÇÃO		
	CONDIÇÕES DO TEMPO			pH	COR	TURBIDEZ	ALCALINIDADE		RÁPIDA	RPM	MIN	
								LENTA	RPM	MIN		
								DECANTAÇÃO		MIN		
FRASCO Nº	SULFATO DE ALUMÍNIO %		CAL HIDRATADA mg/ml		ÁGUA FLOCULADA		ÁGUA DECANTADA				OBSERVAÇÕES	
	ppm	ml	ppm	ml	pH	ASPECTO	pH	COR	TURBIDEZ	ASPECTO		ALUMINA RESIDUAL
ASSINATURA / OPERADOR						ASSINATURA / TÉCNICO QUÍMICO						

- 9.44 -





PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA DE BEBIDA - II  
CRITERIOS Y NORMAS

Dr. Cliff J. Kirchmer  
Asesor en Química del Agua y Laboratorio

STOM 10

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

CONTENIDO

I. CALIDAD . . . . .

II. CONTAMINACION . . . . .

III. CRITERIOS Y NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA. . . . .

    A. General . . . . .

    B. Agua Potable . . . . .

        B.1. Fuentes de agua cruda . . . . .

        B.2. Agua de beber . . . . .

IV. ANEXO I . . . . .

V. ANEXO II . . . . .

I. CALIDAD

En general, el hombre se ha concentrado en las zonas cercanas a los ríos o en las que tienen lluvia moderada a fin de disponer fácilmente de agua para la irrigación de los cultivos. En el curso de la historia, el agua ha sido una de las principales preocupaciones de los seres humanos, ya sea por exceso (inundaciones, lixiviación del suelo, etc.) o por defecto de la misma (sequía). Aunque los problemas relacionados con la disponibilidad del agua siguen teniendo vigencia, recientemente el hombre se ha visto obligado a preocuparse más por otro aspecto de la misma: su calidad.

El concepto de calidad del agua guarda estrecha relación con el uso que se le pretende dar. Las civilizaciones modernas la utilizan para muchos propósitos distintos. Entre los principales tenemos: uso doméstico, industrial, hidroeléctrico, navegación, irrigación, crianza de ganado y aves de corral, vida acuática y recreación. Cada uno de ellos tiene requerimientos específicos de calidad y a su vez origina cambios en el agua utilizada. Surge el conflicto cuando un usuario afecta la calidad del agua en forma tal que su valor queda disminuido para otro. Tenemos un ejemplo en el aumento de salinidad en las aguas del río Colorado ocasionado por las descargas de agua provenientes de las irrigaciones realizadas por los agricultores de los Estados Unidos; la salinidad aumenta tanto que perjudica el uso que de ella pudieran hacer los cultivadores mexicanos al otro lado de la frontera. El Gobierno de los Estados Unidos planea solucionar este problema por medio de desalinización a gran escala de las aguas provenientes de las irrigaciones; se calcula en US\$ 155,000,000 el costo de este proyecto.

II. CONTAMINACION

El concepto de contaminación es necesario para describir la forma en la cual puede quedar afectada la calidad del agua. Para nuestros propósitos nos referiremos a contaminación del agua como "cualquier disminución de la adecuación de la misma para cualquiera de sus usos benéficos - sean éstos reales o potenciales - debido a cambios en su calidad causados por el hombre". Esta definición coloca dentro de otra categoría la contaminación debida a causas naturales. Esta definición no implica que los gobiernos no pueden tener una política de aceptar cierto grado de contaminación por razones socio-económicas, pues el control de la contaminación al igual que la contaminación misma, tiene su costo.

III. CRITERIOS Y NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA

A. General

Existe una diferencia básica entre criterios y normas de calidad del agua; los primeros se refieren a "cualquier límite definido de variación o alteración de la calidad del agua señalado por expertos en base a datos

científicos, dentro del cual el agua no origina efectos específicos - generalmente adversos - para su uso por el hombre o para los organismos que viven en este elemento".

Las normas de calidad del agua se refieren a "cualquier regla más o menos permanente y ampliamente aplicable que establezca con autoridad y para propósitos normativos el límite de alguna alteración no natural de la calidad del agua que pueda ser permitido o aceptado como compatible con respecto a algún uso o a usos que se deseen dar a la misma".

Por lo tanto, los criterios de calidad del agua se basan en los conocimientos científicos más avanzados de que se dispone y pueden ser depurados a medida que dichos conocimientos evolucionan. Nuestro conocimiento sobre la toxicidad del mercurio en el ambiente se ha incrementado a raíz de la enfermedad "Minimata" en Minimata y Niigata, Japón. En Minimata sufrieron envenenamiento un total de 121 personas entre los años 1953 a 1960. Veintidós niños resultaron envenenados durante la gestación y 46 personas murieron a causa del envenenamiento. Un brote similar se produjo en Niigata; hasta 1970 se habían registrado oficialmente 47 casos y seis muertos. Una investigación cuidadosa reveló que los envenenamientos se debían al consumo de pescado con alto contenido de metilmercurio; la contaminación de las aguas de la bahía de Minimata y el río Agano era causada por los compuestos de metilmercurio descargados por las industrias de plástico que habían usado como catalizadores compuestos de mercurio inorgánico. El precio pagado por obtener mayores conocimientos sobre los efectos del mercurio fue ciertamente muy alto.

Las agencias gubernamentales reguladoras vienen empleando criterios de calidad del agua a fin de establecer sus propias normas. La elección de estos criterios depende del uso que se desee proteger y del grado de deterioro del recurso agua que pueda ser tolerado por la comunidad.

B. Agua Potable

B.1. Fuentes de Agua Cruda. El suministro público es quizás el uso benéfico del agua que tiene requisitos más estrictos de calidad. No es usual ni recomendable fijar normas de calidad para fuentes de agua cruda. Pero tal vez es útil tener algunos criterios para la selección de fuentes de abastecimiento y requisitos de tratamiento.

La siguiente clasificación de las aguas crudas en cinco grupos ha sido preparado en base a criterios establecidos por el Servicio de Salud Pública de los EE.UU.AA. y las Normas Internacionales de Agua Potable de la OMS.

Grupo I

Agua que necesita únicamente desinfección.

A. Calidad bacteriológica

1. Densidad de coliformes totales. La media aritmética mensual deberá ser menor que 100 por 100 ml de muestra.

2. Densidad de coliformes fecales. Si se lleva a efecto la determinación de coliformes fecales, la cifra de coliformes totales puede exceder de 100 por 100 ml de muestra, pero en tal caso los coliformes fecales no deben superar de 20 por 100 ml de muestra, computados por la media aritmética mensual.

B. Calidad física

Debe cumplir con las Normas Internacionales para Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS), excepto con relación a turbiedad y color que serán como sigue:

	<u>Concentración máxima deseada</u>	<u>Concentración máxima admisible</u>
Turbiedad	1 unidad	5 unidades
Color	5 unidades	15 unidades

C. Calidad química

Debe cumplir con las Normas Internacionales para el Agua Potable de la OMS.

D. Calidad radiológica

Debe cumplir con las Normas Internacionales para Agua Potable de la OMS.

E. Pesticidas

No deben exceder los siguientes límites:

<u>Pesticida</u>	<u>Concentración máxima permisible en microgramos por litro (a)</u>
Endrín	0.5
Aldrín	1
Dieldrín	1
Lindano	5
Toxafeno	5
Heptacloro	0.1
Heptacloro epoxido	0.1
DDT	50
Clordano	3
Metoxicloro	100
Compuestos organofosforados y carbamatos	100

Herbicidas

2, 4, 5 - TP	Límite máximo
2, 4, 5 - T	de combinación
2, 4, D (c)	100 microgramos

- (a) Por un tiempo largo de incidencia.
- (b) Expresada en términos de concentración de paratión que cause una inhibición equivalente en la prueba de colenesterase.
- (c) Solamente se permitirá por un período corto - alrededor de dos o tres días - y no más de una o dos veces al año.

F. Tratamiento adicional

Si la calidad del agua no es "estable" según lo especificado en A, B, C, D y E, durante todo el año, se haría indispensable considerarla en otro aspecto, para lo cual necesitaríamos darle un tratamiento adicional durante el período de "falla de calidad", tal como aumento de turbiedad, olor, etc.

Grupo II

Aguas que necesitan de tratamiento convencional, tal como coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (poscloración) o filtración lenta y desinfección (poscloración).

A. Calidad bacteriológica

1. Densidad de coliformes totales. La media geométrica mensual debería ser menor que 3000 por 100 ml de muestra.

2. Densidad de coliformes fecales. Si se lleva a efecto la determinación de los coliformes fecales, la cifra de los coliformes totales puede exceder de 3000 por 100 ml de muestra, pero en tal caso los coliformes fecales no deben exceder de 600 por 100 ml de muestra computados por la media geométrica mensual.

B. Calidad física

Elementos tales como color, turbiedad y olor contribuyen en forma significativa al tratamiento y potabilización del agua.

1. Color. No se puede fijar un límite para el color natural, pues éste puede ser removido mediante tratamiento convencional completo.

Se recomienda remover la mayor parte de color mediante coagulación a bajo pH. El color real después de un tratamiento completo debe cumplir con las Normas Internacionales para el Agua Potable de la OMS.

No se considera aquí los tipos de colores de orden industrial, por cuanto éstos deben ser considerados en el Capítulo sobre Análisis Físico y Químico del Agua de las Normas Internacionales de Agua Potable.

El color real del agua tratada será:

Concentración máxima deseada:	5 unidades
Concentración máxima admisible:	15 unidades

2. Turbiedad. Los límites de turbiedad son variables. La turbiedad debe permanecer en un rango fácilmente tratable por medios convencionales. Cuando existen turbiedades altas, las plantas deben ser diseñadas a base de tanques presedimentadores, embalses o doble coagulación. En caso de utilizar filtros lentos los límites de remoción de turbiedad estarán en el orden de 20 UN o menos durante el 90% del tiempo. La turbiedad máxima deseable del agua tratada será de 1 UN y la concentración máxima admisible será de 5 unidades.

3. Olor. El olor del agua cruda debe ser de tal grado y naturaleza que su remoción por métodos convencionales no sea imposible. Aquí consideramos la aeración como un método convencional.

C. Calidad química

Puesto que el tratamiento convencional completo tiene poco efecto en la remoción de ciertos compuestos químicos, el agua cruda debe cumplir con los límites de las Normas Internacionales para el Agua Potable de la OMS.

D. Calidad radiológica

Debe cumplir con las Normas Internacionales para el Agua Potable de la OMS.

E. Pesticidas

Debe cumplir con los requisitos para pesticidas indicados en el Grupo I, acápite E.

Grupo III

Aguas que necesitan tratamiento convencional como coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección (pre y poscloración).

A. Calidad bacteriológica

1. Densidad de coliformes totales. La media geométrica mensual debería ser menor que 20,000 por 100 ml de muestra.

2. Densidad de coliformes fecales. El total de la determinación de coliformes totales puede exceder de 20,000 por 100 ml de muestra, pero en tal caso los coliformes fecales no deben exceder de 4,000 por 100 ml de muestra computados por la media geométrica mensual.

B. Calidad física

Debe cumplir con los mismos requisitos del Grupo II-B.

C. Calidad química

Debe cumplir con los mismos requisitos para pesticidas indicados en el Grupo I-E.

D. Calidad radiológica

Debe cumplir con las Normas Internacionales para el Agua Potable de la OMS.

E. Pesticidas

Debe cumplir con los requisitos para pesticidas indicados en el Grupo I-E.

Grupo IV

Aguas que no cumplen con los requisitos bacteriológicos expresados en los grupos anteriores (por ejemplo, aguas que tienen más de 20,000 coliformes totales o 4,000 coliformes fecales por 100 ml de muestra).

No se recomienda utilizar estas aguas como fuente de abastecimiento ya que su tratamiento por métodos convencionales es inadecuado. Sin embargo, de no existir una fuente de agua disponible, y dado el avance de la tecnología, podrían utilizarse después de un tratamiento adecuado. En este caso debe efectuarse un estricto control de calidad y observarse en todo momento las Normas Internacionales para Agua Potable de la OMS, en especial en lo referente a calidad bacteriológica.

Grupo V

Aguas que no cumplen con uno o más de los requisitos físicos, químicos, radiológicos o de contenido de pesticidas expresados en los grupos anteriores.

No se recomienda utilizar estas aguas como fuente de abastecimiento. Sin embargo, en caso de no existir otra fuente de agua disponible, se recomienda dar el tratamiento adecuado para asegurar que su calidad cumpla en todo momento con las Normas Internacionales para el Agua Potable de la OMS.

Como ejemplos de tratamiento que pueden utilizarse tenemos: remoción de hierro y manganeso, ablandamiento, desalación, fluoración o defluoración, y remoción de compuestos tóxicos y pesticidas.

B.2. Agua de Beber. Las normas de calidad del agua potable han sido promulgadas por varias agencias nacionales e internacionales. En la tabla 1 se presenta una comparación de las más importantes.

De acuerdo con lo exigido en la Ley 93-523, las normas de agua potable en los EE.UU.AA. están siendo revisadas. La ley propone establecer normas o reglamentos primarios y secundarios. Las primarias se refieren a normas de salud y las secundarias a calidades estéticas. Hasta ahora solo se han establecido los reglamentos primarios interinos, los cuales se hicieron efectivos a partir del 24 de junio de 1977.

Los niveles máximos de contaminantes inorgánicos (excepto fluoruro) son los siguientes:

<u>Contaminante</u>	<u>Nivel mg/l</u>
Arsénico	0.05
Bario	1
Cadmio	0.010
Cromo	0.05
Plomo	0.05
Mercurio	0.002
Nitrato (como N)	10
Selenio	0.01
Plata	0.05

Los niveles máximos para fluoruro dependen de la temperatura en la forma siguiente:

<u>°C</u>	<u>Nivel mg/l</u>
12.0 y menor	2.4
12.1 - 14.6	2.2
14.7 - 17.6	2.0
17.7 - 21.4	1.8
21.5 - 26.2	1.6
26.3 - 32.5	1.4

Los niveles máximos de contaminantes orgánicos son los siguientes:

(a) Hidrocarburos clorados:	<u>Nivel mg/l</u>
Endrín	0.0002
Lindano	0.004
Metoxicloro	0.1
Toxafeno	0.005

COMPARACION DE VARIOS ESTANDARES PARA AGUA DE BEBIDA

Servicio de Salud Pública de los EE.UU. - 1962

Estándares europeos de la OMS - 1961

Estándares internacionales de la OMS - 1971

Objetivos de calidad para el agua potable recomendados por la AWWA - 1968<sup>a</sup>

Agua del sistema de distribución	Agua que entra al sist.distribución	Agua del sistema de distribución	Agua que entra al sist.distribución	Agua del sistema de distribución <sup>b</sup>	Agua del sistema de distribución
----------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	---	----------------------------------

A. Características bacteriológicas

Técnica de dilución 5 porciones de 10 ml	Técnica de dilución, 5 porciones de 10 ml	Varias técnicas de dilución aceptables	Técnica de dilución 5 porciones de 10 ml
1. No más del 10 % de todas las porciones examinadas debe mostrar la presencia de bacterias coliformes (col. NMP < 1/100 ml). 2. No deben aparecer bacterias coliformes en tres de las cinco porciones de dos muestras consecutivas tomadas del mismo lugar, ni tampoco en más del 5% del total de las muestras tomadas cada mes.		a) Agua desinfectada. No debe tener gérmenes coliformes en ninguna muestra de 100 ml b) Agua sin desinfectar. Pueden tolerarse hasta 3 gérmenes en algunas muestras de 100 ml siempre que las pruebas sean frecuentes y que tanto la zona de captación como las condiciones de depósito sean satisfactorias	Sin organismos coliformes
Técnica de dilución, 5 porciones de 100 ml	Técnica de dilución, una porción de 100 ml		Técnica de dilución Porciones de 100 ml
1. No más del 60% de todas las porciones examinadas cada mes debe tener bacterias coliformes (bacterias coliformes MPN < 0.9 por 100 ml) 2. No deben aparecer bacterias coliformes en las cinco porciones de dos muestras consecutivas tomadas del mismo lugar, ni tampoco en más del 20% del total de las muestras tomadas cada mes.	Ninguna de las muestras de 100 ml examinadas debe contener bacterias coliformes	No más del 5% de todas las muestras de 100 ml examinadas durante el año deben contener bacterias coliformes (coliformes MPN < 0.06 por 100 ml) 2. En ningún caso han de hallarse bacterias coliformes en dos muestras consecutivas	Sin organismos coliformes
Técnica MF, usando 50, 100, 200 o 500 ml			Técnica MF
1) La media aritmética de la cuenta de bacterias coliformes de todas las muestras examinadas durante cualquier mes no debe exceder de uno por 100 ml 2. La cuenta de coliformes por muestra no debe exceder de 3 por 50 ml, 4 por 100 ml, 7 por 200 ml o 13 por 500 ml en 2 muestras consecutivas tomadas del mismo lugar y tampoco del 5% de todas las muestras examinadas durante cualquier mes.			Sin organismos coliformes

- 10.10 -

Tabla 1

COMPARACION DE VARIOS ESTANDARES PARA AGUA DE BEBIDA (cont.)

Criterios	Servicio de Salud Pública de los EE.UU - 1962		Estándares europeos de la OMS 1961		Estándares internacionales de la OMS 1971			Objetivos de calidad para el agua potable recomendados por la AWWA - 1968
	Límite Recomendado <sup>c</sup>	Límite Tolerable <sup>c</sup>	Límite Recomendado <sup>c</sup>	Límite Tolerable <sup>c</sup>	Límite Recomendado <sup>c</sup>	Límite Aceptable <sup>c</sup>	Límite Tolerable <sup>c</sup>	
Color, unidades	15	....	....	....	5	50	....	< 3
Olor, número límite	3, no ofensivo	....	....	....	Ninguno	Ninguno	....	Sin olor
Residuo: Filtrable, mg/lt	500	....	....	....	....	....	....	< 200
No filtrable, mg/lt	.....	....	....	....	....	....	....	Virtualmente libre de suspensiones
Total, mg/lt	.....	....	....	....	500	1,500	....	Ninguno objetable
Sabor	No ofensivo	....	....	....	No objetable	....	....	< 0.1
Turbiedad, unidades	5	....	....	....	5	25	....	....
C. Constituyentes Químicos, mg/lt								
Substancia	0.5	....	....	....	0.2	1.0	....	< 0.2
Sulfonato de alkyl benceno	.....	....	....	....	....	....	....	< 0.05
Aluminio (Al)	.....	....	0.5	....	....	....	....	....
Amonio	.....	....	....	....	....	....	....	....
Arsénico (As)	0.01	0.05	....	0.2	....	....	0.05	....
Bario (Ba)	.....	1.0	....	....	....	....	....	....
Cadmio (Cd)	.....	0.01	....	0.05	....	....	0.01	....
Calcio (Ca)	.....	....	....	....	75	200	....	....
Extracto de carbón alcohol	.....	....	....	....	....	....	....	< 0.1
Extracto de carbón cloroformo	0.2	....	....	....	....	....	....	< 0.04
Bióxido de carbono libre (CO <sub>2</sub> )	.....	....	0	....	....	....	....	....
Cloruro (Cl)	250	....	350	....	200	600	....	....
Cromo hexavalente (Cr <sup>+6</sup> )	.....	0.05	....	0.05	....	....	....	....
Cobre (Cu)	1.0	....	3.0 <sup>e</sup>	....	0.05	1.5	....	< 0.2
Cianuro (CN)	0.01	0.2	....	0.01	....	....	0.05	....
Flúor (F)	0.8-1.7 <sup>fg</sup>	1.4-2.4 <sup>f</sup>	1.5	....	....	0.8-1.7	....	....
Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	.....	....	100-500 <sup>h</sup>	....	100	500	....	80-100
Concentración de iones H(pH)	.....	....	....	....	7.0-8.5 <sup>h</sup>	6.5-9.2 <sup>h</sup>	....	....
Hierro (Fe)	0.3	....	0.1	0.3 <sup>j</sup>	0.1	1.0	....	< 0.05
Plomo (Pb)	.....	0.05	0.1	0.3 <sup>j</sup>	....	....	0.1	....
Magnesio (Mg)	.....	....	125 <sup>k</sup>	....	30-150 <sup>p</sup>	150	....	....
Magnesio + sulfato de sodio	.....	....	....	....	30	150	....	....
Manganeso	0.05	....	0.1	....	0.05	0.5	....	< 0.01
Mercurio	.....	....	....	....	....	....	....	....
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	45	....	50	....	....	45	0.001	....
Oxígeno disuelto (O <sub>2</sub> )	.....	....	7.5 <sup>l</sup>	....	....	....	....	....
Compuestos fenólicos (como fenol)	0.001	....	0.001	....	0.001	0.002	....	....
Selenio (Se)	.....	0.01	....	0.05	....	....	0.01	....
Plata (Ag)	.....	0.05	....	....	....	....	....	....
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	250	....	250	....	200	400	....	....
Zinc (Zn)	5	....	....	....	....	15	....	< 1.0

- 10.11 -

## COMPARACION DE VARIOS ESTANDARES PARA AGUA DE BEBIDA (cont.)

Sustancia	Servicio de Salud Pública de los EE.UU. - 1962 Límites recomendados <sup>m</sup>	Estándares europeos de la OMS, 1961	Estándares internacionales de la OMS,	Objetivos de calidad para el agua potable recomendados por la AWWA - 1968 <sup>a</sup>
Radio 226 (Ra <sup>226</sup> )	3	...		
Estroncio 90 (Sr <sup>90</sup> )	10	...		
Actividad beta grueso	1,000 <sup>p</sup>	10 <sup>n</sup>	30	<100
Emisores alfa	...	1 <sup>o</sup>	3	

<sup>a</sup> No se trata de un estándar de salud pública, sino de objetivos deseables para los consumidores

<sup>b</sup> Si los suministros comunales que se distribuyen sin tratamiento o desinfección no pueden ser mantenidos dentro de los estándares bacteriológicos establecidos para el agua tratada y desinfectada, se deben tomar medidas para implantar la cloración, la desinfección u otra forma de tratamiento.

<sup>c</sup> Límite recomendado:

- 1) Servicio de Salud Pública de los EE.UU. - concentraciones que no deben excederse cuando se dispone de suministros mejores
- 2) OMS, Europa - concentraciones arriba de las cuales pueden presentarse problemas de estética y otras molestias
- 3) OMS, internacional - concentraciones generalmente satisfactorias para el usuario

Límite aceptable:

- 1) OMS, internacional - concentraciones encima de las cuales la potabilidad del agua disminuiría "marcadamente"

Límite de tolerancia:

- 1) Servicio de Salud Pública de los EE.UU. - el sobrepasar estas concentraciones sería base para rechazar el suministro
- 2) OMS, Europa - sobrepasar estas concentraciones ocasionará probablemente daños reales a la salud
- 3) OMS, internacional - sobrepasar estas concentraciones ocasionará probablemente daños reales a la salud

Tabla 1 (cont.)

- <sup>d</sup> Las concentraciones mayores que 0.2 mg/lt indican que es necesario efectuar análisis adicionales para determinar el agente que las causa.
- <sup>e</sup> El límite recomendado es de 0.05 mg/lt para el agua que entra al sistema de distribución; y de 3.0 después de 16 horas de contacto con nuevas cañerías.
- <sup>f</sup> Depende del promedio anual de la temperatura diaria máxima del aire durante un período no menor de 5 años.
- <sup>g</sup> Cuando se realiza fluoración, también se especifican los límites mínimos recomendables.
- <sup>h</sup> Rango entre límites mínimos y máximos.
- <sup>i</sup> En las instalaciones grandes en las que la remoción de hierro resulta económica, el agua que entra al sistema de distribución no debe contener más de 0.1 mg/lt.
- <sup>j</sup> El límite máximo debiera ser 0.1 mg/lt; es permisible una concentración de 0.3 después de un contacto de 16 horas con cañerías de plomo.
- <sup>k</sup> No más de 30 mg/lt si el contenido de sulfato iguala o excede los 250 mg/lt.
- <sup>l</sup> Concentración mínima
- <sup>B</sup> Los suministros de agua que contengan concentraciones por encima de estos límites serán aprobados si la observación del total de ingresos de radiactividad de todas las fuentes indica que dicha radiactividad está dentro de los límites recomendados por el Consejo Federal de Radiación.
- <sup>n</sup> En ausencia de estroncio 90 y de emisores alfa.
- <sup>o</sup> Puede utilizarse agua con radiactividad más alta si los análisis radioquímicos confirman la ausencia de los radionúcleos más dañinos.
- <sup>p</sup> 30 mg/lt o menos si hay 250 mg/lt de sulfato; si la concentración de sulfato es inferior, pueden permitirse hasta 150 mg/lt de magnesio.

(b) Compuestos del tipo clorofenoxi:	Nivel <u>mg/l</u>
2, 4 - D	0.1
2, 4, 5 - TP Silvex	0.01

Los niveles máximos de turbiedad, medida a puntos representativos de entrada al sistema de distribución son los siguientes:

(a) Una unidad de turbiedad determinada como promedio mensual. Se puede aceptar hasta 5 unidades de turbiedad si el abastecedor de agua puede demostrar al estado que la turbiedad alta no causa ninguno de los problemas siguientes:

- (1) Interferir con la desinfección.
- (2) Prevenir y mantener un nivel adecuado de desinfectante en la red de distribución; o
- (3) Interferir con las determinaciones microbiológicas.

(b) Cinco unidades de turbiedad como promedio para dos días consecutivos.

Los niveles máximos de contaminantes microbiológicos son los siguientes:

(a) Cuando se emplea la técnica de filtros de membrana, el número de bacterias coliformes no debe exceder ninguno de los siguientes límites:

- (1) Uno por 100 mililitros como promedio aritmético de todas las muestras analizadas durante el mes.
- (2) Cuatro por 100 mililitros en más de una muestra cuando se analiza menos de 20 muestras por mes.
- (3) Cuatro por 100 mililitros en más de un 5% de las muestras cuando se examinan 20 o más muestras por mes.

(b)

(1) Cuando se emplea la técnica de tubos múltiples de fermentación con porciones estándares de 10 ml, la bacteria coliforme no debe estar presente en ninguna de las siguientes porciones:

- i. más del 10 por ciento de las porciones en un mes
- ii. tres o más porciones en más de una muestra cuando se examinan menos de 20 muestras por mes
- iii. tres o más porciones en más del 5 por ciento de las muestras cuando se examinan 20 o más muestras por mes

(2) Cuando se emplea la técnica de tubos múltiples de fermentación con porciones estándares de 100 ml, la bacteria coliforme no debe estar presente en ninguna de las siguientes porciones:

- i. más del 60 por ciento de las porciones en un mes
- ii. cinco porciones en más de una muestra cuando se examinan menos de cinco muestras por mes
- iii. cinco porciones en más del 20 por ciento de las muestras cuando se examinan cinco o más muestras por mes

Los niveles máximos de contaminantes radiactivos son los siguientes:

Radio 226 y radio 228 combinado	- 5 pCi/l
Alfa global	- 15 pCi/l
Beta y fotones	- no deben exceder una dosis anual equivalente al cuerpo total o algún órgano interno mayor de 4 milirem/año

Las normas propuestas permitirían emplear los ensayos de cloro residual como sustitución parcial (hasta 75%) del muestreo bacteriológico en la red de distribución; este cambio sería muy importante debido a la lentitud de los procedimientos de ensayos bacteriológicos y se basa en los estudios de Buelow y Walton que muestran una correlación entre la ausencia de bacterias coliformes y la presencia de cloro residual en el agua potable.

Anexo I

RESUMEN DE ALGUNOS CONCEPTOS BASICOS DEL CONTROL DE LA CALIDAD  
DEL AGUA DE BEBER

1. JUSTIFICACION PARA SUPERVIGILANCIA

A. Agua y Salud.

500.000.000 de personas infectadas cada año  
10.000.000 mueren, de los cuales  
5.000.000 son niños

1 de 4 camas hospitalarias ocupadas por personas con  
enfermedades transmitidas por el agua.

Enfermedades: Tifoidea  
Cólera  
Hepatitis  
Disentería (bacteriana, amoeba)  
Gastrointestinales

Deficiencias típicas presentes en casos de transmisión  
de enfermedades.

1. Contaminación no prevista de la fuente
2. Uso de agua contaminada sin tratamiento previo
3. Falla de los procesos de tratamiento
4. Contaminación de la red de distribución
5. Conexión cruzada con agua contaminada.

B. Protección de Inversión

Población de los Países Miembros de América Latina y  
el Caribe en el año 1975: 305'379,000 personas

1970      61% población urbana con agua  
          24% población rural con agua

1975      67% población urbana con agua  
          30% población rural con agua

Metas 1980 de la OMS

80% población urbana con agua  
50% población rural con agua aceptable  
Costo de construcción:  
US\$ 9,100'000.000

Objetivo: No es construir, sino proveer a las comunida-  
des con agua segura (agua potable).

2. SUPERVIGILANCIA

A. De todo los componentes

- Fuente
- Tratamiento
- Tanques de almacenamiento
- Distribución (por ej. conexiones cruzadas)

B. De todos los aspectos

- Ingeniería (Inspección sanitaria)
- Físico, biológico, químico (análisis del agua tanto  
en el campo como en el laboratorio).
- Institucional (por ej. operadores).

Personas con responsabilidad en supervigilancia.

- Administradores
- Médicos
- Ingenieros Sanitarios
- Químicos
- Bacteriólogos
- Operadores
- Educadores

3. EVALUACION MINIMA DEBE INCLUIR

- Calidad de la fuente
- Cantidad de la fuente
- Protección de la fuente
- Tratamiento adecuado
- Presión en sistema de distribución (incluye servicio  
continuo. 24 horas/día)
- Control de calidad (archivos, muestreo, ensayos)
- Control de conexiones cruzadas
- Cloro residual en la red de distribución
- Pfacticas de construcción y operación
- Calidad de operación.

#### 4. SUPERVIGILANCIA ES ACCION POSITIVA

- Acción para corregir y/o eliminar peligros.
- Aconsejar, ayudar y promover el mejoramiento cuando esto sea posible.

#### 5. SUPERVIGILANCIA INCLUYE OTRAS ACTIVIDADES GENERALES

- Entrenamiento de operadores.
- Educación del público en aspectos de enfermedades transmitidas por el agua.

#### 6. SUPERVIGILANCIA ES OBLIGACION COMPARTIDA ENTRE

- Agencia productora
- Agencias regulatorias y supervisoras.

**¡PELIGRO! SIN SUPERVIGILANCIA, UN NUEVO SISTEMA PUEDE RESULTAR UN CONDUCTO EFECTIVO PARA LA TRANSMISION DE ENFERMEDADES.**

#### 7. DEFICIENCIAS COMUNES EN SUPERVIGILANCIA

1. Falta de política y procedimientos de vigilancia
2. No hacen inspección sanitaria
3. No recojen muestras de agua cruda y tratada.
4. No exigen corrección de deficiencias, ni medidas de mejoramiento.
5. El laboratorio no notifica a la planta los resultados de análisis.
6. El programa de aprobación de nuevas fuentes es inadecuado.
7. No hay normas de agua potable, o si hay, no se aplican.
8. No se protegen embalses, pozos y vertientes de la contaminación.
9. No se mantiene presión hidráulica continua en la red de distribución.
10. No se mantiene cloro residual en la red de distribución
11. Es inadecuado o simplemente no existe un programa de control de conexiones cruzadas.
12. Falta de procedimientos normales para análisis en laboratorios.
13. No se mantiene archivos de la planta (por ej. cloro residual).
14. No se mantiene archivos de supervigilancia (por ej. operación y mantenimiento).

15. Las muestras bacteriológicas tomadas de la red de distribución no son representativas.
16. No se desinfecta el sistema después de construcciones nuevas y reparaciones.
17. Falta de una autoridad legal adecuada y reconocida
18. Presupuesto inadecuado
19. Número y calificaciones inadecuados de personal.
20. Facilidades y Apoyo inadecuados de laboratorio.
21. Falta de información en casos de existir enfermedades transmitidas por el agua (por ej. público, red de distribución planta).

#### 8. NIVELES DE SUPERVIGILANCIA

- **IMPORTANTE:** Adoptar programas formales, realistas, con metas y objetivos claros, que son posibles de cumplir en las condiciones locales-clasificación de niveles, descripción de cinco niveles.

- Pasos a seguir:

1. Revisar el programa actual de supervigilancia
2. Examinar las necesidades del país en cuanto a la supervigilancia del agua potable
  - cuántos sistemas hay
  - qué tamaños tienen
  - nivel actual de supervigilancia por operadores de planta.
  - niveles actuales de enfermedades transmitidas por el agua.
  - Inventario (o censo) de los sistemas (también operadores, laboratorios, expansiones en planificación y construcción, consumo de agua, fuentes, etc.).
3. Ubicar el nivel de supervigilancia existente. y fijar como meta el nivel inmediato más alto de vigilancia.
4. Comparar (3) con (2) y
  - bosquejar un programa formal
  - estimar el presupuesto, personal y tiempo necesario para lograr el nuevo nivel de supervigilancia.
5. Adoptar nuevos programas, establecer objetivos formales y hacer un informe sobre progresos cada año.
6. Cuando se logra un nivel más alto de vigilancia, repetir el proceso 1-5 para poder alcanzar el nivel próximo más alto.

9. LEYES, REGULACIONES Y NORMAS

A. La Legislación, Estatutos o código debe especificar

1. El alcance de la autoridad (por ej. todas las aguas de beber del país).
2. La agencia (o agencias) que deben administrar la ley y realizar actividades de supervigilancia.
3. El derecho de la agencia a "establecer"-"enmendar"-"ejecutar" las regulaciones para el desarrollo, producción y mantenimiento de agua potable.
4. Formas de cumplimiento de las leyes con penalidades (normalmente no aplicadas) por el no-cumplimiento.
5. Responsabilidad para adoptar normas de agua potable.

B. Otras Actividades de Supervigilancia que pueden ser específicamente Autorizadas.

1. Aprobación de nuevas fuentes.
2. Inpecciones sanitarias, muestreo, análisis de laboratorio
3. Protección de la fuente
4. Desinfección
5. Certificación y capacitación de operadores
6. Código de construcción de pozos e instalación de bombas
7. Provisión de servicios centrales de laboratorio
8. Control de conexiones cruzadas
9. Aprobación de proyectos de construcción
10. Abastecimientos privados
11. Agua mineral (embotellada)
12. Hielo industrial

Anexo II

RESOLUCION XLV

CONTROL DE LA CALIDAD BACTERIOLOGICA DEL AGUA POTABLE

LA XIX CONFERENCIA SANITARIA PANAMERICANA

Habiendo examinado el informe del Director sobre el Control de la Calidad Bacteriológica del Agua Potable (Documento CSP19/25);

RESUELVE

- 1.- Encarecer a los gobiernos para que presten mayor atención a la calidad bacteriológica del agua potable.
- 2.- Recomendar a los países que hagan esfuerzos especiales para lograr un tratamiento y desinfección adecuados, un funcionamiento y mantenimiento eficaces, la formación de una infraestructura apropiada, la preparación de índices de calidad del agua y la creación de servicios de control y vigilancia.
- 3.- Solicitar al Director de la Oficina que ayude a los países a fortalecer sus programas de control de la calidad del agua, incluyendo el adiestramiento y la asistencia técnica en relación con la administración de recursos hidrológicos, la mejora de la capacidad de los laboratorios, la recopilación y análisis de datos epidemiológicos, las encuestas sobre saneamiento y el tratamiento y desinfección de las aguas.

(Aprobada en la décima sesión plenaria, celebrada el 8 de Octubre de 1974).

Los siguientes cuadros tratan en mayor detalle algunos conceptos presentados en el resumen anterior.

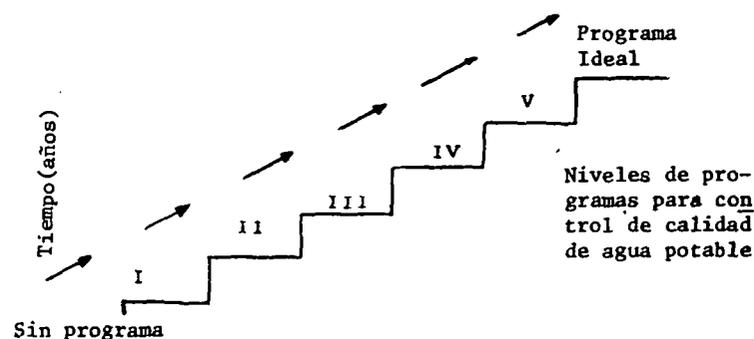
**CUADRO N°1**

**DEFICIENCIAS COMUNES EN PROGRAMAS DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE**

- Falta de establecimiento de programas y procedimientos.
- Inadecuada autoridad legal
- Recursos inadecuados
- Número y calidad de personal inadecuado
- Equivocaciones al realizar las inspecciones sanitarias
- Equivocaciones al proteger las cuencas hídricas (pozos, vertientes) de la contaminación superficial
- Programa inadecuados de aprobación de nuevas fuentes de aprovisionamiento.
- Equivocaciones en la toma adecuada de muestras de agua y en su transporte.
- Toma de muestras de agua para análisis bacteriológicos de sitios fijos, los cuales no son representativos de los sistemas de distribución.
- Facilidades y soporte inadecuado a los laboratorios
- Equivocaciones en la notificación de los resultados de los análisis a los encargados de los sistemas de agua.
- Procedimiento de laboratorio no normalizados
- Deficiencias de mantenimiento de cloro residual en los sistemas de distribución.
- Deficiencias en el mantenimiento de datos adecuados en plantas de tratamiento, por ejemplo: cloro residual.
- Deficiencias en el mantenimiento de datos adecuados en plantas de tratamiento, por ejemplo: cloro residual.
- Deficiencias en el mantenimiento de datos de vigilancia
- Equivocaciones en el mantenimiento continuo de presiones hidráulicas positivas.
- Equivocaciones en la desinfección de reparaciones y nuevas construcciones.
- Inexistencia o inadecuados programas de control de conexiones cruzadas.
- Deficiencias en la adopción y cumplimiento de normas de agua potable.
- Deficiencias de notificación de epidemias de enfermedades hídricas a productores y consumidores.
- Deficiencia en el cumplimiento de las medidas correctivas y corrección de deficiencias.
- Objetivos irrealistas
- Deficiente liderazgo

**Cuadro 2**  
**PROGRAMA DE VIGILANCIA DEL AGUA POTABLE**

Calidad como una característica de nivel o intensidad de actividad



Nivel de Vigilancia	Breve Descripción	SITUACION DEL PAIS
I	Inicial	Se propone este programa para ser adoptado por países en desarrollo que a la presente no han formulado programas de vigilancia o responsabilidad.
II	Básico	Se propone este programa para ser adoptado por países en desarrollo que a la presente tienen programas nominales pero con limitaciones severas en su concepción y efectividad.
III	Interino	Se propone este programa para ser adoptado por países en desarrollo que a la presente han establecido programas únicamente en las grandes ciudades.
IV	Intermedio	Se propone este programa para ser adoptado por países en desarrollo que a la presente han establecido programa de alcance nacional y desean mejorar la eficiencia de la supervisión.
V	Completo	Este programa es similar a aquellos utilizados en países desarrollados, que generalmente han eliminado enfermedades hídricas en abastecimientos públicos de agua. Este manual no es para uso de estos países

Ver el cuadro N°3 para programas ilustrativos de actividades para cada nivel de vigilancia.

CUADRO Nº 3

Sumario de actividad principal para varios niveles de control

Actividades de la organización de supervisión	NIVELES DE SUPERVISION			
	I	II	III	IV
Leyes, regulaciones y planificación	Básicos	Básicos	Intermedios	Completos
Cumplimiento	Como sea necesario de acuerdo a lo establecido.	Como sea necesario de acuerdo a lo establecido.	Como sea necesario de acuerdo a lo establecido.	Como sea necesario de acuerdo a lo establecido.
Normas de agua de bebida	Unicamente bacteriológicos	Unicamente bacteriológicos	Bacteriológicos y algunas químicas	Equivalente a los de la OMS.
Asistencia técnica	Limitada	Pasiva	Para casos especiales	Activa
Entrenamiento de directivos	En el trabajo	En el trabajo más cursos cortos	En el trabajo más cursos cortos.	Previs más en institutos técnicos
Entrenamiento de operadores y obreros de agua potable	Ninguno	Seminarios	Seminarios más cursos cortos	Previs más en institutos técnicos
Investigaciones sanitarias	Ciudades grandes	Todas las ciudades	Todo lo urbano y algo rural	Todo lo urbano y mucho de lo rural
Aprobación de fuentes	Como sea necesario de acuerdo a lo establecido en el numeral anterior			
Toma de muestras y monitoreo	Grandes ciudades	Todas las ciudades	Áreas urbanas	Áreas urbanas y especialmente rurales
Métodos normales de análisis	Bacteriológicos y cloro	Bacteriológicos y cloro	Bacteriológicos y algunos químicos	Equivalente a los de la OMS
Requerimientos de informes	Sobre 4	Sobre 4	Sobre 4	Sobre 4
Acciones de soluciones	Como sea necesario	Como sea necesario	Como sea necesario	Como sea necesario
Establecimiento de laboratorio	Uso de laboratorio existente, pág. Laboratorio de Salud	Laboratorio Central especializado	Laboratorios regionales si fueran necesarios	Laboratorios completamente equipados

CUADRO Nº 3

(Continuación)

Actividades de la organización de supervisión	NIVELES DE SUPERVISION			
	I	II	III	IV
Diseñador de normas y criterios	Aconsejable	Aconsejable	Aprobación informal	Aprobación normal
Control de conexiones cruzadas	Ninguno	Ninguno	Aconsejable	Programa activo
Código de plomería	Ninguno	Ninguno	Aconsejable	Codificado
Servicios de soporte a laboratorio	Ninguno	Ninguno	Aconsejable: medios y reactivos	De acuerdo a evaluación de laboratorio de plantas grandes
Materiales y aditivos normalizados	Ninguno	Ninguno	Aconsejable	Lista aprobada
Regulaciones de abastecimiento de agua de tipo especial	Hospitales y terminales ferroviarias	Locales de educación, cuarteles, prisiones	Proyectos grandes de vivienda	Otros en los cuales se presenten concentraciones de población
Temporal	Ninguna	Campos grandes	Ferias, mercados	Otras en las cuales se presenten concentraciones de población
Tanques	Ciudades grandes	Todas las ciudades	Áreas urbanas	Otras en las cuales se presenten concentraciones de población.
Agua embotellada	Ninguna	Ninguna	Grandes compañías embotelladoras	A todas las compañías embotelladoras.
Hielo	Ninguna	Ninguna	Grandes compañías manufactureras	A todas las compañías manufactureras

NOTA: Los programas, niveles y actividades de vigilancia mostrados en este Cuadro son para propósitos de ilustración únicamente y deben ser considerados conjuntamente con el texto y adaptado a los recursos y a las necesidades de los países en particular. El Cuadro ilustra como el marco de un plan nacional para control de la calidad del agua potable podría ser desarrollado por etapas o niveles; así como un plan de acción para el mejoramiento planificado a largo plazo, a través de avances a un nivel mejorado de control conforme al nivel precedente es alcanzado y consolidado.

Cuadro 4

TOMA DE MUESTRAS E INFORMES PARA RESULTADOS DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS PRESUNTIVOS (P) Y CONFIRMATIVOS (C) EN UNA CIUDAD LATINOAMERICANA

Muestra número/día →	0 →	1 →	2 →	3 →	4
↓ 1	Toma de muestra	P	C		
↓ 2		Toma de muestra	P	C	
↓ 3			Toma de muestra	P	C
↓ 4				Toma de muestra	P
Alerta	→	1 →	2 →	3 →	4

**NOTAS:**

1. Alerta-Si la muestra para coliformes es presuntiva (formación de gas) (1), el ingeniero encargado del sistema de agua debe ser alertado por teléfono (2) el resultado del ensayo debe ser subrayado con tinta roja, (3), las conclusiones son escritas con rojo en los respectivos formatos y (4) se toma una segunda muestra.
2. Alerta-Si la primera muestra es confirmativa y la segunda muestra es presuntiva, (1) debe escribirse una carta al ingeniero (2), la carta debe ser entregada en manos del ingeniero, (3), se envía una copia al Director del Sistema de Agua Potable, (4), se tomará una tercera muestra.
3. Alerta-Si la segunda muestra es confirmativa y la tercera presuntiva, (1) entregar una nueva carta en manos del Director del Sistema de Agua Potable, con una clara nota de que cualquier carta subsecuente se entregará al Alcalde, (2) se envía una copia al Ingeniero, (3), se toma una cuarta muestra, (en el caso del ejemplo, se ha presentado dos veces la tercera alerta en la creciente historia del laboratorio).

4. Alerta-Si la tercera muestra es confirmativa y la cuarta presuntiva (1), se entrega una nueva carta en manos del Alcalde (Este caso aún no se ha presentado nunca).

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

REDES DE DISTRIBUCION - ASPECTOS URBANOS

Ing. Bernardo Gómez  
Consultor a Corto Plazo, OPS/OMS-CEPIS

STOM 11

TALLER PARA INGENIEROS SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 22-26 de octubre de 1979

CONTENIDO

I.	CLASIFICACION DE LAS TUBERIAS . . . . .
II.	DISPOSICION . . . . .
III.	BASES PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO . . . . .
IV.	ZONAS DE PRESION . . . . .
V.	CAPACIDAD DE LAS TUBERIAS . . . . .

Los elementos que conforman los sistemas de distribución han sido diseñados dentro de ciertas condiciones y criterios que pueden considerarse como sus características técnicas y que constituyen una de las bases sobre las cuales deben orientarse las actividades correspondientes, tanto a la operación y al mantenimiento de sus estructuras como a los trabajos que se desarrollan paralelamente todos los días, para ampliarlas a fin de adaptarlas al crecimiento natural de los usuarios y de las redes. A continuación se resumen algunos de los principales aspectos.

#### I. CLASIFICACION DE LAS TUBERIAS

Las tuberías que intervienen en los sistemas de abastecimiento de agua pueden clasificarse en cuatro grupos (ver figura 1), así: (1) de aducción o conducción, cuya característica consiste en que transportan el agua de un punto a otro sin prestar servicio en la ruta; (2) las de alimentación, que abastecen a las tuberías de distribución y a los hidratantes pero no llevan conexiones domiciliarias; (3) las de distribución, que son abastecidas por las de alimentación y dan servicio a las conexiones domiciliarias; (4) las conexiones domiciliarias, que llevan el agua de las de distribución a cada uno de los usuarios. El conjunto (2), (3) y (4) constituye la red de distribución.

Esta clasificación es de gran interés para diversas actividades tales como reglamentos, contabilidad de costos, cobro de cuotas y cánones a los usuarios, distribución de válvulas, control del servicio, programas de mantenimiento, etc.

#### II. DISPOSICION

Las redes que distribuyen el agua a los usuarios están constituidas por las tuberías principales y por las conexiones domiciliarias. Las domiciliarias abastecen cada una a una edificación específica; las principales abastecen a varias domiciliarias.

Las tuberías principales deben colocarse paralelamente al eje de la vía (ver figura 2) y las domiciliarias normalmente a él; cualquier otra disposición confunde y complica la prestación del servicio. En la figura 3 se señalan dos modalidades que se encuentran comúnmente en las redes y que son generalmente la consecuencia de una mala práctica en la operación y el mantenimiento, práctica que debe evitarse en todas las formas.

Las tuberías deben ubicarse en las vías públicas, de acuerdo con su tipo y con la posición relativa de las estructuras de los otros servicios. La figura 4 muestra esa disposición para una calle ideal de una sola pista. En las veredas conviene instalar las tuberías de distribución porque estas requieren frecuentes roturas del pavimento; en las pistas o calzadas es aconsejable situar las de alimentación porque en éstas las roturas son menos frecuentes y en cambio sus fallas pueden afectar las edificaciones, si están muy próximas a ellas. En vías de ancho mayor a 10 metros, parece más económico disponer una tubería en cada vereda. La ubicación de conductos en las vías públicas requiere una reglamentación de la municipalidad correspondiente.

La interconexión de las diferentes tuberías de alimentación y de distribución debe establecerse de tal manera que se logre (1) un número mínimo de válvulas, (2) una operación sencilla. En estas condiciones, una disposición como la indicada en el esquema "A" de la figura 5 debe evitarse, porque resulta costosa y complicada. En cuanto sea posible y económicamente recomendable, es preferible introducir empalmes y establecer válvulas, como las que se incluyen en los esquemas "B" y "C" de la misma figura. Es interesante notar que un cruce de tuberías como el "C" permite funcionar el hidrante cuando se suspende el servicio en uno de los dos conductos.

Las conexiones domiciliarias, bien sea que tengan o no medidor o que este aparato se coloque dentro o fuera de la edificación, requieren para su control la existencia de una llave o válvula instalada en la vereda, que permita a la institución encargada de la prestación del servicio, interrumpirlo en cualquier momento sin intervención del usuario. Desde el punto de vista comercial, el mantenimiento de este accesorio y de sus cajas es vital tanto para el funcionamiento de la entidad como para el cobro del servicio y para el cumplimiento de los reglamentos por parte de los usuarios. Puede considerarse que es la clave para la adecuada comercialización del servicio. La figura 6 da una idea de la disposición correspondiente en tres casos de conexiones.

#### III. BASES PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo de las redes de distribución tiene por objeto garantizar: (1) que todas las válvulas (a) se encuentran fácilmente, (b) funcionan correctamente, (c) están permanentemente abiertas o cerradas de acuerdo con un plan preestablecido; (2) que todos los grifos o hidrantes se ubiquen fácilmente y se encuentren en buen estado y se puedan operar oportunamente; (3) que las ventosas y purgas funcionen adecuadamente y no presenten desperfectos; (4) que todas las tuberías, elementos y accesorios de la red, tengan la capacidad necesaria y estén libres de fugas. A continuación se incluyen algunas consideraciones aplicables como base para la programación destinada a conseguir los objetivos (1), (2) y (3). Para el (4) se dan amplios detalles en la conferencia sobre fugas y desperdicios.

Para hacer factible el mantenimiento de las válvulas es conveniente: (1) establecer prioridades, (2) adoptar modelos para su instalación, (3) disponerlas adecuadamente. La figura 7 indica en forma gráfica los aspectos que principalmente deben tenerse en cuenta.

Como punto fundamental para la programación debe establecerse prioritariamente la revisión de las válvulas instaladas sobre todas las tuberías de alimentación y sobre las de distribución que estén colocadas en los puntos donde se empalman con aquellas. Así se puede garantizar la continuidad del servicio, por lo menos en los grandes sectores de la localidad.

Las válvulas grandes deben instalarse en cajas que permitan desarmarlas sin necesidad de hacer excavaciones. Esto se refiere a las mayores de 300 mm (12") que generalmente son horizontales y disponen de un conjunto de engranes que requiere engrasarse periódicamente. Las restantes pueden tener cajas de mínimas dimensiones.

Es conveniente adoptar una disposición tanto de las tuberías como de las válvulas en los empalmes de las líneas de alimentación con las de distribución, que facilite no solamente la operación sino los programas preventivos. La figura 7 muestra en el esquema "A" una disposición con gran número de válvulas y el "B", una forma que puede adoptarse para facilitar, tanto el movimiento de ellas como los programas preventivos, ya que reduce al mínimo las válvulas con prelación, es decir las de revisión más frecuente.

Para los hidrantes (grifos) de incendio (ver figura 8), es conveniente que las revisiones sean hechas básicamente por el cuerpo de bomberos de la localidad, en colaboración con el personal del servicio de agua. Las reparaciones necesarias, como consecuencia de esas revisiones, deben ser ejecutadas por la empresa y lo más rápidamente posible. Esta combinación evita conflictos en casos de incendio y garantiza el programa de mantenimiento.

Para permitir el funcionamiento adecuado de las tuberías y su correcta operación, es necesario que las líneas, especialmente las de aducción y alimentación, dispongan de ventosas y purgas, cuya revisión hay que hacerla con suficiente frecuencia como para garantizar que en cualquier emergencia cumplan debidamente con su objetivo. Una forma puede ser incluirlas como parte del mantenimiento preventivo de las válvulas, estableciendo una prioridad especial. Para facilitar el desarrollo de las actividades correspondientes, se requiere disponer de cajas adecuadas, tales como las indicadas en la figura 9.

#### IV. ZONAS DE PRESION

El conjunto de elementos que constituyen el sistema de distribución de una localidad debe poder garantizar que en cualquiera de sus puntos la presión (1) a la hora de máxima demanda no sea menor que un valor mínimo preestablecido en tal forma que pueda abastecerse una edificación normal; (2) a la hora de mínima demanda o en condiciones estáticas, no sea mayor de un máximo que corresponda económicamente con las estructuras del sistema. Generalmente se adoptan para el diseño, mínimos de 20 metros y máximos de 60. Estos valores garantizan un servicio adecuado para edificaciones de dos a tres plantas y el empleo de tuberías y accesorios para cargas de trabajo de 105 metros (150 psi) que pueden operarse con presiones estáticas de 70 metros y sobrepresiones de un 50%.

Para conseguir estas condiciones es indispensable que, cuando las diferencias de nivel, entre los puntos más alto y más bajo de la localidad, sea mayor que la diferencia entre las presiones máxima y mínima adoptadas, más unos cinco metros y en algunos casos, como el de líneas de aducción muy largas, se divida esa localidad en zonas de presión.

La zonificación de una localidad se hace, como lo indica la figura 10 y se requiere: (1) ubicar los reservorios de tal manera que la cota de fondo de ellos no sea menor que la cota del punto de mayor elevación más la presión mínima, adicionada en 5 metros; (2) establecer las líneas divisorias de presión, materializándolas como se indica en la figura 10; (3) comunicar una zona con la siguiente, a base de válvulas reductoras de presión o por intermedio de cámaras o de reservorios rompepresiones.

La zonificación de presiones en una localidad plantea a la operación y mantenimiento algunos problemas cuyas consecuencias se manifiestan en deficiencias del servicio, daños en las tuberías, etc. Para minimizarlos es conveniente: (1) emplear válvulas reductoras de presión, solamente en sistemas de cierto tamaño, donde se disponga de personal idóneo para su operación y mantenimiento. En los demás, el quiebre de presiones conviene hacerlo a base de reservorios o de cámaras. (2) Hacer las divisiones entre zonas, como indica la figura 10. No es conveniente emplear válvulas para esto porque su control es difícil. (3) Sin embargo, cuando sea necesario el uso de válvulas como divisorias, debe emplearse un procedimiento que las diferencie de las demás, tales como cabezotes de sección triangular y no cuadrada que obliguen al uso de llaves especiales para operarlas, las cuales pueden tenerse controladas. También, aún cuando con menos éxito, pueden emplearse cajas de figura especial que le recuerden al operador de válvulas la prohibición de accionarlas.

#### V. CAPACIDAD DE LAS TUBERIAS

Como se indicó arriba, la condición de diseño establece presiones máximas de 60 metros y mínimas de 20 metros. Debido a la variación horaria de la demanda en los diferentes puntos de la red, la presión se mantiene oscilando, pero sus valores extremos no deben apartarse mucho de la media. Cuando esto sucede es posible que la gran variación se deba a tres causas: (1) una obstrucción o una válvula entreabierta que producen una gran pérdida de carga, especialmente a las horas de máxima demanda; (2) una válvula cerrada que obliga al agua a pasar por tuberías que no tienen capacidad para esto; (3) uno o más tramos de la red sobrecargados. En todos los casos la falla debe investigarse y corregirse.

La figura 11 da una idea de la forma como se produce el problema. Puede apreciarse que a las horas de máxima demanda las pérdidas de carga son elevadas y las presiones llegarán a bajar hasta cero; en cambio de noche, al disminuir el flujo de agua las presiones se acercan al valor estático, siempre que no haya una fuga en el sistema.

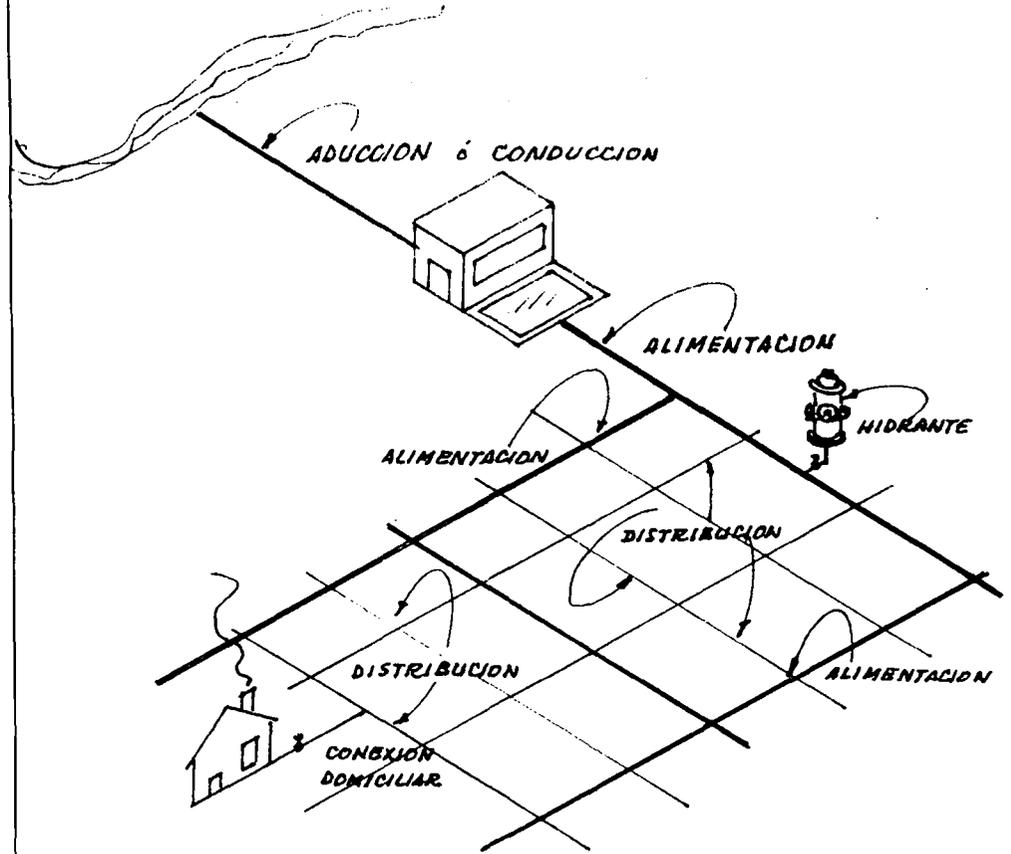
Esto hace ver que la operación de los sistemas de distribución requiere mantener una medida sistemática de la presión en las redes a fin de descubrir oportunamente los problemas. Además es indispensable siempre que se vaya a conceder una conexión domiciliar para un uso que se salga del predominante, por ejemplo una gran fábrica; o también cuando se quiera abastecer un nuevo desarrollo urbano se debe hacer una determinación de la capacidad del sector y del impacto que producirá la demanda correspondiente.

La figura 12 da una idea de la forma de hacerlo a base de provocar una caída de presión, abriendo un hidrante o grifo de incendio. El flujo se determina con la fórmula  $Q_1 = 27 D^2 \sqrt{P}$ , en que  $Q_1$  es el gasto en gpm; D = diámetro de la boca en pulgadas y P la presión en libras que se mide por medio de un piezómetro o de un manómetro. Antes de abrir el hidrante se lee la presión  $P_1$  en un punto P; cuando se abra se lee otra vez la presión  $P_2$  en ese punto y en el manómetro del hidrante. El gasto máximo adicional que puede obtenerse en la zona, dejando una presión residual de 20 metros, por ejemplo, será:

$$Q_2 = (S_2)^{0.54} / (S_1)^{0.54}$$

en que  $S_2 = P_1 - 20$ ;  $S_1 = P_1 - P_2$

Si la cantidad de agua que requiere la nueva conexión domiciliar o el nuevo desarrollo urbano es mayor que  $Q_2$ , el sector debe reforzarse.



- ADUCCIONES - SERVICIO EN EL EXTREMO
- ALIMENTACION - SIN CONEXIONES DOMICILIARIAS
- DISTRIBUCION - CON CONEXIONES DOMICILIARIAS

FIGURA 1

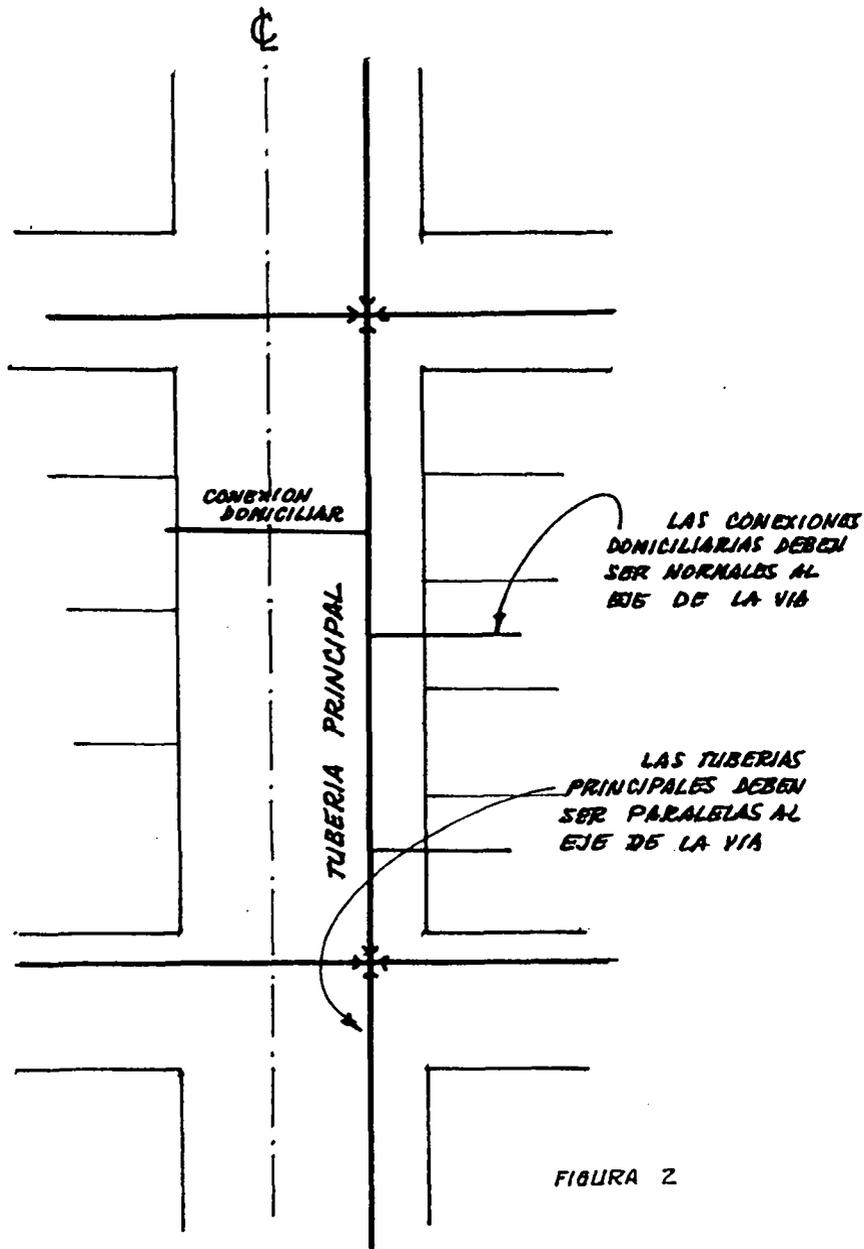


FIGURA 2

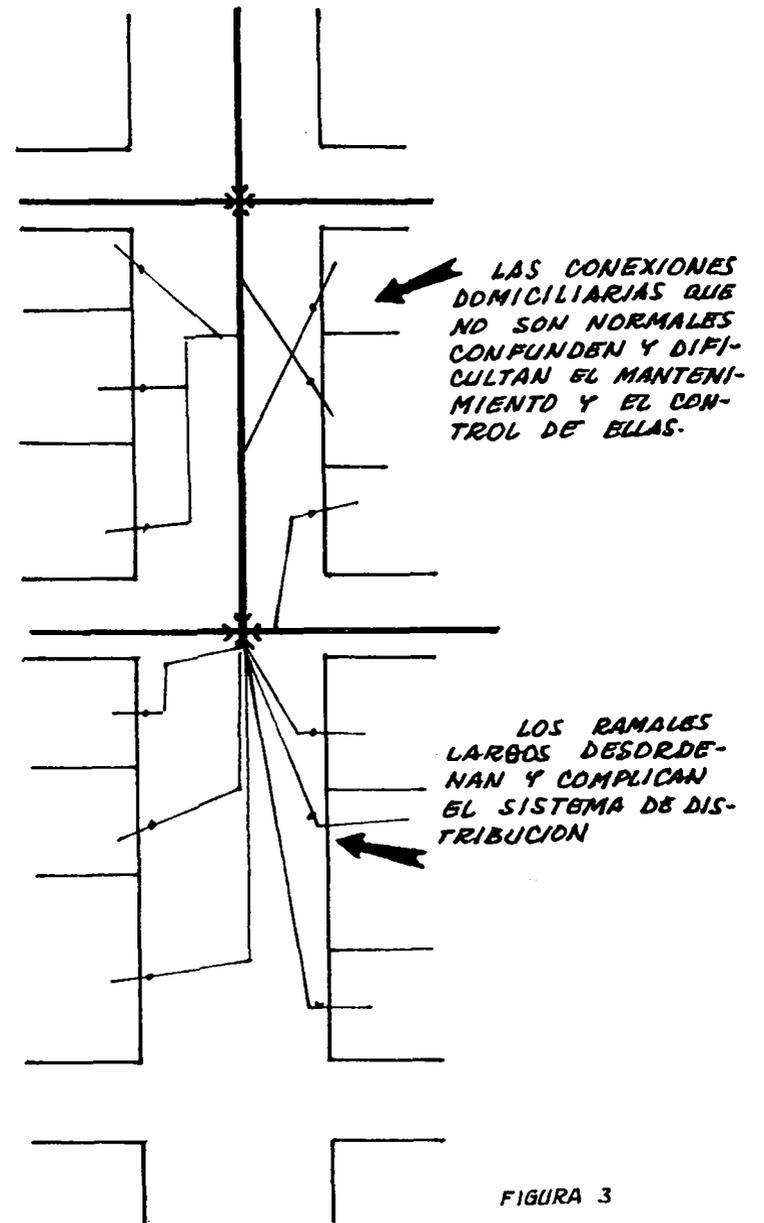
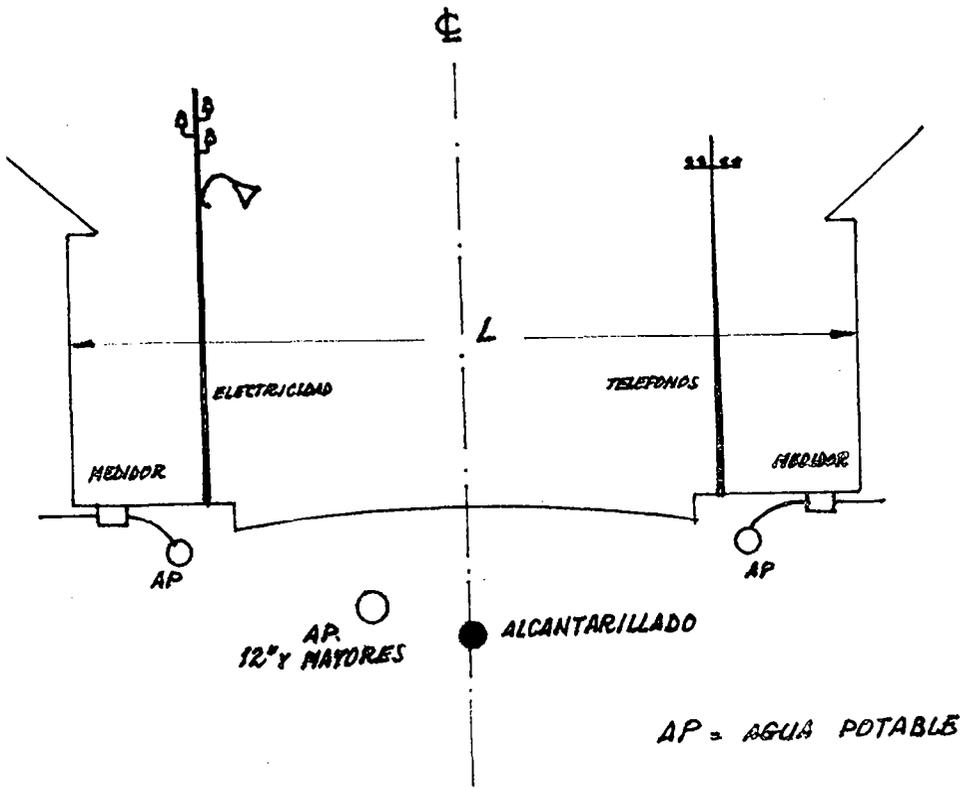


FIGURA 3



PARA  $L > 10 \text{ m}^2$  DEBE EMPLEARSE DOBLE TUBERIA.

FIGURA 4

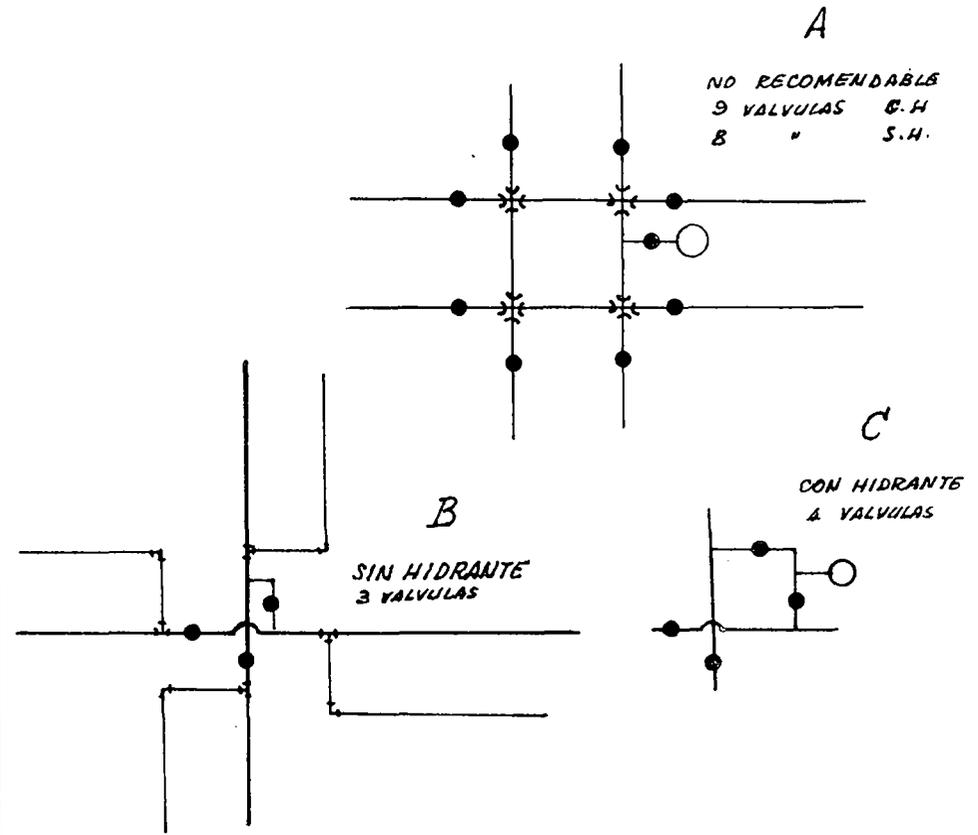


FIGURA 5

TODA CONEXION DOMICILIARIA DEBE TENER UNA LLAVE DE CONTROL EXTERNA

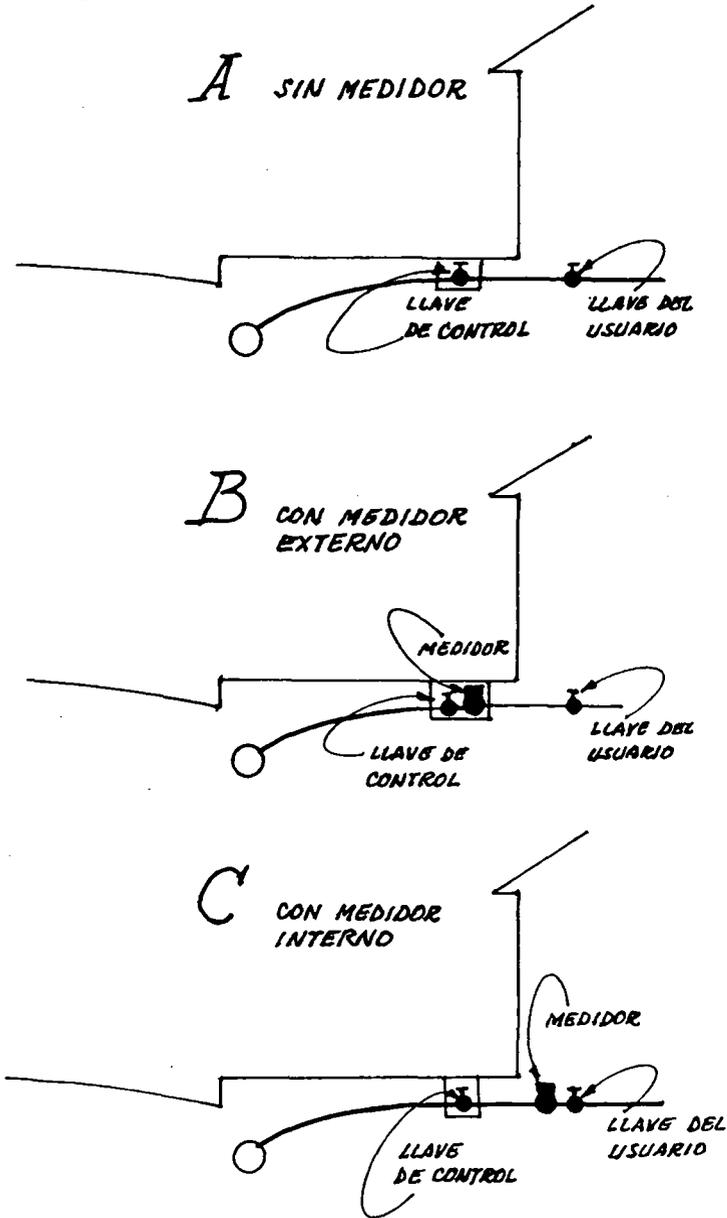


FIGURA 6

BASES PARA PROGRAMAR EL MANTENIMIENTO DE VALVULAS

PRELACIONES

- LAS VALVULAS DE LAS TUBERIAS DE ALIMENTACION
- LAS LATERALES DE LAS TUBERIAS DE ALIMENTACION

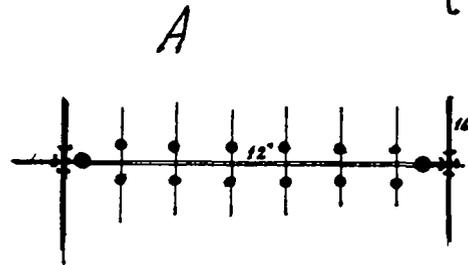
- ESTO GARANTIZA LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO EN LOS GRANDES SECTORES

INSTALACION

- LAS VALVULAS GRANDES MAYORES DE 12" DEBEN TENER CAJA ESPECIAL



- LAS RESTANTES SOLAMENTE TAPA.



SI SE ADOPTAN LAS PRELACIONES Y SE BUSCAN DISPOSICIONES DE VALVULAS COMO LA INDICADA EN "B" EL MANTENIMIENTO SE HACE MAS RACIONAL Y FACTIBLE

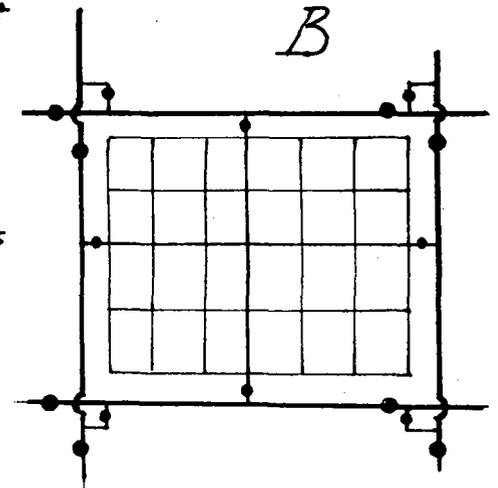
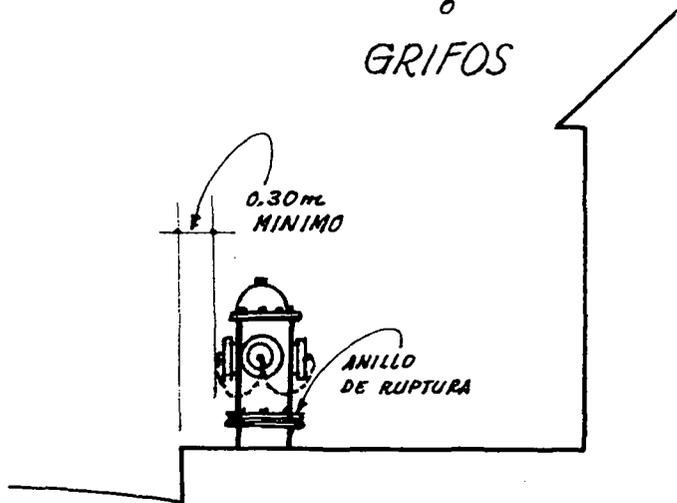


FIGURA 7

# HIDRANTES

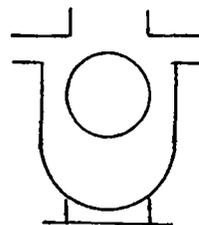
o  
GRIFOS



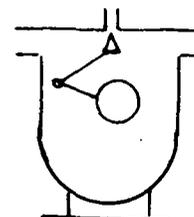
- 1 - LA REVISION DEBE SER HECHA POR EL CUERPO DE BOMBEROS
- 2 - LAS REPARACIONES POR LA EMPRESA INMEDIATAMENTE SE RECIBA EL INFORME DE BOMBEROS
- 3 - LA PINTURA DEBE SER FRECUENTE Y LOS COLORES CODIFICADOS.

FIGURA 8

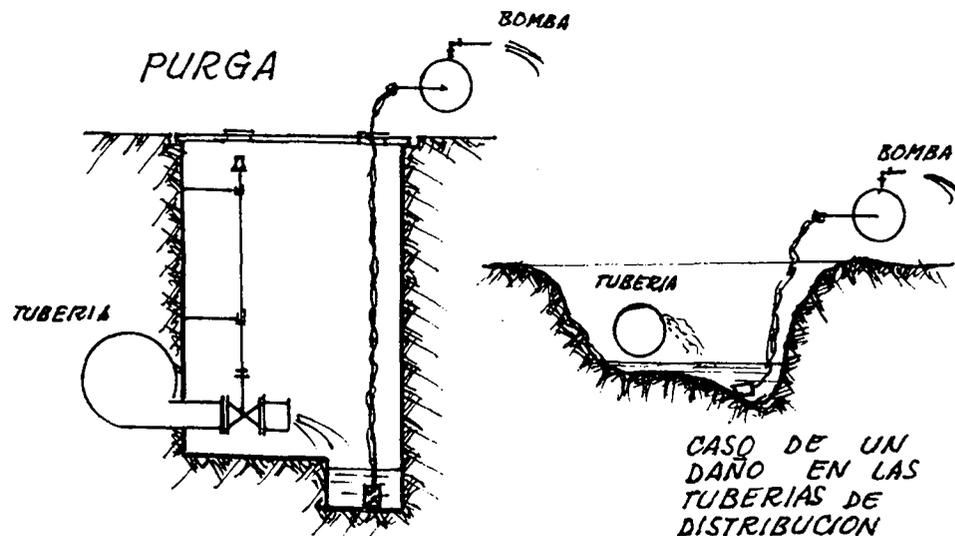
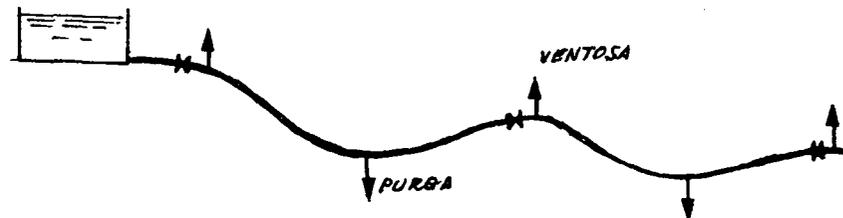
# VENTOSAS



ORIFICIO GRANDE



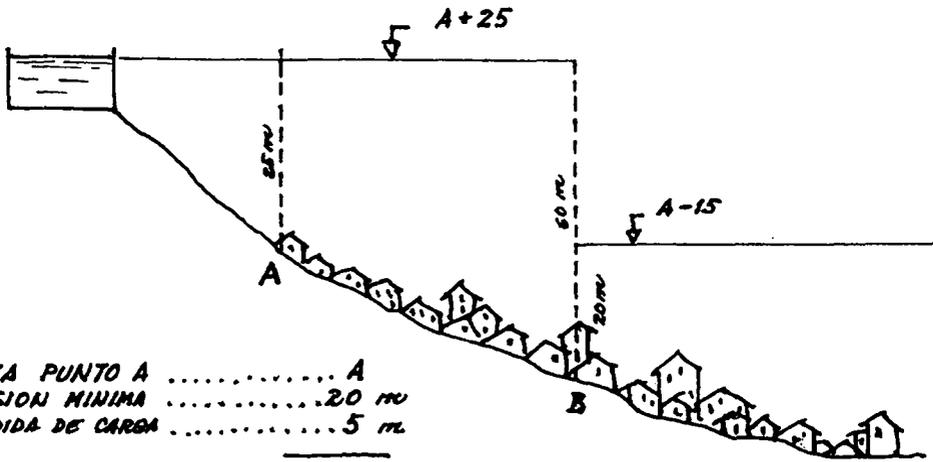
ORIFICIO PEQUEÑO



CASO DE UN DAÑO EN LAS TUBERIAS DE DISTRIBUCION

FIGURA 9

### ZONAS DE PRESION



COTA PUNTO A ..... A  
 PRESION MINIMA ..... 20 m  
 PERDIDA DE CARGA ..... 5 m

COTA REBOSE TANQUE ..... A+25 m

PRESION MAXIMA ..... 60 m

DIFERENCIA - COTA B ..... A-35 m = COTA VALVULA REDUCTORA

PRESION MINIMA ..... 20 m

COTA PIEZOMETRICA AGUAS  
 ABAJO DE VALVULA RP EN B... A-15

..... LÍNEA DIVISORIA  
 ~~~~~ CURVA DE NIVEL

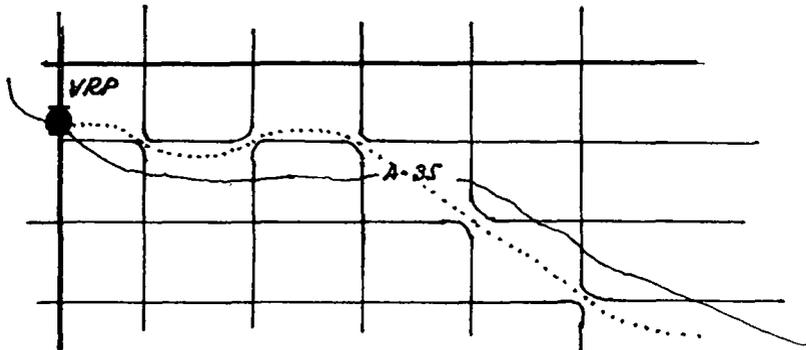
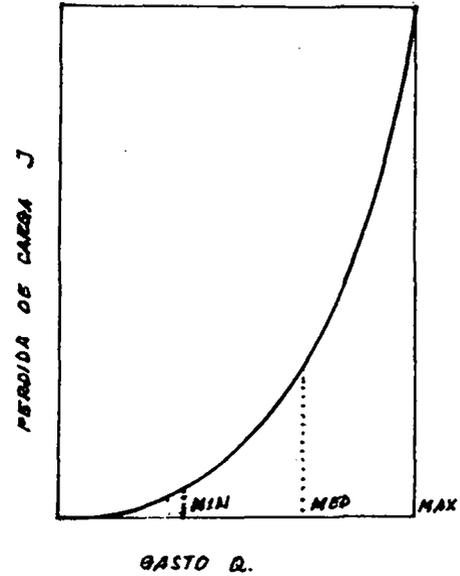


FIGURA 10



LAS TUBERIAS  
 SOBRECARGADAS DAN  
 GRANDES DIFERENCIAS  
 DE PRESION EN EL  
 DIA.

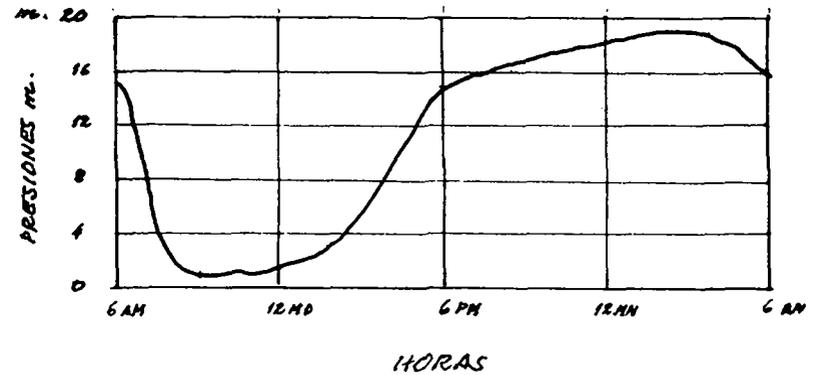


FIGURA 11

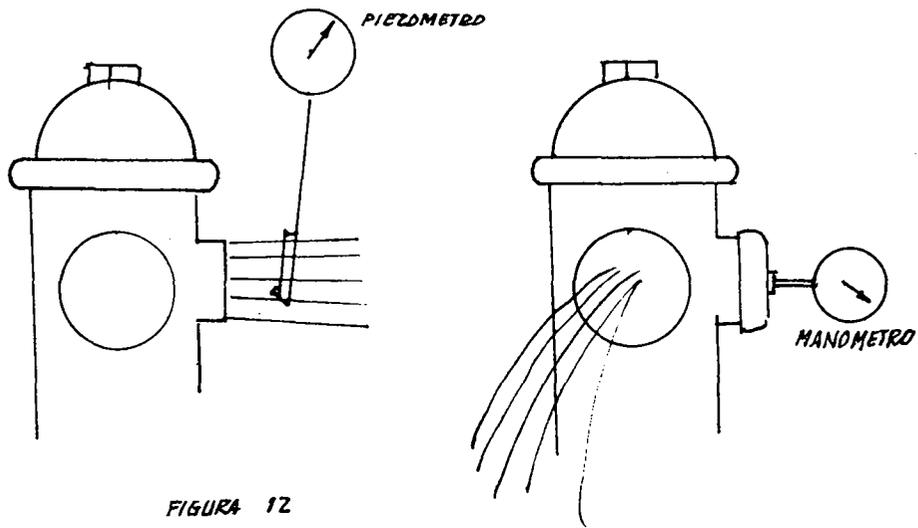
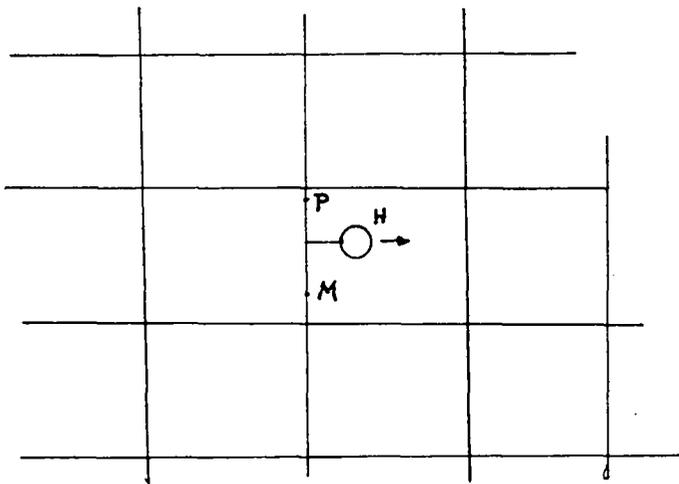


FIGURA 12

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

REDES DE DISTRIBUCION - ASPECTOS RURALES

Ing. Edmundo Ossio  
Investigador Encargado, Proyecto DTIAPA

STOM 12

TALLER PARA INGENIEROS SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 22-26 de octubre de 1979

CONTENIDO

|                                                                                               | <u>Página</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1. TIPOS DE SISTEMAS . . . . .                                                                | 12.3          |
| 2. ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LAS REDES DE DISTRIBUCION DE ACUE-<br>DUCTOS RURALES . . . . . | 12.3          |
| 2.1 RESERVORIO . . . . .                                                                      | 12.3          |
| 2.2 TUBERIAS . . . . .                                                                        | 12.4          |
| 2.3 CAMARAS ROMPE-PRESION . . . . .                                                           | 12.5          |
| 2.4 VALVULAS Y PURGAS . . . . .                                                               | 12.5          |
| 3. RESUMEN . . . . .                                                                          | 12.6          |

Para fines del presente año los sistemas de acueductos rurales en el Perú sumarán 957 unidades sirviendo alrededor de 1.5 millones de habitantes repartidas en 1,060 localidades a través de todo el territorio nacional.

En la operación de ese gran número de sistemas se suscitan variados inconvenientes que, muchas veces, atentan contra su buen funcionamiento.

En el presente trabajo se describen algunas de las ocurrencias más usuales identificando sus causas y las posibles medidas a tomar para prevenir su ocurrencia.

## 1. TIPOS DE SISTEMAS

Según sea la configuración y los elementos constitutivos de los sistemas de acueductos rurales, estos pueden clasificarse en cuatro grandes grupos. Listados en orden ascendente de complejidad operativa son:

(Perú)

|                                 |     |                       |  |  |
|---------------------------------|-----|-----------------------|--|--|
| (GST) Gravedad sin tratamiento: | 62% | del total de sistemas |  |  |
| (GCT) Gravedad con tratamiento: | 20% | " " " "               |  |  |
| (BST) Bombeo sin tratamiento:   | 16% | " " " "               |  |  |
| (BCT) Bombeo con tratamiento:   | 2%  | " " " "               |  |  |

La alta incidencia de los sistemas GST se explica en el elevado número de poblaciones asentadas en las estribaciones interandinas donde existe abundancia de manantiales y afloramientos de agua de excelente calidad.

## 2. ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LAS REDES DE DISTRIBUCION DE ACUEDUCTOS RURALES

### 2.1 Reservorio

De acuerdo a su ubicación en la red, se le denomina de cabecera o flotante, ya sea que se encuentre antes o después de la línea de distribución.

A menudo se ha observado que los reservorios flotantes en sistemas de bombeo permanecen vacíos la mayor parte del tiempo, debido a que los usuarios acostumbran hacer el almacenaje en casa y, en su afán de proveerse de agua, mantienen los grifos abiertos en espera de la llegada de ésta, al iniciarse el bombeo, dejando a las partes bajas de la red y al reservorio flotante sin agua hasta cuando decidan cerrar sus grifos.

Operación: Ninguna.

Mantenimiento: El mantenimiento preventivo de los reservorios consiste en la inspección periódica del estado de las estructuras y la detección de filtraciones y fugas, así como también su limpieza.

Las acciones tendientes a subsanar las deficiencias detectadas en las inspecciones, tales como reparación de las filtraciones y fugas, pertenecen al mantenimiento correctivo.

## 2.2 Tuberías

### 2.2.1 Distribución

Por lo general, rara vez sobrepasan las 8 ó 10 pulgadas, siendo los diámetros más comunes menores o iguales a 4 pulgadas.

Debido a que las poblaciones rurales tienden a crecer en forma alargada (a lo largo de carreteras o ríos) la configuración de la red se caracteriza por poseer una de tipo arterial o abierto, excepto en las poblaciones más desarrolladas.

En el Perú el 93% de las tuberías son de 4 pulgadas o menos y las longitudes tendidas varían desde un kilómetro, las más pequeñas, hasta 15 kilómetros o más las más grandes.

Operación: Al crecer las ciudades la red crece con ellas. Si no se toma debida cuenta de la localización de las ampliaciones en un plano de replanteo, hecho bastante común, se corre el riesgo de tener que recurrir a costosas labores para la reubicación de la red en reparaciones futuras.

Asimismo, el crecimiento de la red sin una previa consulta técnica da lugar a deficiencias en el servicio por superación de las capacidades de diseño. Este hecho obliga a recurrir a la operación de las válvulas de la red para racionar las horas y los sectores de servicio.

Mantenimiento: El mantenimiento preventivo consiste en la ejecución de programas periódicos de inspección de fugas, los cuales son raramente realizados.

Forman parte del mantenimiento correctivo las acciones realizadas para reparar las roturas y fugas detectadas o notificadas. Entre las causas más comunes de rotura de tubería se cuentan las ocasionadas por cargas vivas (50%); las producidas por la exposición de la tubería o la acción climática (35%), que la vuelve frágil y quebradiza; y aquellas como movimientos sísmicos, hundimientos y vandalismo.

Por otro lado, la causa más común de las fugas son los empalmes inadecuados en la construcción, la cual no necesariamente se manifiesta en el momento de iniciar el servicio.

### 2.2.2 Conexión domiciliaria

La parte más susceptible la constituye el empalme de ésta con la red, la cual, cuando se hace rígidamente, tiende a fisurarse o romperse por las vibraciones o hundimientos producidos.

Al igual que para las tuberías de distribución, el crecimiento no planificado conlleva a tornar la red en un sistema intrincado y costoso, muy difícil de operar y mantener.

Operación: Comprende las ampliaciones, la instalación y lectura de medidores (elemento de actual implementación en acueductos rurales peruanos) y las acciones para el corte del servicio.

Mantenimiento: El mantenimiento preventivo está limitado a la ejecución de programas de control de medidores y de desperdicios, mientras que, las acciones de cambio o reparación de medidores y fugas del lado de la red representan las acciones del mantenimiento correctivo.

### 2.3 Cámaras rompe-presión

Atendiendo a la configuración topográfica de los pueblos, a veces resulta necesaria la utilización en la red de elementos reductores de presión por consideraciones de costo y, además, para evitar daños a los elementos ubicados en las partes más bajas o para reducir la incidencia de fugas.

El elemento más usado con este fin es la cámara rompe-presión, por ser de bajo costo y requerir una mínima operación y mantenimiento. A menudo estas unidades sufren de la voladura de la empaquetadura de cierre, por no utilizar o haber sido reemplazada la válvula de alta presión. Ello produce continuas pérdidas de agua y la formación de charcos y aniegos.

Operación: Ninguna.

Mantenimiento: El chequeo periódico del nivel de rebose y la inspección del estado de conservación de la estructura constituyen las acciones de mantenimiento preventivo y el cambio o reparación de las fallas observadas, el mantenimiento correctivo.

### 2.4 Válvulas y purgas

Son utilizadas, básicamente, para la distribución de caudales en la red, para el cierre, reparación y control de presiones del servicio. Asimismo, las purgas son de utilidad para la evacuación de sedimentos depositados en los puntos muertos de la red y en la desinfección posterior a las reparaciones.

Debido a su elevado costo y las labores que demanda su mantenimiento, el número de válvulas debe ser el mínimo indispensable. Los criterios para su ubicación están basados, principalmente, en consideraciones de espaciamento y no toman en cuenta las densidades de servicio, dando lugar a la existencia de válvulas que muy rara vez son operadas, propiciando así su atascamiento.

Otros problemas comunes a las válvulas lo constituyen el desprendimiento del espejo, la no hermeticidad en el sellado por la formación de depósitos y las filtraciones y pérdidas de agua por la porosidad del material de fundición.

Operación: De manera general puede decirse que la operación de redes de distribución de acueductos rurales equivale a la operación de válvulas, ya que ésta acción consume gran parte del tiempo del personal encargado del sistema. Las acciones comprendidas en la operación son la manipulación de las válvulas para la habilitación o corte del servicio. Para variar presiones en la red, para limpieza de sedimentos depositados en los chicotes y terminales de la red y en las depresiones.

Mantenimiento: Como medida preventiva para evitar el atascamiento y para chequear la calibración de las válvulas, debe establecerse un programa sostenido de manipulación de válvulas. Durante la ejecución de estos programas se aprovechará para la inspección de filtraciones y fugas y estado de conservación de las cajas.

Debe tenerse especial cuidado en actualizar los planos de replanteo y ubicación de válvulas, pues de ellos depende la ordenada y eficiente ejecución de los programas de mantenimiento.

El mantenimiento correctivo comprende el cambio o reparación de los desperfectos observados en las inspecciones del sistema.

En la tabla adjunta se resumen las acciones de operación y mantenimiento mencionadas. Además de los aspectos indicados, inciden en la operación y mantenimiento de los sistemas:

El tipo de actividad principal de la comunidad, que incide en las horas del día donde la demanda es máxima; el número de conexiones, que incide en el monto del dinero a recaudar y éste, a su vez, determinará el nivel de operación del sistema; el equipo y herramientas disponibles, los cuales serán requeridos en trabajos de fontanería; y el stock de repuestos disponibles.

El aspecto administrativo, representado básicamente por las juntas administradoras de agua potable, tiene vital importancia en la buena marcha y éxito de un sistema de acueducto rural. Esta junta está conformada por vecinos y miembros de la comunidad y su función es la de fiscalizar, efectuar cobros, llevar el estado de cuentas, velar por la actualización de los planos e informar a la comunidad de sus actividades.

### 3. RESUMEN

Todas las acciones mencionadas, comprendidas en la operación y mantenimiento de un sistema de distribución de acueducto rural, tienen por finalidad:

- Asegurar un servicio continuo y seguro de abastecimiento por el bien de la salud de la comunidad, adelantándose a la ocurrencia de males o corrigiéndolos.
- Proteger las inversiones realizadas mediante la pronta corrección de los defectos y averías.
- Evitar la ocurrencia de daños en la propiedad pública y privada debidos a las averías del sistema.

ACCIONES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO MAS COMUNES  
EN LAS REDES DE DISTRIBUCION DE ACUEDUCTOS RURALES

| ELEMENTO DE LA RED       | OPERACION                                                                                       | MANTENIMIENTO                                                                |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|                          |                                                                                                 | PREVENTIVO                                                                   | CORRECTIVO                          |
| Reservorio               | Ninguna                                                                                         | Inspección, limpieza                                                         | Fugas, filtraciones                 |
| Tuberías:                |                                                                                                 |                                                                              |                                     |
| Distribución             | Ampliaciones                                                                                    | Control de fugas                                                             | Reparación de roturas y fugas       |
| Conexiones domiciliarias | Ampliaciones, instalación, lectura de medidores                                                 | Control de fugas<br>Control de desperdicios<br>Control de medidores          | Cambio de lo requerido              |
| Cámaras rompe-presión    | Ninguna                                                                                         | Chequeo sistema cierre automático. Inspección de filtraciones, fugas y daños | Cambio o reparación de lo requerido |
| Válvulas y purgas        | Manipulación para habilitar o cortar servicio, reducir pérdidas nocturnas, reparación de la red | Manipulación para evitar atascamiento. Control de calibración                | Cambio o reparación                 |

- 13.1 -

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

CONTROL DE FUGAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA

Ing. Herbert Farrer  
Consultor a Corto Plazo OPS/OMS-CEPIS

STOM 13

TALLER PARA INGENIEROS SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 22-26 de octubre de 1979

- 13.2 -

NOTA

Esta presentación equivale a los capítulos 4 y 5 del Manual "Optimización de Redes de Distribución" preparado por el ingeniero Herbert Farrer del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) de San José, Costa Rica.

El CEPIS está preparando una edición completa de dicho Manual, la cual estará próximamente a disposición de las personas interesadas.

Capitulo 4

GENERALIDADES SOBRE FUGAS

Y SU CONTROL

CONTENIDO

|     |                                                            |
|-----|------------------------------------------------------------|
| 1.  | INTRODUCCION . . . . .                                     |
| 2.  | DEFINICIONES USUALES Y TERMINOLOGIA . . . . .              |
| 3.  | CAUSAS QUE PRODUCEN LAS FUGAS . . . . .                    |
| 4.  | TIPOS DE FUGAS . . . . .                                   |
| 5.  | METODOS EMPLEADOS EN EL CONTROL DE FUGAS . . . . .         |
| 5.1 | SONDEO. . . . .                                            |
| 5.2 | SECTORES DE FUGAS . . . . .                                |
| 5.3 | TRAZADORES. . . . .                                        |
| 6.  | INDICES DE MEDICION DE FUGAS Y NIVELES ACEPTABLES. . . . . |
| 6.1 | DETERMINACION DE LOS NIVELES DE DESPERDICIO . . . . .      |
| 6.2 | METODOS PARA DEFINIR LOS NIVELES DE DESPERDICIO . . . . .  |
| 7.  | ASPECTOS ECONOMICOS. . . . .                               |

## 1. INTRODUCCION

En este capítulo de generalidades sobre fugas y su control, se presentan las definiciones más usuales, terminología y definiciones que se emplean en optimización de redes de distribución, así como las causas que producen las fugas, los métodos empleados en su control, los niveles aceptables de desperdicio y los aspectos económicos envueltos en el problema.

## 2. DEFINICIONES USUALES Y TERMINOLOGIA

Control del desperdicio: es el sistema implantado para controlar el agua producida y no vendida y la que desperdician los usuarios. El término incluye las operaciones de medición, localización, reparación e implantación de políticas de educación, buen uso y conservación del agua.

Desperdicio: cantidad de agua que se fuga de los tanques y sistemas de tubería principales, de servicio y dentro de los domicilios; así como el agua mal usada por las autoridades del acueducto y los usuarios.

Consumo: medida del agua que es utilizada en la actualidad por los usuarios. Se obtiene por medida directa en el campo.

Consumo doméstico: medida del agua que es utilizada por los usuarios para uso doméstico exclusivamente. Incluye el desperdicio dentro de la propiedad.

Consumo industrial: medida del agua que es utilizada por los usuarios para uso industrial exclusivamente. Incluye el desperdicio dentro de la propiedad.

Demanda: caudal estimado de agua necesario para el abastecimiento en el tiempo.

Desperdicio en la red: diferencia entre el volumen de agua producida y facturada menos los volúmenes utilizados para combatir incendios, volúmenes tomados de los hidrantes para ser repartidos en camiones tanque, volúmenes sustraídos clandestinamente de los hidrantes para otros usos, servicios no censados, diferencia en consumo entre los servicios medidos y directos y bajo registro de los medidores. Se expresa como porcentaje del agua producida en función del período de facturación.

Porcentaje no facturado: volumen de agua producida y no facturada, calculado como porcentaje del agua producida en base al período de facturación.

Fugas en la red permisibles: caudal por conexión que se encuentra bajo los niveles permisibles de fugas en la red.

Fugas en la red no permisibles: caudal de agua en exceso sobre la razón de fugas en la red permisibles.

Sector de fugas: parte aislada de la red para efectos de medición y control de las fugas y del desperdicio en la misma.

Fuga: escape de agua individual, de cualquier parte del sistema.

Localización (detección) de fugas: aplicación de procedimientos y técnicas preestablecidas para localizar exactamente la ubicación de una fuga.

Caudal mínimo nocturno: caudal mínimo registrado por un medidor en un sector de fugas y que ocurre normalmente entre la 1 y las 3 horas de la madrugada.

Consumo nocturno: medida del agua que es utilizada por los usuarios en horas de la madrugada, normalmente entre la 1 y las 3 horas de la madrugada. Incluye el desperdicio nocturno.

Desperdicio nocturno: porcentaje del consumo nocturno que puede atribuirse a desperdicio.

Porcentaje de desperdicio: razón expresada como porcentaje del consumo nocturno; al consumo total menos el consumo industrial, establecido normalmente para un período de 24 horas y para un sector dado (ver párrafo 6).

Sondeo: Metodología de campo que consiste en pasar una varilla de sondeo, hidrófono, geófono o detector electrónico sobre los accesorios expuestos y sobre las tuberías, para localizar las fugas en las tuberías.

Es de hacer notar que muy a menudo se utilizan como sinónimos los términos "fugas" y "desperdicio" cuando estrictamente las "fugas" son parte del "desperdicio".

En adelante, al referirnos a "control de fugas" entenderemos los programas y métodos empleados para localizar y reparar las fugas en las redes.

## 3. CAUSAS QUE PRODUCEN LAS FUGAS

El desperdicio del agua por fugas puede llevarse a cabo en las siguientes partes del sistema:

1. Fugas en las tuberías principales, debido a uniones defectuosas, corrosión, fracturas, fallas en las incorporaciones.
2. Fugas en los tanques por reventaduras o rebalse.
3. Fugas en las tuberías de servicio abandonadas o no en uso.
4. Fugas en las tuberías de servicio y en los medidores.
5. Fugas dentro de los domicilios por corrosión o roturas en las tuberías, por empaques, válvulas y boyas en mal estado.
6. En sistemas o sectores de abastecimiento intermitente por rebalse, al dejar las válvulas abiertas en espera de abastecimiento.

Ahora, dentro de los factores que afectan el desperdicio por fugas, anotamos los siguientes:

1. Alta presión: Para una fuga dada el desperdicio aumenta con la presión por cuanto la velocidad de salida, proporcional a la raíz cuadrada de la presión, aumentará con ésta. Aun cuando no es necesariamente cierto lo expuesto para todas las fugas, ya que algunas tienen orificios que varían de tamaño con la presión como un tubo rajado longitudinalmente, para un sector dado sí existe una razón única presión/desperdicio.

Los consumos, asimismo, aumentan con la presión.

2. Corrosión externa: Los problemas asociados con tuberías ferrosas, principales y de servicio, son bien conocidos y el debilitamiento causado por la corrosión las hace más susceptibles a fallas. Bien conocido es el fenómeno de grafitación, causado por la disolución del hierro, quedando como resultado del proceso una estructura débil grafitada.
3. Corrosión interna: El acarreo de aguas corrosivas o agresivas puede causar en ocasiones ataque a las tuberías metálicas causando debilitamiento y fugas.
4. Efectos del tráfico: Las tuberías antiguas ubicadas bajo superficies no diseñadas para aceptar las cargas impuestas por el tráfico moderno son muy susceptibles a fracturarse, especialmente aquellas con uniones rígidas. Las tuberías de instalación reciente pueden sufrir daños similares si la profundidad y compactación del terreno sobre las mismas no son adecuadas.
5. Movimientos del suelo: Esta es una causa bien conocida de fugas, especialmente en suelos arcillosos que se expanden y contraen de acuerdo con el contenido de humedad. Los temblores afectan las tuberías produciendo fugas, en mayor o menor grado, dependiendo de su intensidad.
6. Mala calidad de materiales y accesorios: La mala calidad de materiales y accesorios redundan en una vida útil corta, reparaciones defectuosas y frecuentes que implican, a su vez, desperdicios de agua.

En una reparación de un tubo de servicio en una calle asfaltada, los costos de horadación, mano de obra y reposición de la superficie de la calle, corresponden aproximadamente al 76% del costo total siendo el 24% restante el costo de la tubería y accesorios, lo que demuestra que no se justifica adquirir materiales y accesorios de mala calidad.

7. Mala calidad de mano de obra: Mala calidad de mano de obra implica trabajos defectuosos y de mayor duración en la ejecución. Por lo tanto, es indispensable el adiestrar al personal en las técnicas de fontanería más adecuadas y al mismo deberá dotársele del equipo y herramientas necesarias.

8. Golpe de Ariete: Los resultados de este efecto son fallas debidas a altas presiones que producen fracturas en las tuberías principales y de servicio y desplazamientos de los bloques de anclaje. Debe adiestrarse al personal a abrir y cerrar las válvulas con tiempo suficiente para impedir la formación de ondas de sobrepresión.
9. Defectos dentro de los domicilios: Un alto porcentaje de las fugas dentro de los domicilios se deben a malos empaques en las válvulas y a boyas defectuosas. En algunos casos es rentable para el acueducto proceder por su cuenta a realizar estas reparaciones siempre y cuando se motive al usuario de que debe continuar manteniendo sus instalaciones en buen estado.

En experiencias de reempaque de válvulas en Villa Esperanza de Pavas, en abril de 1976 y en noviembre de 1977, se obtuvieron los siguientes resultados.

|                                        | ABRIL 1976 | NOVIEMBRE 1977 |
|----------------------------------------|------------|----------------|
| Total de casas revisadas               | 930        | 930            |
| Casas reparadas                        | 221        | 168            |
| Costo por casa revisada                | ¢ 2,50     | ¢ 2,15         |
| % Casas con defectos internos          | 24%        | 18%            |
| % Del costo, materiales                | 5%         | 7%             |
| % Del costo, mano de obra y transporte | 95%        | 93%            |

Tabla 1  
RESULTADO DEL REEMPAQUE EN PAVAS

10. Edad de las tuberías: En general la corrosión externa e interna se incrementa con el tiempo y por consiguiente conforme más viejas son las tuberías mayor incidencia de fugas se presenta.
11. Electrólisis: Este fenómeno se presenta en situaciones donde las tuberías metálicas se encuentran en un medio húmedo debido, generalmente, al nivel del agua freática. En esta condición el material de las tuberías se deposita en el terreno. La práctica, muy común en nuestro medio, de conectar la tierra de aparatos eléctricos como calentadores de agua a la cañería de acero galvanizado acentúa este fenómeno. En ningún caso esta conexión debe permitirse.
12. Otros factores: Otros factores que deben anotarse son aquellos propios del usuario, tales como, mal uso de las válvulas y accesorios por cierres bruscos y fuertes, uso desmedido, el dejar los tubos abiertos sin control, situaciones todas íntimamente ligadas con la educación. Por ello, es necesario hacer conciencia en el usuario de que el agua debe utilizarse razonablemente.

#### 4. TIPOS DE FUGAS

Las fugas en las redes de distribución pueden considerarse clasificadas en tres categorías diferentes, a saber:

Categoría 1: Fugas muy pequeñas tales como juntas con goteos en tuberías principales y de servicio, válvulas con goteos, o sea, fugas que no son detectables por técnicas normales.

Categoría 2: Fugas pequeñas que, en conjunto, contribuyen en un alto porcentaje al desperdicio total en un sector de fugas, pero que no son aparentes, excepto cuando se lleva a cabo una inspección detallada y algunas veces el uso de técnicas más sofisticadas tales como medición, sectorio y sondeo con equipos acústicos.

Categoría 3: Fugas grandes que se evidencian por varios mecanismos tales como roturas en el pavimento y agua fluyendo visiblemente, ruido en las casas, baja de presión y falta de agua.

En términos generales las fugas de la categoría 3 serán reportadas y reparadas independientemente de los sistemas establecidos para detección y control del desperdicio y las secciones de mantenimiento de distribución deberán tener la capacidad suficiente para repararlas en cuanto son reportadas.

Es de hacer notar que en sistemas grandes, por ejemplo los de las ciudades mayores, las fugas clasificadas dentro de esta categoría brotan a una razón constante.

Este hecho ha sido comprobado en varias ciudades (capítulo 16).

En el acueducto de San José las fugas reportadas en 1978 fueron las siguientes:

|                  |       |
|------------------|-------|
| Enero            | 914   |
| Febrero          | 819   |
| Marzo            | 893   |
| Abril            | 778   |
| Mayo             | 869   |
| Junio            | 951   |
| Julio            | 1046  |
| Agosto           | 1005  |
| Setiembre        | 880   |
| Octubre          | 991   |
| Noviembre        | 1118  |
| Diciembre        | 766   |
| TOTAL            | 11030 |
| PROMEDIO MENSUAL | 919   |

Tabla 2  
FUGAS REPORTADAS EN SAN JOSE 1978

Los valores mayores de junio, julio y agosto corresponden a los meses en que se incrementa la presión por una mayor producción al inicio del período de lluvias y el valor bajo de diciembre se debe posiblemente al período de vacaciones colectivas y a la gran cantidad de gente que sale de la ciudad.

Estos datos son los utilizados para determinar las unidades y cuadrillas de mantenimiento de distribución.

La categoría 2 contiene algunas fugas que pueden ser localizadas por medios de control de fugas y por consiguiente ser reparadas y contiene algunas otras que pareciera que no es rentable detectar y reparar por su magnitud.

Las fugas contenidas en la categoría 1 únicamente pueden ser localizadas descubriendo en su totalidad las tuberías.

Por lo expuesto, los programas de control y detección de fugas van encaminados hacia la localización y reparación de la mayoría de las fugas contenidas dentro de la categoría 2.

En adelante, al referirnos a "control de fugas" entenderemos los programas y métodos empleados para localizar y reparar las fugas de categoría 2 en los sistemas de conducción, almacenamiento y distribución de agua.

## 5. METODOS EMPLEADOS EN EL CONTROL DE FUGAS

La localización y reparación de las fugas individuales representa la culminación de todos los esfuerzos e inversiones realizadas en control de fugas. A continuación se exponen los métodos más utilizados que están basados en sondear o detectar el sonido que hace el agua al escapar por el orificio del tubo donde se produce la fuga. En el capítulo 11 se expone el origen del sonido de las fugas y los efectos del ambiente sobre los mismos. Algunos de estos métodos localizan primero los tramos con mayor incidencia de fugas para luego realizar en ellos el sondeo y localizarlas.

### 5.1 Sondeo

En algunas ciudades europeas se practica únicamente el sondeo para toda el área que cubre el sistema. Aquellas áreas con mayor incidencia de fugas se sondean con mayor frecuencia. La metodología empleada se expone también en el capítulo 11. Para llevar a cabo el sondeo se utilizan desde varillas de sondeo muy sencillas hasta sistemas electrónicos de lo más complejos.

### 5.2 Sectores de fugas

Consiste en subdividir las zonas de abastecimiento en sectores menores o "sectores de fugas": de tal forma que a cada uno de ellos le entre el agua por un solo punto en donde se coloca un medidor o un pitómetro. Cerrando escalonadamente las válvulas desde el punto más alejado hacia el medidor, de tal forma que al cerrar algunas claves queden sectores sin agua, se determina que tramos de estos sectores tienen mayor incidencia de fugas y, en ellos, se efectúa el sondeo.

En San José, como aún estamos en la primera vuelta, el sondeo se realiza en todo el sector. En el capítulo 5 se expone el funcionamiento de los sectores de fugas.

### 5.3 Trazadores

Para localizar fugas difíciles de detectar se utilizan trazadores tales como el óxido nitroso. La metodología y equipos necesarios son complejos. La tubería en cuestión se aísla y se llena con agua mezclada con óxido nitroso. Al aplicar presión el agua mezclada escapa por las fugas. Con un instrumento y técnicas de absorción infrarroja se muestrea el agua dentro del tubo a través de perforaciones colocadas a lo largo del mismo para detectar la presencia y concentración de óxido nitroso.

El replanteo de la concentración a lo largo del tubo provee una muy buena guía de los sitios donde se presentan las fugas. El uso de cloro como trazador da buen resultado y es más fácil de detectar. Este método fue desarrollado por el Water Research Centre, ver capítulo 16.

## 6. INDICES DE MEDICION DE FUGAS Y NIVELES ACEPTABLES

Cualquier método empleado para establecer los niveles de desperdicio o de fugas debe ser simple de obtener, consistente e independiente de efectos locales.

Los niveles reales de desperdicio prácticamente no se pueden establecer con gran exactitud; 40% por ejemplo es un dato tal vez ligeramente mejor que 45%. La reducción del desperdicio, a menudo más fácil de determinar, es más importante que el establecimiento del porcentaje de desperdicio.

### 6.1 Determinación de los niveles de desperdicio

Básicamente hay dos métodos de determinar los niveles de fugas:

1. Medida del caudal mínimo nocturno.
2. Por inferencia o cálculo partiendo de los datos de caudales producidos y facturados, estimando el agua tomada de los hidrantes, el consumo de los servicios fijos y el bajo registro de los medidores. También puede estimarse el consumo total estimando el consumo domiciliario e industrial y comparándolo con la producción. En nuestro caso, aun con un sistema que tiene un alto porcentaje de medición, el primer método produce resultados más consistentes.

### 6.2 Métodos para definir los niveles de desperdicio

Básicamente hay dos métodos para definir los niveles de fugas:

1. Desperdicio como un porcentaje de algún parámetro de flujo total.
2. Desperdicio expresado como una cantidad por conexión en un tiempo unitario.

Antes de establecer las mejores formas y los parámetros a utilizar para definir los niveles de desperdicio es necesario considerar dos aspectos: el consumo industrial y la relación entre el desperdicio real y el desperdicio medido.

Al examinar el efecto del consumo industrial en los niveles de consumo debe tenerse en cuenta:

- a. La variabilidad del consumo industrial en el tiempo.
- b. Que el agua utilizada por la industria no es desperdicio en la red.

Por cuanto la demanda industrial para un área dada es única para esa área y puede variar estacionalmente y a lo largo de la semana de trabajo, debe tenerse especial cuidado al incluir estos consumos, al definir niveles de consumo y al realizar pruebas en sectores. Debe tenerse especial cuidado en cerrar, si es posible, los medidores industriales durante las pruebas de caudal nocturno mínimo o leerlos durante el período de la prueba y durante el día en que ésta se realiza.

Raramente el desperdicio es medido directamente pero es inferido de otras medidas, normalmente del caudal nocturno mínimo en el sector.

En la mayoría de los casos se considera que el desperdicio en un área determinada es el agua que entra al área de noche, menos el agua utilizada por la industria de noche, menos el consumo doméstico nocturno, menos los volúmenes de almacenamiento. El consumo nocturno doméstico es tan pequeño que puede ignorarse usualmente. El análisis de cartas gráficas revela que únicamente se da un uso esporádico y puntual. El consumo nocturno industrial puede ser medido. Sin embargo, habiendo rebajado los consumos nocturnos domésticos e industriales, se puede suponer que el consumo nocturno corresponde al desperdicio? Aun en el caso de que el sector se alimente por un solo punto, en el cual está instalado el medidor, el caudal mínimo nocturno no corresponde al nivel de desperdicio del sector, ya que el medido corresponde únicamente a algunas horas de la madrugada y no a todo el día, en donde la presión afectará el nivel de desperdicio.

Varios factores importantes gobiernan la diferencia entre los niveles de desperdicio reales en un sector y los medidos directamente en pruebas nocturnas. Entre ellos podemos citar:

1. En condiciones normales de abastecimiento a un sector el agua entra por varios puntos y no por uno solo, como cuando se lleva a cabo la prueba del establecimiento de la línea de caudal nocturno. Esto afecta el patrón de distribución de presiones.
2. El patrón de presiones durante la noche, con los flujos mínimos, es diferente a los patrones que se establecen durante el día acordes con la demanda.
3. Las presiones en las conexiones a las tuberías principales variarán a lo largo del día acorde con la demanda en el sector.

Por consiguiente, para un sector dado:

$$\text{Desperdicio diario} = 24xKx(\text{flujo mínimo nocturno}) \quad (4-1)$$

donde K es una constante para cada sector que considera los factores anotados y el flujo mínimo nocturno se expresa en volumen por hora.

A la fecha no se tienen datos reales de posibles valores de K y, en ausencia de los mismos, nos vemos forzados a utilizar la expresión:

$$\text{Desperdicio diario} = 24x(\text{flujo mínimo nocturno}) \quad (4-2)$$

Las relaciones que más se emplean para el establecimiento de los niveles de desperdicio son las siguientes:

1. Razón (R) de caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ) a caudal mínimo nocturno ( $Q_{mn}$ ): i.e.: (4-3)

$$R = \frac{Q_{md}}{Q_{mn}} \quad (4-3)$$

En sectores muy bien mantenidos, con niveles bajos de fugas R, está entre 12 y 15.

2. Porcentaje de desperdicio

El porcentaje de desperdicio (%D) se define como:

$$\%D = \frac{\text{Desperdicio} \times 100}{\text{Consumo total-consumo industrial}} \quad (4-4)$$

Este porcentaje muy empleado en la industria del agua tiene la ventaja de que se puede obtener fácilmente a partir de cartas gráficas de registradores instalados de tal forma que el agua entre al sector durante todo un día a través del mismo y, tiene la desventaja, de que no es un término comparable con otros acueductos por la diversidad de definiciones que se le han dado a los términos que involucra. La debilidad del método estriba en el establecimiento del consumo industrial y en el efecto del mismo en todo el sector.

3. Desperdicio por conexión por hora

Este es un buen criterio que tiene varias ventajas entre las que podemos anotar:

- No depende del conocimiento del patrón de consumo del sector a lo largo del día, el cual no es fácil de obtener si no se tienen medidores adecuados.
- La comparación de consumos en los tramos de un cierre escalonado de válvulas en un distrito de inmediato da aquellos con mayor incidencia de fugas.

- La comparación con otros sectores se simplifica y, asimismo, se pueden efectuar comparaciones con otros acueductos, incluso internacionalmente.

Se calcula en la siguiente forma:

$$Dch = \frac{(Q_{mn} - Q_i) 3600}{N} \quad (4-5)$$

donde: Dch = desperdicio por conexión por hora  
 $Q_{mn}$  = caudal mínimo nocturno expresado en l/s  
 $Q_i$  = caudal industrial nocturno expresado en l/s  
N = número de conexiones en el sector

Un valor aceptable de desperdicio en la red por conexión por hora es de 2.50 litros, valor que se puede utilizar para iniciar un programa. Sin embargo, este valor debe investigarse en cada acueducto ya que depende del costo de recuperación del agua y del nivel de desperdicio al que económicamente se puede llegar.

## 7. ASPECTOS ECONOMICOS

Resulta difícil estimar el dinero que ahorra un programa de optimización de sistemas y control de fugas. Los beneficios son de dos tipos:

1. El valor del agua ahorrada.
2. Los beneficios que se obtienen, difíciles de cuantificar económicamente, tales como:
  - El conocimiento exacto de las redes de distribución y la confección de los planos actualizados de las mismas.
  - El conocimiento de todas las válvulas del sistema y su mantenimiento adecuado.
  - El conocimiento de las zonas débiles del sistema para futuros programas de renovación de redes.
  - El conocimiento de la capacidad de las tuberías.
  - En áreas donde la demanda ha sobrepasado los caudales de abastecimiento, un programa de localización y reparación de fugas puede implementar el déficit.
  - Facilidad de resolver problemas en las redes por el conocimiento de las mismas.

Estos últimos beneficios deben ser examinados cuidadosamente y debe asignársele un valor efectivo. Cualquier análisis costo/beneficio es difícil de llevar a cabo pero se puede efectuar una estimación asignando un costo a las fallas y al riesgo asociado a las mismas.

Conforme se avanza en la investigación de sectores de fugas y se reducen las mismas es importante calcular el costo del agua recuperada y compararla con el costo de recuperación de las mismas - equipo, personal, reparaciones - para establecer con el tiempo cual es el nivel económico de desperdicio para el acueducto en cuestión.

En nuestras ciudades, con niveles tan altos de desperdicio como del 35%, una pequeña reducción justifica plenamente el sistema permanente de optimización de los sistemas.

En las referencias Nos. 4 y 7 del capítulo 16 se presenta un análisis económico completo de programas llevados a cabo en Inglaterra.

Capítulo 5

SECTORES DE MEDICION Y

CONTROL DE FUGAS

CONTENIDO

|                                                               | <u>Página</u> |
|---------------------------------------------------------------|---------------|
| 1. INTRODUCCION . . . . .                                     | 358           |
| 2. SECTORES DE FUGAS, DISEÑO . . . . .                        | 358           |
| 3. OPERACIONES EN EL SECTOR Y LOCALIZACION DE FUGAS . . . . . | 363           |
| 4. REPORTES Y REGISTROS . . . . .                             | 369           |
| 5. BENEFICIOS INDIRECTOS . . . . .                            | 369           |

1. INTRODUCCION

En este capítulo se presenta la metodología de trabajo en los sectores de fugas, se dan los criterios de diseño, el planeamiento general para la medición y el control de fugas y el orden estricto que debe seguirse para efectuar los reportes y llevar los registros.

2. SECTORES DE FUGAS, DISEÑO

Para diseñar los sectores se parte de los planos actualizados del sistema y se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Confecciónese un mosaico con los planos escala 1:2000 de la zona a sectorizar.
2. Márquense con flechas en colores las tuberías principales que abastecen la zona.
3. Márquense con color las tuberías de diámetros mayores de la zona.
4. Divídase la zona en sectores pequeños o sectores de fugas considerando que:
  - a. Se puedan aislar completamente mediante válvulas existentes o sea necesario para lograrlo instalar un mínimo de ellas.
  - b. Se pueda abastecer por un punto único en horas de la madrugada.
  - c. El tamaño del sector puede ir desde 200 hasta 2.000 conexiones, dependiendo de si se trata de un sector residencial o industrial, y de la capacidad de abastecimiento del punto escogido como entrada única. Para áreas urbanas residenciales, distritos con 1000 conexiones son satisfactorios. Esto permite colocar registradores Kent de 75 ó 100 mm o pitómetros durante una semana, lo que dará el patrón de consumo.
  - d. Un medidor puede utilizarse para varios sectores de fugas con un juego adecuado de válvulas.
5. Confecciónense planos tamaño carta de los sectores diseñados.

Cumplida esta etapa, debe realizarse una inspección de campo para verificar el estado de las válvulas y la veracidad de los planos, para lo que se recomienda seguir los pasos siguientes:

1. Con el plano de cada sector y los de las esquinas correspondientes verifique que todas las válvulas estén descubiertas, limpias y que operan normalmente para lo cual se cierran y con un geófono se comprueba que el agua no pasa.

2. Repárense las válvulas en mal estado. Con la certeza de que las válvulas operan normalmente continúese el diseño de cada sector para realizar el cierre escalonado de válvulas que permitirá el ir aislando tramos del sector. Utilizando como referencia la figura 6-1 el procedimiento es el siguiente:
  - a. Ciérrense todas las válvulas LIMITES, o sea aquellas que aíslan completamente el sector, marcadas en la figura como círculos llenos.
  - b. Selecciónense las válvulas AUXILIARES, marcadas en la figura con un círculo con un punto en el CENTRO, o sea aquellas que una vez cerradas permitirán que al cerrar las NUMERADAS, marcadas en la figura con un círculo con dos triángulos y un número a la par, vayan quedando tramos sin agua. El consumo de estos tramos al cerrarlos se manifestará en una carta gráfica como una disminución del caudal. Ver figura 5-5.
3. El resto de las válvulas quedará abierto.
4. Al seleccionar las válvulas auxiliares y numeradas deberá tenerse en cuenta lo siguiente:
  - a. Deben empezar a seleccionarse las válvulas auxiliares y numeradas desde el punto más alejado del medidor hacia el mismo.
  - b. Las válvulas numeradas deben estar en un camino corto y continuo, desde la primera hasta la última, para que el operador que las va a cerrar al realizar una prueba de cierre escalonado nocturno realice un recorrido sistemático.
  - c. Debe tomarse en cuenta el sentido de abastecimiento del sector de tal manera que los primeros cierres no dejen sin abastecimiento tramos siguientes.
  - d. Debe tomarse en cuenta que el tiempo durante el cual se lleva a cabo un cierre escalonado es de 3 horas, máximo 3 1/2, sea de la 1 a las 4 de la madrugada y que, dando un tiempo de cierre de 10 minutos, no se pueden cerrar más de 18 válvulas.
  - e. La longitud de tubería principal debe ser más o menos igual en cada tramo correspondiente a cada válvula numerada.
5. Lléñense las columnas del formulario N° 1, figura 5-1, correspondientes al censo o número de CONEXIONES por tramo o "por válvula numerada" y a la longitud en metros correspondientes.

El censo se puede obtener del censo general de A y A, o por conteo directo en el campo y las longitudes de los planos de detalle. En este formulario deben anotarse además las conexiones industriales para cerrarlas durante las pruebas de cierre escalonado o leer su consumo durante las mismas.

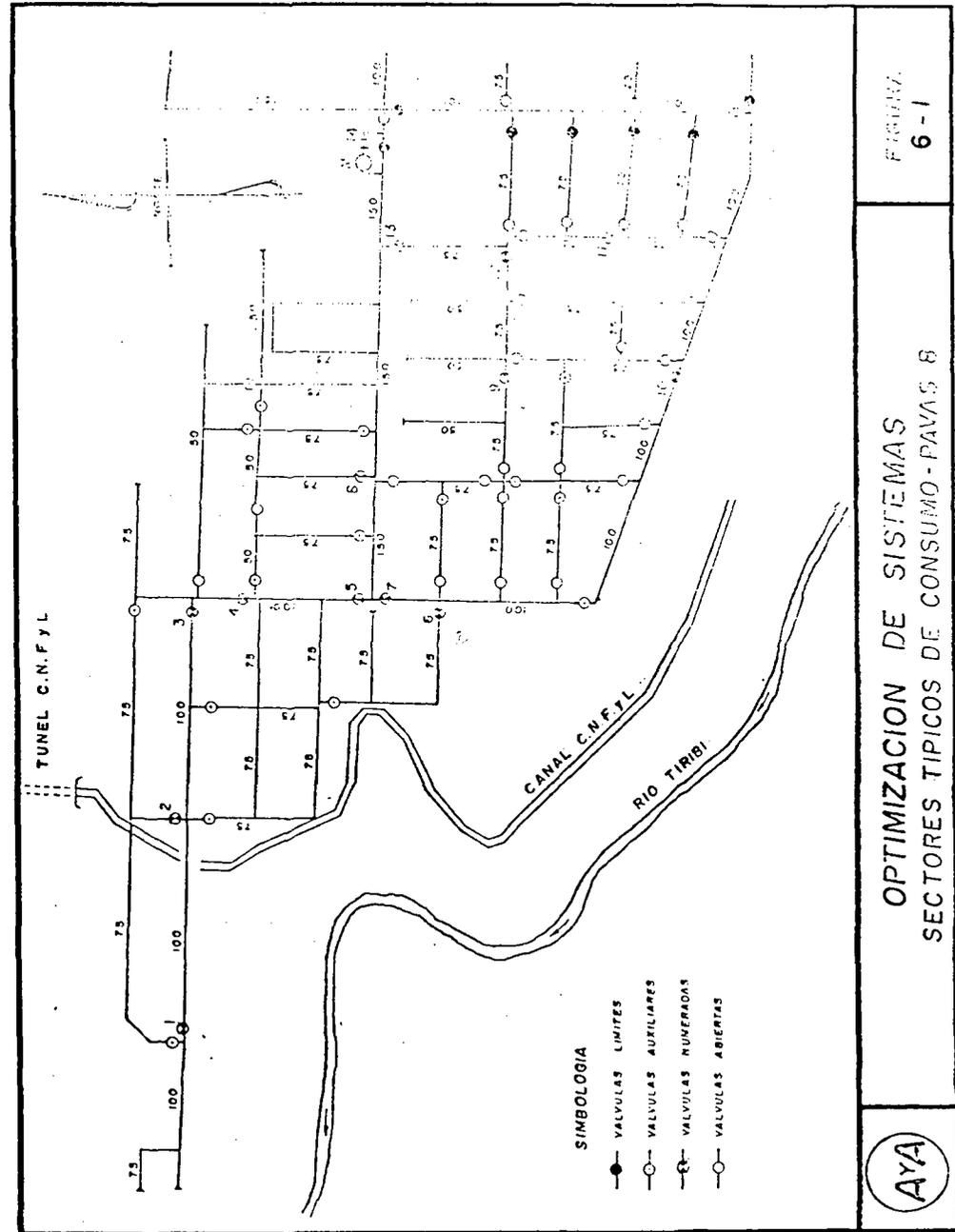


FIGURA 6-1

OPTIMIZACION DE SISTEMAS SECTORES TIPICOS DE CONSUMO-PAVAS B





3. OPERACIONES EN EL SECTOR Y LOCALIZACION DE FUGAS

Una vez diseñado el sector procédase acorde con los siguientes pasos:

1. Procédase a "probar" el funcionamiento del sector. Esta operación consiste en cerrar las válvulas LIMITES y AUXILIARES e ir luego cerrando cada válvula numerada, verificar que los sectores se vayan quedando sin agua.

Lo anterior garantizará que las válvulas operan normalmente y que no hay otras conexiones hacia el sector. La comprobación se hace en hidrantes y en medidores. Puede hacerse de día, previo aviso a los usuarios, o de noche.

2. Por cuanto las fugas a localizar son aquellas de categoría 2, procédase a revisar el sector de tal forma que se reporten y reparen todas las fugas visibles.
3. Instálase un registrador Kent - capítulo 11 - en línea o en by-pass en el punto de entrada o un pitómetro.
4. Colóquese cartas gráficas por un período de una semana con el objeto de conocer el patrón de consumo y el valor del caudal correspondiente al mínimo nocturno  $Q_{mn}$ . Esto no siempre es posible ya que no siempre el abastecimiento a través del medidor es suficiente para satisfacer las demandas máximas diarias. En este caso bastará con un registro de una noche para establecer el caudal mínimo nocturno.

Las figuras 5-2 y 5-3 corresponden a un registro de una semana del sector Pavas 8, figura 6-1, antes y después de reparar las fugas visibles.

Si el  $Q_{mn}$  es igual o menor al permisible no es necesario proseguir con el cierre escalonado de válvulas y posterior detección de fugas. Sin embargo, si el sector se investiga por primera vez es conveniente hacerlo.

5. En el transcurso de la tarde anterior a la noche en la que se realizará el cierre escalonado de válvulas se procede a cerrar las válvulas LIMITES y AUXILIARES. Si esto no fuera posible, por cuanto afecta el abastecimiento normal, las mismas deben cerrarse de 11 de la noche a 1 de la madrugada. Se programa en el formulario N° 2, figura 5-4 las horas a las que se cerrarán las válvulas numeradas y las observaciones de si hubiera que cerrar - previo aviso - alguna conexión industrial o leer el medidor durante la prueba.

Con la debida anticipación debe avisársele a las industrias, hoteles, hospitales y similares la suspensión del servicio en la madrugada.

Cuando sea inconveniente el mantener vacías las tuberías se puede programar el cerrar una válvula numerada, registrar el consumo y abrirla de nuevo, de tal forma que un cierre contenga al anterior.

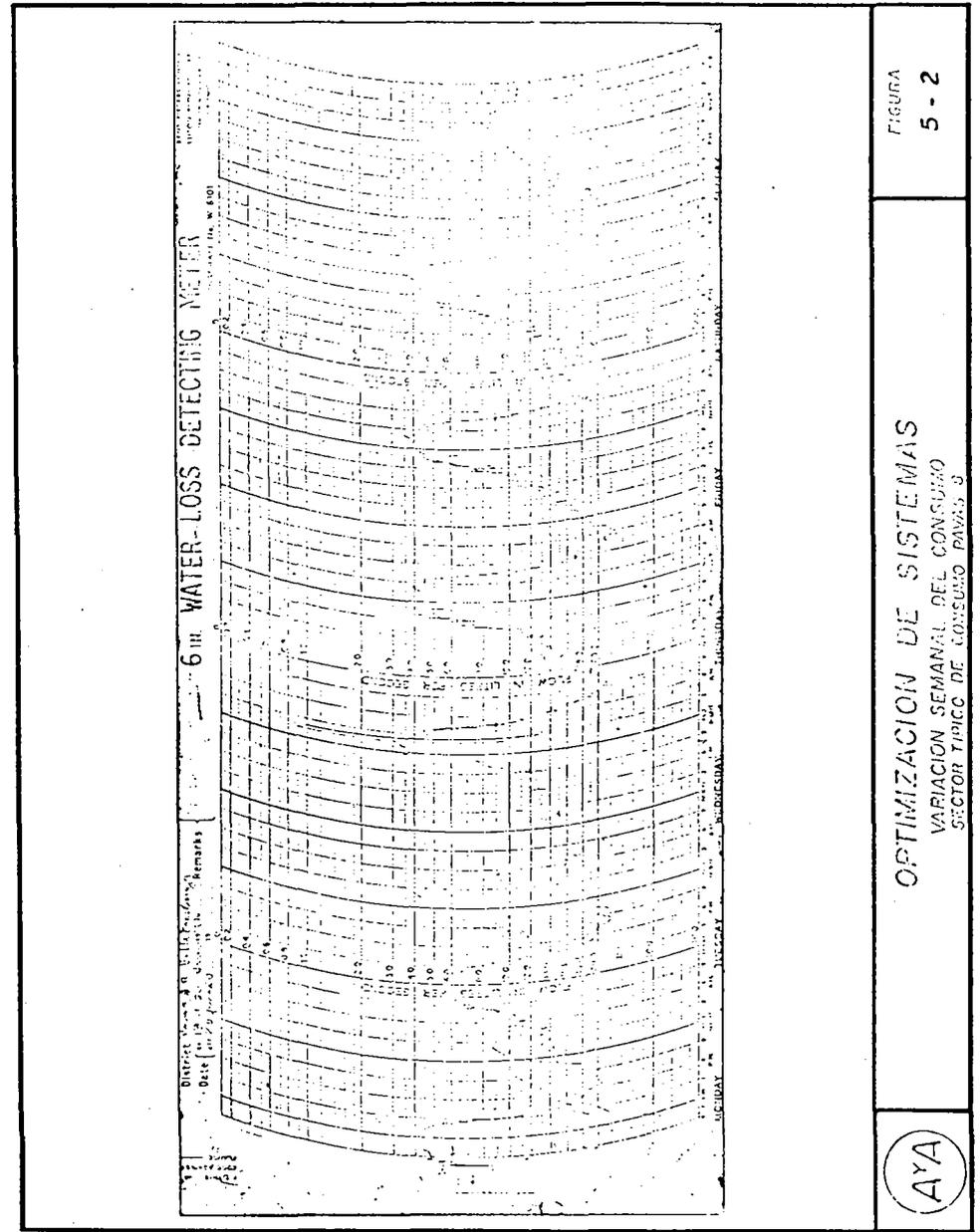


FIGURA 5-2

OPTIMIZACION DE SISTEMAS VARIACION SEMANAL DEL CONSUMO SECTOR TIPICO DE LOSUJO PAVAS 8





Este método tiene la desventaja de que dificulta mucho el análisis de las cartas gráficas. En sectores industriales u hospitalarios se pueden ir cerrando las válvulas numeradas y abriendo algunas auxiliares que suplan agua a los tramos ya registrados.

6. El cierre escalonado se ejecuta con dos vehículos con radio transmisor y dos personas, una en el medidor y otra cerrando válvulas. Antes de iniciar el cierre se acondiciona el medidor con una carta gráfica en la hora exacta.
7. A la hora programada el operador del medidor da la instrucción de cierre de la válvula N° 1 y así sucesivamente hasta cerrar la última que corresponde al medidor.
8. Se procede ahora a abrir todas las válvulas en el orden inverso que se cerraron así: primero las numeradas en sentido descendente y luego las auxiliares y límites.
9. Las gradas que cada cierre ocasiona corresponderán al caudal que estaba consumiendo cada tramo. La figura 5-5 muestra el resultado del cierre escalonado practicado en el sector del ejemplo, Pavas 8.
10. En oficina se calculan los caudales correspondientes a estos grados, se completa el formulario N° 1, pudiéndose ahora saber del sector en cuestión cuales son sus tramos con mayor incidencia de fugas.

Debe procederse ahora al sondeo de los tramos con mayor incidencia de fugas, lo que también debe hacerse en horas de la noche, cuando el nivel de ruido es mínimo. Este sondeo debe planearse para obtener los mejores resultados. Se realiza con varillas de sondeo, hidrófonos, geófonos o detectores electrónicos como el Fisher LT-10 o LT-15.

El geófono es el instrumento que mejor resultado nos ha dado. Para efectuar el sondeo, que se realiza con tres personas, se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Deben tomarse todas las precauciones para proteger al personal que realiza el sondeo de los vehículos que circulan a esas horas de la noche. Si se considera necesario cerrar la vía debe hacerse previa notificación a la autoridad de tránsito.
2. Se sondean los medidores, si se detecta sonido se cierra la válvula del mismo. Si el sonido persiste la fuga está del lado de la calle y debe seguirse hasta localizar su origen. Si el sonido cesa ello implica consumo o desperdicio interno. En este caso se tira bajo la puerta la notificación de la figura 5-6 y se continúa el sondeo. Se sondean en forma ordenada los medidores, accesorios del sistema accesibles y luego el terreno directamente sobre el tubo principal y sobre las conexiones domiciliarias.



Figura 5-6  
 INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS  
 SAN JOSE COSTA RICA  
 ...  
 ...

San José, ... de ... de 1978.

Señor  
 Abogado de Acueductos y Alcantarillados  
 Presencia.

Estimado señor:

Como parte del programa de Control de Fugas, en la madrugada de hoy, se efectuó un sondeo en su medidor, el cual indicó que a esas horas había consumo de agua en sus instalaciones.

Atentamente lo pedimos hacer una revisión de su sistema de agua, a fin de localizar y evitar las fugas, lo que redundará en un menor consumo medido, con el consiguiente beneficio para usted.

Atentamente.

DIRECCION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS  
 OPTIMIZACION DE SISTEMAS

|           |       |
|-----------|-------|
| MEDIDOR # | ..... |
| CODIGO    | ..... |

JCSR / OFICINA DE  
 LUBRIFICACION  
 ...



PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

CONTROL DE DESPERDICIOS EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Ing. Bernardo Gómez  
Consultor a Corto Plazo  
Proyecto DTIAPA

STOM 14

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y MANTENIMIENTO  
DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA  
POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

CONTENIDO

|     |                                                   |
|-----|---------------------------------------------------|
| I.  | GENERALIDADES . . . . .                           |
| 1.  | Alcance . . . . .                                 |
| 2.  | Fugas en el interior de los edificios . . . . .   |
| 3.  | Uso inadecuado. . . . .                           |
| 4.  | Hábitos inconvenientes de consumo . . . . .       |
| II. | CONTROL DEL DESPERDICIO DOMICILIARIO. . . . .     |
|     | Métodos . . . . .                                 |
| A.  | Propaganda y revisiones . . . . .                 |
| B.  | Limitadores de flujo. . . . .                     |
| C.  | Medidores . . . . .                               |
| D.  | Combinaciones y comparación de sistemas . . . . . |

I. GENERALIDADES

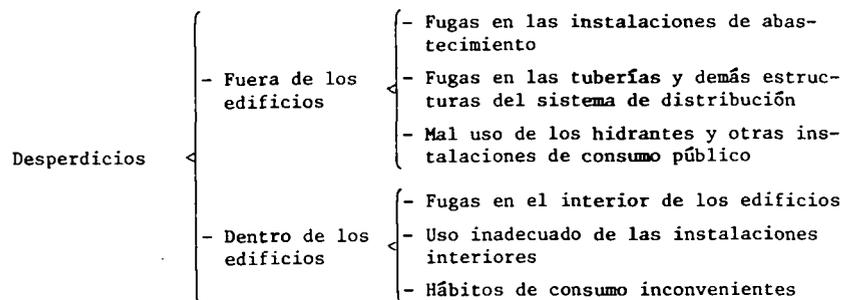
1. Alcance

Tal como se indicó en las conferencias anteriores,\* se entiende por desperdicio en los abastecimientos de agua tanto a la cantidad que se fuga en las instalaciones interiores de los edificios - incluyendo los tanques, sistemas de tuberías y artefactos de servicio - como la que se utiliza mal en ellas y en general en la ciudad por los encargados del abastecimiento, por las autoridades públicas y por los usuarios.

En estas condiciones los desperdicios pueden clasificarse en los dos grandes grupos, según se indica en el cuadro 1. Los aspectos correspondientes a los producidos dentro de los edificios y que se refieren a fugas interiores, uso inadecuado de instalaciones y hábitos inconvenientes de consumo, constituyen una parte de gran incidencia en la magnitud del consumo total de las localidades y requieren, para su control, el desarrollo de programas y sistemas especiales. En el presente trabajo se tratará de consolidar algunas de las informaciones existentes sobre ellos.

Cuadro 1

CLASIFICACION DE LOS DESPERDICIOS



\* Véase conferencia por ingeniero Herbert Farrer sobre fugas en los sistemas de distribución.

2. Fugas en el interior de los edificios

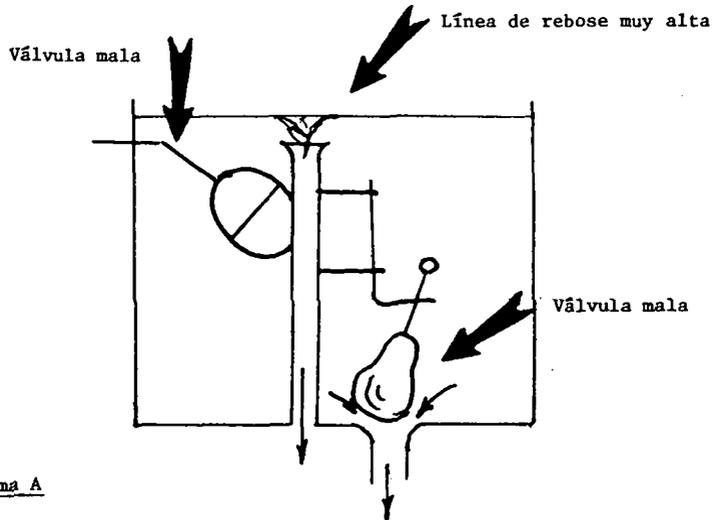
Estas consisten en el flujo incontrolado que se produce en forma permanente como consecuencia de desperfectos en las tuberías del sistema y en sus accesorios así como en las llaves de control y en los aparatos de servicio. La magnitud de este desperdicio depende de varios factores que se conjugan en cada caso, tales como la presión, el diámetro de las tuberías, la ubicación del desperfecto, el tamaño del orificio, etc.

Los principales casos son: (1) perforaciones o rajaduras en las tuberías ocasionadas especialmente por corrosión; (2) uniones que se descomponen; (3) daños en los mecanismos del flotador y de la válvula de descarga en los tanques de los sanitarios (gráfico 1, esquema A); (4) empaquetaduras que se deterioran en las llaves de control de los lavamanos, duchas, lavaplatos, llaves de jardín, etc. (gráfico 1, esquema B); (5) tapones en los extremos ciegos de las tuberías que se aflojan y desconectan; (6) flujo continuo en el tubo de rebose de los tanques y cisternas a causa de una línea de flotación muy alta (gráfico 2). Algunos de ellos son visibles y/o audibles; otros requieren una investigación para detectarse. Por otra parte la baja de la presión que se produzca en el domicilio puede o no afectar el servicio, de tal manera que en muchos casos los daños pasan completamente inadvertidos.

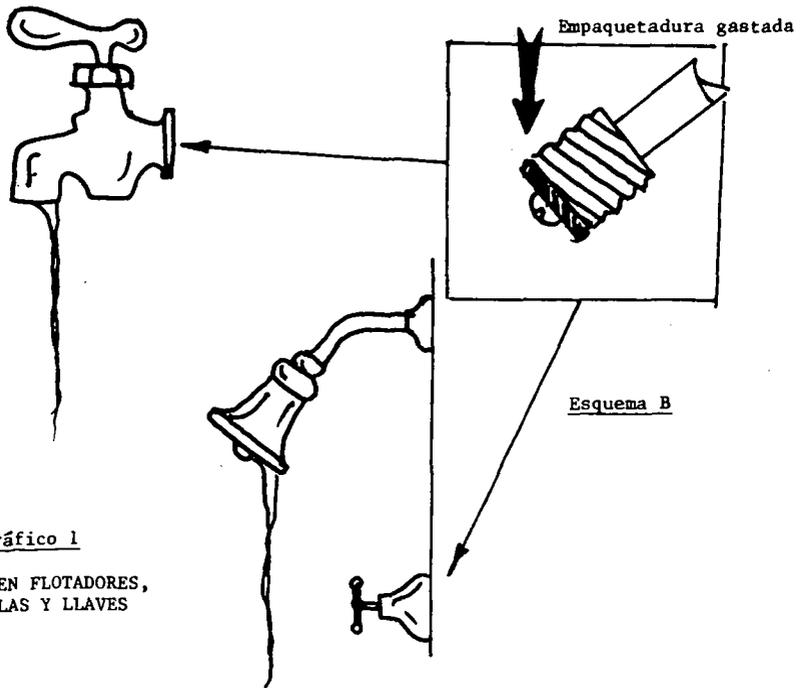
La corrección de los desperfectos correspondientes es de responsabilidad directa de los usuarios, pero su ejecución oportuna depende de: (1) que la fuga sea visible y/o audible o que produzca un efecto notable como puede ser la baja fuerte de la presión o un daño o problema en las estructuras del edificio y/o en el de sus vecinos; (2) que encontrándose en el caso (1), el usuario tome las medidas necesarias para su corrección; (3) que si no se percibe directamente como en (1), se tenga una manera sistemática de hacer notar su existencia; (4) que existan en la localidad plomeros competentes, fácilmente disponibles para las reparaciones.

3. Uso inadecuado de las instalaciones

Consiste en la disposición de las instalaciones o en el empleo de ellas, de tal manera que se produzcan flujos no controlados o excesivos. Los casos más importantes son: (1) los orificios de aprovisionamiento o los de alimentación de los artefactos, sin llave de control; (2) el empleo de las llaves de aprovisionamiento en forma de chorro continuo, sin controlar su operación; (3) el uso de llaves directas para el desarrollo de ciertas actividades, que no las requieren, tal como sucede con la limpieza de pisos y automóviles, con el riego de plantas en muchas ocasiones y con el lavado de la ropa y de la loza, a base de llaves continuamente abiertas; (4) el empleo de conexiones directas entre la entrada y la salida de los tanques domiciliarios que, debido a la falta de válvulas apropiadas, ocasiona el rebose de ellos como consecuencia de la producción de un flujo de retorno.



Esquema A



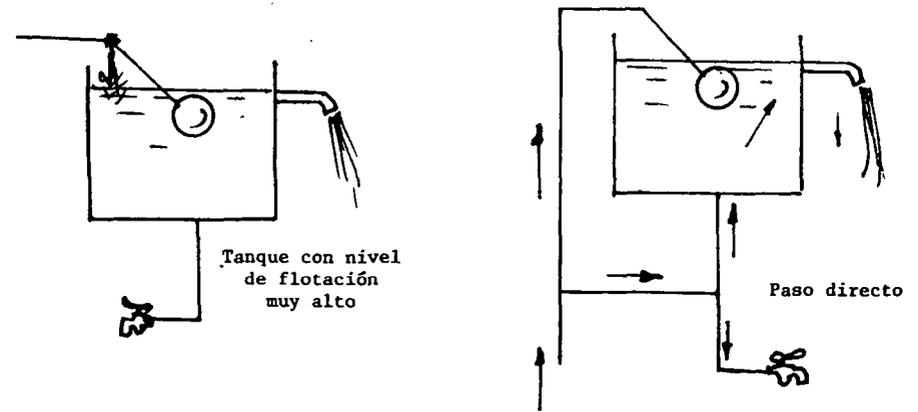
Esquema B

Gráfico 1

FALLAS EN FLOTADORES,  
VALVULAS Y LLAVES

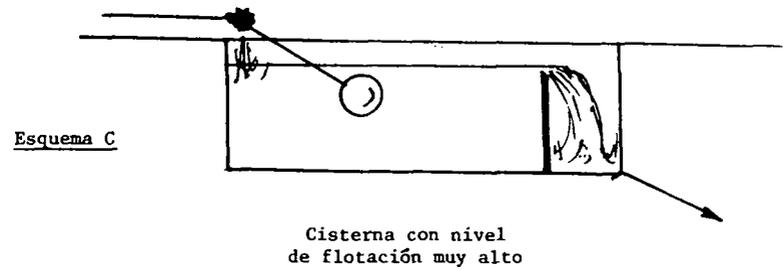
Gráfico 2

REBOSE CONTINUO EN TANQUES Y CISTERNAS



Esquema A

Esquema B



Esquema C

#### 4. Hábitos inconvenientes de consumo

Son costumbres que tiene la gente al desarrollar actividades que requieren el empleo del agua y que conducen al uso innecesario de ella. Tal es el caso de mantener la llave abierta mientras se afeita o mientras se lava los dientes, al igual que dejar la ducha funcionando durante el baño cuando se está jabonando o servirle un vaso de agua a toda persona que se sienta a la mesa sin que lo solicite, etc.

Hasta qué niveles puede llegar la magnitud del efecto producido sobre la demanda de una localidad por estos hábitos se aprecia calculando que, si un individuo deja la llave abierta mientras se afeita y se jabona y además le sirven un vaso de agua cada vez que se sienta a la mesa, puede llegar a gastar cerca de 50 litros adicionales al afeitarse, 50 al bañarse y 5 por sentarse a la mesa, es decir, alrededor de 100 litros más por día sobre los 150 que se consideran normales como dotación para el uso doméstico.

Puede apreciarse así que en los tres casos citados la responsabilidad correspondiente recae en el usuario; sin embargo, el impacto sobre la demanda total de la población que producen en conjunto los volúmenes de agua desperdiciada por todos ellos, hace que las entidades encargadas de la explotación de los servicios en las localidades respectivas se vean precisadas a adoptar medidas de control que los minimice.

## II. CONTROL DEL DESPERDICIO DOMICILIARIO

### Métodos

Para el control del consumo de agua en las conexiones domiciliarias se conocen cuatro sistemas, así:

- A. Propaganda y revisiones
- B. Limitadores de gasto
- C. Medidores
- D. Combinaciones

Los sistemas de limitadores y medidores requieren la incorporación de un dispositivo en la línea de la conexión domiciliar de cada usuario del servicio de agua. El de propaganda y revisiones no necesita el empleo de aparatos en las instalaciones y el de combinación utiliza dispositivos en unas y propaganda y revisiones en las otras.

Todos tienen entre sus objetivos uno común que consiste en el uso racional del servicio de agua por parte de los usuarios, el cual puede lograrse a base de consideraciones diferentes que dan origen a cada uno de los sistemas enumerados.

#### A. Propaganda y revisiones

Este sistema parte de considerar que el uso racional del agua depende de lo buenos que sean los hábitos de la gente para emplearla y de la oportuna reparación de los desperfectos que se presenten en las instalaciones. Las acciones que son necesarias desplegar para lograr las prácticas adecuadas en ambos casos son:

- a. Propaganda: consiste en una campaña desplegada en forma regular y continua, tendiente a conseguir que la gente:
  - utilice el agua solamente cuando la necesite
  - emplee llaves para el control en los puntos terminales de las respectivas conexiones
  - cierre las llaves cuando no necesite usar el agua
  - haga reparar oportunamente los daños que se presenten en las instalaciones, los cuales dan lugar a escapes y desperdicios de agua
- b. Educación: destinada a formar en los niños tanto los hábitos para el buen uso del agua como una adecuada conciencia sobre la defensa y economía de ella.
- c. Inspecciones: consistentes en la visita periódica y sistemática a los domicilios con el fin de revisar el estado de las instalaciones y detectar los desperdicios y fugas.
- d. Incentivos y sanciones: que estén orientados a premiar a los usuarios que eliminen oportunamente los desperfectos de las conexiones y a castigar a aquellos que no tomen las medidas correspondientes y mantengan así indefinidamente los desperdicios de agua.

Para el desarrollo de estas actividades es necesario:

- Emplear todos los medios de propaganda tales como la prensa, la televisión y la radio, haciendo las campañas en forma regular y continua, planificándolas y evaluándolas de tal manera que se logren los objetivos propuestos.
- Organizar campañas directamente en las comunidades, estableciendo comités de barrio que permitan el adiestramiento de los líderes y la acción de estos sobre los usuarios.
- Promover acciones públicas tales como el "día del agua" o "la semana del agua" destinados a mantener despierta en las gentes la conciencia sobre el buen uso del agua a base de hacerlos meditar periódicamente en estos temas.

- Pasar a los maestros de escuela los conocimientos necesarios para que puedan incluir dentro de los cursos regulares las enseñanzas sobre el buen uso del agua.
- Hacer concursos en las escuelas sobre temas referentes a los hábitos racionales del empleo del agua tanto en forma literaria como de dibujos y otros modos de expresión.
- Organizar en las empresas de acueducto secciones encargadas de la reparación de los desperfectos en las instalaciones interiores, cobrando sumas módicas por los trabajos correspondientes o, como han hecho algunas ciudades en el continente, en forma gratuita cuando el suscriptor solicite la reparación y con recargo cuando la empresa detecte el daño en revisiones que practique.
- Crear las unidades orgánicas dentro de las estructuras de las empresas destinadas a desarrollar las acciones descritas.
- Establecer programas que garanticen una revisión periódica efectiva de las conexiones domiciliarias.
- Adiestrar al personal necesario para las campañas publicitarias y las revisiones.

B. Limitadores de flujo

El sistema de limitadores de flujo parte de considerar que si a los usuarios del servicio se les asigna una cuota diaria racional de consumo que se controle individualmente a base de un dispositivo adecuado, ellos recibirán una cantidad de agua suficiente para satisfacer sus necesidades sin desperdiciarla. El dispositivo de control se inserta en la conexión y limita el gasto instantáneo que fluye por ella, de tal manera que con un chorro continuo el volumen pasado en las 24 horas no resulte superior a la cantidad asignada.

El cuadro 2 que se adjunta en la página siguiente permite apreciar el volumen de los consumos promedios por día correspondientes a los suscriptores de 15 ciudades colombianas. De acuerdo con estos datos es posible pensar que la cantidad de agua que podría asignarse por día a cada suscriptor sería inferior a una cifra comprendida entre uno y dos metros cúbicos para lo cual se requieren, como se ve en el mismo cuadro, chorros cuyo gasto esté comprendido a su vez entre 0.5 y 1.5 litros por minuto, y como ellos no son adecuados para operaciones tales como el lavado de manos o el baño con ducha (5 y 15 litros por minuto, respectivamente), es indispensable que las conexiones domiciliarias dispongan de un tanque elevado cuya reserva permita atender las demandas instantáneas, alimentándose él con los chorros que permita pasar el dispositivo correspondiente.

Cuadro 2

CONSUMOS POR SUSCRIPTOR EN VARIAS CIUDADES COLOMBIANAS

| Ciudad       | Consumo mensual<br>m <sup>3</sup> | Promedio diario<br>m <sup>3</sup> | Gasto medio<br>ℓ/min |
|--------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Armenia      | 54.0                              | 1.80                              | 1.25                 |
| Barranquilla | 65.3                              | 2.18                              | 1.51                 |
| Bogotá       | 56.7                              | 1.89                              | 1.31                 |
| Bucaramanga  | 50.0                              | 1.67                              | 1.16                 |
| Cali         | 66.6                              | 2.22                              | 1.54                 |
| Cartagena    | 51.0                              | 1.70                              | 1.18                 |
| Cúcuta       | 46.3                              | 1.54                              | 1.07                 |
| Ibagué       | 58.1                              | 1.94                              | 1.35                 |
| Itagüí       | 21.5                              | 0.72                              | 0.50                 |
| Manizales    | 59.6                              | 1.99                              | 1.38                 |
| Medellín     | 57.0                              | 1.90                              | 1.32                 |
| Montería     | 46.7                              | 1.56                              | 1.08                 |
| Neiva        | 41.2                              | 1.37                              | 0.95                 |
| Palmira      | 53.7                              | 1.79                              | 1.24                 |
| Pasto        | 44.6                              | 1.49                              | 1.03                 |
| Pereira      | 42.2                              | 1.41                              | 0.98                 |
| Popayán      | 38.2                              | 1.27                              | 0.88                 |
| Santa Marta  | 74.2                              | 2.47                              | 1.72                 |
| Promedio     | 61.8                              | 2.06                              | 1.43                 |
| Máximo       | 66.6                              | 2.22                              | 1.54                 |
| Mínimo       | 21.5                              | 0.72                              | 0.50                 |

BASE: Ing. José Joaquín Bernal  
 "Demandas de agua en Bogotá"  
 XVII Congreso de ACODAL  
 Santa Marta - Octubre de 1974  
 Tabla N° 11-2

Los limitadores que se conocen se han diseñado de acuerdo con cinco tipos, así:

- Los de orificio perforados en niples, discos y llaves que se intercalan antes del tanque sobre la tubería de la conexión domiciliar, principalmente dentro de una caja en la vía pública junto a la línea límite de la propiedad (véase gráfico 3, esquema A).
- Los de flotador, que se instalan a la llegada de la tubería al tanque (esquema B, gráfico 3).
- Los de orificio perforado en un doble fondo, que forman parte del mismo tanque (esquema C, gráfico 3).
- Los de volumen controlado llamados también "medidores de accionamiento por el usuario" que se intercalan en la conexión domiciliar a la entrada de la casa y que permiten el paso de un volumen determinado de agua siempre que el usuario active el dispositivo por medio de un elemento que limita el volumen y por el cual debe pagar previamente.
- Los grifos que se instalan en lugar de las llaves en los puntos de salida (esquema D, gráfico 3).

Los detalles principales de cada uno de estos tipos son los siguientes:

a. Niples, discos y llaves

Son dispositivos que, a base de obligar al agua a pasar por un fuerte estrechamiento, producen una pérdida de carga tal que no permite flujos mayores de un valor predeterminado. Son de tres clases:

- Los niples simples: rellenos con plomo y provistos de una perforación longitudinal (ver esquema A, gráfico 4) se han empleado en largos de 5 cm a 10 cm y el diámetro de la perforación entre 1 mm y 2 mm. Tienen dos inconvenientes: (1) se obstruyen fácilmente y (2) cambian el gasto al variar la presión, pero son muy fáciles de construir y de instalar.
- Los discos perforados (esquema B, gráfico 4): se fabrican en lámina de cobre cuyo espesor sea de uno a dos milímetros para que los esfuerzos del agua no la deformen. El diámetro del disco es de aproximadamente 3 cm y el de la perforación es menor que el empleado en los niples ya que estos producen una pérdida de carga mayor. Se instalan muy fácilmente, insertándolos dentro de una unión universal. Tienen los mismos dos inconvenientes que se anotaron para los niples con el agravante de que la posibilidad de obstrucción es mayor por que tienen un orificio más pequeño. Pero, en cambio, les aventajan en que son más fáciles de instalar y de limpiar.

Gráfico 3

TIPOS DE LIMITADORES

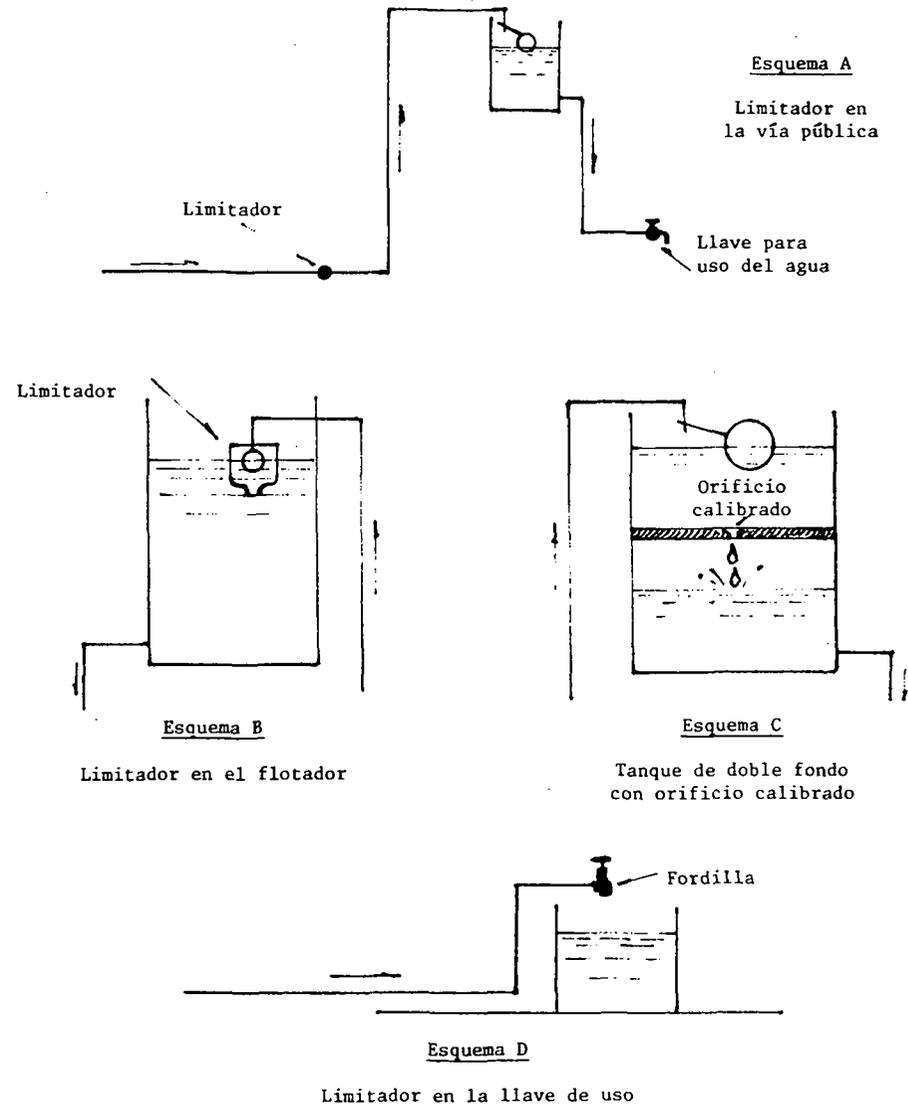


Gráfico 4  
LIMITADORES DE ORIFICIO

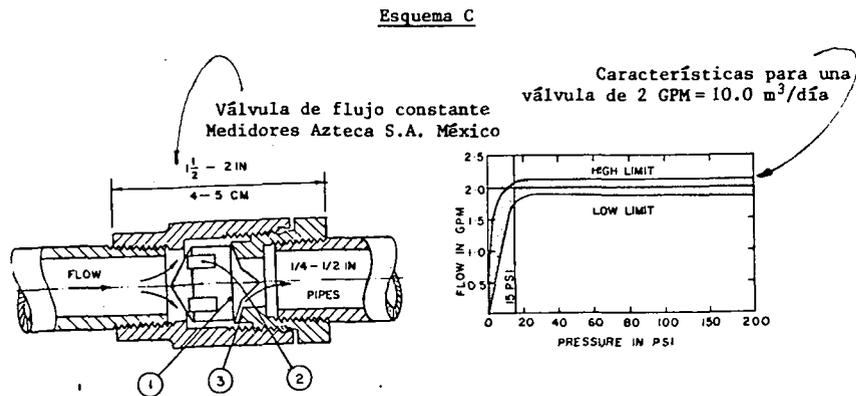
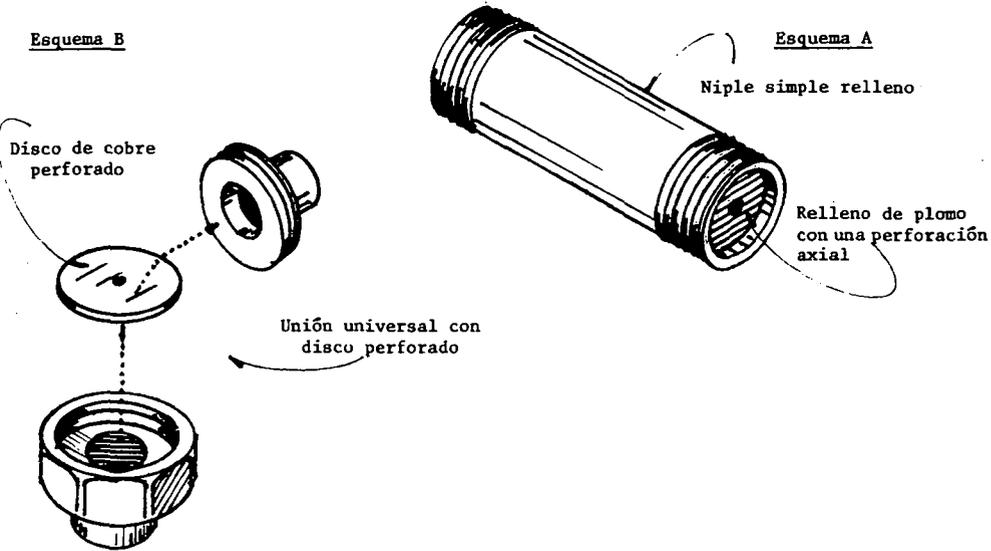
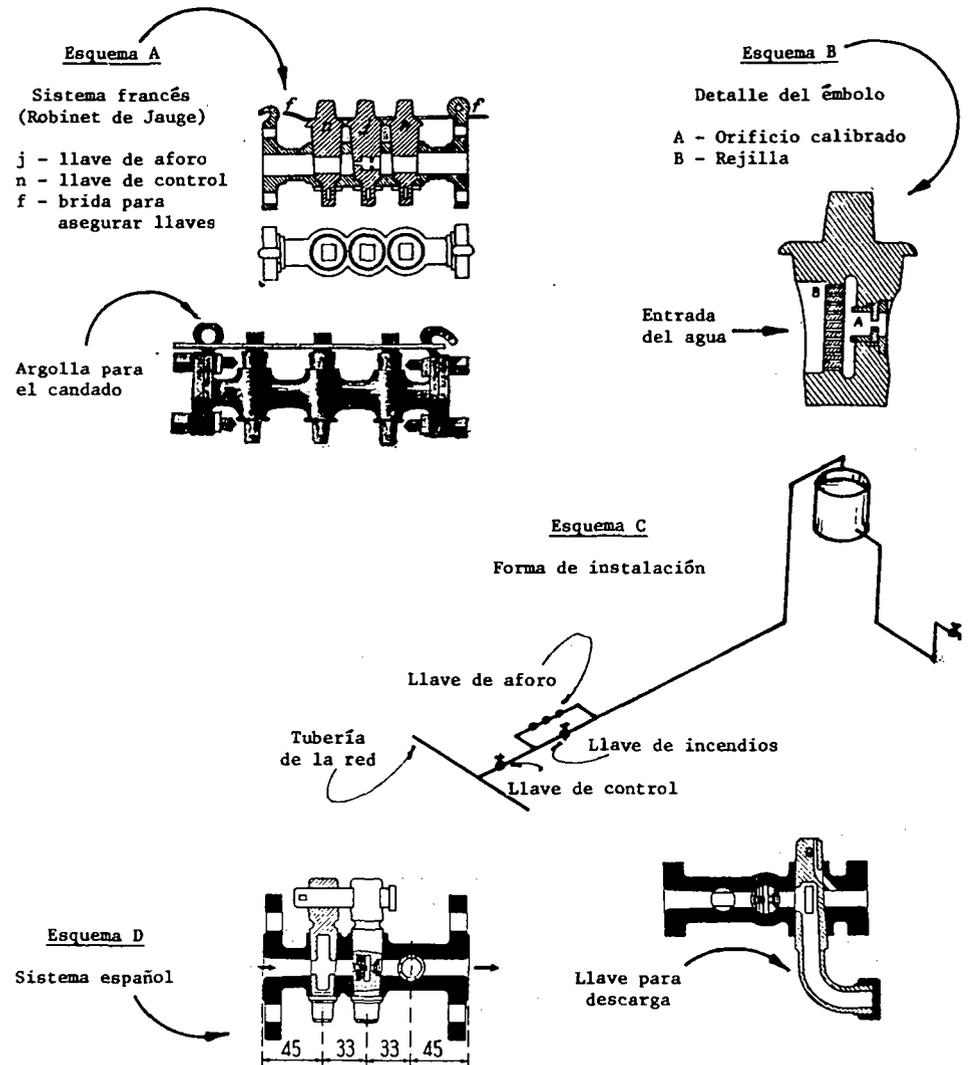


Gráfico 5  
LLAVES DE AFORO FRANCESA Y ESPAÑOLA



- Las válvulas de flujo constante (esquema C, gráfico 4), producidas por la Fábrica de Medidores Azteca de México consisten básicamente en un diafragma flexible (señalado con (1) en el esquema) que está centrado por unos espaciadores de caucho (señalados con el (2) en el esquema). El diafragma se apoya frontalmente contra un sector del orificio (3) que tiene dimensiones fijas pero una forma especial diseñada de manera que el agua pueda pasar entre el diafragma y la parte de la superficie del orificio que no está en contacto con él. Cuando la presión en el conducto de entrada cambia, el diafragma se deforma, acercándose o alejándose de la superficie de orificio, lo cual da origen a que esta superficie varíe de tal modo que el gasto se mantenga prácticamente constante.

Los valores del flujo permanecen constantes con presiones comprendidas entre 15 y 200 psi. Las válvulas se fabrican para gastos específicos que van desde 800 litros por día hasta 40 m<sup>3</sup> por día. Cuando la presión sea menor de 15 psi (10 m) el gasto variará proporcionalmente a ella, no siendo por tanto recomendable su empleo en estos casos<sup>1</sup>.

- La construcción y disposición de las llaves de aforo que se emplearon en Francia, España e Italia se pueden apreciar en el gráfico 5. El émbolo de estas llaves va provisto de un aditamento A (esquema B) fabricado con un material resistente a la abrasión del agua que lleva perforado el orificio calibrado. Además, el émbolo tiene, del lado correspondiente a la entrada del agua, una malla o rejilla B destinada a retener las partículas y sedimentos.

Con el fin de prevenir la acción del usuario sobre el juego de llaves, estas van provistas de una varilla o brida que se asegura con candado. El modelo español tiene también una llave adicional de descarga que permite comprobar el agua que deja pasar el orificio (esquema D). La instalación se hace dejando prevista una llave de "by-pass" para el caso de incendios.

#### b. Flotadores

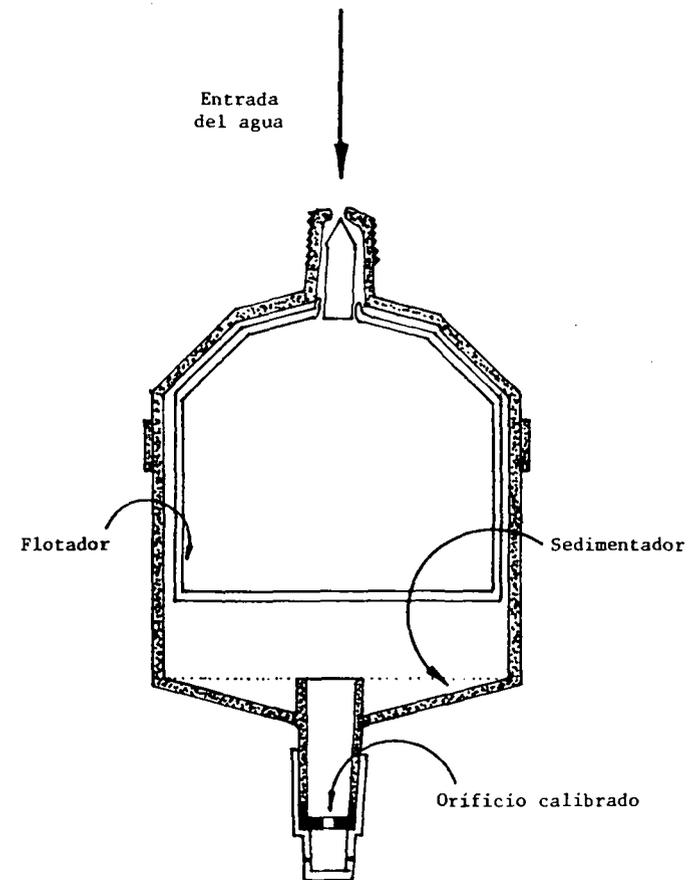
Este sistema consiste en reemplazar la válvula de flotador de los tanques caseros por un dispositivo provisto de un orificio calibrado y de un flotador que mantiene constante el nivel de agua sobre él, de tal manera que el gasto permanezca en un valor predeterminado.

El modelo más importante que se conoce es el "regulador de caudal" diseñado y patentado por el ingeniero uruguayo Pablo Schkolnik, cuyo esquema se incluye en el gráfico 6.

Av. Toluca 300, Villa Obregón  
México 20 D.F., México

<sup>1</sup> Las válvulas de flujo constante las fabrica "Medidores Azteca S.A." cuya dirección postal es:

Gráfico 6  
REGULADOR DE CAUDAL  
INGENIERO PABLO SCHKOLNIK



Básicamente consiste en un recipiente de material plástico que se enrosca en la tubería en lugar del flotador normal y que dispone en su parte inferior de un espacio para retener las partículas que se sedimenten. En su interior lleva un flotador unido a una válvula de aguja cuyo conjunto se desplaza verticalmente. En el fondo va el orificio calibrado protegido por una tapa.

El agua entra por el orificio superior hasta que el nivel en el recipiente accione el flotador; al elevarse éste, la púa de la válvula de aguja produce un estrangulamiento que regula el flujo. A partir de este momento se mantiene un estado de equilibrio ya que la válvula no permite una entrada mayor de la que sale por el orificio del diafragma. Cuando las presiones se mantienen en el intervalo usual de 5 a 30 m de columna de agua, el error del caudal en valor absoluto no supera al 4%. Para hacerlo funcionar son suficientes 20 cm de carga y el límite superior de presión para cerrar el orificio cuando se llena el tanque es de 60 m, pero puede llegarse hasta 80 m con cierres inferiores a 30 litros/día.

En la República Argentina el Servicio Nacional de Agua Potable y Saneamiento Rural (SNAP) ha empleado este modelo en más de 20,000 usuarios. Sin embargo, a pesar de que los resultados en relación con la calidad del servicio han sido satisfactorios, no se ha hecho una evaluación que permita establecer en forma cuantificada el comportamiento del sistema.<sup>1</sup>

c. Tanques de doble fondo

Este sistema fue empleado en Costa Rica para los abastecimientos de agua rural y consiste (ver gráfico 3, esquema C) en colocar en el intermedio de la altura de los tanques caseros una lámina provista con un orificio calibrado, de tal manera que divida el recipiente en dos compartimentos verticales, uno inferior de donde se desprenda la tubería para el servicio de la casa y que almacene el agua y otro superior provisto de un flotador que al mismo tiempo que cierra la entrada de agua cuando ésta llega a su cota máxima, establece una cabeza constante sobre el orificio del fondo intermedio, manteniendo así un flujo que se conserva dentro de valores predeterminados.

No se conocen los resultados obtenidos en la práctica con el uso de este sistema que, como puede apreciarse, está basado en los mismos principios del regulador del ingeniero Schkolnik.

<sup>1</sup> Los "reguladores de caudal" Schkolnik son distribuidos por la firma COSARI S.A.I.O. de Buenos Aires, cuya dirección postal es:

Bouchard 432  
Buenos Aires, Argentina

d. Medidores de volumen controlado

Son dispositivos que controlan el consumo a base de un elemento activado que se inserta en ellos y que les permite suministrar agua a cualquier flujo hasta completar un volumen predeterminado. Para continuar disfrutando del servicio se requiere disponer de más elementos. Un modelo de estos aparatos es el "robo meter" desarrollado recientemente por la AID y cuyo conjunto se puede apreciar en las copias de los dibujos originales incluidas en los gráficos 7 (instalación) y 8 (vista general).

En el "robo meter" el elemento activador está constituido por un cilindro pequeño (gráfico 8, esquema B) lleno con un gas comprimido a 860 psi que es producido por la institución encargada de la prestación del servicio de agua y que puede comprarse en las tiendas y supermercados. La cantidad de agua que deja pasar depende de la capacidad del robo meter y por tanto el usuario debe adquirir el correspondiente a ella. Por ejemplo, si es de 3 m<sup>3</sup> debe comprar un cilindro para 3 m<sup>3</sup> de agua que, insertado una sola vez en el aparato, le permitirá obtener esa cantidad de agua como un volumen acumulado abriendo y cerrando la llave cuantas veces quiera.

Cuando el gas escapa del cilindro que se ha insertado en el medidor la presión que ejerce hace mover el pistón (gráfico 9) que abre la válvula y permite el paso del agua. Todo lo que el cilindro hace es empujar el pistón para lo cual se requiere una presión instantánea de 600 psi; no sirve, por ejemplo, dar varios golpes con una bomba de inflar bicicletas o emplear compresores que acumulen la presión.

El mecanismo del medidor consiste en un conjunto formado por una caja de transmisión y por unos piñones de medición (gráficos 9 y 10) accionados por el agua. Al pasar ésta, gira una cama que abre la válvula, la mantiene abierta y lleva el pistón a su posición inicial. Cuando la cama haya dado una revolución completa, habrá pasado el volumen predeterminado de agua, la válvula se cerrará y el flujo se suspenderá; para restablecerlo es necesario reactivar el medidor a base de un nuevo cilindro. El mecanismo tiene además un dispositivo que elimina el aire y previene que éste llegue a accionar el aparato en vez del agua.

Con el empleo de los "robo meters" se consiguen los siguientes resultados: (1) el consumidor compra el agua por cantidades pequeñas, de acuerdo con su capacidad de compra; (2) la institución encargada de la prestación del servicio recibe por adelantado el pago del servicio, no como actualmente que se cancela después; (3) el agua se vende por volúmenes, pero no se necesitan lectores, ni procesar datos, ni producir facturas.

Gráfico 7

"ROBO METER" DE LA AID  
INSTALACION TIPICA

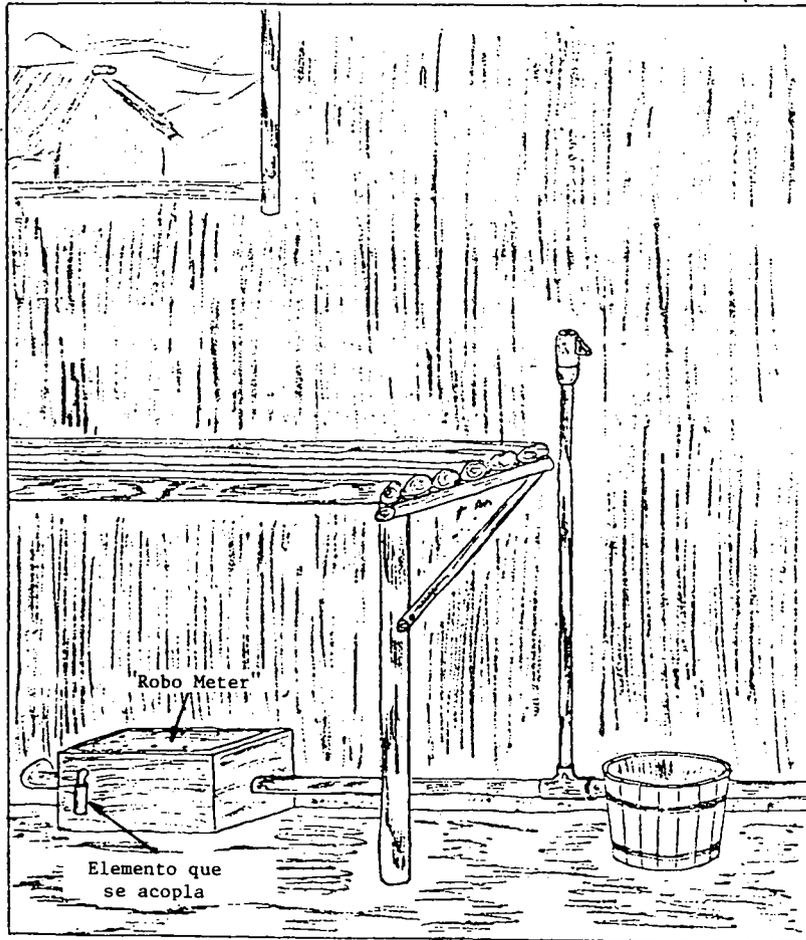
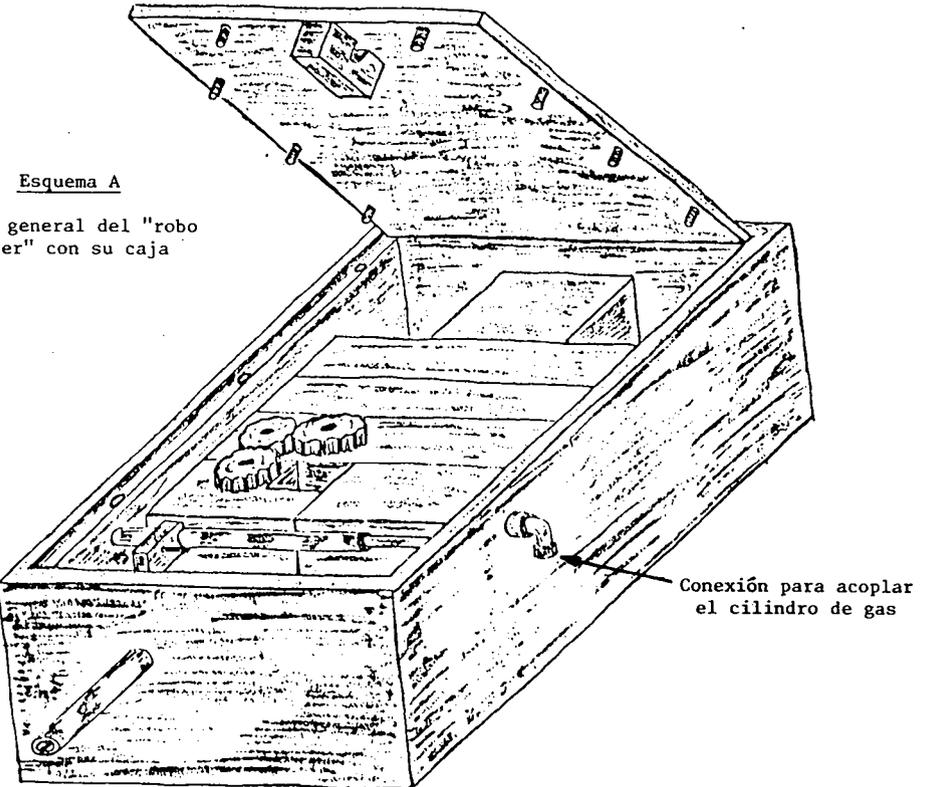


Gráfico 8

VISTA GENERAL DEL "ROBO METER" Y DEL CILINDRO DE GAS



Esquema B

Cilindro de gas  
comprimido a 860 PSI



Gráfico 9

"ROBO METER" - PLANTA

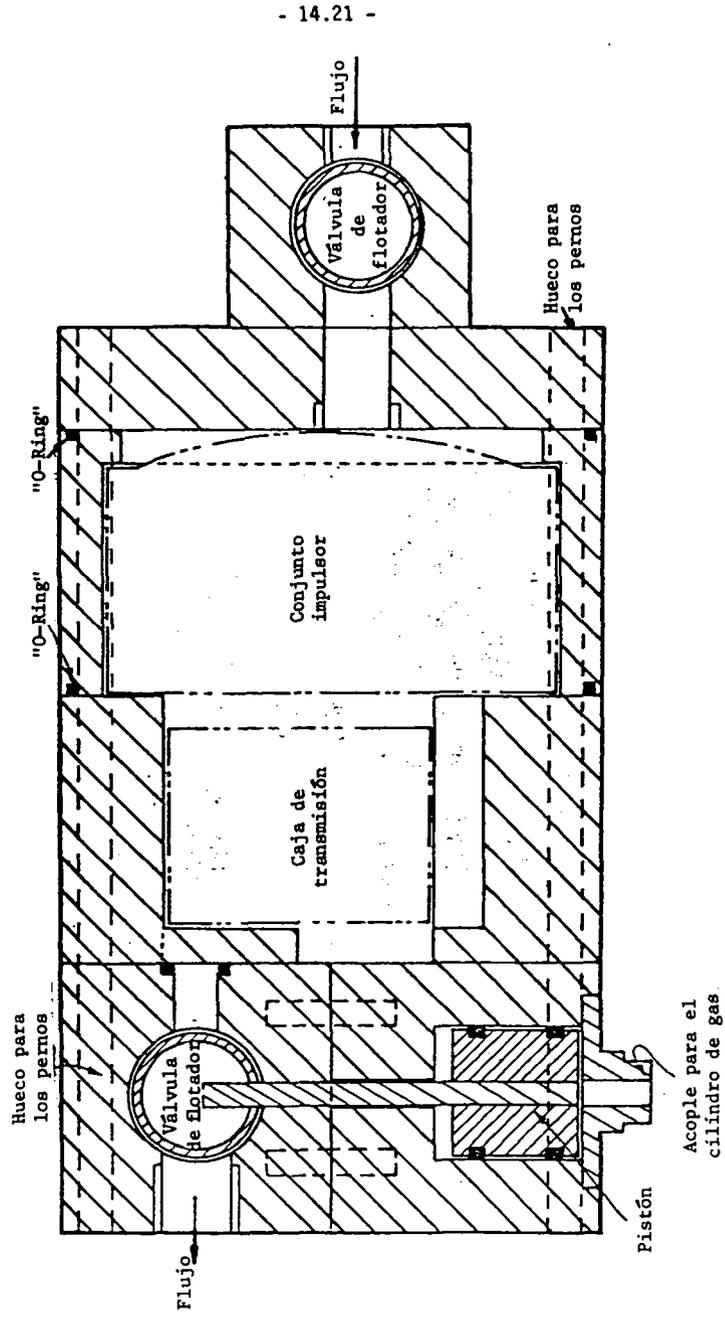
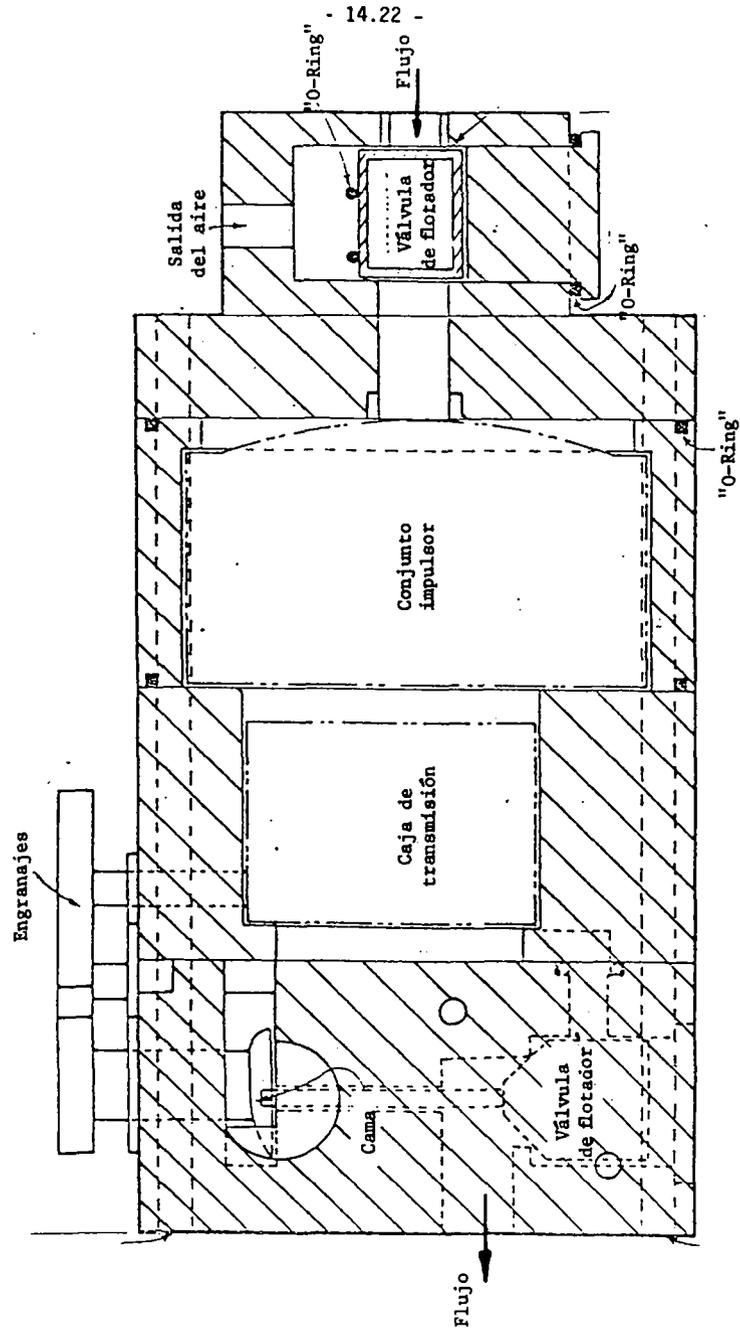


Gráfico 10

"ROBO METER" - ELEVACION



El "robometer", al terminar el año de 1978, estaba en las etapas finales de su proceso experimental.<sup>1</sup>

e. Grifos automáticos

Son dispositivos de pulsación consistentes en una llave que se cierra sola después de utilizarse. Se instalan sobre todo en los puntos de consumo en que el agua va a ser empleada por mucha gente, evitando el desperdicio entre dos usos consecutivos de ella. Su mayor utilidad está en las llaves de las fuentes públicas o pilas que se instalan en barrios marginados o en casas de inquilinato.

Los grifos automáticos más conocidos son de cuatro clases:

- llaves de resorte
- llaves de volumen fijo
- llaves de presión
- llaves de pago previo

Las de resorte mantienen el flujo mientras se esté oprimiendo un botón, una manija o una palanca. Se consigue fácilmente en el comercio en los almacenes de ferretería. Un inconveniente de ellas que anula en la práctica los buenos efectos de su empleo consiste en la facilidad para bloquear su mecanismo automático a base de un amarre o de un contrapeso.

Los de volumen fijo al accionarlas dejan pasar una cantidad determinada de agua, luego se cierra automáticamente y para conseguir un volumen mayor es indispensable pulsarlas de nuevo. La más conocida de ellas en América es la denominada fordilla producida por The Ford Meter Box Co.<sup>2</sup>, cuyo mecanismo puede apreciarse en el esquema incluido en el gráfico 11.

<sup>1</sup> Informaciones sobre el aparato e incluso muestras para ensayo en el campo pueden solicitarse a:

Victor W.R. Wehman, Jr.  
Office of Engineering/Office of Health  
Development Support Bureau  
U.S. Agency for International Development  
U.S. State Department  
Washington, D.C. 20523  
Teléfono: (202) 235-9805/9020

<sup>2</sup> La dirección postal es:

The Ford Meter Box Co.  
Wabash, Indiana

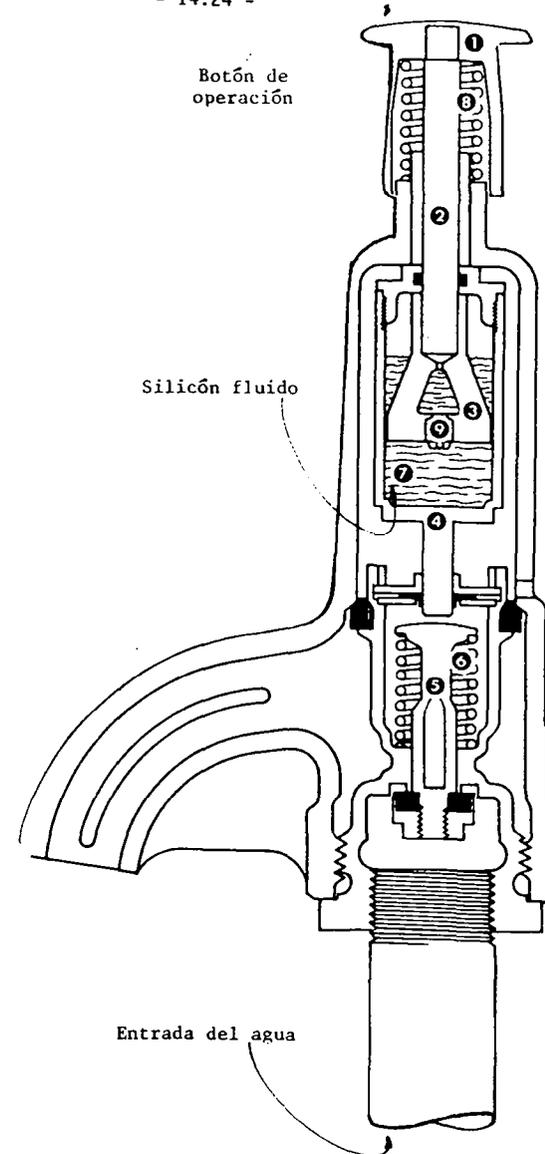


Gráfico 11

FORDILLA DE LA FORD METER BOX CO., INC.  
WABASH, INDIANA, U.S.A.

La fordilla funciona de la siguiente manera: al oprimir el botón (1), el movimiento se propaga a través del vástago (2) del pistón (3) y del cilindro (4) al mecanismo de la válvula (5) que entonces se abre y el agua fluye. Pero como también se comprime el resorte (6), éste produce una resistencia que empuja hacia arriba al cilindro (4) haciendo que el silicón fluido (7) contenido dentro de él fluya entre el pistón (3) y el cilindro (4) manteniendo así abierta la válvula (5) durante un período de tiempo determinado; Pero si en cualquier momento se retira la mano del botón (1), el resorte superior (8) hace que se devuelvan ese botón (1), el vástago (2) y el pistón (3) a su posición original y que el silicón fluido pase rápidamente a través de la válvula de cheque (9), suspendiéndose inmediatamente el flujo de agua.

En estas condiciones se ve que: (a) si se mantiene la presión en el botón, la válvula se cierra por sí misma después de que haya salido una cierta cantidad de agua; (b) si se presiona y luego se suelta, la válvula se cierra inmediatamente no desperdiciándose agua cuando solo se necesita una cantidad pequeña; (c) después de abierta la válvula y luego de haberse cerrado por sí misma se puede soltar el pulsador y presionarse de nuevo para obtener más agua. Una fordilla corriente da un litro por cada pulsación y los mejores resultados se obtienen con presiones entre 3.5 m y 70 m.

Las fordillas se han empleado con éxito en Asunción, Paraguay en barrios de bajos recursos económicos.

Las llaves de presión son un tipo de grifo automático que consigue el cierre no a base de resortes sino por diferencia de presiones. Corresponden en la práctica a los dispositivos que ha venido experimentando e implementando la AID con el nombre de "robovalve" para usarse en los países en desarrollo y que incluyen tres modelos: el de fuentes públicas, el doméstico y el de carros cisterna.

Para su diseño se han tenido en cuenta observaciones tales como: (1) debido a que una fuente pública es el único abastecimiento de agua para muchas personas, las llaves correspondientes están sometidas a un uso de gran intensidad; (2) mantener cerradas las llaves cuando no se utilizan es indispensable, no solamente para economizar agua sino para que ella no se acumule en los alrededores de la fuente y pueda evitarse así que se produzcan focos de propagación de enfermedades tales como la malaria, etc.; (3) la mayor parte de las llaves que se emplean actualmente o no son de cierre automático o éste dispositivo es costoso y sus repuestos difíciles de conseguir; (4) la experiencia con llaves de volumen fijo en varios países latinoamericanos indica que la cantidad que ellas dispensan en cada golpe no corresponde con la capacidad de los recipientes que llevan los usuarios y estos terminan destruyéndolas para lograr un chorro continuo.

El objetivo de la AID al implementar ese proyecto ha sido subsanar la necesidad de carácter urgente que existe de disponer de una llave de bajo costo, de fabricación local, a prueba de escapes, resistente al trabajo pesado, que sea utilizable en instalaciones tanto públicas como privadas, que sea de cierre automático, que no tenga partes fundamentales que se desgasten con el uso intenso, que sus componentes sean de bajo costo y no provoquen el robo.

Los gráficos 12 y 13 dan una idea de los tres modelos. En el diseño de ellos se ha empleado, para el dispositivo de cierre, dos principios: el de flotación y el de la presión diferencial. Cuando no hay agua en el tubo, la válvula de flotador cae al fondo. Apenas entra el líquido, ella sube hasta el asiento de la válvula y se apoya sobre esta superficie empujada por la presión del agua que actúa en la cara inferior de la válvula. Para obtener el servicio, el usuario oprime el botón superior hasta dominar la presión y conseguir así que el flotador descienda y pase el chorro de agua al exterior. La válvula se mantiene abierta mientras el botón esté presionado; al soltarlo se cierra.

Se puede notar que la válvula no tiene resortes o palancas u otras partes que se desgasten. Incluso si el asiento del flotador se desgasta, se mejoran las condiciones de cierre porque la válvula penetra más dentro del asiento. Las "robovalves" son construidas en PVC utilizando material prefabricado (tubos y accesorios), pero también se pueden inyectar en moldes.

Hasta ahora las válvulas se han sometido a ensayos de laboratorio con resultados estupendos. En junio de 1978 no se habían iniciado las pruebas de campo necesarias las cuales se estaban programando entonces.

Las llaves de pago previo suministran un determinado volumen de agua mediante la introducción de una moneda de valor estipulado en una alcancía integrada al artefacto. Un modelo de ellas fue fabricado hace bastantes años por la fábrica alemana Meinecke.<sup>1</sup> Los esquemas de ella, tomados del catálogo correspondiente, se muestran en el gráfico 14.

La manera de funcionar es como sigue:

El esquema A representa el aparato en la posición de descanso, estando cerrado el órgano de cierre (1). La moneda que se ha introducido por la hendidura (2) está sujetándose en la palanca (3). Cuando al botón (4) rígidamente unido con la palanca (3) se le da una vuelta en el sentido marcado por la flecha, la moneda irá a desplazar la palanca (5),

<sup>1</sup> Dirección postal: H. Meinecke Aktiengesellschaft  
Breslau 10, Carlowitz  
Alemania

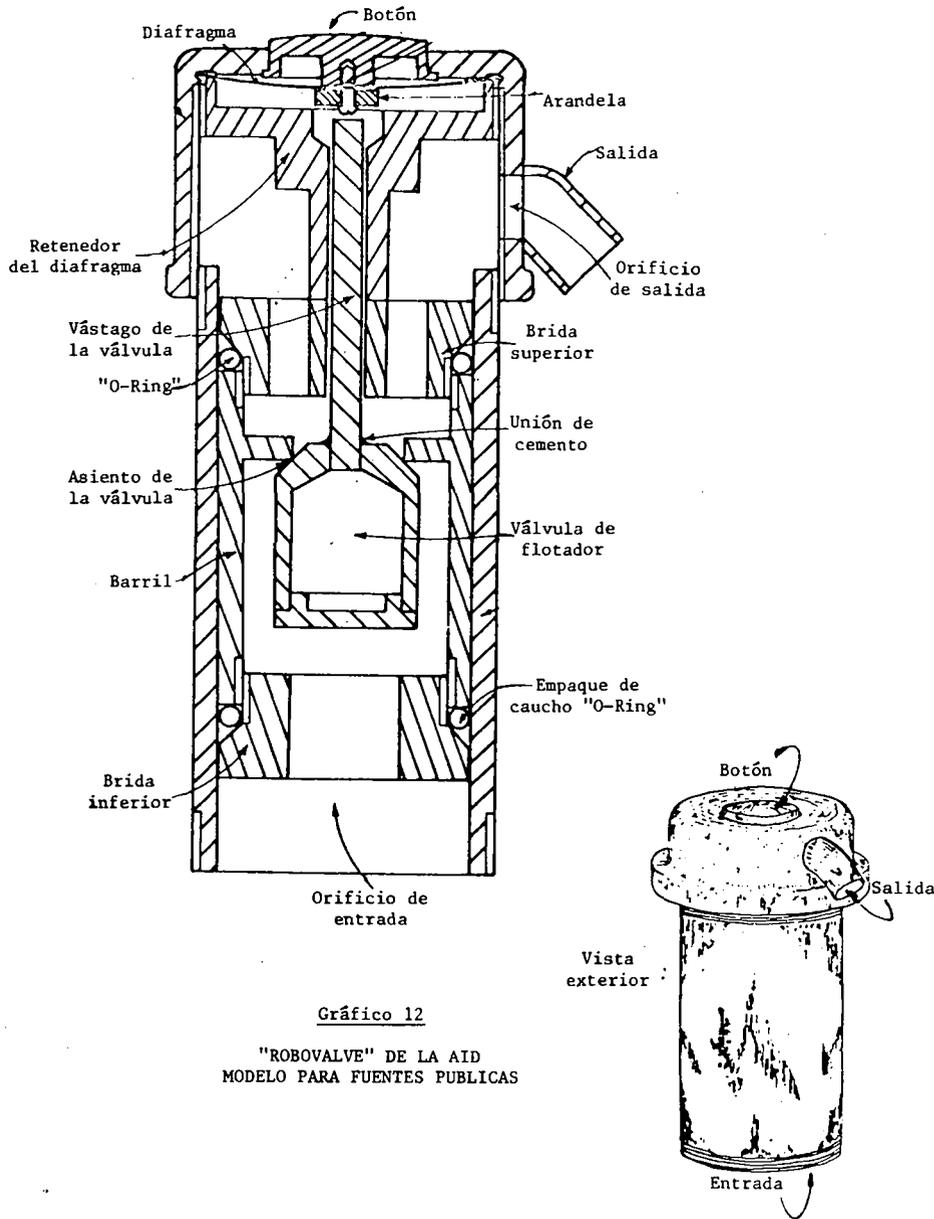
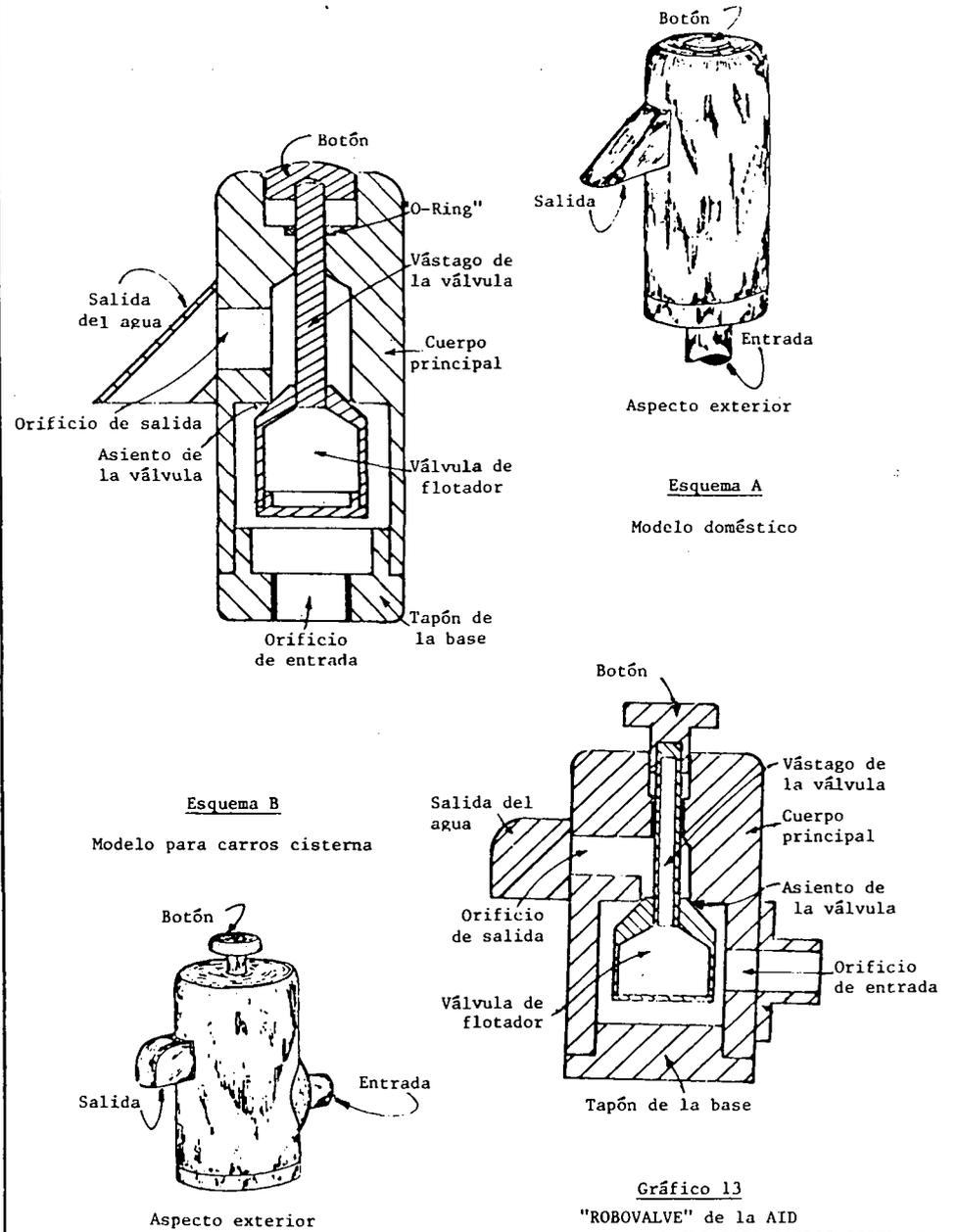


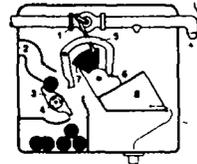
Gráfico 12  
"ROBOVALVE" DE LA AID  
MODELO PARA FUENTES PUBLICAS



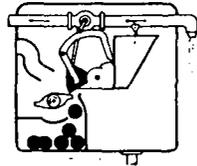
Esquema B  
Modelo para carros cisterna

Esquema A  
Modelo doméstico

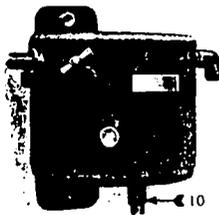
Gráfico 13  
"ROBOVALVE" de la AID  
MODELO DOMESTICO Y MODELO PARA CARROS CISTERNA



Esquema A



Esquema B



Esquema C

Gráfico 14

CONTADOR AUTOMÁTICO DE PAGO PREVIO  
SISTEMA "VAN KLEEF-MEINECK"

Fabricado por H. MEINECK  
Breslau 10, Karlowitz  
Alemania

haciéndola girar por su punto de giro. Como consecuencia de este movimiento, el extremo opuesto de dicha palanca (5) en forma de trinquete se retira de la muesca (6), y el contrapeso (7) se mueve hacia abajo abriendo a la vez el órgano de cierre (1). El depósito basculante (8) se levanta entonces a su segunda posición final (véase el esquema B). En esta posición el aparato da agua. Una corriente parcial, exactamente proporcional a la corriente principal, va llenando el depósito basculante hasta que éste, como consecuencia del peso excedente, vuelca el movimiento consiguiente del sistema, cierra el órgano de cierre (1), y el extremo trinquete de la palanca (5) vuelve a caer a la muesca (6).

El esquema C representa el aparato construido según estos datos. Además, ese modelo va provisto con una válvula de cierre (9) cuyo objeto es facilitar la toma de cualquier cantidad de agua sin necesidad de echar nuevamente una moneda, hasta que la cantidad total de agua que corresponde a la moneda echada a la hendidura haya pasado.

La forma de construcción del conducto de las monedas imposibilita toda toma ilícita de agua mediante monedas falsas o fichas. La moneda llega por fin a una caja capaz de coger 150 piezas de 23,4 mm de diámetro, o menos o más, según los tamaños de las mismas. Para recoger las monedas, dicha caja puede retirarse una vez que se levante la tapa del aparato.

El depósito basculante recibe la cantidad parcial del agua precisa para el funcionamiento del aparato. Esta cantidad es aproximadamente 360 cm<sup>3</sup>, o sea 1% de los 36 litros que en cada operación se suministran. Por consideraciones higiénicas, la pequeña cantidad de agua que viene del depósito basculante corre por el desagüe (10) y no es utilizada. A este puede acoplarse un tubo de conducción.

Una relojería con cifras saltantes de 1 hasta 999 marca cada operación de toma de agua y a la vez el número de monedas que deben encontrarse en la caja lo que permita una comprobación exacta de las operaciones. Levantada la tapa del aparato se puede tomar la lectura de las cifras.

La implantación de limitadores de gasto en los abastecimientos de agua, cualquiera que sea el tipo de ellos que se seleccione, consiste no solamente en la instalación de los aparatos en las conexiones y de sus correspondientes accesorios tales como cajas, etc., sino en el establecimiento de un sistema (el "sistema de limitadores") que requiere la introducción de los siguientes elementos esenciales todos para el logro de los resultados que se pretenden alcanzar:

- Una reglamentación completa que estipule cosas tales como el tamaño y especificaciones del limitador de acuerdo con las características de la vivienda donde se vaya a emplear; los requisitos del sitio donde se instale; los deberes y responsabilidades de los usuarios; los deberes y responsabilidades del acueducto; las sanciones a que haya lugar; las tarifas de pago mensual; las prohibiciones, tales como el paso de agua de una vivienda a otra; etc.

- Un equipo de mantenimiento dotado del personal y de los instrumentos e instalaciones necesarios para (a) instalar los aparatos, (b) revisarlos periódicamente (c) hacer las reparaciones oportunamente (d) calibrarlos.
- Una unidad administrativa encargada de la instalación, revisión, reparación y selección de los aparatos así como del desarrollo adecuado y oportuno de los programas de revisión y mantenimiento.
- Una programación completa de las actividades necesarias para la revisión de los aparatos, de tal manera que se haga con la frecuencia más conveniente para garantizar el buen estado de funcionamiento de los aparatos, evitar las fallas de servicio en las conexiones y prevenir y corregir los fraudes y sabotajes al sistema y a sus instalaciones.
- Un registro completo de los usuarios que indique el tipo, tamaño y ubicación del limitador.

C. Medidores

El sistema de medidores consiste en instalar en cada una de las conexiones un aparato destinado a medir el agua que emplea el suscriptor correspondiente para facturarle el valor del servicio (mensual, bimestral o trimestral) en función del consumo. Se considera que el desperdicio y el uso inadecuado del agua se evitan si la gente paga no solamente por un derecho al servicio sino de acuerdo con la cantidad consumida. El agua la puede usar, en estas condiciones, libremente en forma directa, empleando las cantidades que crea conveniente, pero pagándolas.

El propósito que se persigue con la instalación de los medidores puede decirse que consiste en lograr una administración eficiente de los acueductos para el uso racional del agua a base del cobro del servicio en función del consumo de cada uno de los usuarios. Los objetivos que concretamente se tratan de alcanzar son, en estas condiciones, los siguientes:

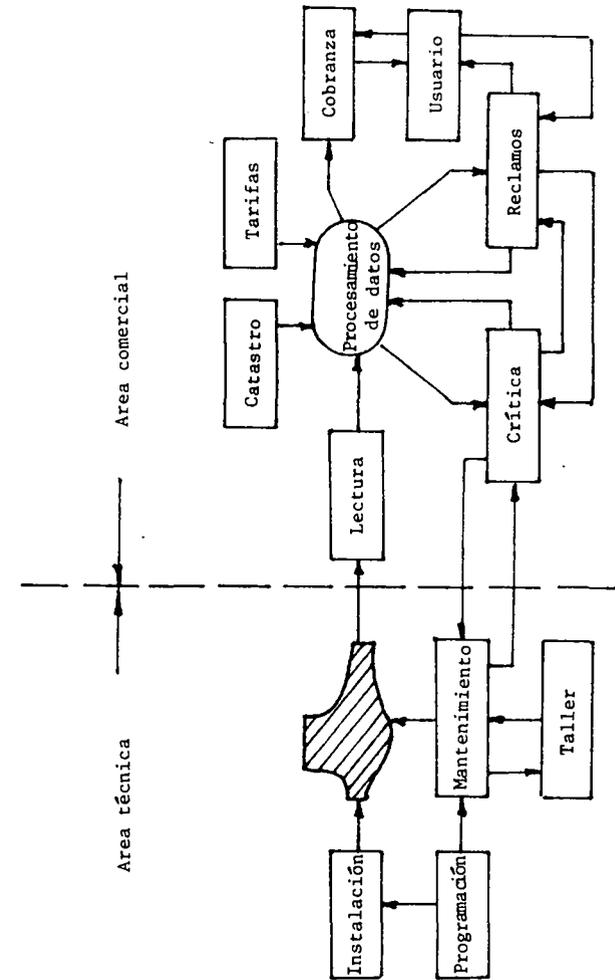
- Economía del agua
- Cobro equitativo del servicio
- Ingresos proporcionales a la cantidad de agua suministrada a los usuarios

Para el logro de estos objetivos es indispensable el establecimiento en los acueductos de un sistema que puede denominarse "sistema de medición, facturación y cobranza" y cuyos elementos esenciales son los siguientes (véase gráfico 15):

- Un aparato medidor colocado en cada una de las conexiones destinado a registrar y a acumular el consumo de agua en cada una de ellas, de tal manera que a base de lecturas consecutivas se obtengan los datos para el cobro periódico.

Gráfico 15

SISTEMA DE MEDICIÓN, FACTURACION Y COBRANZA



- Un equipo de lectores que tomen periódicamente los estados del registro de los aparatos, haciéndolo en fechas determinadas, de acuerdo con una programación adecuada.
- Un registro a catastro de los usuarios con la información básica necesaria para el procesamiento periódico de los datos.
- Un sistema de tarifas que obedezca a las políticas de la entidad.
- Una unidad destinada al procesamiento de los datos de la lectura, con base en el registro o catastro de los usuarios y en la aplicación del sistema tarifario. El procesamiento puede hacerse manual, mecánica o electrónicamente.
- Una unidad destinada a criticar y corregir las anomalías de la facturación antes de su emisión al público y a suministrar las informaciones necesarias para el mantenimiento.
- Una reglamentación sobre las operaciones del sistema que sirva de base al correcto funcionamiento de él y permita un control adecuado.
- Una unidad provista de los equipos necesarios, encargada del mantenimiento tanto preventivo como correctivo de los aparatos y a la comprobación de la precisión de sus registros.
- Una programación adecuada y económica para el mantenimiento preventivo destinada a garantizar permanentemente el funcionamiento óptimo de los aparatos.
- Una unidad destinada a la atención de los reclamos que hagan los usuarios en relación con la facturación y cobranza.

Estos elementos del sistema de medidores pueden considerarse divididos en dos grandes grupos, uno de carácter técnico integrado por los aparatos y su mantenimiento y otro por la lectura, facturación y cobro, los cuales constituyen dos subsistemas vinculados entre sí por los datos que arrojen los aparatos y por las informaciones mutuas y sistemáticas entre el mantenimiento y el procesamiento.

De la manera como se establezcan las unidades de estos subsistemas, del grado de cumplimiento de los objetivos en cada una de ellas y de lo bien que se diseñen y funcionen las relaciones entre los dos subsistemas, dependerá la eficiencia del sistema de medición adoptado.

#### D. Combinaciones y comparación de sistemas

En la práctica los acueductos pueden emplear aislada o combinadamente los sistemas indicados. Las combinaciones conocidas han sido principalmente:

- a. Medición en unos usuarios y en el resto revisiones y propaganda o simplemente ninguna acción.
- b. Medición para unos usuarios y limitadores para otros.

La primera combinación parte del hecho de que un 10% de los usuarios consume alrededor del 50% del agua y justifica por tanto medirse. El resto puede dejarse libremente o controlarse a base de revisiones, etc. Esta política ha sido muy empleada en países como Inglaterra y Argentina. En Brasil la usa Rio de Janeiro.

La segunda combinación considera que es indispensable el control directo a cada uno de los usuarios pero que a los grandes consumidores debe medirseles y a los restantes limitarles el uso a base de limitadores. Esta combinación se empleó en Bogotá, Colombia, desde 1938 hasta 1945, época en la cual se mantuvo entre el 50 y el 60% de las conexiones con medidor y se colocaron discos perforados en el resto. También se utilizó en la ciudad de São Paulo, Brasil, hasta el año de 1968 en donde los grandes consumidores tenían medidor y los restantes limitadores denominados "penas".

Sobre el uso de los sistemas de control del consumo descritos y de sus combinaciones, se ha discutido mucho. Las conclusiones que se pueden indicar en relación con esto son las siguientes:

- a. Es aceptada universalmente la necesidad de medir el consumo de los grandes usuarios (máximo 10% de los suscriptores).
- b. Sobre el empleo de los limitadores de gasto no se conoce una evaluación que permita establecer criterios adecuados para su adopción.
- c. El uso de los limitadores es de gran interés y justifica por tanto hacer unos ensayos a gran escala estudiándolos y evaluándolos de manera que puedan obtenerse conclusiones adecuadas.
- d. El empleo de los medidores es hasta ahora el único sistema reconocido como efectivo en el control del consumo. Los resultados obtenidos indican reducciones del consumo medio entre el 30 y el 50% con el 100% medido. Sin embargo, se considera que el porcentaje de cobertura es un problema de orden económico y por esta razón, como anexo al presente capítulo, se incluye un estudio elaborado por el doctor Carl R. Bartone, Consultor del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) sobre "Optimización de políticas de medición en sistemas de distribución de agua potable".

ANEXO I  
OPTIMIZACION DE POLITICAS DE MEDICION EN SISTEMAS  
DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

por Dr. Carl R. Bartone

Artículo extraído del  
Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana  
Vol. LXXX, No. 1 - Enero 1976

OPTIMIZACION DE POLITICAS DE MEDICION EN SISTEMAS  
DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

Dr. Carl R. Bartone<sup>1</sup>

*En este trabajo se analiza el impacto sobre el consumo del uso de hidrómetros en sistemas de abastecimiento de agua dentro de un marco económico sólido, y las consecuencias financieras para las empresas. Se plantea un modelo de Programación Dinámica, el cual maximiza los beneficios netos de medición y proporciona la política óptima de instalación de medidores. El modelo es una herramienta valiosa para la toma de decisión que ayudará a las empresas de agua a ahorrar cantidades significativas de fondos.*

Introducción

El crecimiento demográfico e industrial sin precedentes que ha tenido lugar en todas las ciudades grandes durante las dos últimas décadas, ha ocasionado un cambio en la actitud de los profesionales responsables de proporcionar servicios urbanos básicos. Existe evidencia de este cambio en el campo del suministro de agua, donde los ingenieros sanitarios se han dado cuenta de los crecientes problemas causados por la urgente necesidad de ampliar los sistemas de abastecimiento, de los crecientes costos de suministro de agua, de la aguda competencia que existe entre los diversos usos económicos del agua y de la necesidad que surge de controlar la calidad del agua.

Todos estos factores se han combinado para hacer que los ingenieros sanitarios tomen conciencia de la importancia de planear los proyectos dentro de un sólido marco de teoría económica. Una manifestación de esta toma de conciencia es el interés mostrado en el uso de los medidores de agua para conservar los recursos de agua disponibles y posponer la necesidad de invertir en la ampliación del sistema de suministro. Visto así, los medidores son un componente imprescindible para la buena administración de las empresas de agua.

<sup>1</sup> Consultor Regional en Análisis de Sistemas, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OSP, Lima, Perú.

Consumo sin medidores

En muchas ciudades de la Región que no utilizan medidores de agua no existe alternativa salvo cobrar al consumidor una tasa fija, por la cual tiene derecho a usar toda el agua que desee. Un cambio en esta tasa fija no va a causar que el usuario cambie sus hábitos de consumo ya que, desde su punto de vista, el precio unitario del agua no cambia, sin importar la tasa que se le cobre.

Evidentemente, este método de cobrar conduce al desperdicio de agua. La maximización de la satisfacción del consumidor ocurre cuando el costo de la última unidad comprada (costo marginal) es igual al valor que el consumidor da al uso de esa unidad (beneficio marginal). Desde que el consumidor no paga nada por las unidades adicionales, el costo marginal para él es de cero, y usará agua hasta que obtenga una satisfacción cero del uso del último litro. Más aún, el consumidor no tiene incentivo para mantener en buen estado el sistema de distribución de su domicilio, a menos que el ruido del agua que gotea no lo deje dormir. Con un sistema de precios de tasa fija, el consumidor que no desperdiciase agua estaría actuando en forma bastante inusual.

Otra consecuencia derivada de la falta de medición es que no es posible hacer proyecciones futuras de la demanda de agua, ya que por definición la demanda económica

es función del precio. Por eso es muy común hacer cálculos para futuros "requerimientos" de agua basados en el consumo actual, e implícitamente se supone que los cambios en costos y precios del suministro de agua no afectarán la conducta del consumidor, una suposición altamente improbable. Sobre la base de estas proyecciones, se toman las decisiones concernientes a las futuras inversiones en el sistema de suministro.

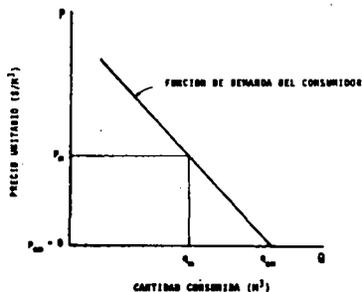
La variable del precio se omite en el enfoque por requerimientos y esto conduce a dos fallas en la metodología. La primera consiste en que, como dicho enfoque no toma en cuenta la relación entre consumo per cápita y precio, el agua es generalmente subvalorada y los requerimientos futuros se sobrestimarán (1). Como consecuencia, los nuevos proyectos tienden a sobredimensionarse y a construirse antes de ser realmente necesarios. Ambas conducen a una capacidad excesiva del sistema, lo que representa uso ineficiente de los fondos de inversión.

La segunda falla es que el enfoque por requerimientos conduce al planificador a contemplar los cálculos futuros como estándares que deben ser alcanzados, reduciendo de ese modo el análisis económico al seleccionar la alternativa menos costosa. En este caso, no es posible medir los beneficios asociados con ningún proyecto dado, y las prioridades entre suministro de agua y otros proyectos de recursos hídricos se asignan en forma arbitraria, en vez de por un proceso de optimización.

**Consumo con medidores**

Si se desea que cada consumidor pague por el agua que realmente utiliza, debe instalarse un sistema de medidores. Además de basar el pago en forma más equitativa, los medidores proveen el método que estamos buscando para hacer que el cliente consuma menos agua, ya que solamente la utilizaría hasta el punto en que la satisfacción que obtenga de su uso adicional sea

FIGURA 1—Curva de demanda mostrando el efecto de medición sobre el consumidor.



igual al precio que debe pagar por esa agua extra (su costo marginal). Así se evitaría el desperdicio, y la capacidad requerida por el futuro sistema correspondería a las verdaderas demandas futuras y no a los requerimientos.

La afirmación del párrafo anterior se puede ilustrar por medio de un modelo simplificado de una curva de demanda como la de la figura 1. Cuando se cobra al consumidor sin medidor por tarifa fija, el precio unitario que paga es cero ( $P_m=0$ ) y en consecuencia él consumirá la cantidad  $q_m$ . En el momento de instalar el medidor y empezar a cobrar el precio unitario  $p_m$ , el consumo bajaría a la cantidad  $q_1$  de agua.

Una ventaja adicional de instalar medidores es que sería posible entonces establecer una estructura de tasas basada en costos marginales, lo cual conduce a condiciones económicas óptimas.<sup>2</sup> Para abastecimientos de agua sin medidores el precio puede únicamente basarse en los costos promedio correspondientes a un sistema de diseño excesivo. Usando los costos marginales las compañías suministradoras percibirán una ganancia económica. Dicha ganancia puede

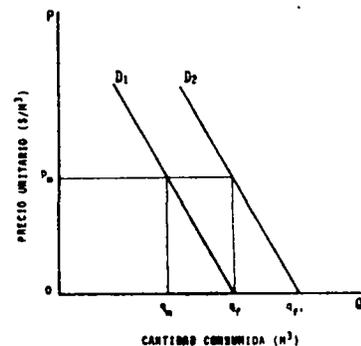
<sup>2</sup> Existe un amplio debate sobre el uso de costos marginales o costos promedio para establecer la tarifa óptima, sobre todo cuando existe exceso de capacidad en el sistema. Sin embargo, se puede decir que los costos marginales proveen la solución socialmente óptima a largo plazo. Para una discusión más completa sobre este punto, así como sobre soluciones prácticas alternativas, véase Hirschleifer et al. (2) y Martínez Pérez (3).

ser asignada a la expansión del sistema, que será necesaria a medida que cambie la función de demanda debido al incremento de la población y al desarrollo económico.

En contra de los diversos argumentos que se han utilizado en favor de la tesis que los medidores reducirán el desperdicio e inducirán a los usuarios a comportarse de acuerdo con una función de demanda económica, existen otros que sostienen que los medidores no ocasionan cambios a largo plazo en las pautas de consumo. Los detractores del uso de medidores sostienen que los efectos de su empleo duran únicamente unos cuantos años y que luego el consumo regresa a los niveles normales anteriores. La evidencia refuta esto, y estudios realizados por la Universidad Johns Hopkins (4) y Howe y Linaweaver (5), comparando áreas con y sin medidores, demuestran que en Estados Unidos el consumo sin medidores excede al consumo con medidores por una razón de 1.52:1 aproximadamente. Es interesante estudiar el consumo de acuerdo con el tipo de uso. El estudio de Johns Hopkins proporciona la información que se muestra en el cuadro 1.

Hanke y Flack (6) han proporcionado un ejemplo gráfico a fin de desmentir la ilusión de que los medidores no son efectivos a los pocos años de su instalación. En la figura 2, la función de demanda  $D_1$  corresponde a un período de cobro de tasa

FIGURA 2—Efectos de medición a largo plazo sobre el consumo de agua.



fija de modo que el costo marginal para el consumidor es cero. El resultado es que se consumirá la cantidad  $q_1$ . Durante el mismo período se instalan los medidores y el precio marginal varía de cero a  $p_m$  y la cantidad correspondiente que se demanda es  $q_m$ . Después de algunos años, la función de demanda cambiará debido a cambios en los parámetros de demanda tales como población, ingreso, y costo y calidad de vida. Para la nueva función de demanda  $D_2$ , suponiendo que el precio permanece constante en  $p_m$ , el consumo volverá a ser  $q_1$ . La conclusión ilógica a que a veces se llega en este punto es que el uso de medidores no ha sido

CUADRO 1—Consumo de agua en áreas con tarifa fija y en áreas con medidores, en 39 ciudades en Estados Unidos.\*

| Tipo de consumo     | Promedio anual en litros por consumo y por día |                       | Razón entre consumo con tarifa fija y con medidores |
|---------------------|------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
|                     | Áreas con medidores                            | Áreas con tarifa fija |                                                     |
| Uso doméstico       | 935                                            | 893                   | .96 : 1.00                                          |
| Uso de jardines     | 704                                            | 1590                  | 2.27 : 1.00                                         |
| Desperdicio y goteo | 95                                             | 136                   | 1.35 : 1.00                                         |
| Total               | 1734                                           | 2619                  | 1.52 : 1.00                                         |

\* Fuente: Linaweaver, 1965.

efectivo. Pero no es así, ya que si no se los hubiese utilizado, el precio marginal para el usuario hubiese permanecido en cero y la cantidad demandada hubiese cambiado a  $q_r$  debido a que controla la función de demanda  $D$ . Debe tenerse en cuenta que los cambios de precio causan movimiento a lo largo de la función de demanda, pero que los cambios en otros parámetros económicos causan un cambio de la función de demanda.

Para demostrar la validez de estas afirmaciones, disponemos de datos de varias fuentes (6-13), los cuales están resumidos en el cuadro 2. En este cuadro se muestra el impacto del aumento de la cobertura de servicios con medidores sobre el consumo per cápita de agua. Se ve claramente que este impacto ha sido grande, llegando a un promedio estandarizado de 57%, como se indica en la última columna del cuadro. Vale la pena destacar que la mayoría de los datos se refieren a ciudades latinoamericanas.

Una contribución importante a la dife-

rencia entre el consumo con medidores y el de tasa fija es la eliminación del desperdicio en el sistema de distribución. Esto ocurre en dos niveles. El consumidor tiene estímulo para evitar cualquier desperdicio en su hogar, ya que de otro modo él tendría que pagar por ello. En segundo lugar, el medir el agua revela cualquier discrepancia entre la cantidad de agua que sale de la planta de tratamiento y la que realmente llega al consumidor. Puede entonces determinarse la magnitud de la pérdida de las tuberías principales y se proporciona incentivo a los suministradores de agua a fin de que mejoren el mantenimiento de la red de distribución. Estas pérdidas en la red de distribución se habrían catalogado, de otro modo, bajo consumo doméstico. El uso de medidores alienta el buen manejo fiscal y operacional del sistema de abastecimiento de agua.

**Efectos sobre la inversión**

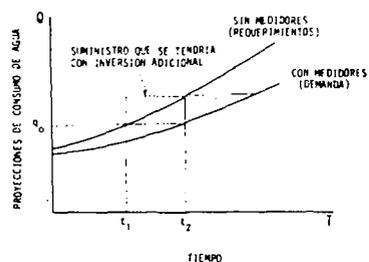
Pasemos ahora a considerar el modo en que la instalación de medidores afecta a la

CUADRO 2—Efectos de la instalación de medidores sobre el consumo de agua.

| Lugar <sup>a</sup>                  | Cobertura (%)     |                    | Reducción en consumo (%) | Reducción % Medido (n=100) |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|
|                                     | Inicial           | Final              |                          |                            |
| Boulder, E.U.A. (6)                 | 5                 | 100                | 40                       | 42                         |
| Philadelphia, E.U.A. (7)            | 73                | 100                | 11.5                     | 43                         |
| Lima, Perú (8)                      | 44                | 100                | 30                       | 54                         |
| Cali, Colombia (9)                  | 0                 | 80.5               | 44                       | 55                         |
| Bogotá, Colombia (9)                | 7.4               | 68                 | 54                       | 89                         |
| San Isidro de P.Z., Costa Rica (10) | 0                 | 80                 | 50.5                     | 63                         |
| São Paulo, Brasil (11)              | 84                | 100                | 9                        | 56                         |
| Uruguay, 1966, 22 ciudades (12)     | (30) <sup>b</sup> | (90) <sup>b</sup>  | 46                       | 77                         |
| Uruguay, 1960, 28 ciudades (13)     | (0) <sup>c</sup>  | (100) <sup>c</sup> | 36                       | 36                         |
|                                     |                   |                    |                          | Prom = 57                  |

<sup>a</sup> Los números en paréntesis se refieren a las fuentes de información. Véase la lista de referencias al final del artículo.  
<sup>b</sup> La cobertura en las 22 ciudades varía desde 30 hasta 90%.  
<sup>c</sup> En el trabajo original se suponía que la cobertura variaba de cero hasta 100% en todas las ciudades consideradas.

FIGURA 3—Dos alternativas para la expansión de capacidad de un sistema de abastecimiento de agua



inversión requerida por el sistema de suministro. Analizando la figura 3, el problema clásico de expansión de capacidad de un sistema, vemos que un proyecto típico de planificación usando proyecciones de requerimientos de agua sin medidores precisaría de una inversión en la expansión del sistema en el año  $t_1$  cuando el consumo haya alcanzado el nivel  $q_m$  que es la capacidad del sistema existente. Si se introducen medidores en el tiempo  $t_1$  o antes se aplican tarifas adecuadas, el consumo disminuiría a la curva más baja de demanda proyectada, y la inversión podría posponerse hasta el tiempo  $t_2$ .

Los ahorros en este caso serían de dos tipos. Primero por postergar la inversión de capital en la expansión del sistema; segundo por reducción en los costos de operación. El valor de postergar la inversión es la diferencia entre el valor actual de inversión que se requerirá en ausencia de los medidores y el valor actual de la inversión postergada por la introducción de los mismos. El valor de los costos de operación reducidos incluiría los costos variables no incurridos asociados con el aumento del sistema, y los costos reducidos de operación del sistema existente debido a que tuvo que suministrarse menos agua. Si el aumento en la demanda disminuyera finalmente, podría haber ahorro a largo plazo debido a la reducción de los parámetros de diseño y

posiblemente a la total supresión de algunas inversiones adicionales.

Desde luego, existe una serie de costos asociados con la instalación de medidores que contrapesan los beneficios antes mencionados. Estos costos incluyen: compra e instalación de los medidores, mantenimiento tanto preventivo como correctivo de los mismos, y costos extras asignables al sistema de procesamiento de datos y de lectura y facturación requeridos por los medidores. Además, existe un costo que se impone a los usuarios, que es igual a la pérdida del exceso usufructuado antes por el consumidor, esto es la satisfacción adicional que los consumidores hubiesen obtenido con la tasa fija. Este costo equivale aproximadamente a la disminución en área bajo la curva de demanda (14), o refiriéndose a la figura 1 esa disminución sería aproximada por el área del triángulo con base  $q_m - q_m$  y altura  $p_m$ . En el cuadro 3 se resumen todos los beneficios y costos asociados con la implantación de un sistema de medición.

**Decisión sobre la instalación de medidores**

Con lo dicho anteriormente es posible formular el criterio de decisión con respecto

CUADRO 3—Beneficios y costos asociados con la instalación de medidores de agua.

| Beneficios                                                                                               | Costos                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Reducción de los costos OMR<br>— Del sistema existente<br>— Del sistema no construido                 | 1. Compra e instalación                                                         |
| 2. Postergación de inversiones<br>— La diferencia en el valor actual de las dos alternativas             | 2. OMR<br>— Facturación<br>— Lectura<br>— Mantenimiento correctivo y preventivo |
| 3. Posible disminución en los parámetros de diseño o prevención de inversiones adicionales a largo plazo | 3. Pérdida del exceso del consumo                                               |

a la instalación de medidores de agua. Aplicando la terminología del análisis beneficio-costos al proceso de decisión, es deseable maximizar la eficiencia del proceso de asignación de los recursos de agua. Esto requiere que los beneficios excedan a los costos y que el sistema esté operado en forma tal que alcance los beneficios netos máximos (lo cual equivale a requerir que el precio iguale al costo marginal). Los beneficios estarán constituidos por los ahorros debidos a la postergación de las inversiones de capital y a la reducción en los costos de operación. Los costos se deberán a compra, instalación, mantenimiento y reemplazo, lectura y facturación de los medidores; y a pérdida del exceso usufructado por parte del consumidor. Este último punto puede también clasificarse como un beneficio negativo.

Para los fines del análisis económico deberían presentarse todos los beneficios y costos, ya sea como valores actuales o como valores anuales equivalentes mediante el empleo de una tasa de descuento apropiada al país en particular. La inversión de instalar medidores estará justificada si los beneficios descontados exceden los costos descontados. Si la instalación se justifica, la política óptima de instalación corresponderá a la maximización de beneficios netos. En la siguiente sección se presentará un modelo operacional para la toma de decisiones dentro del marco del análisis beneficio-costos. A fin de obtener un análisis más completo, se ha formulado un modelo general, el cual puede solucionarse por el método de programación dinámica.

#### Modelo generalizado

Un modelo generalizado, basado en la maximización de los beneficios netos, puede escribirse directamente como,

$$Máx (B-C) = \left[ \begin{array}{c} \text{Valor} \\ \text{actual} \\ \text{de los} \\ \text{beneficios} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{c} \text{Valor actual} \\ \text{de costos de} \\ \text{capital y} \\ \text{amortización} \end{array} \right]$$

$$- \left[ \begin{array}{c} \text{Valor} \\ \text{actual} \\ \text{de los} \\ \text{costos OMR} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{Valor} \\ \text{actual} \\ \text{del valor} \\ \text{recuperable} \end{array} \right]$$

Los beneficios y costos de este modelo serán exactamente iguales a los definidos anteriormente, con los costos divididos entre costos de capital para compra e instalación, y costos de operación, mantenimiento y reemplazo (OMR), los que incluyen lectura de los medidores, facturación y pérdida del beneficio del exceso del consumidor. Nótese que puede considerarse que tanto los beneficios como los costos varían de acuerdo con el año y la edad del medidor. Este último punto puede ser importante debido a que los medidores viejos registran consumos cada vez menos precisos. El período de análisis para el modelo debería corresponder a la vida económica media de los medidores. Ya que los medidores pueden haber sido instalados en diferentes años, sería tal vez necesario incluir el valor de recuperación de los que aún tengan algún uso económico. Para los propósitos de este modelo podría emplearse la depreciación en línea recta a través de n años para hallar dicho valor, pero probablemente la cantidad resultante sería insignificante y no necesitaría incluirse en el análisis. La elección de una tasa de descuento para el cálculo de valores presente significará, por lo general, un problema. Debe reflejar el costo del capital para el país, sea de fuentes externas o internas y, además, para las obras públicas, debe también reflejar el deseo de desarrollar recursos para futuros beneficios sociales. Para la mayoría de países latinoamericanos la tasa será de 10 a 15% o posiblemente mayor.

Con respecto a las restricciones del modelo, una restricción lógica a este modelo es que el número de medidores instalados no excederá nunca al número total de conexiones de servicio. Otra restricción es que los medidores no deberían introducirse en cantidades tales como para exceder los

fondos de presupuestos disponibles. La restricción de presupuesto puede tomar muchas formas. Puede constituir únicamente una restricción anual sobre el total de los costos de los medidores; una restricción anual que incluya solo los costos del capital; o puede ser una restricción a la inversión total durante todo el período de análisis incluyendo solo costos de capital. Estas dos últimas son las formas más probables de la restricción.

Una consideración importante, en modo evidente, es que los beneficios pueden ser función de otros factores además del porcentaje de servicios con medidores. Si hacemos un diagrama del consumo vs. porcentaje de cobertura de los medidores, empleando valores promedio de consumo para toda la ciudad, la curva recta de la figura 4 parece ser una representación razonable del efecto que los medidores tendrán en el consumo de agua. Aquí se presupone que los medidores se instalan al azar y que cada conexión medida resulta en un promedio constante de disminución del agua consumida. Sin embargo, una política discriminatoria de instalación de medidores bien podría llevar al segundo tipo de curva que se aproxima rápidamente, y tal vez resulte asintótica, al nivel de consumo de agua con 100% de medidores,  $Q_{100}$ . La política de discriminación que podría seguirse en este caso sería poner medidores en primer lugar a los grandes consumidores

y gradualmente ir bajando hasta llegar a los menores. Para los usuarios residenciales, podría dividirse el área urbana en zonas que se clasificarían de acuerdo con indicadores socioeconómicos correlacionados con el uso de agua; y podría llevarse a cabo, en primer lugar, la instalación de medidores en las zonas de ingreso más alto. Probablemente las zonas de ingresos más bajos no disminuirían mucho su consumo, ya que originalmente habrían tenido un nivel de consumo esencial, y los medidores para estas zonas pueden instalarse al final.<sup>3</sup>

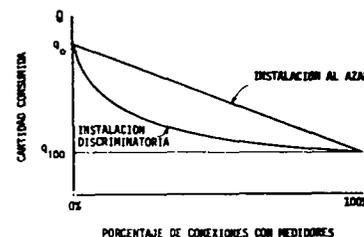
Lo que se colige de lo anterior es que una cobertura del 100% puede no ser necesaria para la obtención de los beneficios netos máximos. Puede ser que los beneficios alcanzados al poner medidores al último grupo sean insuficientes para contrarrestar el costo de instalación y el mantenimiento de los mismos. El modelo aquí descrito podría usarse para determinar el grado óptimo de cobertura, si fuese utilizada la función de beneficios para una política discriminatoria de instalación. Esta función puede determinarse mediante experimentos estadísticos.

#### Programación dinámica

A fin de mostrar cómo puede resolverse este modelo utilizando la técnica de programación dinámica, se desarrollarán las ecuaciones recursivas necesarias.

La programación dinámica es un método de descomposición que puede emplearse para dividir problemas grandes y complejos en un conjunto de subproblemas dependientes más pequeños, los cuales pueden ser optimizados secuencialmente en etapas subsiguientes en vez de hacerlo simultáneamente. Una etapa puede representar el lapso durante el cual debe tomarse una

FIGURA 4—Consumo como función de porcentaje de conexiones medidas.



<sup>3</sup> Los críticos de los medidores alegan con frecuencia que los grupos de ingreso más bajo estarán inducidos a disminuir el consumo per cápita más allá del nivel básico de los requisitos sanitarios, provocando así condiciones peligrosas. Sin embargo, de este modo se cree que el agua, de hecho, tendría un precio superior a los límites razonables para este grupo. Una promoción adecuada en contra de estas críticas sería establecer una tasa fija para el consumo que se considere razonable para fines sanitarios (C<sub>que</sub>), e introducir una escala de ajustes para el agua que se consume por encima de esa cantidad.

decisión, o la porción de un problema para el cual solo debe tomarse una decisión. En cada etapa, el proceso de decisión lleva consigo la selección de una decisión de un conjunto de alternativas. Esto se conoce generalmente como la *decisión de la etapa*. A cada una de estas decisiones se asocia una *función de retorno*, la cual evalúa la selección hecha por esta decisión en términos de su contribución al resultado total del problema. De este modo, el enfoque mediante la programación dinámica determina un conjunto completo de alternativas (una para cada etapa) entre todas las posibles, lo cual optimiza los resultados totales a la vez que satisface todas las restricciones del problema. En este caso, se dice que las alternativas seleccionadas conforman una *política óptima*.

En cualquier etapa, su *estado* debe ser definido en tal forma que resuma toda la información pertinente sobre todas las etapas consideradas anteriormente. Así, teniendo el estado del momento, las decisiones para las etapas siguientes deben constituir una política óptima, sin tener en cuenta las decisiones efectuadas en etapas anteriores. Esta es la propiedad básica de la programación dinámica, la que se conoce como el principio de optimalidad, y fue formulado por Richard Bellman (15). En virtud de este principio no es necesario investigar el efecto de la decisión que se está tomando sobre cualquiera de las decisiones de las etapas anteriores.

**Formulación del modelo por programación dinámica**

Para este problema pongamos a cada etapa como representando un período de tiempo. Habrá entonces *n* etapas para el problema de medidores con un período de análisis de *n* años. Las etapas pueden numerarse secuencialmente de 1 a *n*.

La decisión a tomarse en cada etapa es sobre cuántos medidores deberían añadirse a la red de distribución durante el período

de tiempo (etapa). Supondremos que todos los medidores son instalados a comienzos del período y que funcionarán durante todo este período y los siguientes. La decisión de la etapa puede escribirse como  $X_i$ , donde la variable de decisión  $X_i$  puede tomar cualquier valor factible para la etapa *i*. Los valores factibles estarán determinados por las restricciones del problema y las decisiones tomadas en etapas previas.

El estado del problema en cada etapa puede caracterizarse por el número total de medidores instalados y en operación al final de la misma. Si anotamos esto como la variable de estado  $S_i$ , tenemos la función de transformación entre los estados,  $S_i = X_i + S_{i-1}$ , para cualquier etapa. Es decir, el número total de medidores al final del período es igual al total de medidores que había al comienzo del mismo más aquellos instalados durante el transcurso del período. El valor inicial  $S_0$  representa una condición límite en el problema ya que es el número de medidores existentes al comienzo del análisis. Para una ciudad que no ha tenido medidores anteriormente,  $S_0 = 0$ . Nótese que  $S_i$  es

$$\text{simplemente la suma, } S_n = \sum_{i=1}^n X_i.$$

Ya que nuestra función objetivo es maximizar los beneficios netos, debemos definir la función de retorno para cada etapa como la *diferencia entre los beneficios y los costos* para la decisión tomada en la misma. Esto puede escribirse,

$$R_i(S_i, X_i) = B_i X_i - C_i X_i - K_i X_i$$

donde  $R_i$  es la función de retorno y  $B_i$ ,  $C_i$  y  $K_i$  son beneficios unitarios, costos OMR y costos de capital, respectivamente. Nótese que  $B_i$ ,  $C_i$  y  $K_i$  no precisan ser constantes pero que pueden ser función de  $S_i$  o  $X_i$ . Más aún, pueden ser no convexas, no lineales, discontinuas o discretas, así como determinísticas o estocásticas. Esta es una de las verdaderas ventajas de la programación dinámica. Aunque podrían incluirse los valores de recuperación, sería solo a costo de la eficiencia de cómputo. Si se ha

escogido *n* correctamente, los valores de recuperación serán insignificantes y no se incluyen en el modelo de programación dinámica.

En este punto podemos representar el problema por medio de un diagrama funcional (figura 5). Cada bloque representa una etapa;  $S_{i-1}$  es el número total de medidores al comenzar la etapa;  $S_i$  es el número total de medidores al final de la misma;  $X_i$  es el número instalado durante la etapa y  $R_i$  es la función de retorno para dicha etapa.

Podemos notar que  $S_0$  es fijo, pero  $S_n$  no lo es, a menos que deseemos especificar de antemano el 100% de cobertura (de este modo restringiendo mucho el modelo) y  $X_i$  puede en general tomar cualquier valor dentro de  $0 \leq X_i \leq P_i - S_{i-1}$ , donde  $P_i$  es el número total de conexiones al comienzo de la etapa. La variable de decisión de la etapa puede también estar restringida por limitaciones de presupuesto, como se discutió antes. Para una restricción anual de capital  $G_i$  tendríamos,  $0 \leq X_i \leq G_i/K$ , donde  $K$  es el costo de capital de comprar e instalar un medidor (se supone en este caso que  $K$  es constante). Para una restricción de capital  $G$  aplicada al período total de planificación tendríamos,  $0 \leq X_i \leq (G - K S_{i-1})/K$ . Otras formas de restricciones de presupuesto podrían dar lugar a fórmulas más complicadas.

El problema de optimización es encontrar un juego de variables de decisión  $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  las cuales maximizarán el retorno total del proyecto. El juego  $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  es llamado una política y el conjunto particular que maximizará los dividendos se llama política óptima. La

decisión multi-etapa del problema puede definirse como la maximización del valor actual de las *n* funciones de retorno sobre el rango de las políticas posibles:

$$\max R = \max_{X_1, X_2, \dots, X_n} \left[ \sum_{i=1}^n v_i R_i(S_i, X_i) \right]$$

donde  $v_i$  es el factor del valor actual en el año *i*, o sea  $v_i = (1-r)^{-i}$  cuando *r* es la tasa de descuento.

Una técnica eficiente de cómputo es la programación dinámica que transforma el problema de optimización original de *n* decisiones simultáneas en un juego de *n* problemas cada uno con una sola decisión. Para hacer esto definimos la función,

$$f_i(S_i) = \text{el retorno óptimo para la etapa } i \text{ si se instalan } S_i \text{ medidores en total}$$

Para el primer período podemos definir:

$$f_1(S_0) = \max_{S_0 \leq S_1 \leq P_1} \{v_1 R_1(S_0, X_1)\}$$

Es decir, el valor óptimo de  $f_1(S_0)$  será el valor actual máximo de  $R_1$  si se da  $S_0$  y permitiendo que  $X_1$  tome todos sus valores factibles en rango,  $0 \leq X_1 \leq P_1 - S_0$ .

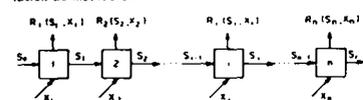
La derivación de la restricción sobre el rango factible viene directamente de la definición de la función de transformación entre los estados,  $S_i = S_{i-1} + X_i$ . Si volvemos a escribir el rango factible de  $X_i$  tenemos,  $S_{i-1} \leq X_i + S_{i-1} \leq P_i$ . De la función de transformación y de la condición límite podemos escribir,  $S_0 \leq S_{i-1} \leq S_i = X_i + S_{i-1} \leq P_i$ , o simplemente,  $S_0 \leq S_i \leq P_i$  para cualquier etapa. De aquí la restricción en la etapa 1. Debido a que la restricción a  $X_i$  está implícita en la restricción sobre  $S_i$ , no necesitamos incluirla en la definición  $f_i(S_i)$ .

Prosiguiendo a la etapa 2,  $f_2(S_1)$  puede definirse de acuerdo con el principio de optimalidad como,

$$f_2(S_1) = \max_{S_1 \leq S_2 \leq P_2} \{v_2 R_2(S_1, X_2) + f_1(S_1)\}$$

Refricándonos nuevamente a la función de transformación, una vez que escogemos el

FIGURA 5—Diagrama funcional del modelo de instalación de medidores.



valor de  $S_2$  en la etapa 2, sabemos que  $S_2 = S_1 - X_2$ . Por lo tanto, podemos escribir  $f_2(S_2)$  completamente en términos de las variables de decisión y estado de la etapa 2, como sigue,

$$f_2(S_2) = \max_{S_2 \leq S_1 \leq P_1} \{v_2 R_2(S_2, X_2) + f_1(S_2 - X_2)\}$$

Por un argumento similar, la llamada ecuación recursiva para cada etapa adicional está dada por,

$$f_i(S_i) = \max_{S_i \leq S_{i-1} \leq P_i} \{v_i R_i(S_i, X_i) + f_{i-1}(S_i - X_i)\}$$

La solución de estas ecuaciones empieza con el cómputo de  $f_1$ . Una vez que se conoce  $f_1$ ,  $f_2$  y así sucesivamente, pueden computarse recursivamente. Ya que empezamos en el primer período seguimos adelante hasta el final, es decir hasta llegar a  $f_n$ ; a esto se le llama recursión hacia adelante.

Por la estructura de la ecuación recursiva, la cual incorpora el principio de optimalidad, es obvio que,

$$f_n(S_n) = \max R$$

y que la política óptima  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  se determina computando desde  $f_1$  hasta  $f_n$ ; por lo tanto, se obtiene la solución óptima del problema original de maximizar los beneficios netos resultantes de la instalación de medidores de agua.

Las ecuaciones recursivas podrían parecer complicadas a primera vista, pero su solución se efectúa fácilmente mediante la confección de cuadros sencillos de cómputo, en los cuales se hace un resumen total de la información para todas las etapas, cada una representada sucesivamente por un cuadro. Un ejemplo de este procedimiento de cómputo está dado por Bartone (16).

#### Resumen

La medición es la mejor forma de racionalizar el consumo de agua potable y per-

mitir una administración, planificación y expansión lógica del sistema de suministro de agua porque exige que el consumidor pague por cada metro cúbico utilizado y evita gastos innecesarios así como pérdidas de agua. El uso de medidores permitirá diferir inversiones grandes en obras adicionales y reducir los parámetros de diseño, evitando así capacidad excesiva en el sistema, y acortará al máximo los gastos de operación y mantenimiento del mismo.

La decisión lógica a tomar sobre el uso de medidores es instalarlos cuando los beneficios, o sea los ahorros en inversión y gastos de operación, sean mayores que los costos del sistema de medición. Estos últimos comprenden los costos de compra e instalación de los hidrómetros, así como los de su operación, mantenimiento y reemplazo, tomando en cuenta las necesidades especiales de un sistema de facturación, de lectura y de revisión periódica.

En este trabajo se plantea un modelo matemático el cual maximiza el valor de los beneficios menos los costos, da el programa óptimo para la compra e instalación de medidores, e indica la cobertura óptima que se debe mantener en el sistema de distribución. También se presenta un método de resolver el modelo matemático a través de la programación dinámica, escribiendo las ecuaciones recursivas necesarias. Este modelo es una herramienta valiosa para la toma de decisión, que ayudaría a las empresas de agua a ahorrar cantidades significativas de fondos. □

#### Agradecimiento

El autor expresa su gratitud al ingeniero Bernardo Gómez Moreno por su constante colaboración y asistencia, lo cual hizo posible este trabajo.

#### REFERENCIAS

- (1) James, L. D. y R. L. Lee. Economics of water resources planning. Nueva York: McGraw-Hill, 1971, págs. 312-319.
- (2) Hirschleifer, J., J. C. De Haven y J. W. Milliman. Water supply: economics, technology and policy. Chicago: University of Chicago Press, 1960, págs. 88-93.
- (3) Martínez Pérez, C. Methodology of evaluation of pricing policies for a municipal water utility. Caracas: Instituto Nacional de Obras Sanitarias, 1974, págs. 13-28.
- (4) Linaweaver, F. P., Jr. Residential water use. Baltimore: Universidad Johns Hopkins, 1965, Informe II, Fase 2.
- (5) Howe, C. W. y F. P. Linaweaver. The impact of price on residential water demand and its relation to system design and price structure. *Water Resources Research* 3(1):13-32, 1967.
- (6) Hanks, S. H. y J. E. Flack. Effects of metering urban water. *J Am Water Works Assoc* 60:1359-1366, 1968.
- (7) What 100% metering did to Philadelphia's water demand. *The American City*. Agosto, 1964.
- (8) Informe de la Comisión de Estudios para el Mejoramiento de la Red de Distribución de Agua Potable de Lima. Lima, 1956.
- (9) Bunker, G. C. ¿Por qué se usan medidores? *Ing Sanit* 2:99, 1947.
- (10) Prado, A. F. Análisis de dotaciones en poblaciones rurales—Efectos de la instalación de hidrómetros. IX Seminario Centroamericano de Ingeniería Sanitaria. Panamá, 1973.
- (11) Faizzilber, Abrahão, Ing. CETESB, São Paulo. (Comunicación personal.)
- (12) Castagnino, W. A. Estudio sobre los recursos hidráulicos de Uruguay. Comisión Económica para América Latina. Santiago, 1966.
- (13) Schkolnik, P. La reducción del consumo de agua potable producida por la instalación de medidores. Mimeografiado, 1960.
- (14) Warford, J. J. *Water supply*. Middlesex: Public Enterprise: Selected Readings. Editado por R. Turvey, Penguin Books, 1968.
- (15) Bellman, R. *Dynamic programming*. Nueva Jersey: Princeton University Press, 1957.
- (16) Bartone, C. R. Determinación de la política óptima para la instalación de medidores del agua. XIV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria. México, 1974.

#### Optimization of metering policies in drinking-water distribution programmes (Summary)

Metering is the best method of rationalizing the consumption of drinking-water. It makes possible the administration, planning and rational expansion of the water delivery system, because consumers are required to pay for each cubic meter of water used. Such a method also discourages undue waste of water. The use of meters will enable large investments to be rechannelled to additional projects, will minimize operational and maintenance costs, and will decrease the parameters of the design thereby avoiding excessive capacity of the system.

Meters should be installed when the benefits, that is, the savings in investments and operational costs, are greater than the costs of a meter system. The latter include the purchase and installation of hydrometers, as well

as the cost of their operation, maintenance and replacement. One must also take into consideration the need for a meter-reading, billing and periodical inspection system.

In this work the author proposes a mathematical model which maximizes the value of the benefits less the costs, provides the optimum programme for the purchase and installation of meters, and indicates the optimum coverage which must be maintained in the delivery system.

The author also presents a method to be used in resolving the mathematical model by means of Dynamic Processing, writing the necessary recursive equations. This model serves as a valuable tool in reaching decisions and will help water companies to make considerable savings.

#### A otimização de políticas de medição em sistemas de abastecimento de água potável (Resumo)

A medição é a melhor forma de racionalizar o consumo de água potável e de possibilitar a administração, o planejamento e a expansão lógica do sistema, porque exige que o consumidor pague por metro cúbico utilizado e evita

gastos desnecessários e desperdício de água. O uso de medidores permitirá diferir grandes investimentos em obras adicionais e reduzir os parâmetros de desenho—evitando assim o excesso de capacidade do sistema—e reduzirá

ao máximo as despesas com sua operação e manutenção.

A decisão lógica a tomar a respeito do uso de medidores é instalá-los quando os benefícios, ou seja, as poupanças em investimento e gastos de operação, sejam maiores do que os custos do sistema de medição. Estes compreendem os custos de aquisição e instalação dos hidrômetros, bem como os de sua operação, manutenção e substituição, levando em conta as necessidades especiais de um sistema de faturamento, leitura e revisão periódica.

Sugere-se no presente trabalho um modelo

matemático que maximiza o valor dos benefícios menos os custos, fornece o programa ótimo de aquisição e instalação de medidores e indica a cobertura ótima que se deve manter no sistema de distribuição.

Apresenta-se também um método de resolução do modelo matemático através da programação dinâmica, com as equações recursivas necessárias. Este modelo é um valioso instrumento para a tomada de decisão que ajudaria as empresas de abastecimento de água a economizar significativas somas de recursos.

#### Optimisation des politiques de mesure de systèmes de distribution d'eau potable (Résumé)

La mesure est la meilleure façon de rationaliser la consommation d'eau potable et d'assurer une administration, une planification et une expansion logique du système d'approvisionnement d'eau car elle exige du consommateur le paiement de chaque mètre cube utilisé et évite des frais inutiles comme le sont les pertes d'eau. L'utilisation de compteurs permettra de consacrer d'importantes sommes à des travaux additionnels et de réduire les paramètres de conception—évitant par là même l'existence d'une capacité excessive—et elle diminuera au maximum les frais d'exploitation et d'entretien du système.

Logiquement, il convient d'installer des compteurs lorsque les avantages, c'est-à-dire l'épargne réalisée en matière d'investissement et de coûts d'exploitation, sont plus grands que les coûts que représente le système de mesure. Ces derniers comprennent les frais

d'achat et d'installation des hydromètres ainsi que les frais d'exploitation, d'entretien et de remplacement, compte tenu des besoins particuliers d'un système de facturation, de lecture et de révision périodique.

Dans le présent article, l'auteur propose un modèle mathématique qui maximise la valeur des avantages moins les coûts, donne le programme dynamique, com as equações recursivas necessárias. Este modelo é um valioso instrumento para a tomada de decisão que ajudaria as empresas de abastecimento de água a economizar significativas somas de recursos.

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

REDES DE RECOLECCION

Ing. Herbert Farrer  
Consultor a Corto Plazo OPS/OMS-CEPIS

STOM 15

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

| Indice                                                                         | Página |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Introducción.....                                                           | 421    |
| 1.1 Objetivos.....                                                             | 421    |
| 1.2 Políticas generales.....                                                   | 423    |
| 2 Registros de las redes.....                                                  | 425    |
| 2.1 Generalidades.....                                                         | 425    |
| 2.2 Planos generales del sistema.....                                          | 425    |
| 2.3 Planos de detalle en planta.....                                           | 425    |
| 2.4 Detalles de esquinas y estructuras.....                                    | 427    |
| 2.5 Perfiles.....                                                              | 429    |
| 2.6 Información de trabajos ejecutados.....                                    | 429    |
| 3 Identificación de problemas y soluciones.....                                | 434    |
| 3.1 Obstrucciones.....                                                         | 434    |
| 3.1.1 Grasas.....                                                              | 434    |
| 3.1.2 Trapos, plásticos, vidrios.....                                          | 437    |
| 3.1.3 Raíces.....                                                              | 437    |
| 3.1.4 Arenas y Piedras.....                                                    | 438    |
| 3.2 Pérdida de capacidad.....                                                  | 438    |
| 3.3 Roturas.....                                                               | 439    |
| 3.3.1 Soporte inapropiado del tubo.....                                        | 439    |
| 3.3.2 Fallas debidas a cargas vivas.....                                       | 439    |
| 3.3.3 Movimientos del suelo.....                                               | 440    |
| 3.3.4 Raíces.....                                                              | 441    |
| 3.3.5 Fallas por utilización inapropiada.....                                  | 441    |
| 3.3.6 Daños causados por otras instituciones.....                              | 442    |
| 3.4 Vandalismo.....                                                            | 442    |
| 3.5 Conexiones cruzadas con pluviales.....                                     | 442    |
| 3.6 Olores.....                                                                | 443    |
| 4 Facilidades, equipos y herramientas para opera-<br>ción y mantenimiento..... | 444    |
| 4.1 Planteles.....                                                             | 444    |
| 4.2 Oficinas y comunicaciones.....                                             | 445    |
| 4.3 Equipo de transporte.....                                                  | 445    |
| 4.4 Compresores.....                                                           | 446    |
| 4.5 Bombas.....                                                                | 446    |

|                                                                 | <u>Página</u> |
|-----------------------------------------------------------------|---------------|
| 4.6 Equipos y herramientas de limpieza.....                     | 447           |
| 4.6.1 Sondas: cables y varillas.....                            | 447           |
| 4.6.2 Accesorios especiales .....                               | 447           |
| 4.6.3 Cubetas para arenas y grava .....                         | 448           |
| 4.6.4 Equipos hidráulicos .....                                 | 449           |
| 4.7 Equipos de detección de tapas metálicas.....                | 449           |
| 4.8 Equipos especializados para inspección .....                | 449           |
| 4.9 Herramientas y equipos menores .....                        | 450           |
| 5 Personal .....                                                | 451           |
| 6 Regulaciones sobre vertidos al alcantarillado .....           | 453           |
| 7 Nuevas obras, urbanizaciones .....                            | 454           |
| 8 Actividades de mantenimiento, cuadrillas y organización ..... | 455           |
| 8.1 Actividades .....                                           | 455           |
| 8.1.1 Inspección rutinaria y limpieza .....                     | 455           |
| 8.1.2 Limpieza rutinaria por sectores del alcantarillado .....  | 456           |
| 8.1.3 Emergencias .....                                         | 456           |
| 8.1.4 Reparaciones .....                                        | 456           |
| 8.2 Organización .....                                          | 456           |
| 9 Consideraciones a ser tomadas en el diseño .....              | 460           |
| 9.1 Pendientes .....                                            | 460           |
| 9.2 Sifones invertidos .....                                    | 460           |
| 9.3 Cajas de registro .....                                     | 460           |
| 9.4 Ventilación .....                                           | 460           |
| 9.5 Materiales de los tubos .....                               | 460           |
| 9.6 Sifones en las acometidas .....                             | 461           |

## 1. Introducción

De los sistemas de servicio público, el de recolección, transporte y disposición de las aguas servidas es tal vez al que tradicionalmente menor atención se le ha puesto en lo que respecta a operación y mantenimiento. Este básicamente ha sido correctivo y ha consistido en limpiar las obstrucciones que se presentan, no siempre con la premura del caso, y no prestando siempre la atención al origen de los problemas que las causan; y en reconstruir los daños mayores - que se presentan como hundimientos debidos a roturas en las tuberías y fallas de las estructuras de cajas de registro.

En muchos casos se han adquirido equipos muy costosos sin haber evaluado - la verdadera necesidad de los mismos y las facilidades locales para operarlos, y en otros no se cuenta con el equipo mínimo necesario.

Se pretende en esta corta charla el llamar la atención sobre los aspectos más relevantes y fundamentales a considerar en la operación y mantenimiento de sistemas de redes de recolección de aguas servidas. En una mirada rápida a los títulos de los temas en el índice nos ubicaremos en estos aspectos.

En este, como en cualquier otro aspecto de operación y mantenimiento es - de vital importancia el establecimiento de los verdaderos problemas en su origen y el desarrollo de una capacidad a nivel local para operar y mantener eficientemente los servicios a nivel no sólo de institución centralizada sino también a nivel de la comunidad y facilidades locales.

### 1.1 Objetivos

La capacidad de un alcantarillado se determina por sus diámetros y pendientes. Sin embargo esta capacidad puede ser reducida por acumulaciones y obstrucciones de materiales que son descargados al sistema como grasas, materiales viscosos y sólidos, y otros que penetran a las tuberías por las uniones y roturas - como las raíces. La preservación de la capacidad de los sistemas se lleva a -

cabo mediante el control del uso del sistema que prohíbe la descarga de materiales que no corresponden al alcantarillado y mediante un programa continuo de mantenimiento que previene y remueve las obstrucciones que se presentan en la operación normal de los sistemas.

La simple obstrucción de una conexión domiciliar, que puede hacer que el agua rebalse por las instalaciones hacia atrás, el derrame de las mismas en las aceras y calles es en sí un grave peligro para la salud y puede causar asimismo grandes daños a la propiedad.

Hay dos conceptos de mantenimiento: mantenimiento de reparación de daños o por necesidad, y mantenimiento preventivo. El primero se refiere a la práctica de reparar los daños conforme se vayan produciendo, sin programación alguna. En este caso la limpieza de las alcantarillas se reduce al mínimo necesario para atender las quejas más graves. Este enfoque desgraciadamente es muy común.

El segundo, mantenimiento preventivo, se puede definir como " un programa de inspección, limpieza y reparación sistemática que reduce las fallas y quejas a un mínimo y que protege asimismo las inversiones realizadas en el sistema ".

Debe recordarse que la recolección, transporte y disposición de las aguas residuales es un servicio pagado por los usuarios, lo que se obliga a dar un buen servicio.

La buena imagen de una institución de servicio público depende en gran parte en la forma pronta, cortés y eficiente con que son atendidas las quejas.

Podemos con lo expuesto resumir los objetivos de un departamento de operación y mantenimiento de alcantarillado sanitario en cuatro puntos básicos a saber:

1. Prevenir los riesgos de salud pública e inconvenientes derivados de interrupciones en el servicio.
2. Proteger las inversiones realizadas en los sistemas manteniendo las capacidades máximas y por consiguiente extendiendo la vida útil de las estructuras.
3. Proteger la propiedad pública y privada de daños innecesarios.
4. Utilizar de la manera más eficaz los fondos destinados a operación y mantenimiento del sistema.

#### 1.2 Políticas Generales

Como políticas generales de operación de los sistemas de alcantarillado adoptamos las siguientes:

- a. No debe permitirse la existencia de tanques sépticos, pozos negros u otros sistemas similares donde hay red de recolección en funcionamiento.
- b. Los sistemas de recolección y transporte deben utilizarse en una forma razonable acorde con los fines y capacidades para los que fueron diseñados.
- c. No debe permitirse la utilización de estos sistemas en condiciones que sufran daño las estructuras de los mismos.

Estos objetivos en forma similar los resume el Manual de Mantenimiento del Water Pollution Control Federation (1) de los Estados Unidos que señala cinco principios básicos en los que deben fundamentarse los departamentos de mantenimiento de alcantarillado son ellos:

1. Debe diseñarse y ejecutarse un programa de inspección y mantenimiento rutinario para anticiparse a las interrupciones del sistema.
2. Deben investigarse todas las quejas a la mayor brevedad y corregir las fallas en el sistema con la misma prontitud.
3. Debe inspeccionarse el sistema en forma rutinaria y reparar los daños físicos encontrados con igual prontitud.
4. Deben conducirse todas las operaciones con la premisa fundamental de la seguridad del personal.
5. Debe todo el personal del Departamento manifestarse cortés y eficiente, reconociendo su carácter de servidores públicos.

## 2. Registros de las Redes

### 2.1. Generalidades

Los planos actualizados de las redes y colectores, y en continuo proceso de actualización, constituyen la base para una buena operación y mantenimiento rutinario y preventivo de las mismas.

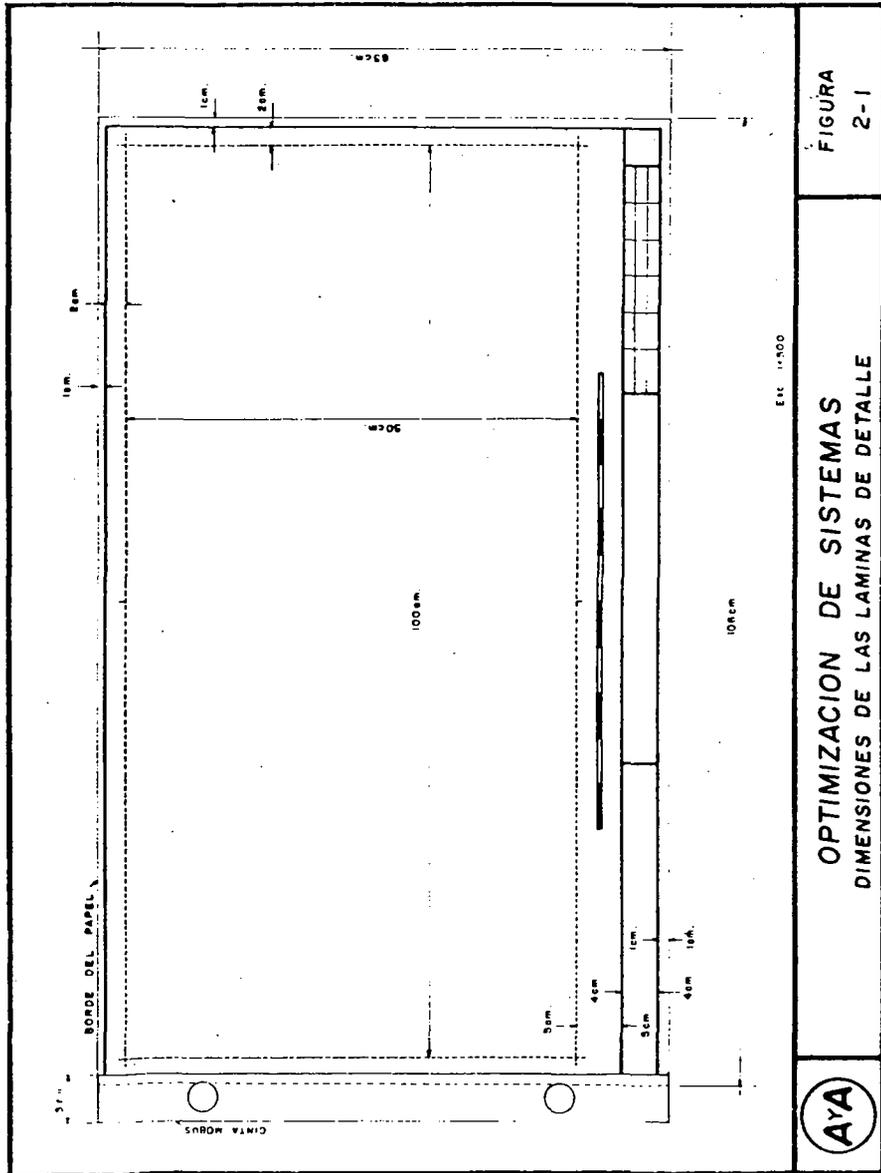
Esta actualización se refiere a ubicación de las tuberías y pozos de registro, tanto en planta como en perfil, y en los mismos se registrarán: material, diámetros, clase, fecha de instalación y cualquier otro detalle del sistema.

### 2.2 Planos Generales del Sistema

Para una visualización completa de un sistema determinado es necesario la confección de un plano general que lo abarque en un todo. Este será un plano único que abarcará las líneas de redes y colectores con los pozos de registro, estaciones de bombeo y plantas de tratamiento, indicando las delimitaciones de las cuencas. Este plano dependiendo del tamaño del sistema podría llegar a tener varios metros cuadrados y es muy conveniente pegarlo en la pared de la oficina central de operación y mantenimiento. Su escala, por consiguiente, dependerá de la magnitud del Sistema.

### 2.3 Planos de Detalle en Planta

Es recomendable que estos planos se dibujen en láminas de 106 x 63 cm de acuerdo con las dimensiones que se indican en la figura 2-1 a una escala de 1:2000. Para numerarlos se parte de un mosaico escala 1:50.000 confeccionado para el área en cuestión con los mapas del sistema geográfico nacional. De esta manera cada lámina abarcará un área de 2000 x 1000 metros y los traslapos entre láminas serán norte-sur y este-oeste, definidos por coordenadas geográficas.



Se numerarán empezando con el número 1 en el extremo superior izquierdo, se seguirá luego hacia el este hasta el límite y luego se seguirá con la fila siguiente empezando en el extremo oeste hasta numerarlas todas.

En la figura 2-2 se presenta parte del mosaico escala 1:50,000 del Area Metropolitana de San José de Costa Rica, con la numeración de láminas indicada.

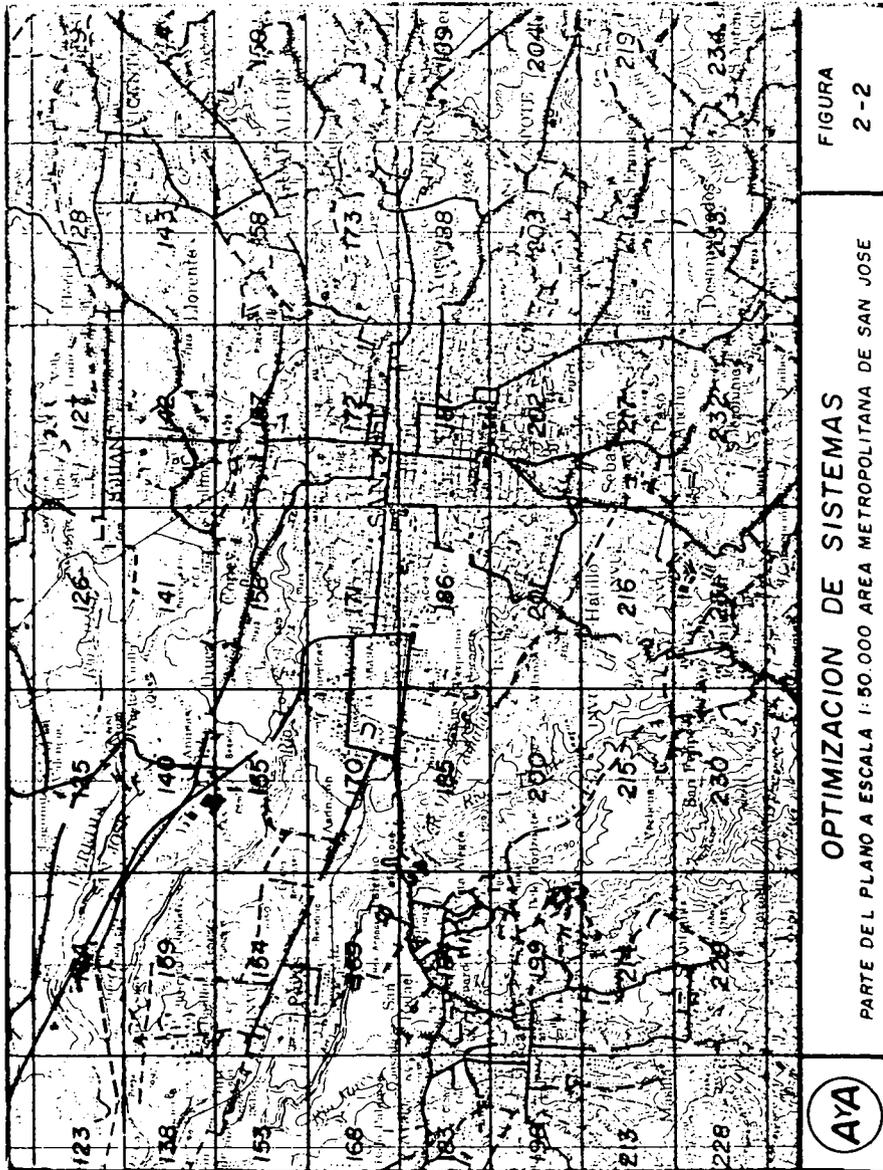
En estos planos se dibujan las calles con sus nombres y/o números y las referencias de iglesias, escuelas, parques y otras similares, con las tuberías a trazo lleno indicando en las mismas el sentido del flujo, la pendiente y los pozos de registro con círculos rellenos. Se dibujarán también las curvas de nivel aproximadas a trazo fino.

Los planos base, sin tuberías, se dibujan en papel transparente y se obtienen dos copias sepias en las que se dibujarán los sistemas de acueducto y alcantarillado sanitario respectivamente, quedando de esta manera el plano base en papel transparente para cualquier otro uso.

En cada plano las esquinas y estructuras se numerarán en un orden similar a la numeración de planos, para dibujar los detalles de las mismas. tal y como se expone en el párrafo siguiente.

#### 2.4 Detalles de esquinas y estructuras.

Estos detalles se dibujan en papel transparente tamaño carta, sea 0.28 x 0.22 metros, a escala 1:200 y en los mismos se referencian los pozos de registro a estructuras fijas y permanentes como postes de alumbrado, tragantes de pluviales, esquinas de aceras y de construcciones y otros similares. Se anota asimismo la pendiente de las tuberías.



El número de identificación de cada una de estas hojas es un número compuesto por el número de la lámina 1:2000 y el número de la esquina. Así por ejemplo 30/153 corresponde a la esquina 30 del plano 153. El conjunto de las hojas de detalle de cada plano conformará un archivo que llevará el número del mismo plano.

Es recomendable que estos detalles se levanten simultáneamente para el acueducto y alcantarillado sanitario, ya que de esta manera la cuadrilla que ejecuta el levantamiento visita la esquina una sola vez. En la figura 2-3 se presenta la hoja de detalle del ejemplo citado y en la figura 2-4 un esquema general de los archivos del sistema.

De esta manera, cuando se requiere revisar el detalle de una esquina en el plano del sistema se localiza, el número del plano de detalle y en éste el número de la esquina que a su vez se encuentra en el file del mismo número del plano de detalle.

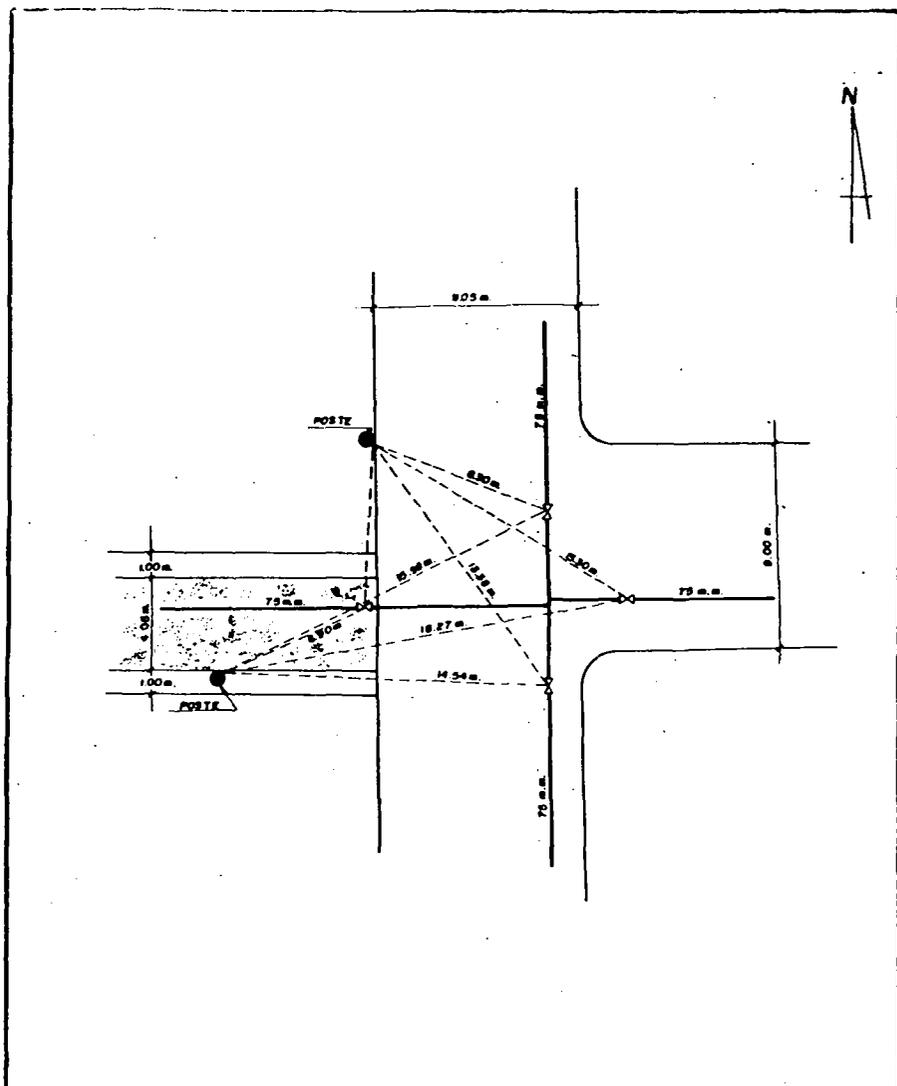
#### 2.5 Perfiles

La actualización de los planos se alimenta con los planos actualizados provenientes de proyectos específicos ejecutados, nuevas urbanizaciones recibidas y mejoras realizadas por las unidades de operaciones. De estos planos se toman los datos de las elevaciones de fondo de tuberías en las cajas de registro y se anotan en los planos de detalle en planta 1:2000.

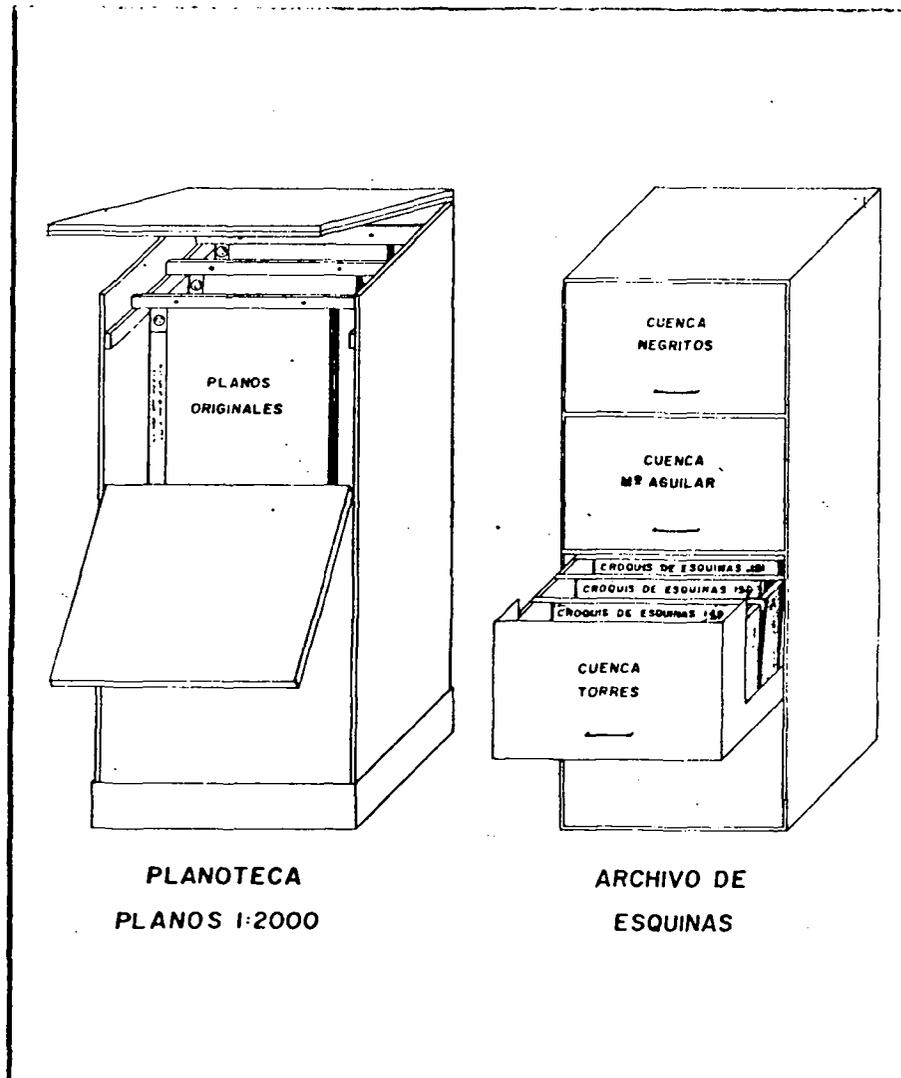
Sin embargo es indispensable archivar los planos de detalle de los perfiles en un ordensimilar al expuesto para los planos de detalle en planta.

#### 2.6 Información de trabajos ejecutados

Por cuanto cada vez que se realiza una reparación y se conecta un nuevo servicio domiciliario, se descubre el tubo principal del alcantarillado, no debe dejarse pasar esta oportunidad para obtener una serie de datos de gran utilidad para la actualización de los registros y la conformación de estadísticas del sistema.



|  |                                     |                  |                |                     |
|--|-------------------------------------|------------------|----------------|---------------------|
|  | FIGURA 2-3<br>S.A.M. — DISTRIBUCION | ESQUINA No. 30   | LAMINA No. 153 | FECHA<br>Junio-1978 |
|  |                                     | LEVANTO: OHA-LJG | DIBUJO: AGCh   | ESCALA<br>1:200     |



**PLANOTECA**  
**PLANOS 1:2000**

**ARCHIVO DE**  
**ESQUINAS**

**REGISTROS ALCANTARILLADO SANITARIO**

Figura  
**2-4**

Para esto el capataz en cada trabajo que ejecuta debe llenar la hoja "Croquis para actualización y estadística", la que entregará adjunta a sus ordenes de trabajo ejecutados.

Como su nombre lo indica, esta hoja tiene dos finalidades: mediante el croquis de la tubería se actualizan los planos y del resto de la información se obtiene una serie de datos muy valiosos como estado de las tuberías, incidencia de daños, causas de las obstrucciones, profundidades y otros que conformarán las estadísticas del sistema.

En la figura 2-5 se presenta un modelo de esta hoja.

|                                                                                                 |  |                                                 |                                  |                |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------|----------------------------------|----------------|--|
| <b>INSTITUCION</b>                                                                              |  | <b>ALCANTARILLADO SANITARIO</b>                 |                                  | <b>FIGURA:</b> |  |
|                                                                                                 |  | <b>CROQUIS PARA ACTUALIZACION Y ESTADISTICA</b> |                                  | <b>2 - 5</b>   |  |
| <b>CROQUIS</b><br>(DIRECCION)                                                                   |  |                                                 |                                  |                |  |
|                                                                                                 |  |                                                 |                                  |                |  |
| <b>ESTADISTICA</b>                                                                              |  |                                                 | <b>ORDEN DE TRABAJO N°</b> _____ |                |  |
| <b>MATERIAL DEL TUBO</b> _____                                                                  |  |                                                 | <b>FECHA DE EJECUCION</b> _____  |                |  |
| <b>DIAMETRO</b> _____ <b>MM</b>                                                                 |  |                                                 | <b>CAPATAZ</b> _____             |                |  |
| <b>ESTADO:</b> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> |  |                                                 | <b>OPERARIO</b> _____            |                |  |
| <b>DAÑO EN TUBO PRINCIPAL</b> <input type="checkbox"/>                                          |  |                                                 | _____                            |                |  |
| <b>DOMICILIARIA</b> <input type="checkbox"/> <b>SIFON</b> <input type="checkbox"/>              |  |                                                 | <b>RECIBIDO POR</b> _____        |                |  |
| <b>CAUSA DEL DAÑO U OBSTRUCCION</b>                                                             |  |                                                 | <b>FECHA:</b> _____              |                |  |
| <b>DAÑO:</b> _____                                                                              |  |                                                 | _____                            |                |  |
| _____                                                                                           |  |                                                 | <b>ACTUALIZADO POR</b> _____     |                |  |
| _____                                                                                           |  |                                                 | <b>FECHA:</b> _____              |                |  |
| <b>OBSTRUCCION:</b> _____                                                                       |  |                                                 | _____                            |                |  |
| _____                                                                                           |  |                                                 | <b>NOTAS:</b> _____              |                |  |
| _____                                                                                           |  |                                                 | _____                            |                |  |

### 3. Identificación de problemas y soluciones.

Los problemas de operación y mantenimiento en sistemas de recolección obedecen básicamente a los relacionados con obstrucciones, pérdida de capacidad por asolvamientos, conexiones clandestinas de aguas pluviales, roturas y malos olores. A continuación nos referiremos brevemente a cada uno de estos problemas.

#### 3.1 Obstrucciones

Una de las funciones más importantes en el mantenimiento de un sistema de alcantarillado es la remoción de obstrucciones. Las causas más frecuentes de obstrucciones son: grasas, trapos, plásticos, vidrios, raíces, arenas y piedras. La mayor incidencia de uno u otro dependerá de las características de los diferentes sectores de las ciudades.

##### 3.1.1 Grasas

Normalmente las zonas aledañas a mercados, restaurantes y edificaciones multifamiliares presentan una mayor incidencia de obstrucciones por grasas. Esta cuando es vertida al alcantarillado directamente puede acumularse en algún sitio. En este proceso las grasas más antiguas se van endureciendo hasta que llegan a formar tacos de sebo que obstruyen las tuberías. Se presentan con mayor incidencia en tramos de baja pendiente y en tuberías rugosas como las de concreto.

Cuando se detectan estas obstrucciones debe investigarse su origen ya que una solución estriba en obligar al usuario a colocar trampas de grasa en el sistema interno por las cuales pasen las aguas servidas antes de verse en el alcantarillado. Las consideraciones más importantes para el diseño de trampas de grasa son las siguientes:

1. Capacidad de la trampa
2. Medios para asegurar que tanto la entrada como la salida estén adecuadamente entrapados.
3. Facilidad de limpieza y eliminación de la grasa acumulada.
4. Inaccesibilidad de las trampas a insectos roedores y otras alimañas.
5. La distancia entre la entrada y la salida debe ser suficiente para permitir por gravedad la separación de la grasa por flotación y que esta no escape por la salida.

En la figura 3 - 1 se presentan los detalles de las trampas de grasa típicas y en el cuadro 3-1 se dan algunas recomendaciones (2) para las capacidades nominales para trampas de grasa comerciales.

| Accesorio                                 | Caudal (lpm) | Capacidad de Retención de Grasa (Kgr) | Capacidad máxima del accesorio conectado a la trampa (litros) |
|-------------------------------------------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Fregadero cocina de restaurante           | 57           | 14                                    | 145                                                           |
| Fregadero de un compartimiento            | 76           | 19                                    | 190                                                           |
| Fregadero de dos compartimientos          | 95           | 23                                    | 237                                                           |
| Dos fregaderos de compartimiento sencillo | 95           | 23                                    | 237                                                           |
| Dos fregaderos de compartimiento doble    | 132          | 32                                    | 331                                                           |
| Lavadoras de platos para restaurantes:    |              |                                       |                                                               |
| Capacidad de agua mayor de 115 l.         | 57           | 14                                    | 144                                                           |
| Capacidad de agua de 115 a 190 l.         | 95           | 23                                    | 235                                                           |
| Capacidad de agua de 190 a 380 l.         | 150          | 36                                    | 380                                                           |

Cuadro 3-1  
Capacidades recomendadas para trampas de grasa comerciales

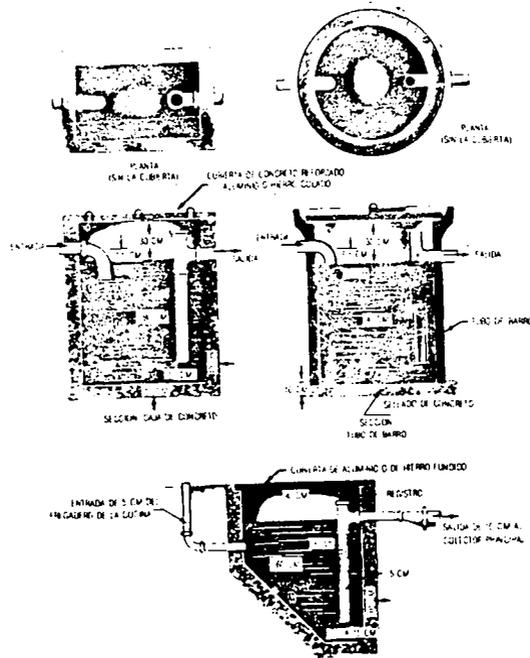


Figura 3-1

Aún cuando existan las trampas de grasa es posible con el tiempo que se formen acumulamientos. En el capítulo siguiente veremos la forma de eliminar los de las alcantarillas.

### 3.1.2 Trapos plásticos, vidrios

Estos materiales se encuentran muy a menudo obstruyendo las tuberías y la incidencia es prácticamente igual para todas las áreas, tal vez con excepción de las zonas residenciales altas, que por educación de la población hacen un mejor uso del alcantarillado. Es el tipo de obstrucción que se presenta con mayor incidencia.

Un sifón colocado al inicio de la conexión domiciliaria detiene gran cantidad de estos materiales obstruyendo el paso del agua pero reteniendo estos materiales que pueden ser extraídos fácilmente del mismo.

La limpieza del sifón debe ejecutarse cuidadosamente a fin de extraer los materiales extraños que se acumulen en el mismo y no empujarlos hacia la red.

### 3.1.3 Raíces

Los problemas de incidencia de obstrucciones de raíces se presentan donde las líneas de alcantarillado están ubicadas en zonas verdes con árboles. Las raíces penetran por las juntas o roturas de las tuberías y pueden llegar a causar obstrucciones completas. Este problema en muchas oportunidades hace necesario reponer las tuberías en su totalidad ya que las raíces llegan a fracturar las tuberías. Se presenta con mayor incidencia en tuberías de arcilla y concreto con juntas cementadas.

Estas obstrucciones pueden removerse con equipos corta-raíces y ha dado buen resultado el tratamiento químico con sulfato de cobre fácil de adquirir

ya que se utiliza en plantas potabilizadoras para el control de algas. El procedimiento consiste en hacer una solución en un recipiente y verterlo al alcantarillado por un sifón o caja de registro. Concentraciones de 10 ppm (10 mgr/l) vertidas periódicamente en tramos con problemas de raíces han dado resultados satisfactorios previniendo el crecimiento de raíces. Debe tenerse especial cuidado con este reactivo ya que es altamente corrosivo a los metales.

#### 3.1.4 Arenas y Piedras

Las arenas y piedras penetran al alcantarillado con mayor incidencia en las calles con superficies en tierra o lastre y que tienen alcantarillado sanitario en funcionamiento; por roturas de las tuberías y por las cajas de registro sin tapa. También se forma arena y sedimento en tramos con muy poca pendiente - debido a la descomposición que sufre la materia orgánica. Es necesario detectar los tramos con mayor incidencia de obstrucción por arenas a fin de limpiarlos - periódicamente. Debe utilizarse un método mediante el cual la arena se pueda extraer, ya que el solo lavado hacia aguas abajo en muchas ocasiones lo que provoca es un traslado del problema y concentración del material en esa dirección.

#### 3.2 Pérdida de capacidad

La pérdida de capacidad de las tuberías está íntimamente ligada con el asolvamiento de las mismas. Debe prestarse especial atención a la limpieza de los tramos de pendientes muy bajas, utilizando métodos que permitan la extracción de sedimentos. Este problema implica en muchas oportunidades el cambio total del tramo y el rediseño del mismo. La mayor incidencia de obstrucciones en tramos con las características descritas debe analizarse a fondo y detenidamente. Es conveniente cuando esto sucede y no es posible observar el tramo entre dos pozos, horadar a medio camino entre dos registros y observar el estado de la tubería y su condición interna. Muchas veces la pérdida de capacidad se presenta por hundimientos y asentamientos de la tubería.

### 3.3 Roturas

Las roturas y fallas en redes y colectores de aguas residuales se presentan frecuentemente. Estas fallas pueden ser el resultado de alguna de las siguientes causas:

#### 3.3.1 Soporte inapropiado del tubo.

Cuando las tuberías de alcantarillado se colocan en una zanja de fondo rocoso, o con piedras en el fondo, con toda seguridad la tubería fallará por falta de uniformidad en la cama soportante. En estos puntos se desarrollará una carga concentrada, en lugar de producirse un soporte uniformemente distribuido.

Se ha determinado que una tubería de arcilla vitrificada de 150 mm colocada en el fondo de una zanja, fondo que no se ha mejorado soportará una carga de - 4264 Kgr/metro lineal.

Si el relleno se compacta a mano la capacidad soportante de la tubería será igual a 5113 Kgr/metro lineal. Ahora si esta misma tubería se coloca sobre una base de concreto la capacidad soportante se incrementará hasta 6820 Kgr/metro lineal. Estas capacidades se mencionan para destacar el hecho de la importancia de un buen trabajo de relleno y compactación del material en la zanja.

Muchas de estas roturas se presentan por defectos de construcción en las camisas. El personal de operación y mantenimiento debe tener un conocimiento claro y a fondo de estos aspectos a fin de que al realizar las reparaciones las tuberías se cimenten apropiadamente.

#### 3.3.2 Fallas debidas a cargas vivas

Las tuberías colocadas con poca cobertura pueden fallar por las sobrecargas

impuestas por el tráfico, contacto mecánico con equipos de construcción como niveladoras, tractores pesados, camiones pesados o furgones que se estacionen sobre las tuberías.

Es de observar que muchas de nuestras calles no tienen los pavimentos requeridos para soportar las cargas actuales de tráfico impuestos por los grandes furgones que hoy circulan por las mismas.

Siempre que sea posible, es recomendable que estas tuberías se coloquen a una profundidad de por lo menos 1.0 metros de la corona del tubo a la superficie de rodamiento.

Si se presentara el caso de una tubería que no se puede profundizar por razones de gradiente o interconexión a otra tubería, se debe encajar en concreto o utilizar un material que soporte las cargas, a fin de evitar un punto vulnerable del sistema.

### 3.3.3 Movimientos del suelo

Las fallas debidas al movimiento del suelo implican reconstrucción total del tramo fallado.

La reposición de tuberías rígidas por tuberías flexibles con uniones también flexibles soluciona el problema en muchos casos. En zonas donde frecuentemente se presentan movimientos del suelo debe tenerse especial cuidado en la elección de materiales a utilizar y en los métodos de soporte de las tuberías. Especial cuidado debe ponerse al método empleado en la ejecución de las acometidas, las que deben tener flexibilidad suficiente para absorber estos movimientos. Los temblores y terremotos producen daños considerables a los sistemas, y una vez que se produzcan deben revisarse los sistemas. A manera de ejemplo se citan a continuación las fallas de mayor incidencia que se presentaron en el sistema de alcantarillado sanitario de la Ciudad de Managua Nicaragua, luego del terremoto de 1972 (4):

- 1.- Desplazamientos de las juntas de las tuberías en forma longitudinal.
- 2.- Desplazamientos horizontales de las juntas.
- 3.- Desplazamientos verticales de las juntas.
- 4.- Asentamientos de tramos de tubería de su nivel original en el orden de los 0.20 m (caso Carretera a Masaya y caso 12 Avenida Este).
- 5.- Grietas o fisuras varias en el cuerpo del tubo.
- 6.- Grietas en las uniones del tubo principal con la conexión domiciliar.
- 7.- Fallas en las estructuras de los pozos de visita.

En esa fecha la Ciudad de Managua contaba con 500 km. de tubería de concreto aproximadamente con diámetros desde 200 mm hasta 750 mm de diámetro.

El orden de magnitud de la tubería dañada fue del 14 %.

### 3.3.4 Raíces

Cuando el problema de raíces se acentúan éstas llegan a fracturar las tuberías, y como se anotó anteriormente, es necesario llegar a cambiar los tramos completos.

### 3.3.5 Fallas por utilización inapropiada

En este caso anotamos las descargas de desechos industriales al sistema de alcantarillado. Al conceder nuevas conexiones a industrias debe tenerse especial cuidado en conocer las características de los desechos por cuanto pueden causar daños a las tuberías. Por regla general no deben permitirse descargas que produzcan reacciones ácidas o alcalinas muy activas.

Es recomendable que las fábricas siguientes traten sus aguas residuales antes de verterlas a un sistema de alcantarillado sanitario: destilerías textiles, curtiembres mataderos, industrias metálicas y de galvanización fábricas de jabones, industrias de conservas animales o vegetales.

Lo anterior se anota como una guía únicamente.

### 3.3.6 Daños causados por otras instituciones

Cuando se reparan calles, se colocan líneas de acueducto, electricidad y teléfonos es muy frecuente que se causen daños a las tuberías de alcantarillado. Lo anterior debe preverse, indicando la ubicación y profundidad de las mismas a fin de evitar derramamientos de aguas negras.

En estos trabajos es frecuente la necesidad de subir o bajar los niveles de las tapas de los pozos de visita. En esta labor debe ponerse especial atención en colocar una tapa provisional de madera en el fondo del pozo a fin de evitar que materiales, desechos de la construcción, penetren por los pozos al sistema.

### 3.4 Vandalismo

Los problemas asociados con el vandalismo son bien conocidos. La sustracción de tapas de hierro fundido dejan los pozos de registro al descubierto con los problemas de obstrucciones bien conocidos. Este problema se acentúa en líneas de colectores a campo traviesa o ubicados en los márgenes de los ríos, quebradas y acequias.

Se ha llegado a la necesidad de sellar las tapas con asfalto y arena, o con concreto a fin de evitar los problemas, o a diseñar sistemas de tapas con cerraduras selladas.

Un programa de recorrido periódico y frecuente de estas líneas hará posible la reparación de los daños con la premura del caso evitando daños mayores.

### 3.5 Conexiones cruzadas con pluviales

Con frecuencia se conectan las aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario, conexiones clandestinas, haciendo que éste rebalse cuando llueve, incluso por las acometidas domiciliarias hacia atrás.

Esto representa un peligro inminente para la salud y la propiedad.

La investigación de estas conexiones se debe llevar a cabo estudiando las redes de recolección, aguas atrás de donde rebalsa; la utilización de colorantes en la investigación de las conexiones domiciliarias es de gran ayuda.

La interconexión del alcantarillado sanitario al pluvial, práctica usual para resolver problemas, no debe permitirse, a menos que sea en forma temporal.

### 3.6 Olores:

Son frecuentes las quejas por malos olores de las alcantarillas, lo que está muy asociado con las descargas industriales, algunas de las cuales tienen olores fuertes y desagradables. Los inicios de ramales de alcantarillado, con bajas pendientes y rugosas, a menudo presentan problemas de malos olores por el acumulación de materias que no fluyen en la tubería por bajos caudales. En este caso el verter agua en los pozos de registro iniciales ayuda a resolver el problema.

#### 4. Facilidades, equipos y herramientas para operación y mantenimiento

Nos referiremos en este capítulo a las facilidades, equipos y herramientas que se utilizan para la operación, mantenimiento, inspección y limpieza de las redes de alcantarillado sanitario.

La adquisición de equipos debe fundamentarse en los problemas de mayor incidencia que se presentan, o que puedan presentarse, acordes con las condiciones del sistema y la capacidad a nivel local para operar y mantener eficazmente el sistema.

El mercado actual ofrece una gran variedad de equipos y herramientas especializadas para la limpieza de alcantarillas, en adición a los equipos generales de construcción como compresores, retroexcavadores y equipo de transporte necesarios, en donde se pueden seleccionar los más idóneos acorde con las necesidades.

##### 4.1 Planteles

En los planteles se inician las actividades de operación y mantenimiento. Su distribución debe planearse adecuadamente a fin de que las oficinas, bodegas de materiales y equipos, áreas de servicios, patios de estacionamiento y movilización sean funcionales y provean eficacia al sistema.

En sistemas mayores estas facilidades deben hacer a la unidad autosuficiente e independiente.

En comunidades menores el equipo de mantenimiento de redes y el personal, por razones de economía se ubica en planteles compartidos con otras divisiones como las de acueducto y limpieza de vías por ejemplo. Sin embargo, aún en estos casos es altamente deseable que se designe un área específica separada para las actividades de mantenimiento de redes de alcantarillado, de tal manera que el personal, equipo y materiales no estén mezclados a fin de evitar confusiones operativas, usos de los mismos equipos en varias divisiones, y control real de los costos en cada división.

En ciudades mayores donde existe un plantel únicamente para operación y mantenimiento del alcantarillado sanitario es importante que cada área sea planeada cuidadosamente en detalle de tal manera que el movimiento del personal, vehículos, materiales y equipos obedezca a un flujo en línea reduciendo a un mínimo las interferencias. En éstos deben considerarse las expansiones futuras, y la escogencia del lugar en un sitio estratégico de las ciudades es de mayor relevancia.

##### 4.2 Oficinas y comunicaciones

Las oficinas deben planearse a fin de que el recibo de quejas, la elaboración de órdenes de trabajo, el control de las mismas y los archivos se lleven estrictamente al día.

Es muy saludable cada cierto tiempo el revisar los procedimientos que se siguen en estas labores y la eficacia del trabajo.

Un eficiente sistema de comunicaciones es de vital importancia para que las quejas sean atendidas con la premura del caso. En ciudades mayores el sistema de radiocomunicación móvil es altamente recomendable.

##### 4.3 Equipo de transporte

Con los costos actuales de los vehículos es de vital importancia el seleccionar cuidadosamente los más adecuados acorde con las demandas de los trabajos específicos a los cuales se van a asignar.

El trabajo de mantenimiento de redes y colectores consiste básicamente de tres operaciones diferentes:

1. Inspección de pozos de registro y del interior de las tuberías para detectar daños estructurales y remoción de los materiales depositados en los pozos de registro para reducir las obstrucciones en potencia.
2. Limpieza y reparaciones de emergencia y de rutina.

### 3. Limpieza de tuberías por medios mecánicos o hidráulicos.

Es obvio que todas estas operaciones pueden realizarse con mayor eficacia y en forma expedita si se cuenta con los vehículos y herramientas apropiados.

Muchas ciudades utilizan para estas actividades vehículos pick-ups de 1.5 toneladas.

Estas unidades son durables y convenientes siempre y cuando se doten de compartimientos laterales con cerraduras seguras para almacenar y guardar las herramientas y equipos menores, de casetas durables y seguras con asientos para el personal y cortinas de manteado para protección de la lluvia y operaciones nocturnas.

Un pequeño trailer que pueda ser remolcado por estos pick-ups es muy útil para el acarreo de escombros.

En sistemas antiguos de alcantarillados las reparaciones mayores son frecuentes, y estas consisten en reconstrucciones de pozos de registro y tuberías. Para ello es recomendable un camión debidamente acondicionado para el transporte de arena, piedra, ladrillos, cemento, un tanque pequeño de agua y las herramientas necesarias.

El dotarlo de compartimientos laterales para herramientas es una medida práctica muy deseable.

#### 4.4 Compresores

Para las operaciones de reconstrucción en ciudades mayores el compresor es un equipo indispensable, tanto para la horadación de calles como para la compactación de los rellenos y también como aireador de registros y alcantarillas.

#### 4.5 Bombas

Bombas centrífugas de impulsores abiertos y de pistón o diafragma para sólidos son las recomendables para evacuar las aguas de registros atascados y de

zanjas inundadas. Las portátiles montadas en carretillos con ruedas de hule son muy prácticas.

#### 4.6 Equipos y herramientas de limpieza

El mercado actual ofrece una gran variedad de equipos y herramientas para la limpieza de sifones, registros y alcantarillas. Estos van desde simples cables y varillas con una gran variedad de accesorios para funciones específicas, hasta los equipos de limpieza hidráulica con sondas propulsadas por agua.

##### 4.6.1 Sondas, cables y varillas

El equipo más simple de limpieza consiste de un cable flexible de aleación de cobre de 12 mm. aproximado en longitudes variables.

Este cable es introducido en sifones y registros y tiene como finalidad "empujar" los materiales que producen las obstrucciones normalmente hacia aguas abajo. Pueden ser adquiridos en las empresas de energía eléctrica.

Las varillas de 60 cm. de largo aproximado, que se enroscan una a otra constituyen un equipo muy útil. Pueden ser de madera de 18 mm. de diámetro con extremos de bronce hembra-macho para ser atornilladas una a la otra, o de varillas de acero con uniones en los extremos para formar un cable largo. Estas varillas constituyen una herramienta de gran utilidad en desobstrucción.

El comercio ofrece modelos patentados de operación manual o motorizados que han dado muy buenos resultados siempre y cuando localmente se desarrolle una tecnología apropiada para operarlos y mantenerlos.

##### 4.6.2 Accesorios especiales

Con los equipos mecánicos descritos en el párrafo anterior se ofrece una gran variedad de accesorios "de punta" para diferentes propósitos. Los más usuales y conocidos son:

a- Corta-raíces: Consiste de una banda arrollada, dentada o con un borde

afilado que al hacerla girar dentro del tubo corta las raíces que encuentra a su paso. Se adquiere en varios diámetros, acorde con los de las tuberías.

b- Palas: Diferentes modelos de palas triangulares de varios diámetros - también se ofrecen. Dan buen resultado con grasas.

c- Ganchos y tirabuzones: Se ofrece una muy amplia gama de éstos, de extremo abierto, en forma de banda, anzuelos, largos, cortos, etc. que son muy efectivos para "pescar" muy diversos materiales que obstruyen las tuberías.

d- Raspadores de paredes: Para programas de limpieza de tuberías el mercado ofrece, y localmente se pueden construir, equipos e implementos que "raspan" las paredes de los tubos.

Existen muy variados modelos. Para operarlos se pasa un cable de pozo a pozo y luego el raspador se hala hacia un lado y hacia el otro utilizando dos winches.

e- Guías para varillas: Para insertar las varillas en los pozos es muy útil el cortar con un tubo de PVC inclinado dentro del pozo, que ayuda a dirigir éstas hacia la alcantarilla, sobre todo cuando el pozo está inundado.

f- Tapones: Estos consisten de un cilindro de hule colocado entre dos tapas de acero. El conjunto es atravesado por un eje con tuerca en las dos tapas. Cuando este eje se rosca las tapas presionan el cilindro de hule expandiéndolo. Esta expansión hace el sello contra las paredes e interrumpe el flujo.

#### 4.6.3 Cubetas para arenas y grava.

Para problemas muy serios y frecuentes de arenas, que se presentan en Ciudades porteñas, este equipo es muy útil.

Para montarlo se necesitan dos winches y un cable de pozo a pozo. La cubeta consiste en un cilindro cerrado por un lado y con dos medias tapas cónicas - que se abren y cierran con otro cable. El equipo abierto se hala contra la arena, se llena la cubeta, se cierra y se hala hacia atrás donde se saca del pozo

y se descarga, para repetir la operación.

#### 4.6.4 Equipos hidráulicos

Estos equipos muy eficientes cuando se operan con experiencia, consisten básicamente de un tanque de agua limpia, una bomba booster, y una manguera de alta presión y una serie de puntas o "pitones" para diferentes usos. Estas puntas se propulsan por sí solas lanzando agua hacia atrás por una serie de orificios por donde sale el agua a muy alta presión.

#### 4.7 Equipo de detección de tapas metálicas

Con gran facilidad cuando se asfaltan o pavimentan las calles las tapas de los pozos de registro quedan cubiertas con asfalto.

El comercio ofrece varios modelos de detectores de tapas metálicas muy útiles y prácticos que operan con baterías secas y con circuitos de inducción electromagnéticos.

Estos equipos se ofrecen en varios tamaños, teniendo los más grandes, equipo succionador de agua y tanque de almacenamiento. Dentro de las diferentes puntas o "pitones" se ofrecen diseños específicos para gravas, arenas, para penetrar obstrucciones duras, giratorios que efectúan un trabajo similar a las palas, cortarraíces, barredoras, etc.

El equipo completo se ofrece montado en un trailer o integrado en un camión.

#### 4.8 Equipos especializados para la inspección

Para investigaciones a fondo del estado de las tuberías, sobre todo en alcantarillados muy viejos y luego de temblores fuertes o terremotos (4) se ofrecen en el mercado cámaras fotográficas o de video-tape que ejecutan este trabajo para análisis posterior. Hay también compañías particulares especializadas que se dedican a estas labores.

#### 4.9 Herramientas y equipos menores

Demás está de anotar que las cuadrillas de mantenimiento deben estar dotadas de las herramientas menores básicas como lo son: picos, palas, herramientas para levantar las tapas, para reparar las tuberías y botas de hule altas, capas contra la lluvia, guantes largos, cascos, cuerdas, escaleras de aluminio telescópicas o plegadizas, linternas, detector de gases, mascarillas de seguridad y material para elaborar los informes.

#### 5. Personal

Los aspectos relacionados con la selección, adiestramiento, manejo y control médico del personal son de especial relevancia.

De nada sirven los mejores equipos y sistemas si no se cuenta con el personal idóneo para su manejo. La mayoría de los trabajos son muy especializados y es necesario "formar" el personal dentro de la institución.

La selección por concurso con pruebas preparadas al efecto, acorde con las bases del puesto, es una buena política.

Seleccionado el personal deberá adiestrarse en las técnicas empleadas en mantenimiento de alcantarillados y en el manejo del equipo.

Cursillos cortos dentro de la Institución, dictados por los mismos jefes y utilizando los mismos equipos han dado muy buenos resultados, además de que incentivan al personal.

Es necesario establecer incentivos que hagan que el personal entrenado sea estable. El conocimiento de los sistemas es en operación y mantenimiento una de las claves para el buen desempeño de las diferentes actividades.

En manejo de personal deben tenerse muy en cuenta los peligros a que está expuesto el personal que labora en mantenimiento de alcantarillados, entre los que se incluyen:

- lesiones físicas
- Infecciones
- Peligros por explosiones de vapores y deficiencias de oxígeno.
- Peligros debidos al tráfico de las calles.
- Peligros inherentes debidos a las zanjas.

Sólo el personal físicamente capaz de desarrollar el trabajo debe permitir sele hacerlo. Los exámenes físicos rutinarios son necesarios. Las lesiones -

físicas están íntimamente ligadas con los peligros inherentes al trabajo que se desarrolla en las calles y dentro de zanjas. La protección de los sitios de trabajo con barricadas, linternas intermitentes, y de las zanjas con el ademe necesario son aspectos que siempre deben tenerse presentes.

En cajas de registros profundas y dentro de las alcantarillas se forman vapores que pueden explotar con el peligro que ello implica.

La deficiencia de oxígeno en estos lugares es otro peligro latente que debe detectarse. La limpieza personal de los trabajadores es en esta actividad muy importante para minimizar el riesgo de infecciones. El personal asimismo debe estar vacunado contra el tétano, tifoidea y polio por lo menos. Es muy recomendable el examen médico periódico; físico de la piel y VDRL de la sangre.

#### 6. Regulaciones sobre vertidos al alcantarillado.

Con el objeto de preservar las tuberías y estructuras del alcantarillado sanitario es necesario regular los vertidos al alcantarillado acorde con los materiales con que están fabricados. Los materiales que normalmente se utilizan son arcilla, concreto, PVC y hierro fundido y no todas resisten los vertidos industriales crudos.

Para permitir la descarga de las aguas industriales se recomienda que de antemano se solicite el análisis físico-químico completo o la composición probable si la industria no está en operación, y el caudal a descargar, con el objeto de conocer a fondo cual será el impacto de la descarga en el sistema.

Algunas regulaciones (5) establecen: "Las aguas residuales de las fábricas siguientes deberán ser tratadas antes de descargarlas a un sistema de alcantarillado sanitario o a un curso de agua: destilerías, textiles, curtiembres, mataderos, industrias metálicas y de galvanización, fábricas de jabones, industrias de conservas animales o vegetales y todas aquellas que presenten reacciones alcalinas o ácidas muy activas".

## 7. Nuevas obras, urbanizaciones

Las nuevas obras que se construyen, especialmente aquellas que lo son por particulares, como urbanizaciones y fraccionamientos, es muy conveniente que se reglamenten en los siguientes aspectos:

a- Presentación: Se recomienda el normar los procedimientos de presentación y aprobación, así como los documentos y planos que deban someterse a aprobación.

b- Diseño: Se recomienda el normar los aspectos básicos del diseño tales como caudales per cápita, factores de demanda, velocidades permisibles, diámetros mínimos, etc.

c- Construcción: Se recomienda el normar la ubicación de las tuberías y registros, profundidades máximas y mínimas, etc.

d- Especificaciones para materiales: Se recomienda el normar y verificar la calidad de las tuberías y materiales.

### e- Inspección, recibo e interconexión de sistemas

Este es un aspecto muy delicado de la operación de alcantarillados, del cual depende que las obras desde su inicio funcionen en forma satisfactoria acorde a como fueron proyectadas. Es recomendable asimismo el normar estos aspectos.

f- Seguridad: Como complemento a lo anterior es recomendable incluir en estas normas aquellas de seguridad más relevantes como lo son la protección de zanjas, de los sitios de trabajo y de los trabajos en vías públicas.

Es conveniente que las Instituciones provean los formularios a ser llenados y los modelos de planos y estructuras.

## 8. Actividades cuadrillas y organización

### 8.1 Actividades

Las actividades a desarrollar en mantenimiento de redes y colectores son las que se describen a continuación teniendo en mente una ciudad grande con un sistema complejo.

#### 8.1.1 Inspección rutinaria y limpieza

La inspección rutinaria debe dirigirse a los colectores a campo traviesa o localizados en las márgenes de los ríos, quebradas y acequias y a las líneas de alcantarillado con mayor incidencia de problemas.

Los primeros, ubicados en trochas son susceptibles de derrumbes sobre las mismas, de la acción del vandalismo, y del crecimiento de vegetación en las trochas que se deben limpiar.

En los segundos, una inspección y limpieza rutinaria eliminará la posibilidad de obstrucciones.

La inspección rutinaria debe dirigirse también a los alcantarillados más antiguos con el objeto de detectar fallas en las estructuras de los pozos de registro.

Debe tenerse especial cuidado al decidir que tramos se inspeccionarán, ya que resulta un desperdicio de esfuerzos y dinero el inspeccionar toda la red. Gran parte de la misma no presenta problemas y no tiene sentido la inspección.

Una cuadrilla para inspección normalmente está compuesta por un capataz, un operario y tres o cuatro peones con el equipo adecuado para su tarea consistente en por lo menos una bomba cuando sea necesario y un equipo de varillas con los accesorios o puntas usuales acorde con los problemas de la Ciudad y las herramientas y equipos menores a que se hizo referencia en el párrafo 4.9.

Estas cuadrillas son responsables de la investigación de conexiones ilícitas en ambos sentidos y del monitoreo de los cursos de agua naturales para eliminar -

las descargas directas a estos cursos.

### 8.1.2 Limpieza rutinaria por sectores del alcantarillado

Esta actividad corresponde al plan de limpieza preventiva de redes. Se planea acorde con los planos de la ciudad y se lleva a cabo con equipos mecánicos o hidráulicos. Es de hacer notar que esta limpieza consiste en remover y sacar los materiales que podrían llegar a causar obstrucciones. La práctica de "lavar" las líneas con grandes cantidades de agua se ha demostrado que no es muy adecuado y eficiente, y se ha comprobado que los materiales se desplazan aguas abajo produciendo acumulamientos que obstruyen la tubería y puede el agua llegar a rebalsar por una acometida, con los inconvenientes que esto ocasiona.

Una cuadrilla para limpieza normalmente se compone de un capataz, un operario y dos ayudantes, con el equipo completo, mecánico o hidráulico.

### 8.1.3 Emergencias

Caen dentro de este renglón los reportes por obstrucciones en los sifones de las aceras y aquellas que se presenten en las calles. Normalmente es una o varias cuadrillas compuestas de tres o cuatro personas. El equipo básico consiste de un pick-up de 1.5 toneladas, una bomba para sólidos, equipo de varillas y equipo de sonda flexible para sifones, además de los equipos y herramientas básicas a que nos referimos en el párrafo 4.9.

### 8.1.4 Reparaciones

Esta unidad es básicamente de reparación de sifones, cajas de registro y tuberías, y debe ser una unidad con experiencia en la construcción de alcantarillados. Normalmente se utiliza una cuadrilla de cuatro personas en un camión de 2.5 toneladas, que acarrea cemento, piedra, arena, ladrillos, tubos, etc.

Esta unidad utiliza además compresor.

### 8.2 Organización:

Es obvio que la organización responsable para el mantenimiento de sistemas de alcantarillado variará con el tamaño de la comunidad a servir y con la longitud del sistema.

El tamaño de un departamento de alcantarillado podrá variar desde un simple empleado que reporta los daños para que otras dependencias los reparen, sin ningún equipo especializado, hasta otro con toda una organización de administración, personal y equipos y gran cantidad de estos. Las organizaciones son muy variadas. Prácticamente puede afirmarse que cada ciudad tiene su organización. Sin embargo nos referiremos brevemente a la organización básica fundamental.

En ciudades mayores debe existir un departamento, o varias divisiones similares, de alcantarillado a cargo de un ingeniero jefe. Las secciones de este departamento normalmente están compuestas por una oficina que atiende las llamadas, y emite las órdenes de trabajo por emergencias, lleva el control de los trabajos por ejecutar y ejecutados, y el control del personal y material.

Normalmente en esta oficina se aloja al personal de actualización de planos y registros de las estadísticas del sistema.

La sección de mantenimiento debe estar a cargo de un asistente de ingeniero con experiencia en estas labores y tiene a su cargo los programas de inspección, de limpieza rutinaria por sectores y la atención de emergencias.

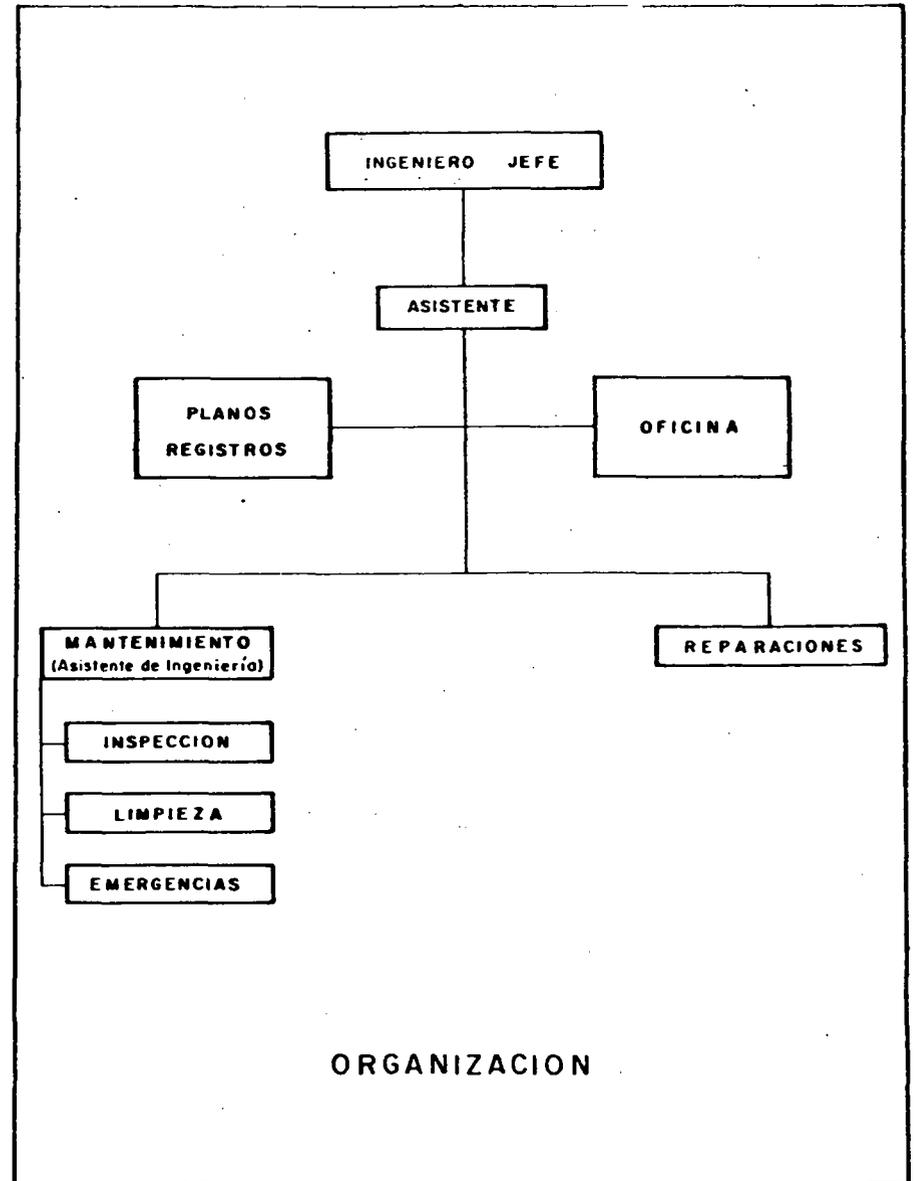
La sección de reparaciones a cargo de un asistente de ingeniero con experiencia en construcción de alcantarillados tiene a su cargo la reparación y reconstrucción de cajas de registro, sifones, tubería, etc.

Es de hacer notar la estrecha comunicación y las buenas relaciones que debe tener el departamento de alcantarillado con otras dependencias como las de acueducto, gas, teléfonos; por la interferencia obvia de los sistemas.

En ciudades comprendidas entre 50,000 a 150,000 habitantes es muy posible que el

departamento de alcantarillado esté adscrito a algún otro por ejemplo al de acueducto. En estos casos normalmente un asistente de ingeniero con experiencia en alcantarillado maneja el sistema.

El equipo recomendable sería una unidad de transporte, equipo de varillas, una bomba y una sonda para sifones con tres o cuatro personas. Este personal y equipo en situaciones normales es suficiente y adecuado para mantener el sistema.



#### 9. Consideraciones a ser tomadas en el diseño

La experiencia de mantenimiento de alcantarillados no debe dejarse pasar, en el diseño de nuevos sistemas y en el detalle de las estructuras.

##### 9.1 Pendientes

Las pendientes están íntimamente relacionadas con las velocidades. Cuando éstos son menores de 0.75 m/s hay una mayor incidencia de obstrucciones por cuanto el agua no acarrea los sólidos. Debe ponerse especial atención a los tramos de inicio en los que por regla general el agua es muy poca para acarrear los sólidos.

##### 9.2 Sifones invertidos

Deben evitarse siempre que exista otra solución aunque sea relativamente más cara. Si no hubiese otra alternativa deberá colocarse una purga en el punto más bajo o una trampa de arena en las entradas.

##### 9.3 Cajas de registro

Se recomienda utilizar diseños estandarizados, con ancho suficiente para trabajar en su interior e introducir equipo. Deben estar dotados de escalera adecuada para bajar y los que tienen caída debe ser por fuera pero con registro taponado dentro del pozo. Deben colocarse en todo cambio de dirección, gradiente, intersecciones de tuberías y en longitudes no mayores de 100 metros en redes. Los fondos deben construirse con los canales bien contruídos y la losa con pendiente hacia los canales.

##### 9.4 Ventilación

Las tapas de las cajas de registro deben tener los huecos suficientes para que el alcantarillado ventile y no se formen bolsas de gases muy peligrosas en el trabajo de mantenimiento.

##### 9.5 Materiales de los tubos

Bajo ciertas condiciones debe seleccionarse el material de los tubos acorde

con su mejor funcionamiento y facilidades de limpieza y mantenimiento.

##### 9.6 Sifones en las acometidas

El sifón en las acometidas domiciliarias constituye una protección al sistema, ya que retiene gran cantidad de los materiales extraños que son descargados en el alcantarillado.

Referencias

- (1) Sewer Maintenance, Water Pollution Control Federation, Manual of Practice N°7.
- (2) Manual de fosas sépticas - AID.
- (3) Concrete Pipe Handbook, The Institute of Concrete Pipe.
- (4) Investigación de daños causados por el terremoto de 1972 al sistema sanitario de la Ciudad de Managua, Nicaragua.  
Denacal, Ing. Armando Amaya, Noviembre 1975.
- (5) Normas de presentación, diseño y construcción para urbanizaciones y fraccionamientos. ICAA - Costa Rica - Manual D-1.
- (6) Flexible Plumber Tools Inc. Catalog N°33-P and N°360.
- (7) Vactor "pool" trucks. Specification N°97310.
- (8) Myers Sewer Cleaners (section 900).
- (9) O'Brien Municipal Sewer and Pipe Cleaning Equipment.

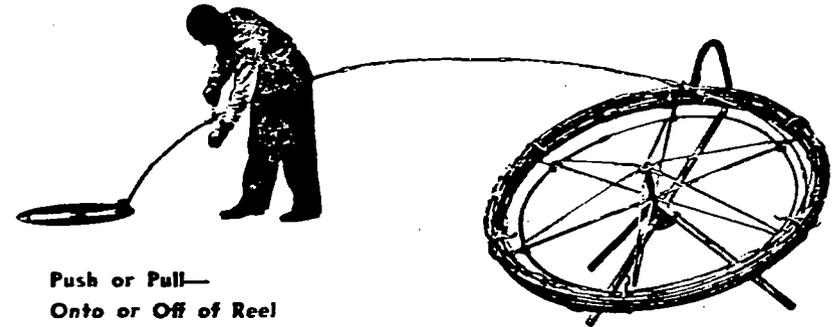
# EZY ROD REEL & STAND

## A TIME AND BACK SAVER

- Stand holds reel at angle eliminating stooping. The rods automatically unhook as you pull them off the reel, and rehook when they are re-wound. Push the rods into the sewer until they reach the stoppage (often several hundred feet), before disconnecting at the reel for turning.
- TRAILER MOUNTING: The Reel Stand has a Mounting Plate matching the Mounting Base provided on the "Flexible" Carry-All Trailer.
- TRUCK MOUNTING: Simply by drilling holes for the Reel Stand Mounting Plate, truck mounting can be accomplished. Location depends on type of truck and individual preference. They have been mounted on top, under the truck bed, or on the side panel.

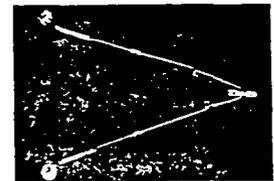


EZY ROD REEL..... No. EZ-1  
EZY ROD STAND..... No. EZ-2



## LATERAL LOCATOR

Quickly Locates Lost  
Manholes or Laterals



### TO USE:

Attach Locator to string of rods with prongs in forward or rear position, as indicated at left, after the main line has been cleaned. Once the Locator has "found" the "lost" manhole or "lateral," just count the number of rods in the line to determine distance. When feeding the tool into line, unwanted locations can easily be by-passed by rotating the tool one-quarter turn.

## WATER POWER CLEANING

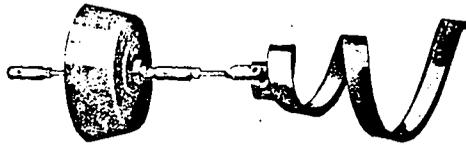
A head of pressure, built up behind the Sand Cup and released in powerful jets, or in a flood, by collapsing the Cup, moves the deposits to the lower manhole.

### USE THE SAND CUP AND AUGER IN COMBINATION

The Sand Cup is attached to a string of rods just behind the Auger. The Auger spades over the deposits making it easier for the Sand Cup to wash them down the line. (For complete description of Augers, see page 8).

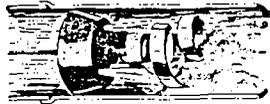
#### SAND CUP

| FOR PIPE SIZES | NO. | SC-1 | SC-2 | SC-3 | SC-4 |
|----------------|-----|------|------|------|------|
| 4"             | NO. | SC-1 |      |      |      |
| 6"             | NO. | SC-2 |      |      |      |
| 8"             | NO. | SC-3 |      |      |      |
| 10"            | NO. | SC-4 |      |      |      |
| 12"            | NO. | SC-4 |      |      |      |
| 14"            | NO. | SC-4 |      |      |      |
| 16"            | NO. | SC-4 |      |      |      |
| 18"            | NO. | SC-4 |      |      |      |



SAND CUP

#### ACTION NO. 1



**WATER JETS WASH AWAY SAND:** The head pressure of water in the manhole, causes the water to jet through the holes in the Rubber Cup. This water levels off and washes away loose sand during the whole cleaning operation.

#### ACTION NO. 2

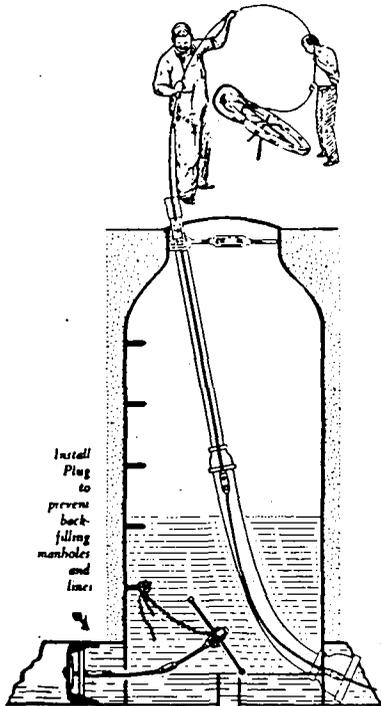


**LIKE A CORKSCREW, IT BORES IN:** Powered by Flexicrome Rods, the Auger bores in, loosening the sand or cutting roots while the water continues to spurt through holes in the cup. The line being cleaned must be partially free flowing because this method depends entirely upon the head pressure to force loose materials down the line.

#### ACTION NO. 3



**RELEASING THE WATER PRESSURE:** A pull back collapses the cup and releases a greater volume of water, when the water level in the manhole rises too fast. This also serves to wash the sand or obstruction away faster.

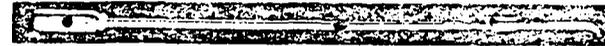


## STANDARD CITY SET

| Quan.   | Cat. No. | Description                                  | Cat. Page | Quan. | Cat. No. | Description                                | Cat. Page |
|---------|----------|----------------------------------------------|-----------|-------|----------|--------------------------------------------|-----------|
| 107 ea. | RC-1     | Flexicrome Rods 5/16" diam. x 3' . . . . . 6 |           | 1 ea. | CS-13    | Sq. Bar Corkscrew 4" pipe size . . . . . 8 |           |
| 2 ea.   | R-1      | Ratchet Turning Handles . . . . . 11         |           | 1 ea. | CS-15    | Sq. Bar Corkscrew 6" pipe size . . . . . 8 |           |
| 1 ea.   | PT-1     | Pull-out Tool . . . . . 11                   |           | 1 ea. | CS-14    | Sq. Bar Corkscrew 8" pipe size . . . . . 8 |           |
| 1 ea.   | AH-1     | Assembly Turning Handle . . . . . 6          |           | 1 ea. | RG-1     | Rod Guide . . . . . 10                     |           |
| 1 ea.   | AT-1     | Assembly Tool . . . . . 11                   |           | 1 ea. | GI-1     | Rod Guide Jack . . . . . 10                |           |
| 1 ea.   | BH-1     | Bar Turning Handle . . . . . 11              |           | 1 ea. | FJ-1     | Adjustable Foot Jack . . . . . 10          |           |
| 1 ea.   | PU-1     | Pick-up Tool . . . . . 9                     |           | 1 ea. | FZ-1     | EZY Rod Reel . . . . . 17                  |           |
| 1 ea.   | CS-2     | Rd. Stock Corkscrew 2" O.D. . . . . 8        |           | 1 ea. | EZ-2     | EZY Rod Reel Stand . . . . . 17            |           |

The only thing left to complete the set is a few lengths of 11/2 inch iron pipe for the Rod Guide

### FLEXICROME RODS 5/16" DIAM. x 3'



RD. STOCK CORKSCREW  
2 IN. O.D.



SQ. BAR CORKSCREW



EZY ROD REEL  
EZY ROD REEL STAND



### PICK-UP TOOL



### RATCHET TURNING HANDLES



ROD GUIDE



### PULL-OUT TOOL



### ROD GUIDE JACK



### ADJUSTABLE FOOT JACK



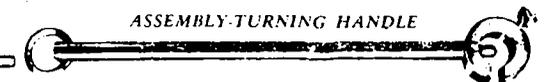
### ASSEMBLY TOOL



### BAR TURNING HANDLE



### ASSEMBLY-TURNING HANDLE



# FLEXIBLE PLUMBER SETS

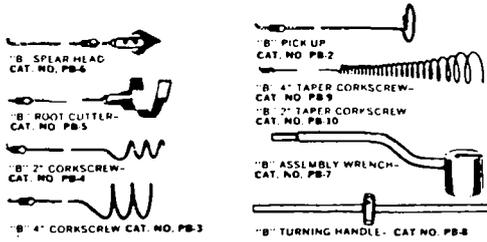
## FLEXIBLE B PLUMBER'S SET



COMPLETE "B" SET - CAT. NO. PB  
RODS & COUPLINGS - CAT. NO. PB.1

THE "B" PLUMBER'S SET is the original "Flexible" Set with many thousands in use. They have made more profits for plumbers and more home owners happy than any plumber's tool invented in the last 20 years. The rods are not plated, do not have the special high-alloy steels of the No. 5 Set as shown on pages 23 and 24. There are no reels, or universals on the tools and the set is limited to cuts shown. The price is not much cheaper, considering the deductions, but the set serves the purpose well for the plumber who has only the occasional job and feels that he cannot afford the No. 5 Set.

NOTE: No. 5 tools (pages 23 and 24) to fit "B" rods are available. (In ordering specify No. 5 tools with "B" nuts.)



"B" SPEAR HEAD  
CAT. NO. PB.4

"B" ROOT CUTTER  
CAT. NO. PB.5

"B" 2" CORKSCREW  
CAT. NO. PB.4

"B" 4" CORKSCREW CAT. NO. PB.3

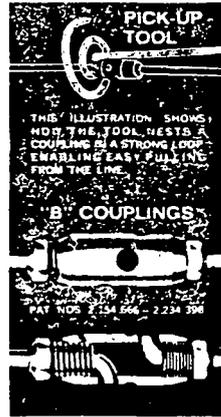
"B" PICK UP  
CAT. NO. PB.2

"B" 4" TAPER CORKSCREW  
CAT. NO. PB.9

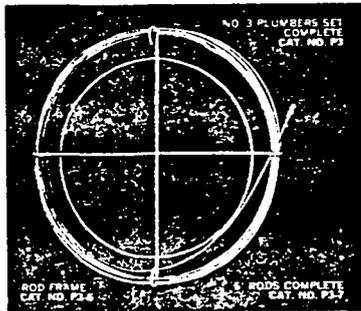
"B" 2" TAPER CORKSCREW  
CAT. NO. PB.10

"B" ASSEMBLY WRENCH  
CAT. NO. PB.7

"B" TURNING HANDLE. CAT. NO. PB.8

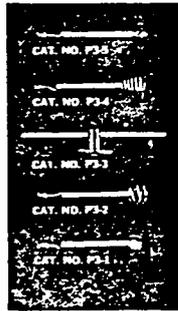


## NUMBER 3 PLUMBER'S SET - A MUST FOR GARBAGE DISPOSAL UNITS



ROD FRAME  
CAT. NO. P3.4

NO. 3 PLUMBER'S SET  
COMPLETE  
CAT. NO. P3



CAT. NO. P3.5

CAT. NO. P3.4

CAT. NO. P3.3

CAT. NO. P3.2

CAT. NO. P3.1

A 3/8 Snake will cut only a 1-inch hole in a 2-inch line, leaving 3/4 of the hard grease area uncleaned. When such things as corn husks are ground up, they leave a substance in appearance as fine as steel wool when removed, and the restriction refuses to pass this kind of garbage. Clean the whole area and the garbage disposal will then keep it clean. For 2-inch 45° elbows or 4-inch 90° elbows. Costs 3/4 the price of a 100-ft. 1/2-inch Snake. Bulb head is invaluable for removing broken off 3/8-inch or 1/2-inch Snakes from line.



## CUTTERS AND ACCESSORIES for use with O'Brien cable machines

The standard cutters and accessories shown are designed for maximum sewer cleaning and maintenance efficiency. For extremely difficult situations, O'Brien can custom-design tools to cope with your specific requirements.



OPEN SCREW END  
C-15-2 C-15-4



2" CUTTER BLADE  
C-3-2



4" CUTTER BLADE  
C-3-4



SAW KNIFE  
C-10-2127 C-10-2127  
C-10-447 C-10-10107  
C-10-447 C-10-447



2" DOUBLE EDGE CUTTER  
C-16-2



DOUBLE EDGE CUTTER  
C-16-447 C-16-10107  
C-16-447 C-16-12127  
C-16-887 C-16-14147



TOP CURVED MANHOLE GUIDE  
C-19



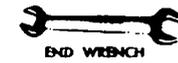
LOWER MANHOLE GUIDE  
C-21



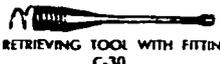
MANHOLE JACK  
C-22



PICK UP TOOL  
C-35



END WRENCH  
C-31



RETRIEVING TOOL WITH FITTING  
C-30



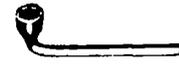
MALE CONNECTOR  
C-12-A



FEMALE CONNECTOR  
C-13



SPLICER  
C-41



SOCKET WRENCH  
C-32



4" AUGER  
C-2



2" AUGER  
C-1



HEAVY DUTY SWIVEL  
C-37

### IMPORTANT NOTE:

Specify desired tools by part number. Those shown above are "C" series for 1" cable as used on O'Brien #250 and #350 SewerKing models. Prefix "C" must be replaced by prefix "K" for 1 1/2" cable as used on O'Brien #700 and #800 SewerKing models. Example: C-3-4 (for 1" cable); K-3-4 (for 1 1/2" cable). For special cutters and accessories, contact factory.

**CoilRoder FEED-THRU RODS & COUPLINGS**



1" — 25 ft. lghs. CRX-1  
 1" — 50 ft. lghs. CRX-2  
 1" — 100 ft. lghs. CRX-3



1 1/2" — 25 ft. lghs. CRX-4  
 1 1/2" — 50 ft. lghs. CRX-5  
 1 1/2" — 100 ft. lghs. CRX-6

Non-stop feeding of the Rods and Couplings through the Drive Gear is a "Flexible" exclusive Feed-Thru Couplings eliminate dangerous handling of the rotating rod, and stopping of cleaning operations, to pull ordinary couplings past the Drive Gear

**COIL ROD SPICERS**



For 1" Coil CRB-1  
 For 1 1/2" Coil CRB-2

When coiled rods break, they can be joined for further use by means of this simple to use, spicer. Bodily linked sections can be cut out and good sections joined together.

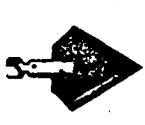
**CoilRoder TOOLS**

**L.W. AUGERS**



For 1" Coil For 1 1/2" Coil  
 For Pipe Size  
 2" CRJ-2 2" CRJ-2  
 4" CRJ-4 4" CRJ-4  
 6" CRJ-6 6" CRJ-6

**SPEARHEADS**



For 1" Coil For 1 1/2" Coil  
 For Pipe Size  
 2" CRD-2 2" CRD-2  
 4" CRD-4 4" CRD-4  
 6" CRD-6 6" CRD-6

**ASSEMBLY WRENCH**



For 1" Coil CRA-1  
 For 1 1/2" Coil CRA-2

**ROOT SAWS**

For 1" Coil For 1 1/2" Coil  
 For Pipe Size  
 3" CRD-3 3" CRD-3  
 4" CRD-4 4" CRD-4  
 5" CRD-5 5" CRD-5  
 6" CRD-6 6" CRD-6



**COIL PORCUPINE**



For 1" Coil For 1 1/2" Coil  
 For Pipe Size  
 6" CRP-6 6" CRP-6

**"U" CUTTERS**



For 1" Coil For 1 1/2" Coil  
 For Pipe Size  
 2" CRU-2 2" CRU-2  
 3" CRU-3 3" CRU-3  
 4" CRU-4 4" CRU-4

**SAW CUTTERS**



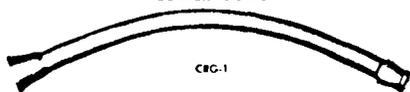
For 1" Coil For 1 1/2" Coil  
 For Pipe Size  
 4" CRZ-4 4" CRZ-4  
 6" CRZ-6 6" CRZ-6

**LOOP SWIVEL**



For 1" Coil CRT-1  
 For 1 1/2" Coil CRT-2

**LOWER GUIDE**



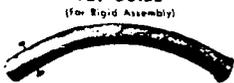
CRG-1

**EXTENSION SLEEVE**



CRG-2

**TOP GUIDE**



CRG-3

**COIL PICK-UP TOOL**

(Pat. Pending)



For 1" Coil CRPU-1  
 For 1 1/2" Coil CRPU-2

CoilRoder's Model Nos. 25, 35T, and 35ST use 1" Coiled Rods and Tools. CoilRoder Model Nos. 50ST and 40ST use 1 1/2" Coiled Rods and Tools

**CLEANING TOOLS TO BE USED WITH HI-SPEED POWER DRIVES**

**SCALE DRILL**



For removing hard scale and lead from joints.

**PROPELLER TOOL**



**FOR PIPE SIZES**

3" NO. SD-0  
 4" NO. SD-1  
 6" NO. SD-2  
 8" NO. SD-3

Operates on same principle as the Chain Head Auger but designed to provide greater chipping and cracking action in large pipe, at slower turning speeds.

**FOR PIPE SIZES:**  
 10" NO. PE-1 16" NO. PE-4  
 12" NO. PE-2 18" NO. PE-5  
 14" NO. PE-3 20" NO. PE-6

**CHAIN HEAD AUGER**



**FOR PIPE SIZES:** 4" NO. CH-2 10" NO. CH-4  
 6" NO. CH-1 8" NO. CH-3 12" NO. CH-5

**CHAIN HEAD TROTATING**



Cleans right down to the metal. Has never been known to break a pipe or damage a Corporation Cork. Centrifugal force does the job at from 250 to 500 R.P.M.

Scale Drills, Chain Head Augers and Propeller Tools have hard facing on the cutting edges. Any welder of average experience can re-hard face these tools when they become dull.

**ASSEMBLY TOOL**



FOR 3/16" DIAM. ROD NO. AT-1  
 FOR 3/8" DIAM. ROD NO. AT-2  
 FOR 7/16" DIAM. ROD NO. AT-3

**BAR TURNING HANDLE (See Page 10)**

**OTHER ROD WORKING TOOLS (See Pages 9 and 10)**

**HIGH-SPEED RODS**

No. RC-3 5/16" diam x 6-ft. Flexitome Rods & Couplings  
 No. RC-4 3/8" diam x 6-ft. Flexitome Rods & Couplings

No. KC-5 3/8" diam x 12-ft. Flexitome Rods & Couplings  
 No. RC-6 7/16" diam x 12-ft. Flexitome Rods & Couplings

**"FLEXIBLE" PRESSURE LINE SCRAPER**



**PRESSURE LINE SCRAPER**

Pressure Line Scrapers are recommended for cleaning relatively long sections of pipe where the encrustations are not too hard. Iron Oxide, (tuberculation), is considered a soft deposit and can readily be removed. On the other hand Calcium Chlorate or Calcium Carbonate deposits are often too hard. In such cases, Hi-Speed Power Drives and the tools described above must be used.

**FOR PIPE SIZES:** 4" NO. FS-4 10" NO. FS-7 16" NO. FS-10 24" NO. FS-13  
 6" NO. FS-5 12" NO. FS-8 18" NO. FS-11 30" NO. FS-14  
 8" NO. FS-6 14" NO. FS-9 20" NO. FS-12 36" NO. FS-15

WRITE FOR CATALOG 55-B





PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

ESTACIONES DE BOMBEO

- a. Organización  
Ing. Alcides Prado
- b. Guía para la elaboración de un manual de operación y mantenimiento de estaciones de bombeo  
Ing. Rodolfo Sáenz
- c. Levantamientos de curvas de bombas en las instalaciones  
Ing. Herbert Farrer

STOM 16

TALLER PARA INGENIEROS SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
Lima-Perú, 22-26 de octubre de 1979

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

a. Organización

Ing. Alcides Prado  
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

TALLER PARA INGENIEROS SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 22-26 de octubre de 1979

CONTENIDO

|                                 | <u>Página</u> |
|---------------------------------|---------------|
| PROPOSITO . . . . .             | 475           |
| ORGANIZACION . . . . .          | 475           |
| FUNCIONAMIENTO . . . . .        | 478           |
| PLAN DE MANTENIMIENTO . . . . . | 484           |

PROPOSITO

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados tiene en la Subdirección Area Metropolitana el mecanismo administrativo y técnico para la operación, administración y mantenimiento del acueducto y alcantarillado de la ciudad de San José, extendiéndose esta a toda el Area Metropolitana.

Al igual que cualquier empresa, debe producir, distribuir y vender un producto, el cual en este caso es el agua potable. Para esto, cuenta con tres Secciones denominadas: Producción, Distribución y Comercial.

Como " producción " del agua potable se entiende el darle al agua las características necesarias para que la misma sea potable, a través de adecuados procesos de tratamiento y, colocarla en un sitio desde donde pueda ser distribuida por gravedad a los lugares de consumo. Esto origina una serie de instalaciones electromecánicas, hidráulicas y químicas, las cuales deben ser operadas, mantenidas y reparadas adecuadamente con el fin de que operen óptima y continuamente, tal como lo requiere el suministro del agua potable a una ciudad como lo es San José.

ORGANIZACION

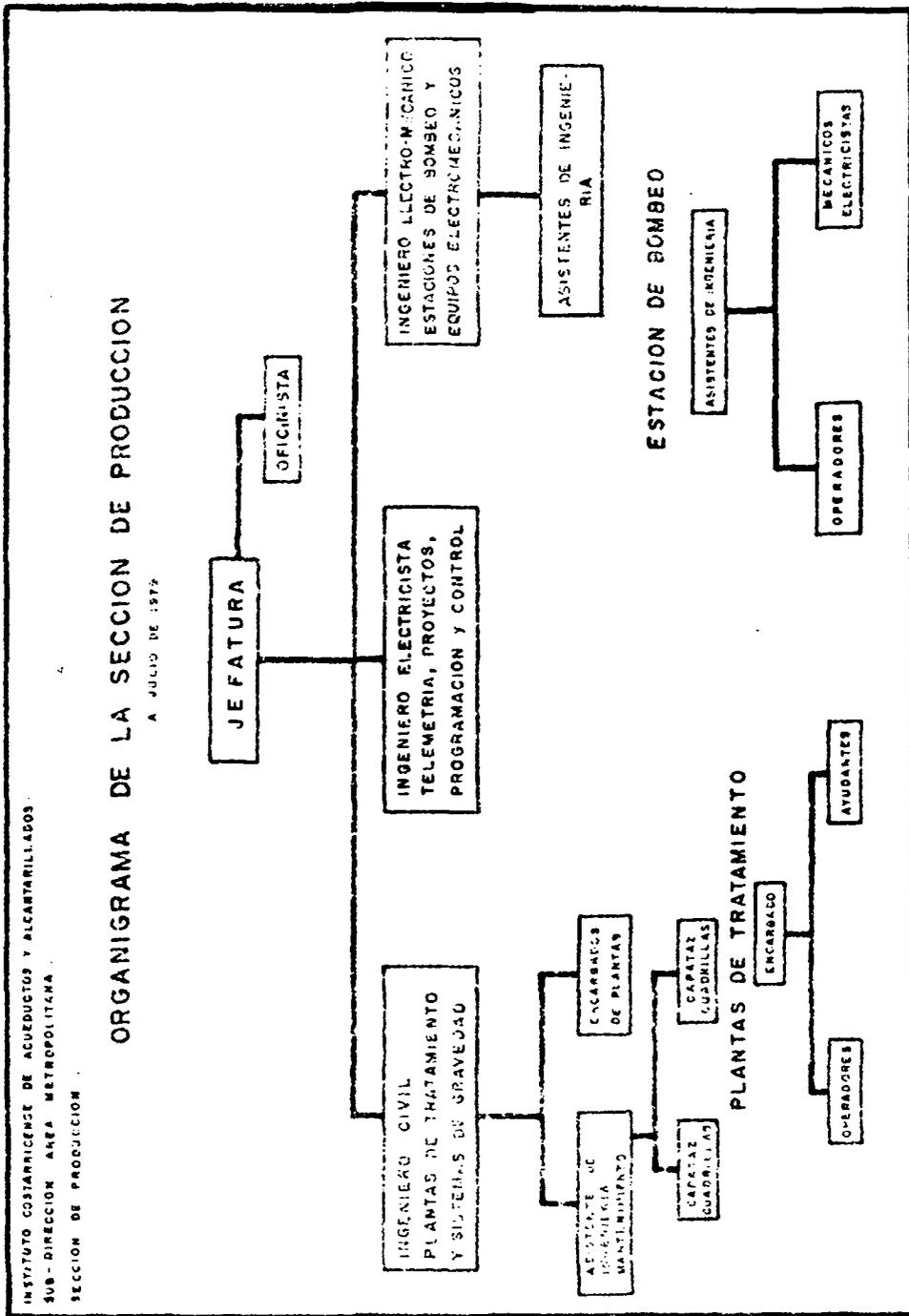
Dada la función que tiene que cumplir, la organización de la Sección de Producción tiene que ser tal que le permita cumplir a cabalidad con la responsabilidad de operación y mantenimiento, tanto de las plantas de tratamiento como de las estaciones de bombeo.

Esto requiere personal calificado, muy variado el cual debe mantenerse en coordinación permanente, ya que los diferentes tipos de trabajo se ven ameno entrelazados.

El personal de alto nivel con que cuenta la Sección es la siguiente:

|                                            |   |
|--------------------------------------------|---|
| Ingeniero Civil-Ingeniero Sanitario (Jefe) | 1 |
| Ingeniero Civil                            | 1 |
| Ingeniero Eléctrico                        | 2 |
| Químico (Jefe de Planta de Tres Ríos)      | 1 |
| Asistente de Ingeniero                     | 4 |

A continuación se muestra el organigrama en que se basa la organización:



Este organigrama se basa en una división entre sistemas de bombeo, plantas de tratamiento y una unidad de programación y control, sin embargo en la realidad tal división no puede existir totalmente, teniendo entonces para su análisis los diagramas de los sistemas de funcionamiento.

La jefatura cuenta directamente con el apoyo del oficinista, quien presta su ayuda en el trabajo administrativo de la Sección. De la rama de ingeniería civil depende el Planteo de Mantenimiento de Obras Civiles y la operación de las Plantas de tratamiento, a través de un asistente de ingeniería y los encargados de planta respectivamente.

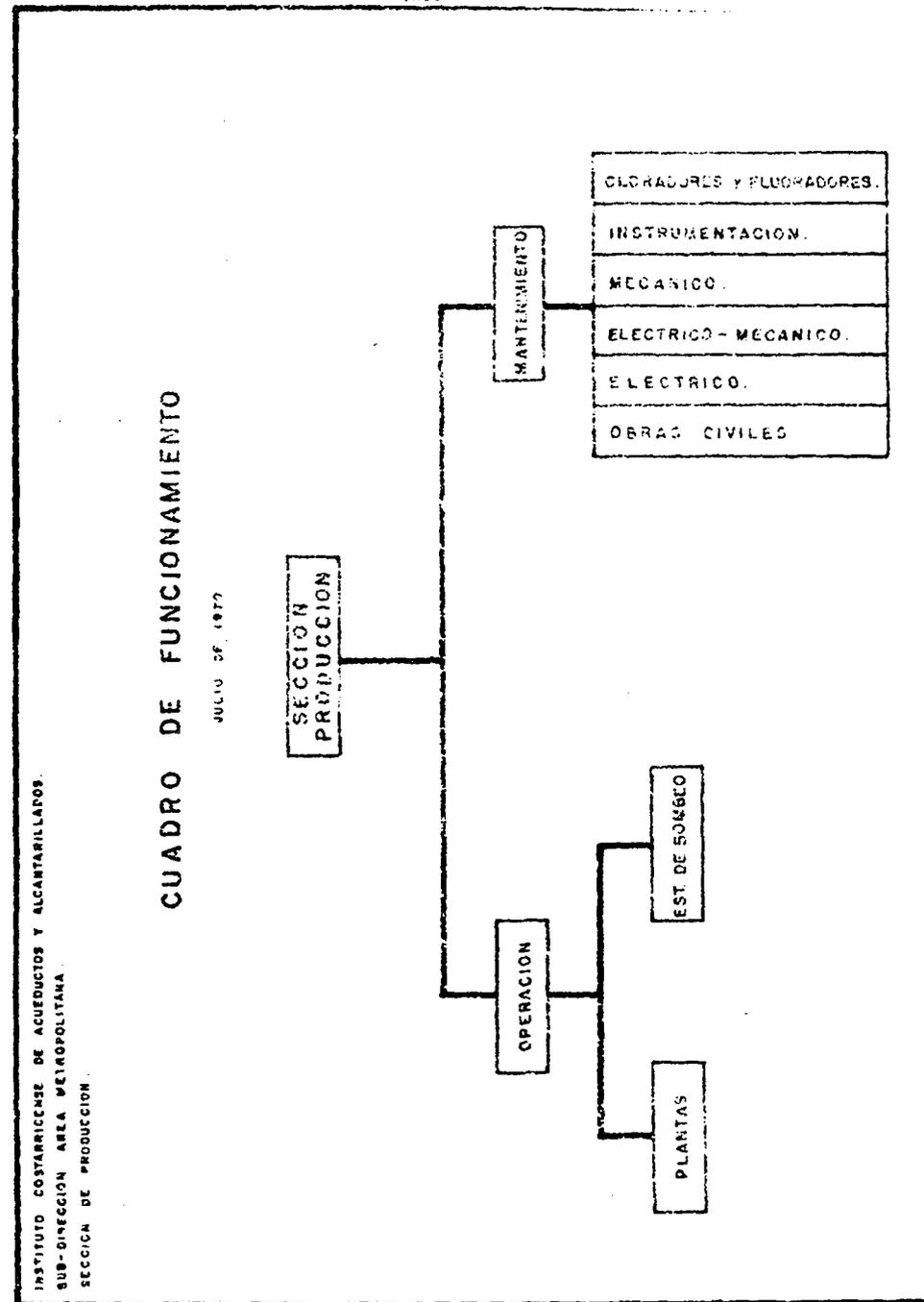
Del ingeniero electricista dependen los asistentes de ingeniería, los mecánicos, los electricistas y tienen a su cargo el funcionamiento de las estaciones de bombeo a través de sus operadores.

De esta forma, con este organigrama se obtiene una idea clara de posición y jerarquía, que se mantienen en todo momento aunque en algunos casos de los sistemas de funcionamiento pareciera no ser así.

### FUNCIONAMIENTO

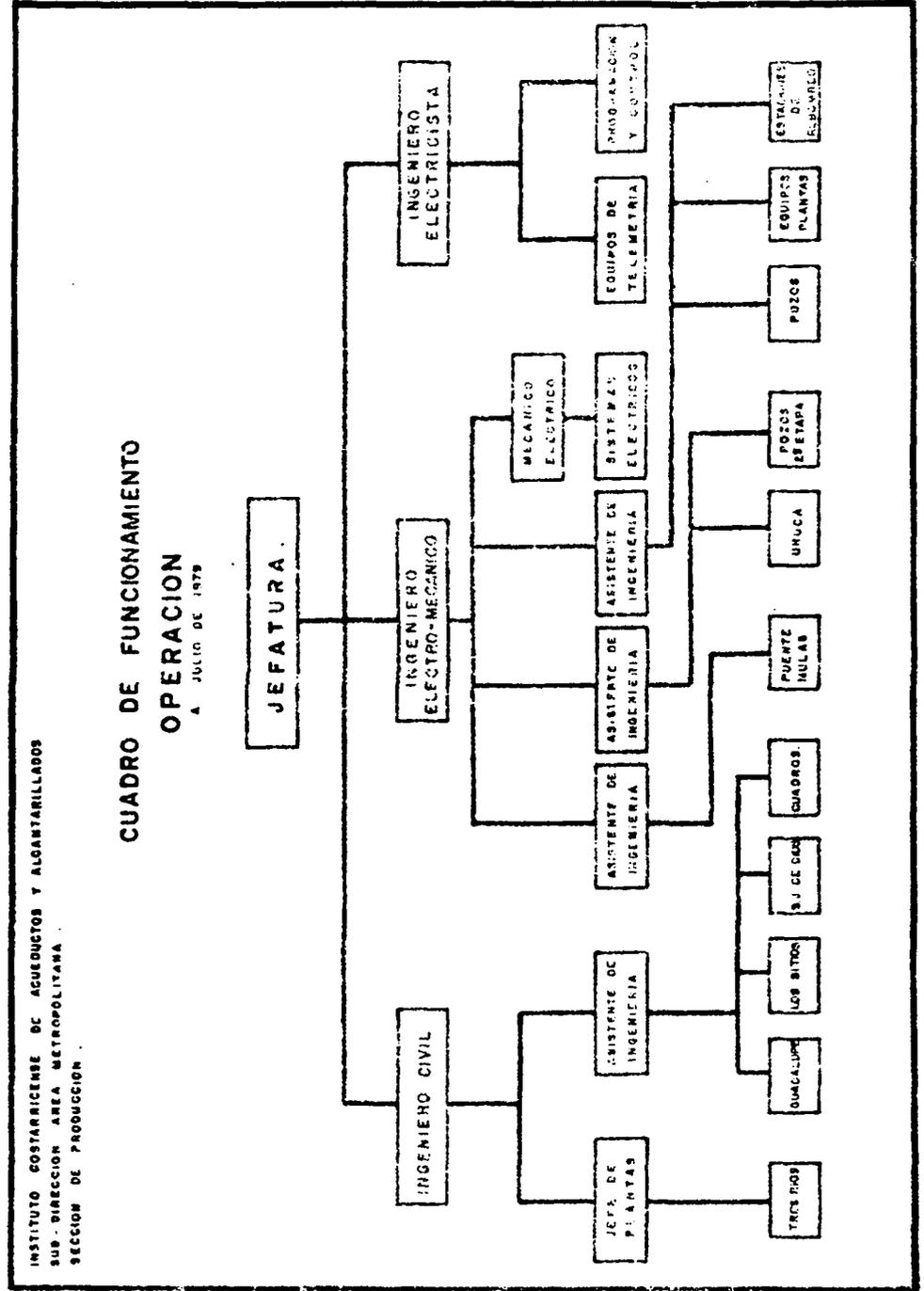
En base a la anterior organización, el funcionamiento de la Sección se acomoda de acuerdo a que su función sea de operación o de mantenimiento, ya que ambas son bastante diferentes entre sí y no permiten el uso de un patrón único.

En el cuadro siguiente se observa como el funcionamiento se ha dividido en Operación y en mantenimiento: la operación, en plantas y estaciones de bombeo y el mantenimiento en obras civiles, eléctrico, electromecánico, mecánico, instrumentación, cloradores y fluoradores.



La operación es una función definida, de rutina y que no presenta mayores problemas en cuanto a su organización, es por esto que se ha planteado un esquema único.

El cual se muestra en el esquema siguiente:



En la función de operación las plantas de tratamiento han sido encomendadas al Ingeniero Civil; las estaciones de bombeo al ingeniero electromecánico.

En la rama administrativa y técnica según sea el caso el ingeniero civil ejerce su función a través del jefe de plantas de Tres Ríos o del asistente de ingeniería; igualmente el ingeniero electricista lo hace a través de los asistentes de ingeniería o mecánicos.

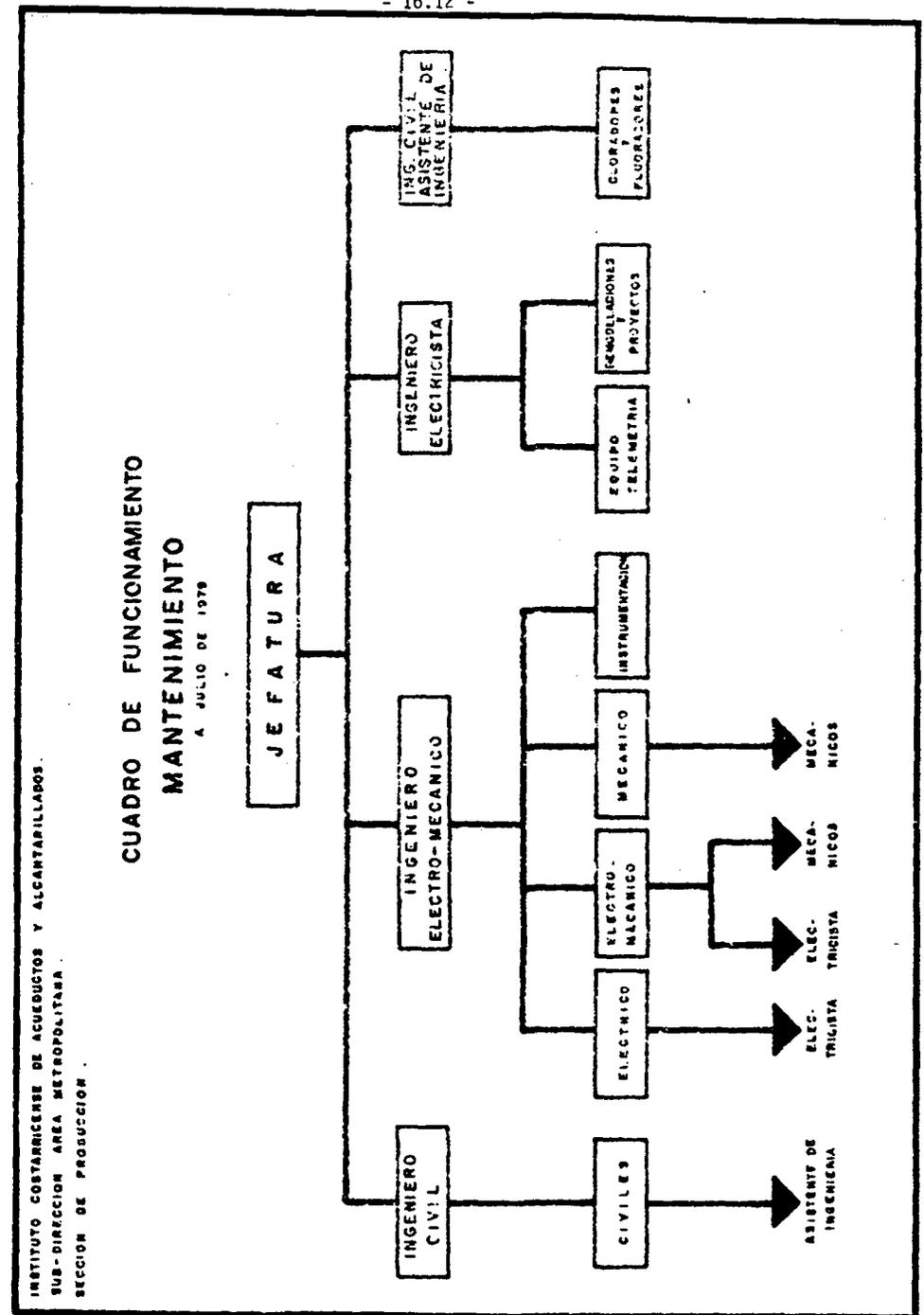
La operación consiste en la supervisión directa para que el manejo de las plantas y estaciones de bombeo sea llevado a cabo en forma correcta, ya sea en las situaciones de rutina o en las especiales.

Este trabajo conlleva el aspecto administrativo que resulta del manejo de un personal tan numeroso.

Cuando se entra a analizar el aspecto organizacional del mantenimiento es cuando surge el problema de que no se puede fijar un sistema basado en plantas y estaciones de bombeo, tal como se hizo con la operación y en el organigrama general. En este caso la única forma posible de hacerlo fue basándose en el tipo de intervención que se haga a los sistemas. Es así como se subdividió el mantenimiento en los siguientes items:

- Mantenimiento de obras civiles
- Mantenimiento eléctrico
- Mantenimiento electro-mecánico
- Mantenimiento mecánico
- Mantenimiento de instrumentos de precisión
- Mantenimiento de cloradores y fluoradores.

Ver cuadro siguiente:



Este esquema de funcionamiento se basa entonces en el tipo de mantenimiento que se efectúa, en quien lo supervisa y dirige y en quien lo efectúa.

Es así como al ingeniero civil le corresponde supervisar los trabajos de mantenimiento de obras civiles, que se efectúan a través del asistente de ingeniería y personalmente el cuidado de los cloradores y fluoradores.

Al ingeniero electricista y a sus asistentes le corresponden los trabajos eléctricos, mecánicos, electromecánicos y de instrumentación, que se efectúan a través de los mecánicos, electricistas y personalmente el ingeniero.

De esta manera, todas las instalaciones son atendidas por personal de todo tipo, ya que generalmente el mantenimiento que requieren también es de diversa índole.

#### PLAN DE MANTENIMIENTO

Cuando se tienen en operación equipos como los que tiene esta Sección a su cargo, es indispensable contar con un plan de mantenimiento debidamente hecho, de acuerdo a las necesidades y posibilidades de la empresa, ya que tan grave viene a ser un sobremantenimiento, como su falta, llevando como consecuencia el primer caso a un gasto excesivo, y el segundo a fallas inminentes con carácter de desastre.

De esta manera se ha tratado de llevar el mantenimiento a un grado de desarrollo tal, que se logre obtener confiabilidad en los equipos, utilizándose para ello al máximo los recursos económicos y humanos de la Sección.

El mantenimiento que se ha obtenido es totalmente adaptado a nuestras necesidades y posibilidades. Se han seguido las bases teóricas generales, enunciadas por el ingeniero Alberto Jácome y publicadas por la OPS, pero siempre buscando su aplicación al nivel real del país.

El mantenimiento se define como las actividades necesarias que debe cumplir una organización con el fin de que sus equipos operen con la confiabilidad y permanencia que se desee y sea necesario, disminuyendo

al máximo las paradas inoperativas y las intervenciones, así como la confiabilidad que en un servicio público como es el agua son de fatales consecuencias.

#### CLASES DE MANTENIMIENTO

##### MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo es la última etapa del mantenimiento; - consiste en la reparación inmediata de los daños que sufran los equipos. Es el menos deseable de los mantenimientos, a él se llega cuando los otros mantenimientos son deficientes.

Cuando únicamente se da mantenimiento correctivo éste se aumenta terriblemente, sufriendo los equipos fallas continuas de fatales consecuencias: entre los problemas derivados del mantenimiento correctivo - están los siguientes:

Exceso de trabajo

Actividades internas de trabajo a horas inadecuadas.

Tiempo muerto en el equipo y en la productividad.

Pago de horas extra.

Se para la producción, cosa fatal en el suministro de agua.

##### MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es el más importante y conveniente de hacer, persigue que los equipos se encuentren siempre en condiciones óptimas de tal manera que en lo posible la falla no se llegue a producir. El buen mantenimiento preventivo trae las siguientes ventajas:

- a- Los trabajos pueden ser programados y efectuados en fechas y horas convenientes.

- b- Se obtienen resultados más eficientes ya que los trabajos son realizados a conciencia, con tiempo suficiente y con todas las herramientas y repuestos necesarios.
- c- La Producción total de agua se incrementa ya que se evitan al máximo los paros parciales o totales.
- d- La moral de los trabajadores se estimula y permite que trabajen con más eficiencia y regularidad.
- e- Los accidentes de trabajo se reducen al mínimo.
- f- Se aumenta la confiabilidad en equipos y trabajadores.
- g- Se aumenta la vida útil de los equipos.
- h- La carga de trabajo tiende a volverse uniforme.

#### MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Es el más difícil de planear y programar y el más sencillo de realizar. Su objetivo es el encontrar las fallas antes de que estas se presenten, lo que como consecuencia, proporcionar un mayor tiempo a utilizar para corregirlas, sin perjuicio para el servicio que presta. Los resultados que se obtienen son obvios y sus ventajas deducibles.

El caso extremo de este tipo de mantenimiento es el caso en el que se compra con equipo nuevo y se tiene listo a la par del que funciona, previniendo que por su edad, estado y uso que ha tenido falle en cualquier momento, no siendo posible o económica su reparación..

En un servicio como lo es el agua potable, este mantenimiento se vuelve muy importante, especialmente en sistemas aislados donde su abastecimiento depende del funcionamiento de un equipo, único, y donde la

falla de éste significa la suspensión total del servicio. En estos casos debe predecirse la falla y tener el equipo de repuesto listo.

#### ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL MANTENIMIENTO

##### I INFORMACION

La calidad del mantenimiento que se efectúe, depende totalmente de la información básica que se tenga:

##### a- Inventario:

Se debe contar con un inventario total y estricto de todos los equipos a los que hay que suministrarle mantenimiento. En este inventario debe incluirse la mayor cantidad posible de información: nombre del equipo, sistema a que pertenece, marca, nombre de fabricante, datos de placa etc.

##### b- Catálogos:

Es necesario tener para cada equipo, catálogos de mantenimiento, de partes y manuales de operación, para que el uso y el mantenimiento que se haga de los equipos, siempre sea efectuado de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

##### c- Repuestos:

La información que pueda tenerse de acuerdo a los repuestos incluye medios de adquisición, tiempo que transcurre entre el instante en que se inicia un trámite de pedido y el momento en que se reciben, intercambiabilidad de los repuestos, seriedad de la casa fabricante en cuanto al suministro de los repuestos. Esta información es de gran utilidad ya que permite tener una idea clara acerca de la facilidad para adquirir los repuestos y el servicio que pueda dar.

d- Archivo:

Toda la documentación con la información que se tenga debe tenerse debidamente archivada, de manera que sea accesible en el momento que se requiere. La información de cada equipo o instalación debe guardarse por separado y contener todo lo relativo al mismo: inventario, catálogos, información para compra de repuestos, historial del equipo, incluyendo reparaciones efectuadas anteriormente, problemas tenidos en el pasado, etc.

II SUMINISTRO DE REPUESTOS

El suministro de repuestos es la base de cualquier mantenimiento y se encuentra casi siempre en manos de unidades ajenas a la operación tales como son las unidades de suministros y compras; sin embargo es mucho lo que puede hacer la unidad técnica al respecto: brindar la información necesaria para que la compra se efectúe correctamente suministrando especificaciones, números de catálogos, marca, dirección del fabricante y posibles casas suministradoras. También debe designarse una persona que permanentemente esté enterada del estado de la adquisición y poder así sugerir a la unidad encargada las medidas a tomar.

Por la experiencia se puede llegar a conocer el tiempo necesario para adquirir un registro de acuerdo a cada casa fabricante; de esta manera se puede ordenar el pedido con la anticipación debida.

La unidad que logre superar los problemas del suministro de repuestos tendrá controlados en un 90 % los problemas de mantenimiento.

Por esta razón a la hora de adquirir un equipo nuevo debe pensarse en el servicio que ofrecerá esa marca en lo que respecta al suministro de repuestos.

III PERSONAL, DEDICACIÓN Y CAPACIDAD

El recurso humano es un aspecto también de suma importancia para la operación de los sistemas, debe tenerse en cantidad y calidad necesaria. Se requiere personal de todos los niveles: profesional, técnico de alto nivel, técnico de nivel intermedio, operarios y operadores.

Lamentablemente no existen escuelas capaces de suministrar este personal con excepción del profesional; sin embargo la rama de operación y mantenimiento es una especialidad para la cual un profesional requiere adiestramiento especial y experiencia; por esta razón las unidades de operación y mantenimiento deben convertirse en escuelas capacitadoras de personal.

Se presentan dos casos:

Personal sin bases teóricas que es formado desde la base hasta que llegue a ocupar puestos altos, en estos casos las personas siempre tendrán lagunas producidas por la falta de bases teóricas ocasionando algunos problemas. Existen personas sumamente inteligentes y capaces, que están en las condiciones anteriores, son sumamente útiles y eficientes. El caso más recomendable es el de personas que tienen un nivel básico teórico que les permite ser adiestrados. Este tipo de personas aprenden rápidamente las especialidades con la ventaja del conocimiento teórico básico.

Uno de los cuidados más grandes que hay que tener es el de no caer en la dependencia de ciertas personas, la proliferación de personas indispensables es síntoma de una mala administración. Para esto se debe permanentemente estar entrenando personal capaz de sustituir a cualquier persona aparentemente indispensable. Esto debe hacerse con suficiente tiempo, ya que la formación de personal especializado en operación y mantenimiento es lenta.

#### IV QUIEN EFECTUA EL TRABAJO ?

Las intervenciones para el mantenimiento de un equipo o sistema deben clasificarse de acuerdo a su complejidad y frecuencia para que en su orden sean efectuados por:

- a- El operador
- b- El operario o mecánico
- c- El técnico
- d- El ingeniero

De esta manera se preparan manuales de mantenimiento de cada equipo donde se especifican las funciones de mantenimiento que le corresponden al operador, mecánico etc. Al operador le corresponderán funciones rutinarias tales como revisar niveles de aceite, limpieza del equipo, chequeo de ruido etc. Al mecánico y al técnico le corresponderán funciones programadas intermedias y menos frecuentes, y al ingeniero ciertos trabajos especializados.

De esta manera cada persona es responsable de su parte, estando esto debidamente claro en los manuales de mantenimiento.

#### V SISTEMAS GENERALES DE MANTENIMIENTOS ESPECIALES

Hay algunos mantenimientos que requieren especial cuidado y que pueden en algunos casos llegar a sustituir en forma satisfactoria los programas sofisticados, son ellos los siguientes:

##### a- Mantenimiento de balineras (roles)

Cuando los sistemas como el de la ciudad de San José se encuentran totalmente electrificados, uno de los principales mantenimientos de los motores es el de las balineras; estas deben ser cambiadas en el momento que empiecen a producir ruidos extraños, o antes. Si el cambio de estas piezas se efectuara de acuerdo a una programación este traería como consecuencia un sobre gasto, ya que muchas se cambiarían estando todavía en buen estado.

En vista de que el cambio de las balineras es sumamente fácil lo que se recomienda es tener un sistema de inspección diaria o semanal eficiente y especialmente contar con una bodega de repuestos capaz de suplir cualquiera que se desee. A penas entra a funcionar un motor nuevo debe identificarse la balinera que utiliza y de inmediato proceder a la compra.

En vista de que muchos motores utilizan el mismo tipo de balineras pero con diferente nomenclatura (de acuerdo a la marca, número de catálogo) cabría la posibilidad de tener una sobre-existencia de los repuestos sin saberse. Para evitar esto se utiliza la fórmula que se da a continuación, la cual se llenaría una por cada tipo de balinera evitando así la duplicidad: por ejemplo cuando las balineras del pozo " Republic " son idénticas al de " La Libertad " en la hoja se anotará motor pozo " Republic ", ídem " La Libertad ".

Cuando se logra obtener un buen surtido e identificación de balineras el mantenimiento de las mismas se vuelve algo sencillo, rutinario y eficiente.

SERVICIO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO

DIVISION AREA METROPOLITANA

SECCION DE PRODUCCION

Identificación y existencia de balineras de equipos de bombeo.

Lugar: \_\_\_\_\_

| Equipo | Balinera de carga | Balinera guía | Identificación | Existencia |
|--------|-------------------|---------------|----------------|------------|
|        | Catálogo          |               |                |            |
|        | S K F             |               |                |            |
|        | F A G             |               |                |            |
|        |                   |               |                |            |
|        |                   |               |                |            |
|        |                   |               |                |            |
|        |                   | Catálogo      |                |            |
|        |                   | S K F         |                |            |
|        |                   | F A G         |                |            |
|        |                   |               |                |            |
|        |                   |               |                |            |
|        |                   |               |                |            |
|        | Catálogo          |               |                |            |
|        | S K F             |               |                |            |
|        | F A G             |               |                |            |
|        |                   |               |                |            |
|        |                   |               |                |            |
|        |                   |               |                |            |
|        |                   | Catálogo      |                |            |
|        |                   | S K F         |                |            |
|        |                   | F A G         |                |            |
|        |                   |               |                |            |
|        |                   |               |                |            |
|        |                   |               |                |            |

b- Mantenimiento por evaluación

Plantas de tratamiento y Estaciones de bombeo complejas requieren periódicamente (cada tres, seis o doce meses) ser objeto de una evaluación por parte del ingeniero especializado la cual permite el planeamiento de una serie de mantenimientos especiales los cuales no se contemplan en los manuales de mantenimiento rutinarios.

Este es uno de los aspectos más importantes, que permiten proveer grandes fallas que de otra manera ocurrirían. De acuerdo a la importancia, tamaño y complejidad del sistema, estas evaluaciones deben hacerse cada mayor o menor intervalo de tiempo.

c- Cambios de aceite

Este aspecto de mantenimiento requiere una programación especial, rigida la cual en ningún momento puede ser descuidada. El aceite es básico en cualquier motor o sistema eléctrico y la frecuencia con que se cambie debe ser algo inflexible. Debe entonces contarse con suficiente cantidad de aceite de todas las clases. Aquí sí debe respetarse la programación.

d- Mantenimiento de obras civiles

Por mantenimiento de obras civiles se entiende el relativo a edificios, presas, canales, líneas de conducción, jardines, etc.; por esto es necesario contar con un plantel general que cuente con operarios de todos los tipos: albañiles, carpinteros, electricistas, fontaneros, etc. El acceso a bodegas generales de materiales de construcción debe ser irrestricto, tener una organización tal que le permita efectuar no solo los trabajos programados, especialmente por evaluación, sino que cualquier emergencia que se presente cualquier día y a cualquier hora, inclusive de la noche.

Esta unidad normalmente se convierte en una de **múltiples** recursos y de una utilidad excepcional; el encargado de esta unidad debe ser una persona con categoría de asistente de ingeniero, de gran inteligencia y experiencia, o de ser posible un ingeniero especialista en construcción.

e- Mantenimiento de filtros y sedimentadores

Debe ocupar un campo especial, ya que se trata de labores altamente especializadas. Un filtro rápido debe ser desarmado y re-construido totalmente cada dos años, máximo cada tres años y un filtro lento cada diez años. Esto implica el cambio total del medio filtrante, la grava y las toberas. La limpieza y mantenimiento de los sedimentadores es también una labor de mucho cuidado ya que debe hacerse en el mínimo tiempo posible, por tratarse de labores que interfieren con el funcionamiento de la Planta. El mantenimiento de filtros y sedimentadores puede si se desea y si se tienen los recursos necesarios instalarse dentro de la unidad de mantenimiento de obras civiles.

VI UNIDAD DE PROGRAMACIÓN Y CONTROL

Las personas que tienen a su cargo el funcionamiento y las reparaciones de los sistemas de producción de agua potable permanecen totalmente absorbidas por esas labores, no teniendo en la mayoría de los casos el tiempo y la oportunidad para planear, programar y controlar la operación y el mantenimiento. En los casos en que esto sucede que son la mayoría, es necesario crear dentro de la estructura misma del sistema una unidad de programación y control; esta unidad se encarga de planear; mejorar y programar los planes de mantenimiento, así como de establecer los controles necesarios para saber si el mantenimiento se está efectuando tal como se planeó, o en qué grado, y si es necesario ampliarlo o disminuirlo. Esta unidad viene a ser el equivalente al control administrativo que existe en cualquier sistema, elimina la eterna excusa de que el trabajo de mantenimiento es tan absorbente que no permite elaborar planes racionales.

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

- b. Guía para la elaboración de un manual de operación y mantenimiento de estaciones de bombeo

Ing. Rodolfo Sáenz Forero  
Coordinador, Proyecto DTIAPA

TALLER PARA INGENIEROS SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 22-26 de octubre de 1979

El presente trabajo ha sido adaptado del Manual PB-227096 de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), de los Estados Unidos de América, la cual autorizó a la OPS/OMS-CEPIS para traducir y usar dicho documento.

CONTENIDO

|                                                                                                    | <u>Página</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| I. INTRODUCCION . . . . .                                                                          | 498           |
| II. PERMISOS Y ESTANDARES . . . . .                                                                | 501           |
| III. DESCRIPCION, OPERACION Y CONTROL DE ESTACIONES DE BOMBEO Y TUBERIAS COMPLEMENTARIAS . . . . . | 501           |
| IV. PERSONAL . . . . .                                                                             | 503           |
| V. REGISTROS . . . . .                                                                             | 504           |
| VI. MANTENIMIENTO . . . . .                                                                        | 506           |
| VII. PROGRAMAS PARA HACER FRENTE A UNA OPERACION DE EMERGENCIA . . . . .                           | 510           |
| VIII. SEGURIDAD . . . . .                                                                          | 513           |
| IX. SERVICIOS PUBLICOS . . . . .                                                                   | 515           |
| X. SISTEMA ELECTRICO . . . . .                                                                     | 517           |
| APENDICE . . . . .                                                                                 | 517           |

GUIA SUGERIDA Y LISTA DE CONTROL PARA UN MANUAL DE  
OPERACION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES DE BOMBEO Y TUBERIAS COMPLEMENTARIAS

CAPITULO I - Introducción

A. Responsabilidades de operación y administrativas

1. Responsabilidad del operador
  - a. Lista de responsabilidades
    - Conocer los procedimientos de operación apropiados
    - Llevar registros cuidadosos
    - Manejo apropiado de los fondos de operación
    - Mantener a los supervisores informados
    - Mantenerse informado de las prácticas usuales de operación y mantenimiento
  - b. Mantener una lista de la escolaridad, cursos cortos y adiestramiento recibido
  - c. Mantenerse actualizado a través de la información técnica disponible
2. Responsabilidad de la administración de la estación de bombeo
  - a. Mantener una operación y mantenimiento eficientes de la estación
  - b. Mantener registros adecuados
  - c. Establecer los requerimientos de personal, preparar las descripciones de puesto y asignar al personal
  - d. Proporcionar buenas condiciones de trabajo
  - e. Establecer programas de adiestramiento para los operadores
  - f. Crear incentivos para los empleados
  - g. Mantener buenas relaciones públicas
  - h. Preparar presupuestos e informes
  - i. Planificar para hacer frente a las necesidades futuras de la instalación
  - j. Desarrollar procedimientos estandarizados de operación

B. Descripción de la estación de bombeo y tuberías complementarias

1. Descripción del tipo de estación de bombeo
  - a. Agua cruda de un río
  - b. Agua cruda de un lago
  - c. Pozo o campo de pozos
  - d. Agua tratada
  - e. Manantial o galería
  - f. Elevación de presión en conducción
  - g. Elevación de presión en red
  - h. Bombeo a zona elevada en red
  - i. Aguas residuales
  - j. Aguas pluviales
  - k. Desechos industriales
  - l. Combinación de aguas residuales y pluviales
  - m. Lodos de plantas de tratamiento
  - n. Aguas residuales tratadas
2. Clasificación de la estación de bombeo
  - a. Capacidad (l.p.s.; m<sup>3</sup>/seg.)
  - b. Fuente de energía (principal o de emergencia)
    - Eléctrica
    - Diesel o Bunker
    - Vapor
    - Gasolina
    - Otras
  - c. Tipo de construcción
  - d. Tipo de bomba
3. Equipos para cloración instalados en la estación de bombeo

4. Tuberías complementarias
  - a. Asbesto-cemento
  - b. Mampostería
  - c. Arcilla cocida (vitrificada)
  - d. Concreto
  - e. Plástica
  - f. Fierro y acero
    - Fierro fundido
    - Fierro dúctil
    - Acero
5. Tipo de uniones usadas
6. Tipo de accesorios o estructuras especiales acoplados a las tuberías
  - a. Registros
  - b. Válvulas de retención
  - c. Válvulas de alivio
  - d. Válvulas de compuerta
  - e. Compuertas
  - f. Sifones
  - g. Equipos de medición
  - h. Válvulas de aire
  - i. Válvulas de purga
  - j. Otros

## CAPITULO II - Permisos y estándares

### A. Permisos requeridos

1. Número de permiso
2. Fecha de renovación
3. Lista de requisitos para el permiso
4. Guías para solicitar el permiso
5. Leyes y reglamentos que regulen la operación de estaciones de bombeo

## CAPITULO III - Descripción, operación y control de estaciones de bombeo y tuberías complementarias

### A. Generalidades

1. Descripción de la estación de bombeo
  - a. Típica
  - b. Motobombas
  - c. Eyector neumático
  - d. Otros
2. Descripción de las tuberías
  - a. A gravedad
  - b. A presión
3. Principales componentes de la estación de bombeo
  - a. Bombas
  - b. Tuberías de succión y descarga
  - c. Pozo húmedo

- d. Controles automáticos
  - e. Motores
  - f. Dispositivos de protección
  - g. Otros
4. Principales componentes de las tuberías
- a. Tuberías
  - b. Registros
  - c. Sifones
  - d. Estaciones de medición
  - e. Válvulas
  - f. Otros accesorios
  - g. Otros
5. Principales problemas de operación y mantenimiento que se presentan en la estación de bombeo y tuberías complementarias
- a. Descripción detallada de los problemas
  - b. Lista de las causas probables
  - c. Técnicas de control o prevención utilizadas
6. Técnicas de arranque
- a. Descripción de las técnicas de arranque utilizadas
- B. Normas de operación para la estación de bombeo y tuberías complementarias
- 1. Operación normal
    - a. Discusión sobre la operación normal de cada tipo de estación de bombeo y/o tuberías complementarias
      - Ajustes de la bomba
      - Posiciones de las válvulas
      - Ajustes de los equipos de medición
      - Ajustes de los equipos de cloración
      - Otros

- 2. Formas alternas de operación
  - a. Lista de formas alternas de operación
  - b. Descripciones, discusiones y esquemas que ilustren formas alternas de operación.
- 3. Operación de emergencia y dispositivos de seguridad contra posibles fallas
  - a. Discusión sobre procedimientos de operación de emergencia ante condiciones potenciales de emergencia
  - b. Lista de dispositivos de seguridad contra posibles fallas
  - c. Descripción de los dispositivos de seguridad contra posibles fallas

#### CAPITULO IV - Personal

- A. Recursos humanos necesarios
- Lista del personal requerido
- 1. Supervisores
  - 2. Personal administrativo
  - 3. Personal de operación
  - 4. Personal de mantenimiento
- B. Calificaciones necesarias para el personal
- 1. Para cada descripción de puesto suministrar:
    - a. Adiestramiento
    - b. Experiencia
    - c. Habilidad requerida
    - d. Licencia o certificado requerido

C. Programa de certificados

1. Debe tenerse copia de las reglas y reglamentos que definen el otorgamiento de certificados de habilidad o aptitud para el desempeño de cargos u oficios específicos.
2. Debe tenerse a mano la información sobre los certificados que tiene el personal

CAPITULO V - Registros

A. Deben existir formatos bien diseñados para registrar diariamente la forma en que se han desarrollado los diferentes procesos de operación que incluyan:

1. Responsabilidades operacionales de rutina
2. Consumo de energía (y potencia)
3. Anormalidades presentadas
4. Productos químicos usados
5. Combustibles y lubricantes
6. Otros

B. Informes mensuales a la gerencia de operación

1. Debe existir un formato adecuado
2. Deben existir instrucciones para llenar el formato
3. Debe existir un folleto explicativo sobre uso de otros formatos que permitan informar sobre situaciones y fenómenos que se presenten
4. Debe haber un instructivo indicando a quién y cuándo se deben enviar los formatos

C. Informe anual

1. Debe haber alguien designado como responsable de preparar el informe anual

2. Debe definirse si el período comprende un año natural o un año fiscal
3. Debe haber una muestra sobre el formato del informe anual
  - a. Resumen anual de los datos de operación
  - b. Resumen anual de los datos de administración
4. Deben haber instrucciones sobre coordinación con otras ramas de la institución interesadas en los datos de operación

D. Mantenimiento

Los registros de mantenimiento deben llevarse de conformidad con lo que se discute en el capítulo sobre este tema

E. Registro de los costos de operación

Deben existir listas y discusiones sobre la forma de llevar los registros de costo para cada uno de los siguientes componentes del costo:

1. Mano de obra
  - a. Operación
  - b. Administración
  - c. Mantenimiento
2. Servicios
  - a. Electricidad
  - b. Combustibles y lubricantes
  - c. Agua potable y alcantarillado
  - d. Teléfono
  - e. Otros
3. Productos químicos
  - a. Cloro
  - b. Cal
  - c. Otros

4. Suministros
  - a. Materiales de limpieza
  - b. Materiales de mantenimiento
  - c. Otros suministros

F. Registros sobre el personal

G. Registros sobre emergencias ocurridas

1. Reportes sobre uso de pasos directos o desvíos
2. Reportes sobre interrupciones en el bombeo programadas y no programadas
3. Otros

CAPITULO VI - Mantenimiento

A. Generalidades

1. Descripción del propósito del sistema de mantenimiento
2. Resumen sobre los alcances del sistema de mantenimiento recomendado
3. Lista de los aspectos más importantes
  - a. Sistema de registro sobre el equipo
  - b. Planeamiento y programación
  - c. Bodegas y sistema de inventario
  - d. Personal de mantenimiento
  - e. Estimación de costos y presupuestos para las operaciones de mantenimiento

B. Sistema de registro para el equipo

1. Descripción del sistema de numeración del equipo
2. Resumen sobre los catálogos del equipo

3. Discusión sobre el tipo de información y datos del equipo que debe mantenerse
4. Instrucciones sobre la preparación y acopio de la información en el sistema de registro
5. Descripción del sistema de recuperación de información
6. Inclusión del nombre y datos de placa de cada uno de los componentes del equipo
7. Otros

C. Planeamiento y programación

1. Guías para el mantenimiento preventivo y las tareas de mantenimiento correctivo
2. Descripción de los programas de trabajo
3. Resumen del sistema de órdenes de trabajo
  - a. Muestra del formato para órdenes de trabajo
  - b. Descripción de los perfiles y diagramas que complementan las órdenes de trabajo
4. Discusión sobre trabajos de mantenimiento contratados
5. Otros

D. Sistema de bodega e inventario

1. Recomendaciones sobre partes o piezas de mantenimiento que pueden ser restauradas
2. Resumen del sistema de inventario de la bodega de partes y repuestos
  - a. Sistema de numeración para todos los elementos
  - b. Colilla de control de las salidas de bodega
  - c. Máximo y mínimo de cantidades a mantener en bodega
  - d. Sistema de registro
3. Discusión sobre las órdenes de compra
4. Otros

E. Personal de mantenimiento

1. Resumen sobre el personal de mantenimiento
2. Revisión sobre la capacidad y limitaciones del personal de mantenimiento

F. Estimación de costos y presupuesto para las operaciones de mantenimiento

1. Discusión sobre la importancia de separar los costos de mantenimiento
  - a. Mantenimiento preventivo
  - b. Mantenimiento correctivo
  - c. Reparaciones mayores o remodelaciones
2. Descripción de un posible sistema de control de costos para bodega de repuestos, compras especiales y horas-hombre trabajadas
3. Otros

G. Registros de mantenimiento misceláneo

1. Establecer un formato para registrar o dejar perfiles de los mantenimientos preventivos o correctivos realizados
2. Establecer formatos para reportar las salidas de operación
3. Otros

H. Limpieza y conservación

1. Jardines
2. Pintura
3. Limpieza general
4. Otros

I. Herramientas especiales y equipo

1. Resumen sobre procedimientos de la bodega de herramientas
  - a. Inventario de herramientas
  - b. Sistema de control de herramientas

2. Discusión sobre el uso de los tableros de herramientas
  - a. Herramientas de uso frecuente o especial
  - b. Localización de los tableros
3. Cuidado y mantenimiento requerido por las herramientas

J. Lubricación

1. Especificaciones de lubricación
2. Tener una carta de equivalentes de lubricantes
3. Discusión sobre el uso de colillas codificadas de color para lubricación de todo el equipo
4. Información sobre los registros para control de la relación consumo/inventario
5. Resumen sobre las rutas y procedimientos de lubricación

K. Información sobre el equipo mayor

1. Lista de todas las unidades de equipo mayor
2. Resumen sobre las consideraciones básicas de mantenimiento para todas las unidades de equipo mayor eléctrico o mecánico
3. Resumen de los procedimientos para ordenar partes, componentes o unidades nuevas

L. Previsiones sobre garantías

1. Lista de todas las garantías del equipo
2. Período de garantía para cada pieza de equipo
3. Discusión sobre los detalles más específicos de cada garantía

M. Contratos de mantenimiento

1. Lista de las tareas que se sugiere dar por contrato
2. Lista de los contratistas propuestos

CAPITULO VII - Programas para hacer frente a una operación de emergencia

- A. Resultados de un análisis de la vulnerabilidad del sistema
- B. Lista de métodos para reducir la vulnerabilidad del sistema
- C. Lista de acuerdos de ayuda mutua
- D. Inventario de equipo de emergencia
- E. Métodos de preservar los registros del sistema
- F. Métodos de preservar los equipos de monitoreo
- G. Instrucciones de coordinación para la policía y los bomberos
- H. Definición de las responsabilidades del personal
- I. Designación de un centro para atender la emergencia
- J. Lista del personal auxiliar requerido
- K. Establecimiento de un mecanismo para garantizar que el plan para atender emergencias es actualizado periódicamente

CAPITULO VIII - Seguridad

- A. Generalidades
  - 1. Responsabilidades de la administración
    - a. Hacer llegar información sobre seguridad a los empleados
    - b. Eliminar condiciones de trabajo peligrosas
    - c. Motivar a los empleados sobre la importancia de la "seguridad mental"
    - d. Otros

- 2. Números telefónicos útiles en una emergencia
  - a. Hospital
  - b. Cuerpo de bomberos
  - c. Servicios de ambulancia
  - d. Suplidores de cloro
  - e. Otros
- B. Aspectos de seguridad del mantenimiento de tuberías y alcantarillas
  - 1. Protección del sitio de trabajo
  - 2. Equipos para pruebas de gases
  - 3. Herramientas que no produzcan chispas
  - 4. Otros
- C. Peligro de descargas eléctricas
  - 1. Conexión a tierra de las herramientas eléctricas
  - 2. Instructivo sobre los primeros auxilios que se debe dar a las víctimas de descargas eléctricas
  - 3. Designación del personal autorizado para llevar a cabo reparaciones eléctricas
  - 4. Otros
- D. Riesgos del equipo mecánico
  - 1. Discusión de las precauciones que debe tenerse con el equipo
  - 2. Consideraciones sobre el nivel de ruido
  - 3. Designación del personal autorizado para llevar a cabo reparaciones mecánicas
  - 4. Otros

E. Riesgos de explosión y fuego

1. Discusión sobre el almacenamiento de materiales inflamables
2. Tipo y ubicación de los extinguidores contra incendio así como instrucciones claras sobre su uso
3. Discusión sobre el uso de detectores de vapores inflamables
4. Otros

F. Infecciones bacterianas (riesgos para la salud)

1. Política de inmunización contra el tétano
2. Resumen de consideraciones sobre higiene personal
3. Políticas para la atención de cortes o heridas
4. Otros

G. Riesgos con el cloro

1. Discusión sobre el manejo de cilindros
2. Resumen de los procedimientos para detectar y corregir fugas de cloro
3. Descripción sobre el uso de aparatos para respirar con aire comprimido aplicado a máscaras contra gases
4. Otros

J. Deficiencia de oxígeno y gases nocivos

1. Resumen sobre procedimientos para detectar gases nocivos
2. Discusión sobre equipo de ventilación
3. Tabla sobre los principales casos que se presentan en estaciones de bombeo de agua y aguas residuales y tuberías complementarias
4. Otros

I. Equipo de seguridad requerido

1. Botiquines para primeros auxilios

2. Extintores contra incendio
3. Máscaras contra gas y equipo complementario incluyendo cilindros de aire comprimido
4. Trajes protectores y cascos
5. Equipos de seguridad
6. Otros

J. Productos químicos

Discusión de los procedimientos para el uso de los productos químicos

K. Referencias

Lista de referencias pertinentes sobre seguridad

CAPITULO IX - Servicios públicos

A. Generalidades

1. Nombres de las compañías o empresas de las que se reciben servicios públicos
2. Lista de las personas de estas empresas con las que se requiere tener contacto frecuentemente, sus direcciones y teléfonos
  - a. Contactos de rutina
  - b. Contactos de emergencia
3. Discusión sobre la confiabilidad del servicio
4. Información sobre el costo de los servicios públicos

B. Servicios eléctricos

1. Voltaje de servicio en la zona

2. Voltaje reducido que entra a la estación de bombeo
3. Discusión sobre fuentes de energía para interrupciones de emergencia de servicio regular

C. Teléfono

1. Resumen sobre las comunicaciones telefónicas de la estación de bombeo
2. Sistemas de alarma o contra acoplados e hilos telefónicos

D. Gas natural

1. Consumo de gas (m<sup>3</sup>/hora)
2. Presiones normales de operación
3. Características de la línea de gas

E. Abastecimiento de agua

1. Características de la red de servicio
2. Presión normal de operación
3. Prevenciones para evitar reflujos o conexiones cruzadas

F. Combustibles

1. Tipo de combustible (gasolina, Diesel, Bunker)
2. Lista de las capacidades de los tanques de almacenamiento
3. Resumen de un programa para asegurarse de que los suministros de combustible están siempre a mano
4. Lista de suplidores potenciales

CAPITULO X - Sistema eléctrico

Descripción del sistema eléctrico

A. Generalidades

1. Diagramas esquemáticos
2. Tablas
3. Literatura de los fabricantes
4. Dibujos de taller
5. Notas e informes del diseñador

B. Fuente de energía

1. Nombre de la empresa eléctrica
2. Características de la distribución primaria
3. Descripción de la subestación de transformación y definición de su propiedad, operación y mantenimiento
4. Discusión sobre los mecanismos de protección
5. Máxima corriente disponible (corto circuito) a los puntos de servicio de la empresa eléctrica

C. Sistema de distribución de energía

1. Descripción del equipo de entrada del servicio eléctrico
2. Descripción de los tableros y centros de control de los motores incluyendo los sistemas de protección
3. Elaboración de tablas que indiquen las potencias que pueden alimentar los diferentes componentes del alambrado y las cargas de alimentación para los principales componentes eléctricos

D. Sistema de control y monitoreo

1. Elaboración de tablas sobre los sistemas de control y monitoreo existentes

2. Elaboración de diagramas y esquemas

E. Fuentes alternas de energía

1. Descripción de las fuentes de energía
2. Descripción de cualquier equipo electrógeno alterno que esté acoplado al sistema de distribución eléctrico

APENDICE

A. Esquemas requeridos

1. Diagramas básicos de flujo
2. Diagramas de tuberías de paso directo alterno
3. Perfiles hidráulicos
4. Otros

B. Descripción de las válvulas principales

1. Función
2. Tipo y tamaño
3. Localización
4. Identificación

C. Muestras de formatos usados para:

1. Informes diarios de operación
2. Registro de datos del equipo
3. Ordenes de trabajo para mantenimiento
4. Ordenes de compra
5. Denuncia de accidentes
6. Informes a la autoridad superior
7. Otros

D. Productos químicos usados

1. Lista de los productos químicos usados

2. Medidas de seguridad y precauciones (ver capítulo sobre seguridad)
3. Lista de suplidores
4. Programación de los reabastecimientos

E. Operación ante situaciones de emergencia

1. Diagramas esquemáticos
2. Muestra de los formularios a usar

F. Tabulación de los criterios de diseño

1. Población servida
2. Volumen de agua bombeada
3. Características y capacidad de las líneas de tubería complementarias
4. Tamaño y capacidad de las bombas
5. Características del bombeo (horas de operación por día, etc.)
6. Otros

G. Suplidores de equipo

1. Nombres
2. Lista de los equipos usados
3. Referencia sobre los lugares donde se puede obtener información detallada (representantes, manuales, etc.)

H. Manuales de los fabricantes

1. Deben tenerse siempre a mano (separadamente)
2. Estos manuales deben incluir instrucciones adecuadas sobre operación y mantenimiento
3. Deben tener índices de referencia cruzados

I. Agencias de servicio y repuestos

1. Lista de las organizaciones que pueden brindar servicio a los equipos existentes
2. Lista de los talleres o agencias locales que pueden brindar servicios de reparación de:
  - a. Medidores
  - b. Motores (incluyendo arrollados)
  - c. Otros
3. Lista de suplidores locales de repuestos
  - a. Artículos de plomería
  - b. Artículos eléctricos
  - c. Talleres para fabricación o reparación de partes
  - d. Otros

J. Planos de ejecución

1. Verificación de que los planos están completos e indican exactamente los cambios de ejecución
2. Referencias cruzadas que faciliten la identificación de los planos

K. Planos de taller

1. Índice que facilite su identificación
2. Referencias cruzadas que faciliten la identificación de planos de taller e información complementaria

L. Esquemas sobre dimensiones

1. Ubicación de unas unidades con respecto a otras y con respecto a las paredes
2. Establecimiento de codificaciones que faciliten correlacionar estos esquemas con los planos de taller y con los planos de ingeniería

- M. Fotografías tomadas durante la etapa de construcción
  - 1. Identificación y fechado de las fotografías
  - 2. Resumen sobre un sistema de identificación y localización de las fotografías
- N. Garantías y bonos o certificados de garantía
  - 1. Copias
  - 2. Archivo adecuado que facilite la localización e identificación
- O. Copias de los formatos para rendir informes a la autoridad superior
  - 1. Mensuales de operación
  - 2. Informes sobre operación de los desvíos temporales
  - 3. Fallas en la cloración
  - 4. Otros
- P. Formatos de inspección usados por la autoridad superior que supervisa
- Q. Control de infiltraciones (en el caso de alcantarillado)
  - 1. Copia de las ordenanzas existentes
  - 2. Copia de una ordenanza modelo si no hay alguna en vigencia
- R. Control de residuos industriales (en el caso de alcantarillado)
  - 1. Copia de las ordenanzas existentes
  - 2. Copia de una ordenanza modelo si no hay alguna en vigencia
- S. Código de colores para las tuberías
  - 1. Lista de colores para cada sistema de tuberías
  - 2. Definir si se usarán flechas indicando la dirección del flujo o colillas identificadoras

- T. Pinturas
  - 1. Tipo de pintura requerido para cada unidad
  - 2. Programación de las aplicaciones de pintura
  - 3. Procedimientos a seguir en la pintada de los equipos y accesorios

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

c. Levantamientos de curvas de bombas en las instalaciones

Ing. Herbert Farrer  
Consultor a Corto Plazo OPS/OMS-CEPIS

TALLER PARA INGENIEROS SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 22-26 de octubre de 1979

1 Introducción:

En nuestro país un alto porcentaje del agua producida es bombeada. En el Area Metropolitana de San José el 50% aproximadamente de la producción es bombeado y en otras ciudades tales como Línón, Siquirres, Puntarenas, San Ramón, Cañas, Liberia, Santa Cruz y Nicoya el 100% del abastecimiento proviene de pozos profundos y otros sistemas por bombeo.

Para mantener en forma adecuada y eficiente estos sistemas es necesario periódicamente analizar el comportamiento de las bombas y estaciones de bombeo reconstruyendo las curvas características y evaluando las eficiencias.

2 Mediciones y equipo necesario

Para reproducir las curvas de las bombas es necesario efectuar las siguientes mediciones con los equipos enlistados:

| MEDICION                     | EQUIPO                             |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1. Caudal                    | Pitot y manómetro diferencial      |
| 2. Presión de succión        | Manómetro diferencial con mercurio |
| 3. Presión de bombeo         | Manómetro Bourdón (registrador)    |
| 4. Velocidad de la bomba     | Tacómetro y cronómetro             |
| 5. Voltaje del motor         | Voltímetro ( o dial del panel )    |
| 6. Amperaje del motor        | Amperímetro ( o dial del panel )   |
| 7. Factor de potencia (COSØ) | Medidor ( o dial del panel )       |
| 8. Presión atmosférica       | Barómetro ( o tabla )              |

- 9. Temperatura del agua      Termómetro
- 10. Potencia eléctrica      Watímetro ( o dial del panel )

Las mediciones 8 y 9 se efectúan una sola vez, el resto se efectúan en todos los puntos de la prueba que se recomienda ejecutarlos con la válvula de salida cerrada y luego abierta al 10%, 20%, 30%, 40%, 55%, 70%, 85% y 100% o completamente abierta. Los datos obtenidos de presión deben ser referidos al eje de la bomba, sean obtenidos de manómetros bourdon o de tubos diferenciales.

Las mediciones se deben efectuar con rapidez, especialmente la primera con la válvula de salida cerrada. Esta medición no se debe hacer cuando la presión de bombeo es alta y en esta caso se recomienda efectuar las mediciones primero, con la válvula abierta 100% y luego cerrándola a los valores anotados. Es importante asimismo conocer, antes de efectuar las mediciones las características de los equipos y sus presiones de trabajo.

3 Levantamiento de curvas de bombas

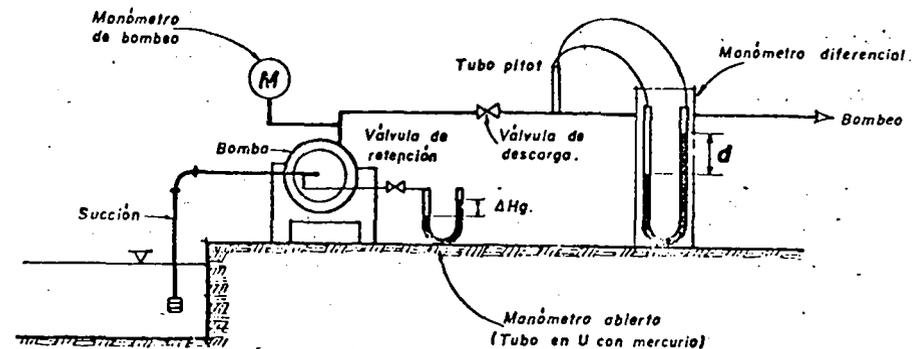
Las curvas a levantar son las de carga total, carga neta de succión, potencia y eficiencia, figura 8-1.

Para bombas centrífugas horizontales, las fórmulas son las siguientes ( ver figura 8-1 ):

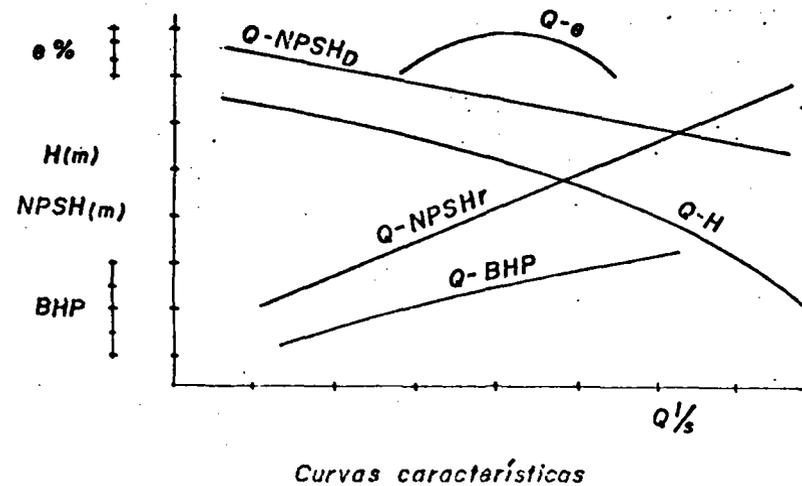
3.1 Carga total

$$H = p + h = p + \frac{v^2}{2g} \tag{8-1}$$

$$H = 13.1 \times \Delta Hg + Cps + \frac{v^2}{2g} \tag{8-2}$$



**Instalación de equipos para pruebas en bombas centrífugas horizontales**



*Curvas características*



$$H_b = P_b + C_{pb} + \frac{V_s^2}{2g} \quad (8-3)$$

$$H_T = H_b - H_s \quad (8-4)$$

$$H_T = P_b + C_{pb} + \frac{V_s^2}{2g} - 13.1 \Delta H_g - C_{ps} - \frac{V_s^2}{2g} \quad (8-5)$$

donde:  $H$  = carga total de succión (s) o bombeo (b)

$P$  = presión dada por el manómetro considerando el error del mismo.

$\Delta H_g$  = deflexión en el manómetro de succión

$C_p$  = corrección de la lectura manométrica al eje de la bomba

$H_T$  = carga total

Con estos cálculos efectuados para cada punto se construye la curva Q-H

### 3.2 Carga neta de succión positiva - NPSH

Es la carga absoluta sobre la tensión de vapor a la temperatura del agua bombeada o carga neta de succión positiva disponible. Se calcula por medio de la siguiente fórmula.

$$NPSH = P_0 + H_s - H_v \quad (8-6)$$

donde:  $P_0$ : presión atmosférica

$H_s$ : carga de succión, de fórmula (8-2)

$H_v$ : presión de vapor a la temperatura del agua de bombeo ( ver tabla 8-1 ).

| TEMPERATURA<br>°C | PRESION DE VAPOR<br>moda | TEMPERATURA<br>°C | PRESION DE VAPOR<br>moda |
|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| 0                 | 0.062                    | 30                | 0.431                    |
| 5                 | 0.089                    | 35                | 0.572                    |
| 10                | 0.125                    | 40                | 0.750                    |
| 15                | 0.174                    | 50                | 1.255                    |
| 20                | 0.238                    | 75                | 3.920                    |
| 25                | 0.322                    | 100               | 10.333                   |

PRESION DE VAPOR DEL AGUA

TABLA-8-1

Con estos cálculos efectuados para cada punto se construye la curva Q - NPSH

### 3.3 Carga neta de succión positiva requerida NPSHr.

Se calcula por medio de la fórmula siguiente:

$$NPSH_r = K \cdot H_T \quad (8-7)$$

donde  $K$  = coeficiente de cavitación de la bomba. Es la relación entre la altura de succión absoluta - NPSH - y la carga total -  $H_T$  - de la bomba.

$H_T$  = carga total, expresión ( 8-5 )

El coeficiente de cavitación  $K$  se puede obtener conociendo la velocidad específica.

$$K = \frac{4 \cdot n_s^{1/3}}{10^3} \quad (8-8)$$

$$n_s = \frac{n \sqrt{Q}}{AMT^{3/4}} \quad (8-9)$$

donde  $n_s$  = velocidad específica o coeficiente de rotación específica, característico de cada tipo de bomba.

$n$  = valor nominal de la velocidad de la bomba en rpm

$Q$  = descarga en gpm

$AMT$  = carga total en pies

### 3.4 Potencia de entrada al motor

Se calcula por medio de la siguiente fórmula ( motores trifásicos corrientes alterna ):

$$P = \frac{V \times I \times \sqrt{3} \times \cos \phi}{1000} \quad (8-10)$$

donde **P** : potencia de entrada al motor en Kw

**V** : voltaje

**I** : amperaje

**cos φ**: factor de potencia

3.5 Potencia al freno, BHP

Se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$BHP = \text{rendimiento} \times P \quad (8-11)$$

El valor del rendimiento es muy difícil de determinarlo en la práctica, por lo que normalmente se utiliza el suministrado por el fabricante.

Por cuanto el valor de P de la expresión (8-10) está en Kw, deberá multiplicarse por el factor 1.341 para obtener HP.

Con los cálculos efectuados para cada punto se construye la curva Q - BHP.

3.6 Potencia hidráulica de la bomba

Se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$WHP = \frac{W \cdot Q \cdot AMT}{76} \quad (8-12)$$

donde: **W** = peso volumétrico del agua = 1 Kgr/l

**Q** = caudal en l/s

**AMT**= carga total en m

3.7 Eficiencia de la bomba

Se calcula por medio de la fórmula:

$$e = \frac{WHP}{BHP} \times 100 \quad (8-13)$$

Con los cálculos efectuados para cada punto se construye la curva Q - e.

4 Levantamiento de curvas de estaciones de bombeo

Consiste en el levantamiento previo de las curvas características de las bombas y luego en el estudio global con el levantamiento de las curvas del sistema en serie o paralelo.

Realizados los levantamiento se hace la composición gráfica de los resultados y se determina el punto de operación.

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

DISPOSICION FINAL - I

Sinopsis de una conferencia

Dr. Fabián Yáñez  
Consultor en Tratamiento de Aguas Residuales  
CEPIS/OPS

STOM 17

TALLER PARA INGENIEROS SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 22-26 de octubre de 1979

OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE DISPOSICION FINAL DE AGUAS RESIDUALES

- A. TIPOS DE DISPOSICION FINAL
  - a. Descargas submarinas y subfluviales
  - b. Descargas superficiales en cuerpos receptores
  - c. Rebose del alcantarillado combinado
    - Operación y manejo
    - Tratamiento/almacenamiento y descarga
  - d. Disposición final subterránea
    - Disposición en pozos profundos
    - Reinyección en acuíferos costeros para control de inclusión marina
  - e. Aplicación y disposición de aguas residuales sobre el terreno
  - f. Disposición final de sólidos y lodos
- B. OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE DISPOSICION FINAL
  - 1. Emisarios submarinos y subfluviales
    - a. Condiciones críticas en instalación y puesta en operación inicial
      - Difusores: tipo y regulación
      - Comprobación de juntas y anclajes
      - Personal calificado: buzos
      - Equipo sofisticado: plataformas
      - Cámara de carga
    - b. En condiciones de rutina
      - Revisiones periódicas
        - . Obstrucción de difusores
        - . Sedimentación sobre difusores (subfluvial)
      - Pruebas con trazadores
      - Programa de vigilancia: criterios de calidad del cuerpo receptor

2. Descargas superficiales

Las mismas consideraciones sobre operación y mantenimiento que para grandes colectores.

3. Rebose del alcantarillado combinado

a. Reguladores estáticos

- (1) Compuertas de operación manual
- (2) Orificios fitos (verticales)
- (3) Orificios horizontales
- (4) Vertederos laterales
- (5) Sifones autocebables

Problemas principales: Taponamientos y obstrucciones/sedimentación

b. Reguladores dinámicos semiautomáticos

- (1) Compuertas operadas con flotador
- (2) Compuertas de contrapeso giratorias
- (3) Compuertas cilíndricas

Problemas principales:

- Taponamientos y obstrucciones, sedimentación
- Atascamiento (falta de lubricación)
- Rotura de piezas
- Corrosión

c. Reguladores dinámicos semiautomáticos

- (1) Compuertas accionadas con motor
- (2) Compuertas cilíndricas con motor
- (3) Otros: Reguladores fluídicos, presas inflables/vértices

Problemas: Presas inflables más falta de energía, falta de presión de agua

4. Disposición subterránea

- Operación más problemática que bombeo solo: sistema discontinuo con pozo húmero
- Mantenimiento rejillas y forros

5. Disposición sobre el terreno

- Descripción de formas
- Problemas de operación
  - . Flujo continuo/riego discontinuo
  - . Se requiere de esquema con varias alternativas de descarga
  - . Operación y especialidad agricultura íntimamente relacionados

. Monitoreo y vigilancia requeridos

- o Aspectos biológicos: suelo y patógenos (virus, enterobacterias y parásitos)
- o Aspecto químico: suelos y aguas residuales

6. Disposición final de sólidos y lodos

- Transporte: problema principal

- . En líquido: práctica agrícola no continua/sistema con capacidad grande para uso rotativo
- . Lodos manejo más simple que relleno sanitario

C. OPERACION DE PLANTA EN RELACION CON CAPACIDAD ASIMILATIVA OPERACIONAL DEL CURSO RECEPTOR

1. Porcentaje de tiempo en que tratamiento es necesario

2. Operación de la planta en condiciones de emergencia versus capacidad asimilativa del cuerpo receptor

D. OPERACION DE SISTEMAS DE SUPLEMENTACION DE TRATAMIENTO

1. Incremento de caudal en tiempo de estiaje

2. Aeración en cuerpos receptores

- a. Aeración en ríos y lagos
- b. Aeración en represas de navegación
- c. Aeración en represas hidroeléctricas

- 17.5 -

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

DISPOSICION FINAL - II

Alternativas

Ing. Manuel Senra Alvares da Silva  
Consultor a Corto Plazo OPS/OMS-CEPIS

STOM 17

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

- 17.6 -

CONTEÚDO

|                                                                              | <u>Folho</u> |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1. CONSIDERAÇÕES . . . . .                                                   | 537          |
| 1.1 LANÇAMENTO DO EFLUENTE DE FOSSAS SÉPTICAS EM POÇO ABSORVENTE             | 539          |
| 1.2 LANÇAMENTO DE EFLUENTE DE FOSSA SÉPTICA EM VALA DE INFILTRAÇÃO . . . . . | 541          |
| 1.3 LANÇAMENTO DO EFLUENTE DE FOSSA SÉPTICA EM VALA DE FILTRAÇÃO             | 547          |
| 1.4 LANÇAMENTO DO EFLUENTE DE FOSSAS SÉPTICAS EM CORPOS D'ÁGUA .             | 549          |
| BIBLIOGRAFIA . . . . .                                                       | 556          |
| ANEXOS . . . . .                                                             | 557          |

## 1. CONSIDERAÇÕES

Sómente duas alternativas são disponíveis para o engenheiro sanitista quando enfrenta o problema da disposição final dos efluentes sanitários de uma comunidade:

- O lançamento sobre a terra;
- O lançamento sobre a água.

No primeiro caso, a disposição sobre o terreno inclui principalmente uma percolação sub-superficial, irrigações de culturas e formações de pastagens. Para se conseguir que o solo consiga um necessário grau de remoção de matéria orgânica e de organismos patogênicos é preciso manter condições aeróbias neste "filtro natural" prevenindo pois, o fenômeno da colmatação. Isto é conseguido através de descargas intermitentes e limitando as vazões de descargas a capacidade de absorção do solo.

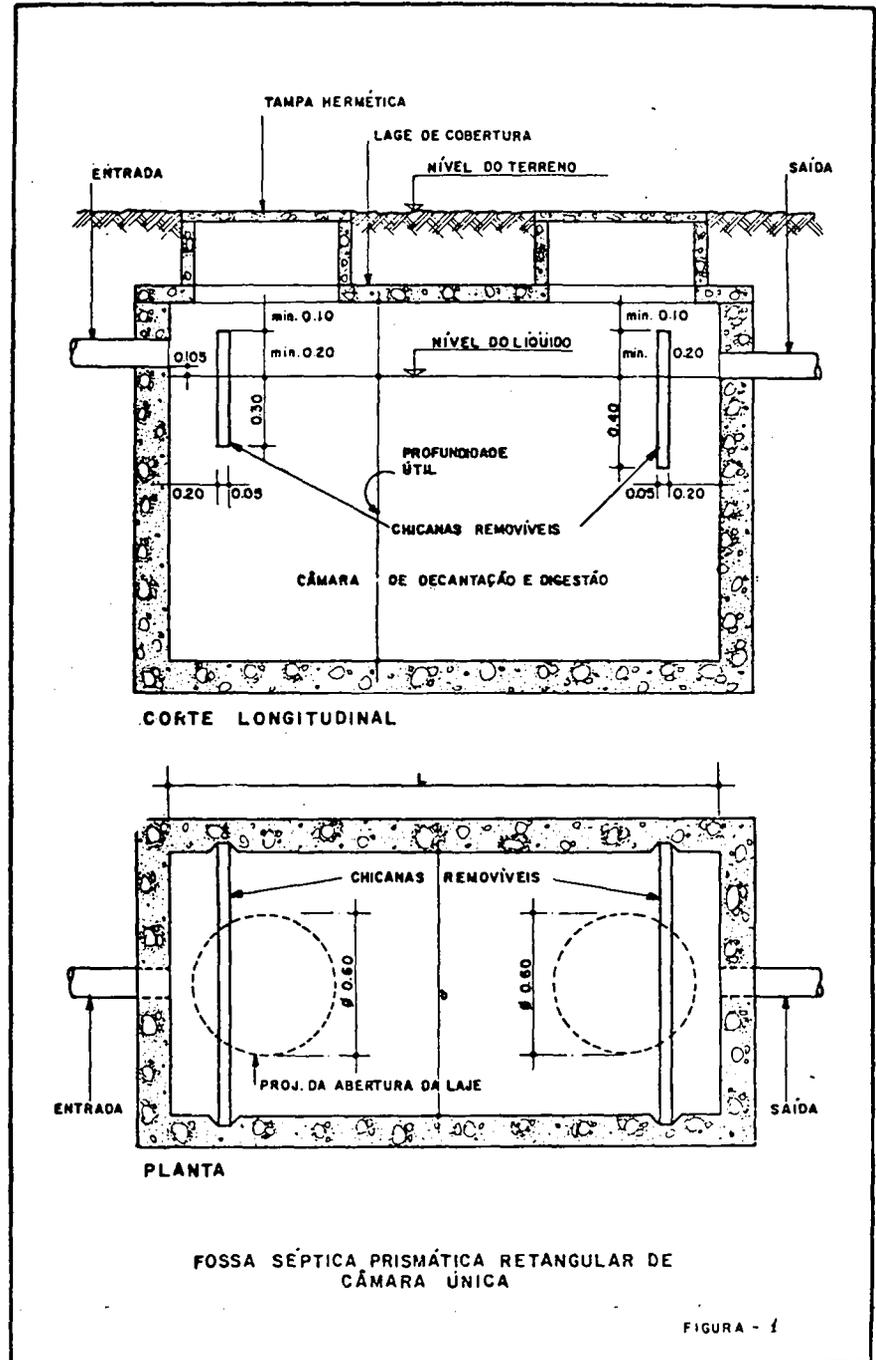
Analizemos o caso da disposição de efluentes provenientes das fossas sépticas que são unidades de tratamento empregados em áreas isoladas, rurais, áreas suburbanas, áreas litorâneas.

Nestas áreas, muitas vezes se tem o abastecimento de água mas existe uma carência total de sistemas de esgotos sanitários.

Constituem as fossas sépticas (fig. 1) um dos mais antigos dispositivos de tratamento primário dos esgotos domésticos. São câmaras projetadas para manter os esgotos a uma velocidade muito baixa e sob condições anaeróbias por um período de 12 a 24 horas. As fossas sépticas desempenham o papel de um decantador primário e de um digestor anaeróbio.

Tanto o material flutuante (óleos e gorduras) como os sólidos orgânicos sedimentados serão bioquimicamente transformados em substâncias mais simples e estáveis. O efluente da fossa possui ainda características sépticas e deverá de preferência ser disposto no terreno através de uma solução eficiente.

A adoção de processos de disposição do efluente líquido relacionado com o lançamento final no solo, deverá ser precedido de estudos orientados com a finalidade de se avaliar os efeitos prove



nientes de possível contato dos esgotos com a água do subsolo que, direta ou indiretamente possa ser utilizada para o consumo humano.

O lançamento do efluente de uma fossa séptica no solo (poço ou vala) acarretará um transporte vertical e horizontal das substâncias poluidoras cuja distância e direção variará principalmente com a porosidade do solo e localização do lençol freático.

Nos solos porosos, sem aquíferas os efeitos destes transportes - são praticamente nulos. No entanto, nos locais onde o lençol freático é elevado, é necessário considerar o transporte do material poluidor ao longo do mesmo.

Não se deve proceder irrigações de áreas agrícolas com o efluente das fossas sépticas e nem o transporte dos mesmos deverá ser feito a céu aberto.

Os seguintes processos da disposição dos efluentes de fossas sépticas tem sido adotados mais correntemente:

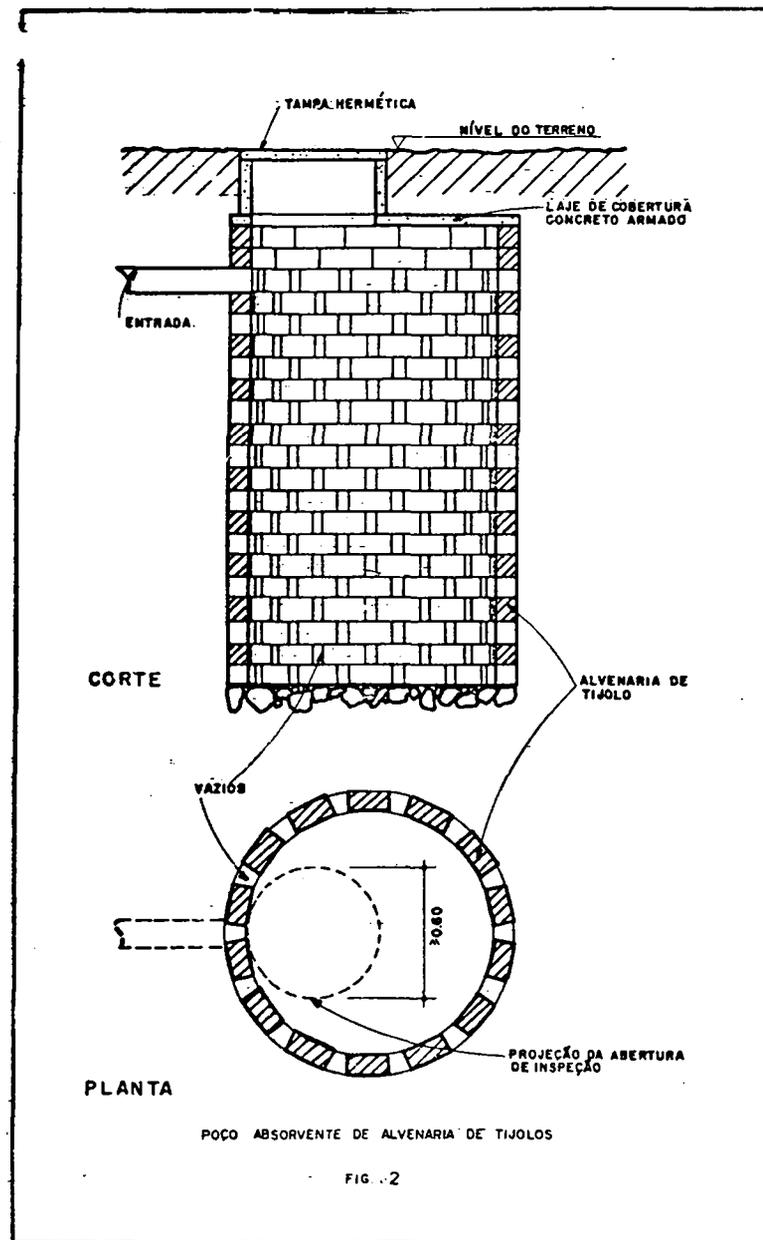
- poço absorvente
- vala de infiltração
- vala de filtração
- diluição (corpos d'água receptores)

A seleção do processo a ser adotado deve considerar os seguintes fatores:

- natureza e utilização do solo
- profundidade do lençol freático
- grau de permeabilidade do solo
- utilização e localização da área do subsolo
- volume e renovação das águas de superfície.

#### 1.1 - LANÇAMENTO DO EFLUENTE DE FOSSAS SÉPTICAS EM POÇO ABSORVENTE

Os poços absorventes são também conhecidos como sumidouros recebendo os efluentes diretamente das fossas sépticas, tendo portanto uma vida útil longa, devido a facilidade de infiltração do líquido no terreno, uma vez que os sólidos que causariam colmatção do terreno ficaram retidos



no interior da fossa.

Consistem os poços absorventes de escavações geralmente circulares, tendo as paredes protegidas por pedras, tijolos, madeiras, etc. É fundamental que o material utilizado nas paredes não seja rejuntado de modo a permitir a infiltração do líquido no terreno. A figura 2 mostra um poço absorvente feito com parede de alvenaria, enquanto a figura 3 mostra um poço absorvente com enchimento de pedra. Estes poços deverão ser cobertos com lajes de concreto.

Os poços absorventes são dimensionados a partir da capacidade de absorção do solo, recomendando-se no entanto - que tenham a capacidade mínima da fossa séptica contri - buinte.

1.2 - LANÇAMENTO DE EFLUENTE DE FOSSA SÉPTICA EM VALA DE INFILTRAÇÃO.-

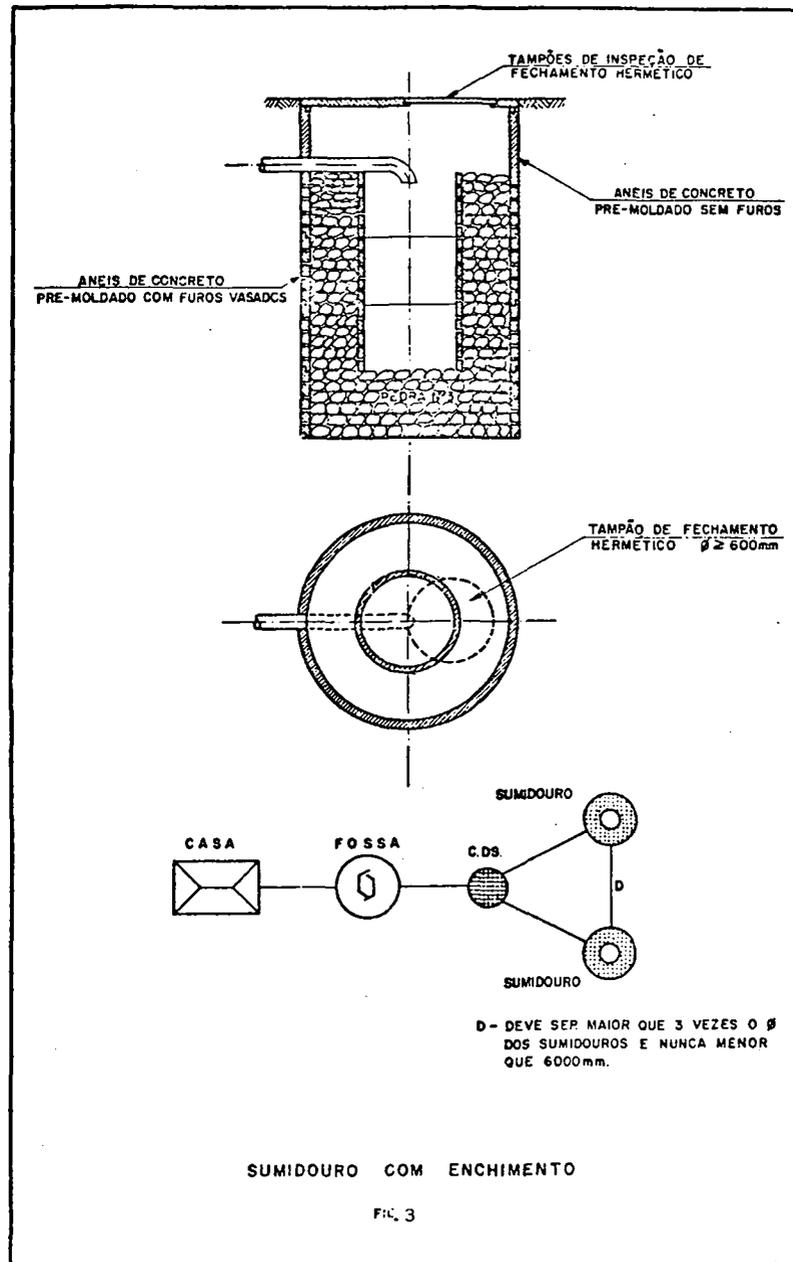
O sistema de valas de infiltração consiste em um conjunto de canalizações, assentado a uma profundidade racionalmente fixada, em um solo cujas características permitam a absorção do esgoto efluente da fossa séptica conectada ao sistema. A percolação do líquido através do solo permitirá a mineralização dos esgotos, antes que o mesmo se transforme em fonte de contaminação das águas subterrâneas e de superfície que se deseja proteger.

As tubulações são normalmente de manilhas de grês cerâmico, com juntas abertas, ou tubos porosos, assentadas em valas de acordo com a figura 4.

A região onde estão assentadas as canalizações de infiltração é também denominada por "campo de nitrificação".

O projeto de um sistema de valas de infiltração deverá considerar as seguintes recomendações:

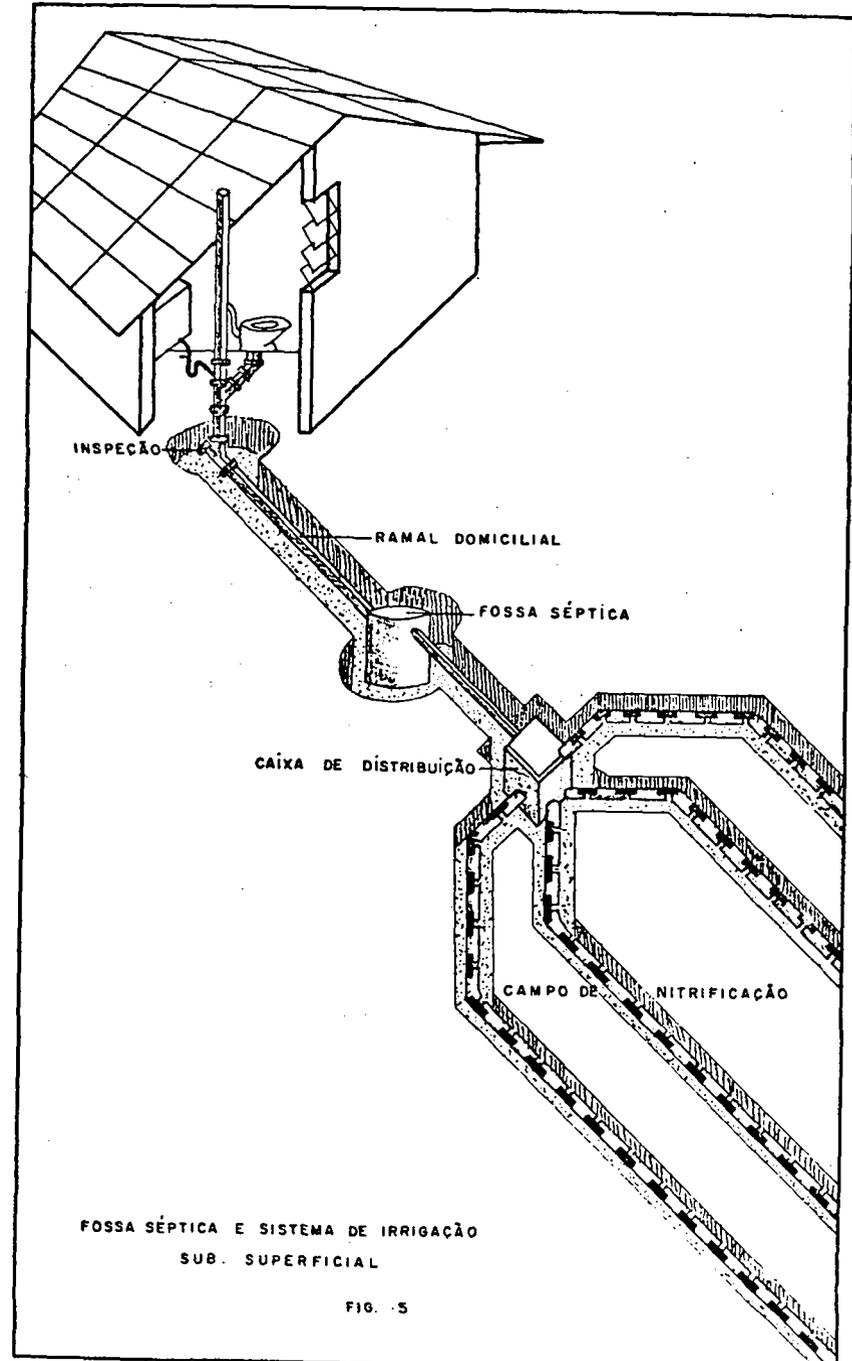
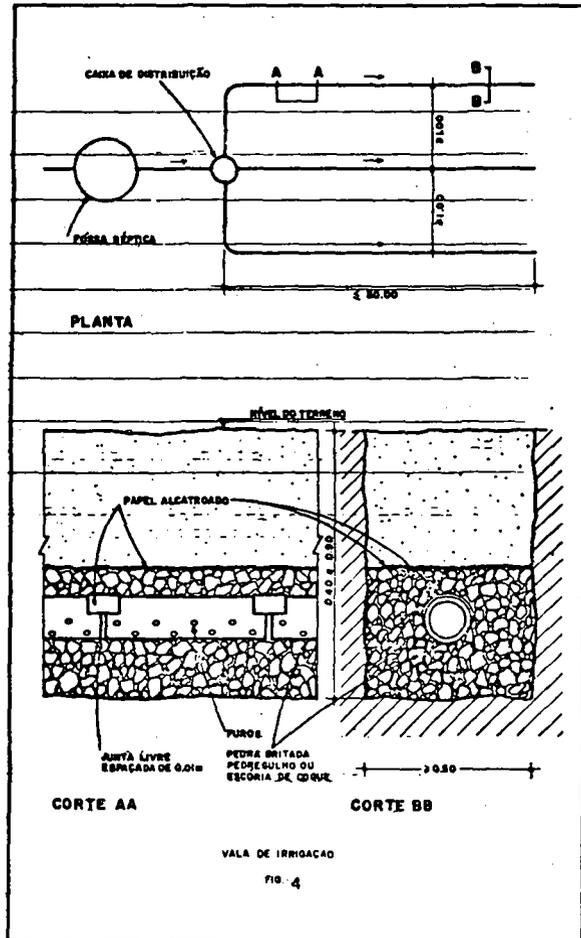
- a) deverá haver pelo menos duas valas de infiltração;
- b) o comprimento máximo de cada vala é de 30 m;



- c) o espaçamento mínimo entre duas valas de infiltração é de 1,00 m;
- d) a tubulação do efluente da fossa séptica até os tubos instalados nas valas terá juntas tomadas.
- e) para fossas domiciliares deve-se adotar de 7 a 10 m de canalização por pessoa, e para maiores vazões pode adotar-se de 1 a 4 m por pessoa;
- f) a canalização de infiltração deverá ser assentada em um leito de pedregulho limpo, pedra britada, com diâmetro, compreendido entre 1 e 6 cm. Este material se estenderá até 10 cm abaixo dos tubos e 5 cm acima. As juntas devem ser cobertas com papel alcatroado de modo a evitar o entupimento do sistema.
- g) os dados médios de projeto são:
- diâmetro da canalização ..... 10 cm
  - declividade máxima ..... 0,5 %
  - comprimento máximo de cada linha ..... 30 m
  - largura do fundo da vala ..... 45 a 75 cm
- h) a área de absorção necessária ( comprimento das valas e largura do fundo das valas) depende das características do solo, o que é obtido em função dos testes de infiltração. O quadro da página 8 recomenda alguns valores.

| TEMPO DE INFILTRAÇÃO<br>MINUTOS | ÁREA DE ABSORÇÃO NECESSÁRIA NO FUNDO DAS VALAS (m <sup>2</sup> ) |                       |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|                                 | HABITAÇÕES<br>POR DORMITÓRIO                                     | ESCOLAS<br>POR PESSOA |
| até 2                           | 4,50                                                             | 0,80                  |
| 3                               | 5,50                                                             | 1,00                  |
| 4                               | 6,50                                                             | 1,10                  |
| 5                               | 7,50                                                             | 1,20                  |
| 10                              | 9,00                                                             | 1,70                  |
| 15                              | 12,00                                                            | 2,00                  |
| 30                              | 16,50                                                            | 2,80                  |
| 60                              | 22,00                                                            | 3,50                  |

acima de 60 o sistema não é recomendado.



1.3 - LANÇAMENTO DO EFLUENTE DE FOSSA SÉPTICA EM VALA DE FILTRAÇÃO.

Os sistemas de valas de filtração são constituídas de duas canalizações de esgotos superpostas, com a camada entre as mesmas ocupada com areia (fig.6).

O sistema é empregado quando o "tempo de infiltração" do solo não permite adotar outro sistema mais econômico (valas de infiltração) e/ou quando a poluição do lençol freático deve ser evitada.

As partes componentes do sistema tem as seguintes funções:

- a) canalização superior - funciona como sistema de irrigação subsuperficial (valas de infiltração);
- b) camada de areia - tem a finalidade de filtrar o líquido do infiltrado;
- c) canalização inferior - funciona como sistema de drenagem.

O efluente final poderá ser encaminhado para os corpos d'água ou, em casos especiais para um sistema de sumidouros, devido ao alto grau de tratamento apresentado.

Em geral deve-se adotar as mesmas recomendações sugeridas para as valas de infiltração, a não ser aquelas específicas ao caso, tais como:

- a areia da camada filtrante deverá ser grossa e limpa (tamanho efetivo entre 0,25 a 0,50 mm e coeficiente de uniformidade maior que 4);
- as camadas de pedra deverão ser constituídas de pedregulhos ou cascalho (com diâmetros médios de 0,4 a 0,6 mm, no mínimo 0,25 mm);
- a largura do fundo das valas deverá estar compreendida entre 0,75 a 1,50;
- a prática adota a camada de areia numa profundidade maior que 60 cm;
- a declividade da canalização superior deverá ser em torno de 0,5% quando não existe tanque de dosagem, e

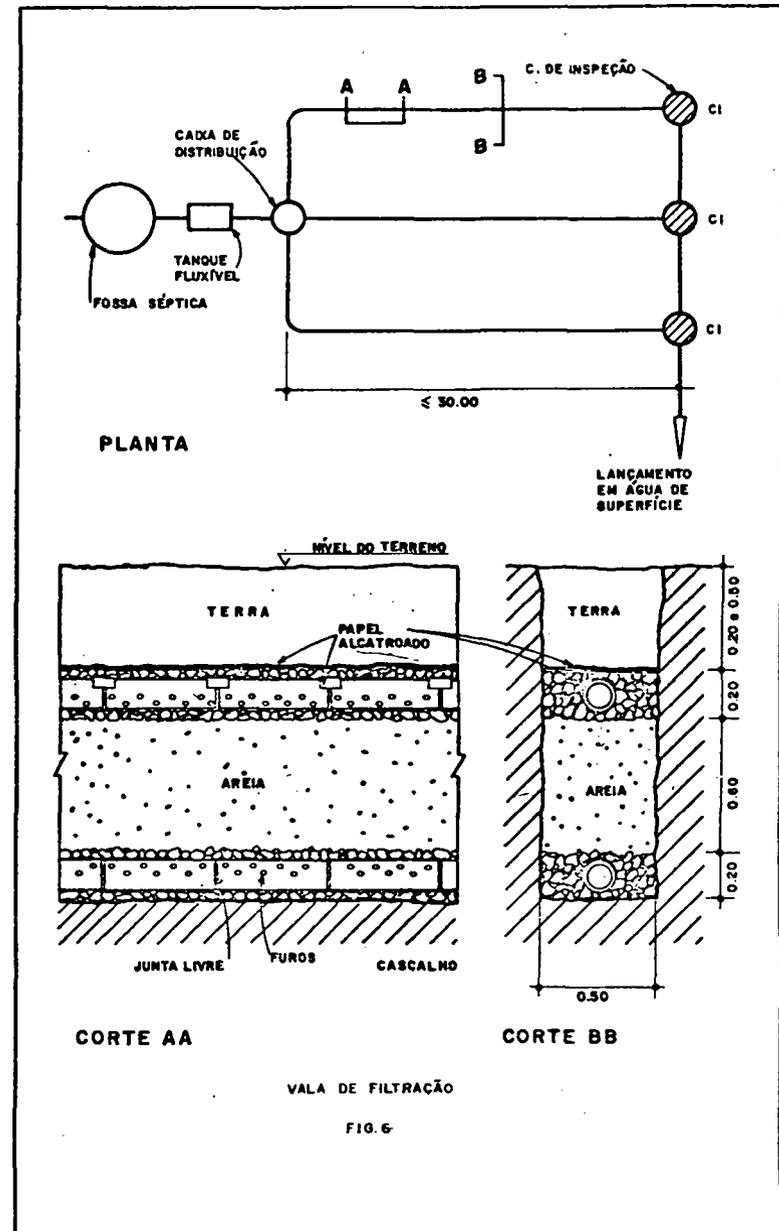


FIG. 6

para canalização inferior adotam-se declividades compreendidas em 0,5 a 1,0%.

1.4 - LANÇAMENTO DO EFLUENTE DE FOSSAS SÉPTICAS EM CORPOS D'ÁGUA

As fossas sépticas como tivemos a oportunidade de ver, são instalações bastante simples e que se localizam na maioria das vezes em locais isolados, em áreas suburbanas, periféricas e rurais. Logicamente o emprego dessas fossas não comporta a realização de estudos mais detalhados dos corpos receptores como balanço de oxigênio, tempo crítico, constantes K1 e K2, influência da temperatura, etc.

Tem-se estabelecido como prática que a vazão mínima do corpo receptor que recebe o efluente de fossa séptica - possua no mínimo uma vazão 50 vezes mais que a vazão da quele efluente.

Deve ser observado principalmente que o transporte desse efluente não seja efetuado a céu aberto e que sejam introduzidos diretamente abaixo da superfície líquida do corpo receptor para favorecer a adequada e rápida mistura para fins de diluição.

QUADRO I

| PRÉDIOS                                       | UNIDADE         | Contribuição em litros p/dia |             |
|-----------------------------------------------|-----------------|------------------------------|-------------|
|                                               |                 | Esgoto                       | Lodo Fresco |
| <b>OCUPANTES PERMANENTES</b>                  |                 |                              |             |
| Hospitais                                     | litros/leito    | 250                          | 1,00        |
| Apartamentos                                  | litros/pessoa   | 200                          | 1,00        |
| Residências                                   | litros/pessoa   | 150                          | 1,00        |
| Escolas-Internatos                            | litros/pessoa   | 150                          | 1,00        |
| Quartéis                                      | litros/pessoa   | 150                          | 1,00        |
| Casas populares rurais                        | litros/pessoa   | 120                          | 1,00        |
| Hotéis (sem incluir cozinha e lavanderia)     | litros/pessoa   | 120                          | 1,00        |
| Alojamentos provisórios                       | litros/pessoa   | 80                           | 1,00        |
| <b>OCUPANTES TEMPORÁRIOS</b>                  |                 |                              |             |
| Fábricas em geral (só os despejos domésticos) | litros/operário | 70                           | 0,30        |
| Escolas-externatos                            | litros/pessoa   | 50                           | 0,20        |
| Edifícios públicos ou comerciais              | litros/pessoa   | 50                           | 0,20        |
| Escritórios                                   | litros/pessoa   | 50                           | 0,20        |
| Restaurantes e similares                      | litros/refeição | 25                           | 0,10        |
| Cinemas, teatros e templos                    | litros/lugar    | 2                            | 0,02        |

QUADRO II

| Contribuição em litros / dia | Período de detenção em dias |
|------------------------------|-----------------------------|
| até 6.000 .....              | 1,00                        |
| de 6.000 até 7.000 .....     | 0,88                        |
| de 7.000 até 8.000 .....     | 0,80                        |
| de 8.000 até 9.000 .....     | 0,75                        |
| de 9.000 até 10.000 .....    | 0,70                        |
| de 10.000 até 11.000 .....   | 0,66                        |
| de 11.000 até 12.000 .....   | 0,62                        |
| de 12.000 até 13.000 .....   | 0,58                        |
| de 13.000 até 14.000 .....   | 0,54                        |
| acima de 14.000 .....        | 0,50                        |



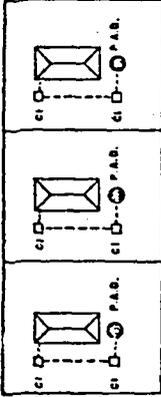
DESCRIÇÃO DE SISTEMAS INDIVIDUAIS OU COLETIVOS

GRUPO II

10) P.A.O. Para um prédio

P.A.O. = Poço Absorvente Direto  
(e Poço Negro ou Sumidouro)

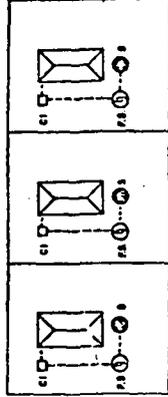
CI = Caixa de Injeção



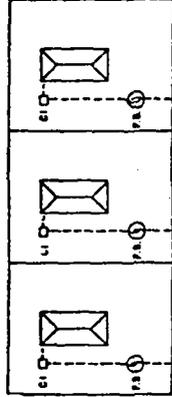
20) PS para um prédio com disposição de efluentes de PS em sumidouro (ou valas de infiltração) no próprio terreno.

PS = Fossa Sêptica

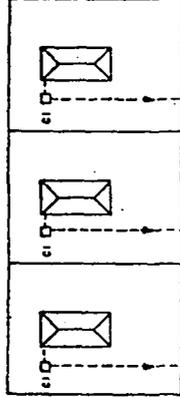
CI = Sumidouro (ou Valas de Infiltração...)



30) PS para um prédio e disposição coletiva dos efluentes em Fossa (por meio de um ramo de canalização) em sumidouro ou valas de infiltração (ou valas de filtração para o caso de lançamento final no corpo de água).

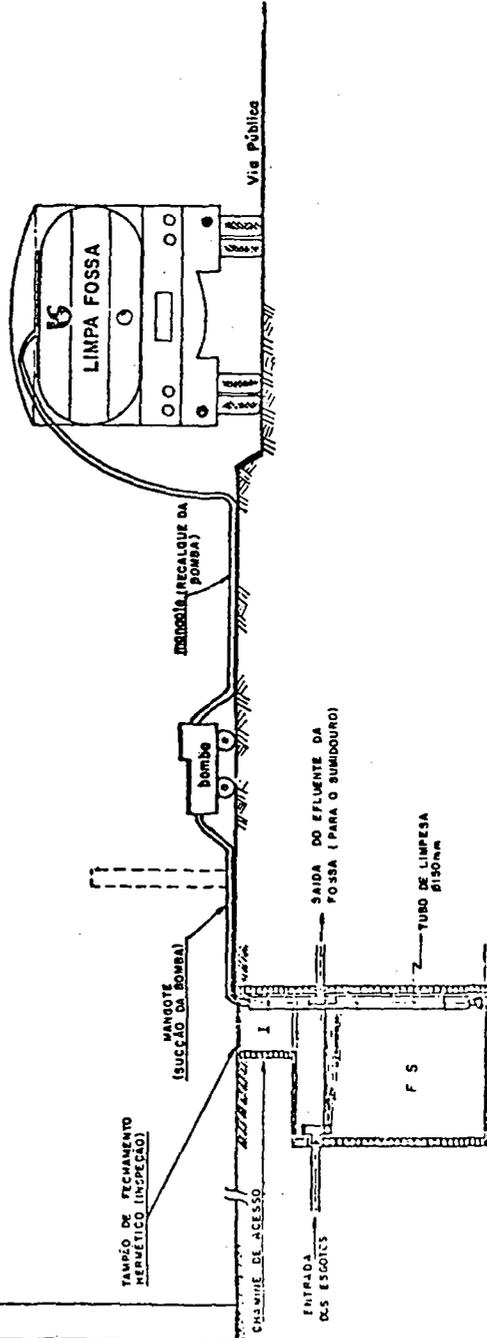


40) PS (ou "estação" de PS) servindo a várias prédios e disposição dos efluentes de PS por meio de um ramo de canalização em sumidouro ou valas de infiltração, valas de filtração para lançamento final no corpo de água.



Obs.: Por entrada em osios 3" e 4", pedimos ter as aberturas coletivas por sistema (aplicáveis em projetos conjuntos).

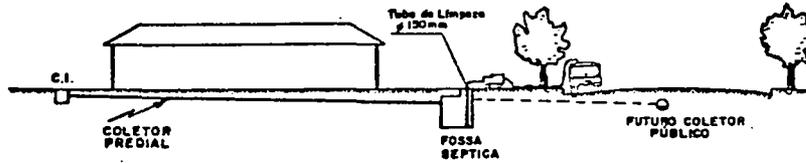
FIG-2



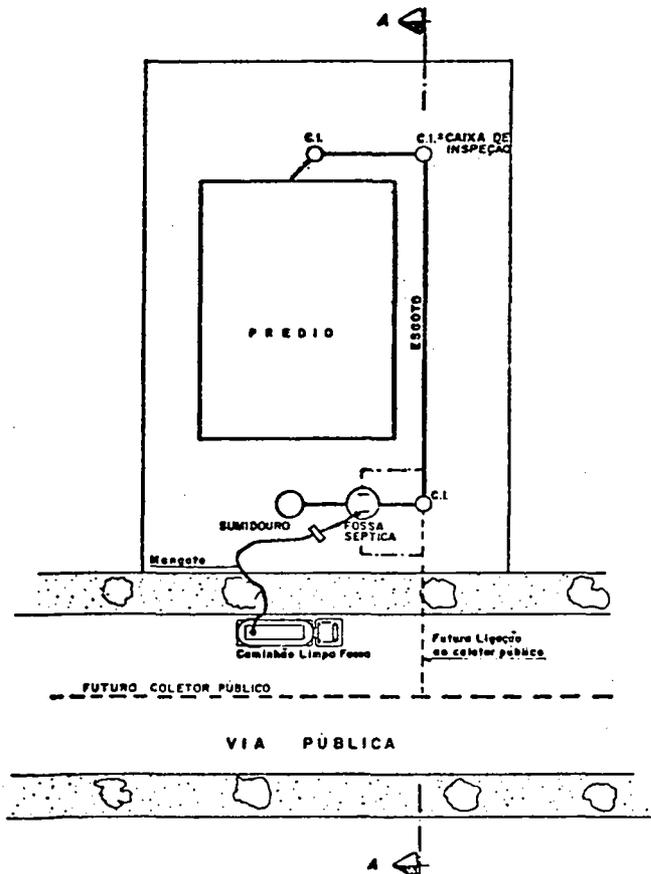
I : INSPEÇÃO

F S: FOSSA SÉPTICA

LIMPEZA DE FOSSA SÉPTICA NO LOTE (esquema)



CORTE A:A (VIDE DETALHE NA FIGURA 2)



ESQUEMA PARA LOCALIZAÇÃO DE FOSSA SEPTICA NO LOTE

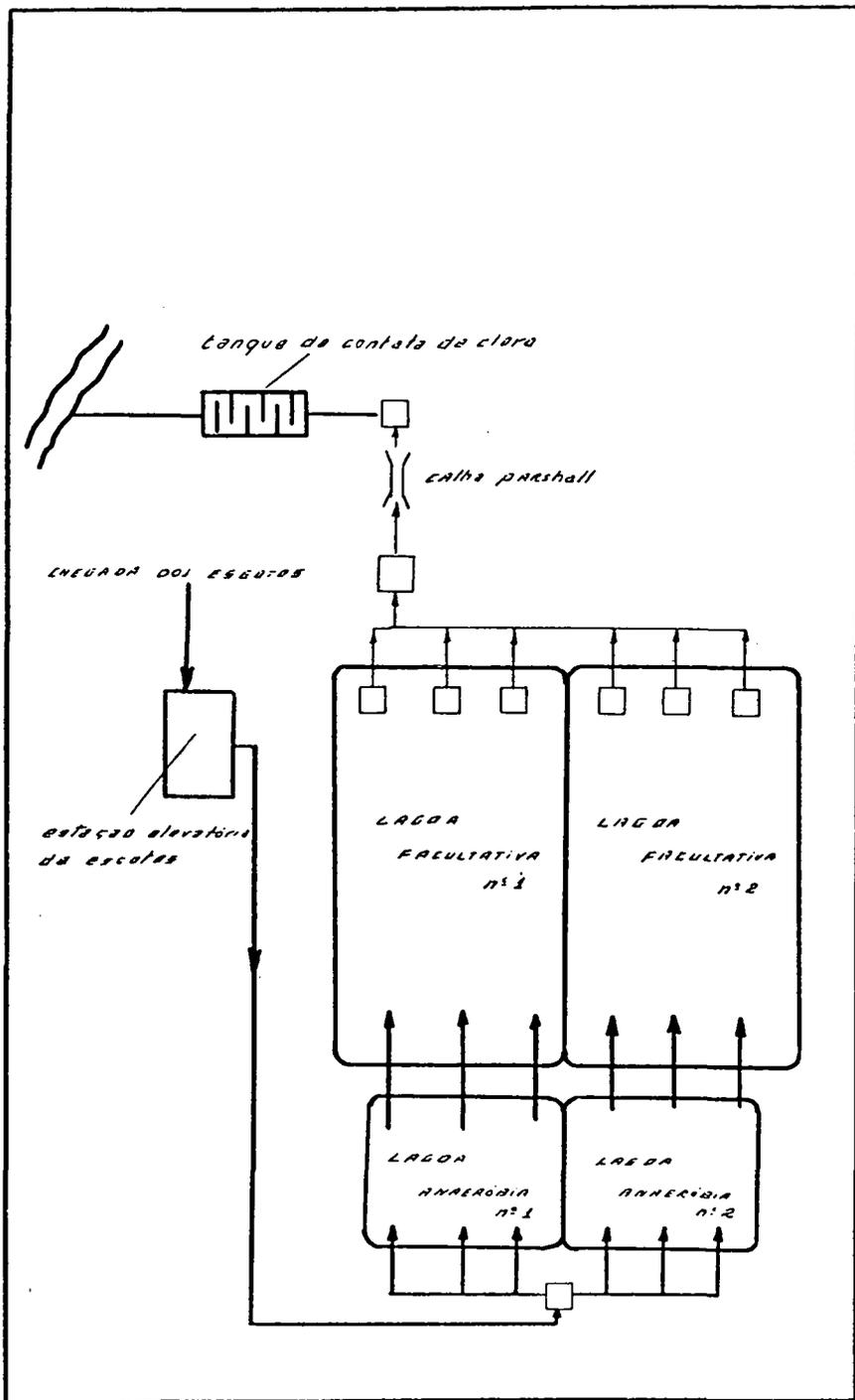
BIBLIOGRAFIA

1. Wagner, E.G. e Lanoix, J.N. - Excreta Disposal for Rural Areas and Small Communities (W.H.O. - Geneva, 1958).
2. Imhoff, K. - Manual de Tratamento de Águas Residuárias (21ª Edição, 1966).
3. Fair, G.M. e Geyer, J.C. - Water Supply and Waste - Water Disposal (John Wiley & Sons, 1954).
4. Jordão E.P. e Pessoa, C.A. - Tratamento Doméstico (CETESB 1971)
5. U.S. Department of Health, Education, and Welfare - Manual of Septic - Tank Practice (1963).

A Cidade de Mairiporã é uma das 36 cidades que fazem parte da Região Metropolitana da Grande São Paulo. Localizada às margens do Reservatório Paiva Castro que faz parte do Sistema de Abastecimento de Água da Grande São Paulo como alimentados da Estação de Tratamento de Água do Guaraú, teve uma atenção prioritária na implantação do tratamento de seus esgotos, com a finalidade de proteger aquele reservatório. Após um tratamento convencional por Lagoas de Estabilização pelo Sistema Australiano, o efluente sofre uma cloração durante vinte e quatro horas antes de seu lançamento em um pequeno córrego que contribui para o reservatório Paiva Castro. As principais características do sistema são:

- Dimensão de cada célula anaeróbia: 36,0 m x 71,0 m x 3,0 m  
área = 2.556 m<sup>2</sup>  
volume = 7.668 m<sup>3</sup>
- Dimensão de cada célula facultativa: 94 m x 124 m x 1,0  
área = 11.656 m<sup>2</sup>  
volume = 11.656 m<sup>3</sup>
- Taxa de aplicação superficial de projeto na célula anaeróbia.....: 920 kg DBO/ha x dia
- Taxa de aplicação superficial de projeto na célula facultativa....: 80 kg DBO/ha x dia
- População de projeto .....: 8.000 habitantes
- Vazão de projeto .....: 30 l/s
- Contribuição por habitante ....: 324 l/hab x dia
- Área total das lagoas anaeróbias: = 5.112 m<sup>2</sup>
- Volume total das lagoas anaeróbias: = 15.336 m<sup>3</sup>
- Área total das lagoas facultativas: = 23.312 m<sup>2</sup>
- Volume total das lagoas facultativas: = 23.312 m<sup>3</sup>

A N E X O S



DESCRIÇÃO RESUMIDA DO SISTEMA

CHEGAL. DOS ESGOTOS

O esgoto afluyente ao sistema de tratamento de Mairiporã sofre um gradeamento, com limpeza manual, antes do poço de sucção das bombas. As quantidades de material gradeado, removidas nos últimos trimestre foram:

|              |      |       |                          |
|--------------|------|-------|--------------------------|
| 1º trimestre | 1976 | ..... | 331 kg/trimestre         |
| 2º           | "    | ..... | 514 kg/trimestre         |
| 3º           | "    | ..... | 8.844 kg/trimestre       |
| 4º           | "    | ..... | 775 kg/trimestre         |
| 1º           | "    | 1977  | ..... 1.184 kg/trimestre |

Para as vazões afluentes tais números correspondem a 0,007 kg/m<sup>3</sup> de esgotos.

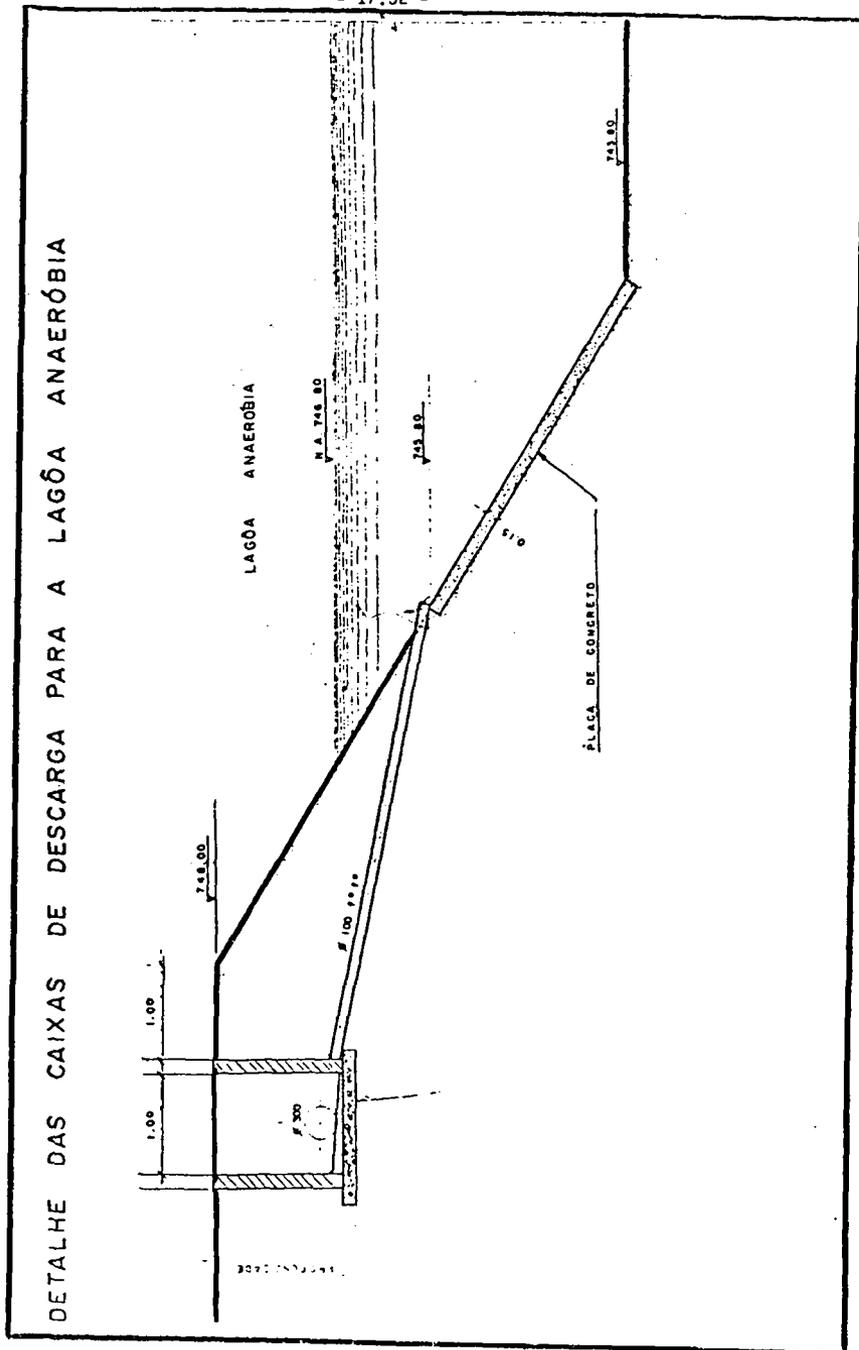
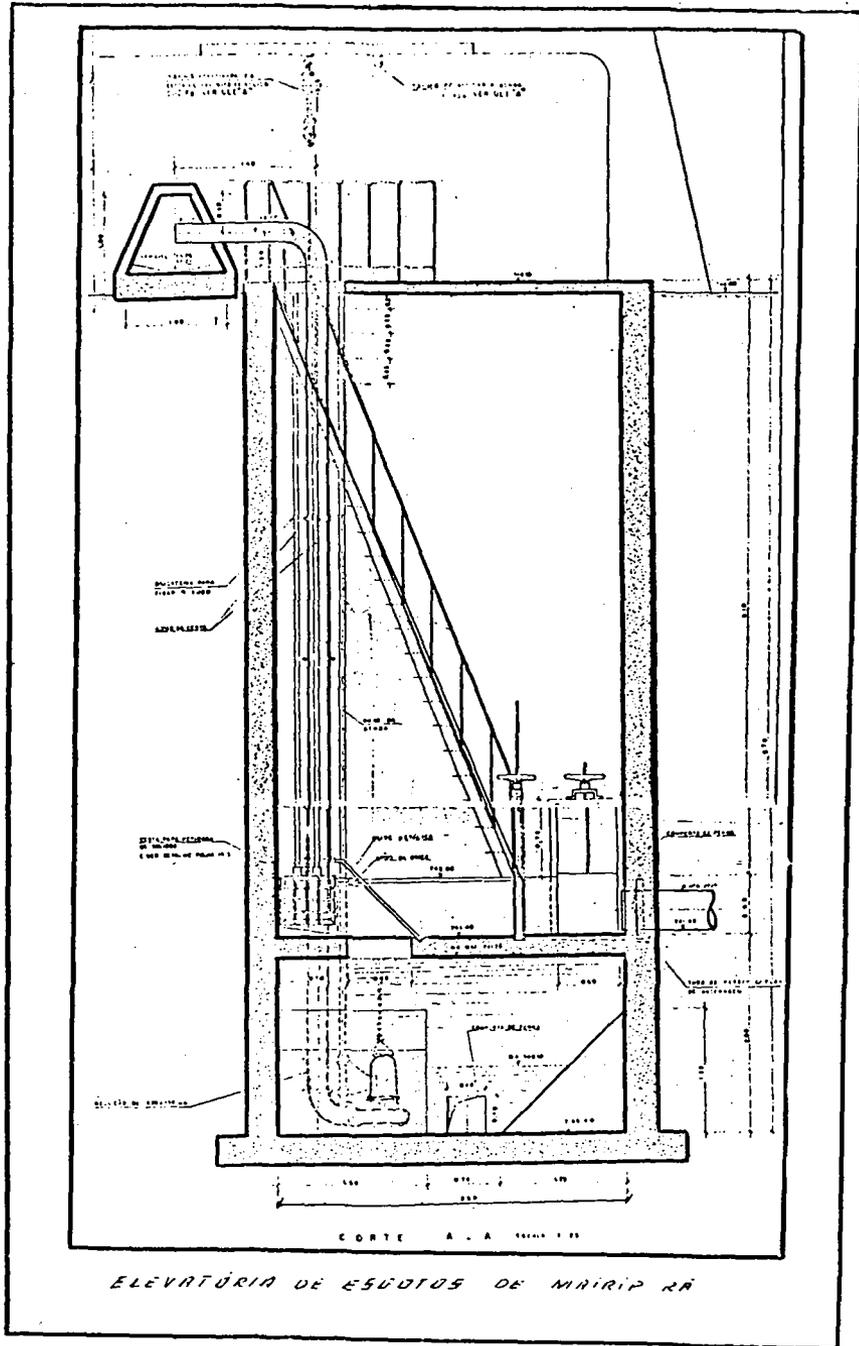
ELEVATÓRIA DE ESGOTOS

Após o gradeamento, os esgotos vão até o poço de sucção, onde se encontram - instaladas duas bombas submersíveis, tipo FLYGT, modelo CP 3151. Cada bomba tem a capacidade de recalque de 40 l/s, para uma altura manométrica de 9,0 m.

ENTRADA DOS ESGOTOS NA CÉLULA ANAERÓBIA

Após o recalque, o esgoto vai ter a uma caixa de distribuição, situada entre as duas células anaeróbias, que, através de vertedores, permite enviar o esgoto para uma única célula ou distribuí-lo igualmente para as duas células anaeróbias.

Cada uma das células anaeróbias possui três tubulações de entrada de esgoto, conforme dispositivo na figura da página 65.



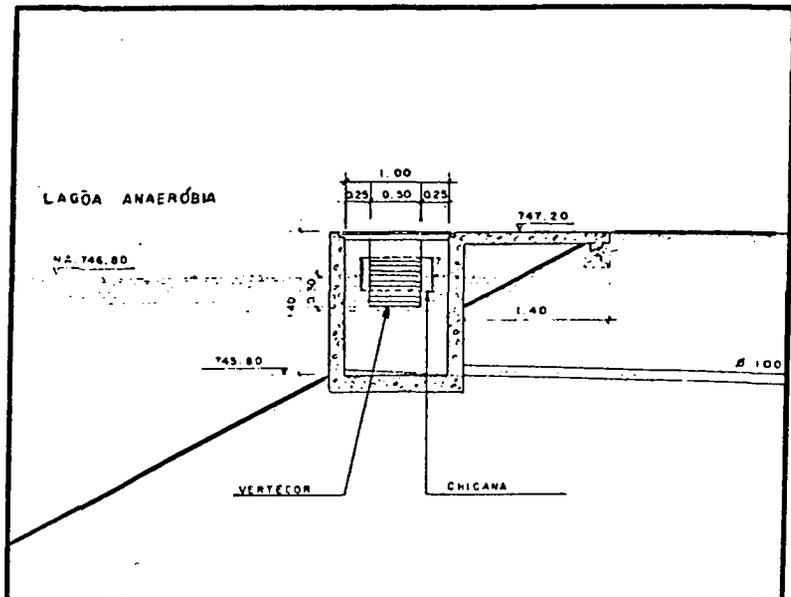
PASSAGEM DA CÉLULA ANAERÓBIA PARA A FACULTATIVA

O nível líquido na célula anaeróbia pode ser variado com a simples colocação ou retirada de pequenas peças de madeira nos dispositivos existentes - nas três caixas de passagem.

Para se evitar que material flutuante vá ter a lagoa facultativa, duas cortinas laterais estão colocadas em torno das caixas que coletam o efluente anaeróbio.

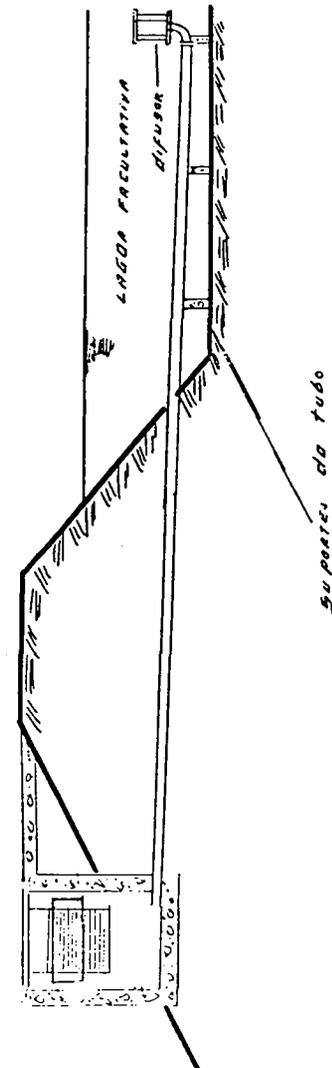
Para que se tenha uma vazão constante na célula facultativa, a célula anaeróbia está funcionando como um reservatório de acumulação.

Três registros colocados posteriormente em cada uma das linhas de entrada do efluente anaeróbio na lagoa facultativa, permitiram uma distribuição de vazão mais uniforme nas 24 horas.



ENTRADA DO EFLUENTE ANAERÓBIO NA CÉLULA FACULTATIVA

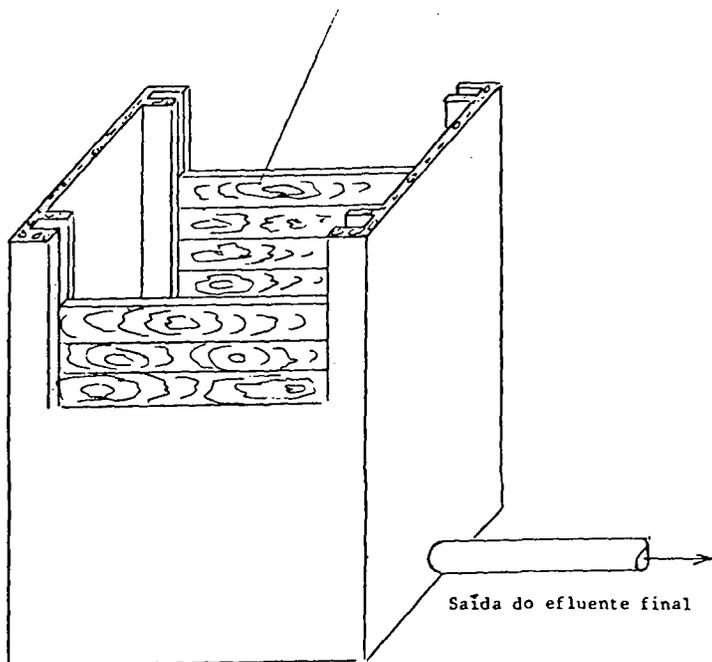
O efluente anaeróbio penetra na célula facultativa através de 3 tubulações apoiadas sobre pilares de concreto e que avançam 30 metros rente ao fundo da célula facultativa. Na extremidade dessas tubulações está colocado um difusor objetivando distribuir os esgotos na lagoa.



SAÍDA DO EFLUENTE DA CÉLULA FACULTATIVA PARA O POÇO DE CLORAÇÃO

O mesmo sistema de coleta do efluente anaeróbico se acha colocado na saída das lagoas facultativas. A variação do nível líquido se processa na faixa de .... 0,80 m a 1,20 m. Cada célula possui 3 caixas de coleta de efluente.

Dispositivos para variar o nível da lagoa facultativa



MEDIÇÃO DE VAZÃO E CLORAÇÃO

O efluente facultativo proveniente das 6 caixas de coleta (03 para cada célula facultativa) se reúne em um canal e é conduzido até um medidor de vazão Parshall com 9 polegadas de largura na garganta. O Parshall é provido de medidor de vazão transmissor, tipo flutuador, com braço rotativo. As variações de vazão são registradas gráficamente, possuindo o conjunto ainda um totalizador de vazão. Após passar pelo medidor, o esgoto vai a uma caixa de contato, onde recebe a aplicação de cloro. O efluente clorado se dirige a um pequeno córrego que a cerca de 500 m da E.T.E. desemboca no canal do Rio Juqueri.

LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DE MAIRIPORÃ

RESULTADOS OPERACIONAIS

PERÍODO: JANEIRO DE 1976 a MARÇO DE 1977

| ANÁLISES        | 1º TRIMESTRE/1976 |       |       | 2º TRIMESTRE/1976 |       |       | 3º TRIMESTRE/1976 |       |       |
|-----------------|-------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|
|                 | A A               | E A   | E F   | A A               | E A   | E F   | A A               | E A   | E F   |
| Temp.esg. °C    | 24,50             | 25,00 | 27,00 | 21,50             | 20,50 | 20,00 | 19,50             | 19,50 | 19,00 |
| P H             | 6,5               | 6,8   | 8,4   | 6,7               | 6,7   | 7,5   | 6,8               | 6,8   | 8,0   |
| Sól.tot. mg/l   | 695               | 304   | 331   | 700               | 331   | 344   | 531               | 290   | 276   |
| Sól.vol. mg/l   | 397               | 165   | 209   | 411               | 190   | 210   | 326               | 166   | 163   |
| Sól.susp. mg/l  | 333               | 44    | 115   | 339               | 39    | 114   | 218               | 35    | 66    |
| Sól.dec. ml/l   | 5,0               | 0,1   | 0,1   | 4,7               | 0,1   | 0,1   | 0,1               | 0,1   | 0,1   |
| D B O mg/l      | 320               | 50    | 45    | 360               | 115   | 65    | 300               | 145   | 45    |
| D Q O mg/l      | 525               | -     | 142   | 520               | -     | 177   | 460               | -     | 143   |
| Oxig.diss. mg/l | -                 | -     | 16,8  | -                 | -     | 9,2   | -                 | -     | 14,3  |

| ANÁLISES           | 4º TRIMESTRE/1976 |       |       | 1º TRIMESTRE/1977 |       |       |
|--------------------|-------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|
|                    | A A               | E A   | E F   | A A               | E A   | E F   |
| Temp. esgoto °C    | 23,00             | 24,00 | 26,00 | 25,70             | 26,20 | 27,50 |
| P H                | 6,5               | 6,8   | 8,3   | 6,6               | 6,8   | 7,9   |
| Sól.totais mg/l    | 517               | 287   | 287   | 625               | 317   | 270   |
| Sól.volát. mg/l    | 337               | 169   | 174   | 353               | 207   | 183   |
| Sól.fixos mg/l     | 230               | 118   | 113   | 272               | 110   | 87    |
| Sól.em susp. mg/l  | 253               | 40    | 74    | 301               | 68    | 82    |
| Sól. decant. mg/l  | 4,3               | 0,1   | 0,1   | 5,3               | 0,4   | 0,1   |
| D B O mg/l         | 285               | 60    | 40    | 260               | 55    | 40    |
| D Q O mg/l         | 441               | -     | 150   | 434               | -     | 139   |
| Oxig.dissolv. mg/l | -                 | -     | 12,1  | -                 | -     | 22,0  |

ÍNDICE

- A A - Afluente Anaeróbio
- E A - Efluente Anaeróbio
- E F - Efluente Facultativo
- O D - Determinado às 14:00 horas.

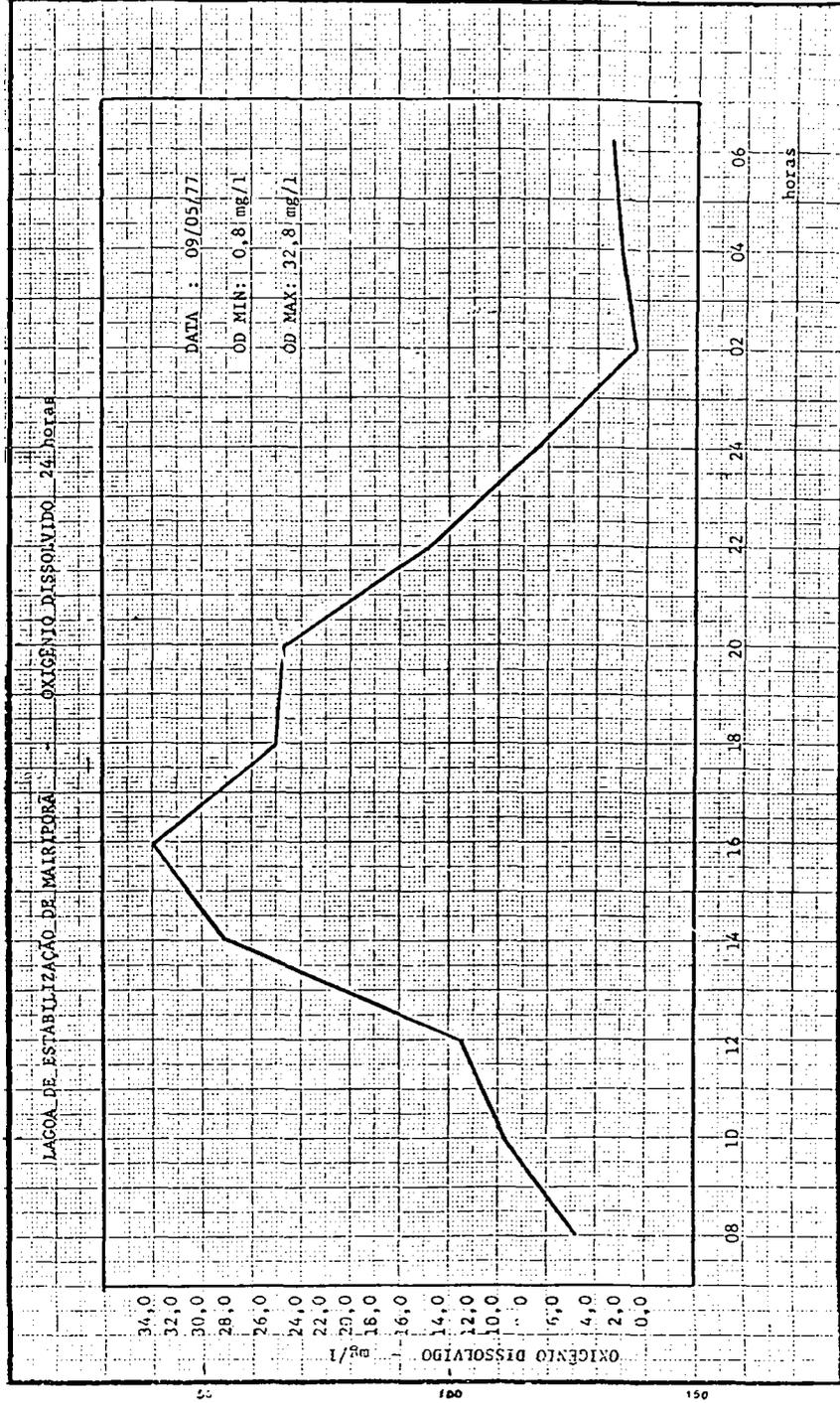
LAGOA ANAERÓBIA DE MAIRIPORÁ - SÃO PAULO

|                   | VAZÃO MÉDIA A FLUENTE l/s | T. DE DETENÇÃO dias | CARGA ORGÂNICA DBO ha x dia | DBO AFLUENTE (mg/l) | DBO EFLUENTE TE (mg/l) | REDUÇÃO DE DBO % |
|-------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|------------------|
| 1º trimestre 1976 | 8,5                       | 10,4                | 919                         | 320                 | 50                     | 84,37            |
| 2º trimestre 1976 | 13,0                      | 6,8                 | 1580                        | 360                 | 115                    | 68,05            |
| 3º trimestre 1976 | 13,0                      | 6,8                 | 1318                        | 300                 | 145                    | 52,66            |
| 4º trimestre 1976 | 13,0                      | 7,4                 | 1013                        | 250                 | 60                     | 76,00            |
| 1º trimestre 1977 | 18,0                      | 4,9                 | 1557                        | 260                 | 55                     | 78,84            |

LAGOA FACULTATIVA DE MAIRIPORÁ

|                   | VAZÃO MÉDIA A FLUENTE l/s | T. DE DETENÇÃO dias | CARGA ORGÂNICA DBO/ha x dia | DBO AFLUENTE (mg/l) | DBO EFLUENTE TE (mg/l) | REDUÇÃO DE DBO % |
|-------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|------------------|
| 1º trimestre 1976 | 8,5                       | 15,8                | 31,50                       | 50                  | 45                     | 10,00            |
| 2º trimestre 1976 | 13,0                      | 10,3                | 110,80                      | 115                 | 65                     | 43,47            |
| 3º trimestre 1976 | 13,0                      | 10,3                | 138,12                      | 145                 | 45                     | 68,96            |
| 4º trimestre 1976 | 12,0                      | 11,2                | 53,36                       | 60                  | 40                     | 33,34            |
| 1º trimestre 1977 | 18,0                      | 7,5                 | 73,37                       | 55                  | 40                     | 27,27            |

0 50 100 150 200 250



| DETERMINAÇÕES              |  | LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO DE MARIPORÁ - DATA: 09/março/1977 |       |       |            |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|--|----------------------------------------------------------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            |  | 08                                                       | 10    | 12    | 14         | 16    | 18    | 20    | 22    | 24    | 02    | 04    | 06    |
| Temperatura do ar °C       |  | 18,00                                                    | 28,00 | 26,00 | 26,00      | 23,00 | 24,00 | 24,00 | 21,00 | 18,00 | 18,00 | 17,00 | 18,00 |
| Temperatura da água °C     |  | 21,00                                                    | 23,00 | 24,00 | 27,00      | 26,00 | 24,00 | 23,00 | 22,00 | 21,00 | 21,00 | 21,00 | 20,00 |
| Oxigênio dissolvido mg/l   |  | 4,8                                                      | 9,6   | 12,4  | 22,0       | 32,8  | 25,0  | 24,4  | 14,4  | 7,4   | 0,2   | 1,8   | 2,0   |
| Oxigênio de fotos. mg/l.h  |  | 3,4                                                      | 7,6   | 3,0   | 0,6        | 4,8   | 0,2   | 0,4   | 0,0   | 0,2   | 0,0   | 0,0   | 0,2   |
| Oxigênio da respir. mg/l.h |  | 2,4                                                      | 4,8   | 1,8   | 1,4        | 2,4   | 0,6   | 2,4   | 0,6   | 1,6   | 0,8   | 0,6   | 0,4   |
| Superavit                  |  | 1,0                                                      | 2,8   | 1,2   | 2,2        | 2,4   |       |       |       |       |       |       |       |
| Condições do tempo         |  | Sol                                                      | Sol   | Sol   | spl. fraco | nuvem | nuvem | noite | noite | noite | noite | noite | nuvem |

OBSERVAÇÕES E CONCLUSÕES

- Trabalhando-se com uma única célula anaeróbia para vazão de 8,5 l/s e que corresponde a 10,4 dias de tempo de detenção, a lagoa anaeróbia passou a funcionar como lagoa facultativa, ficando verde principalmente junto aos taludes e acusando presença de oxigênio dissolvido;
- Embora a lagoa anaeróbia tenha sido dimensionada para uma carga orgânica de 920 kg DBO/ha x dia, 6 dias de tempo de detenção para a vazão de 15 l/s, foi verificado pelos resultados do 1º trimestre de 1977 que, para uma carga de 1557 kg DBO/ha x dia e tempo de detenção de 5 dias houve uma eficiência em termos de remoção de DBO de 78,84%;
- Dos resultados obtidos verificamos as seguintes eficiências globais do sistema em termos de remoção de DBO;
 

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| - 1º trimestre 1976 ..... | 85,93 |
| - 2º trimestre 1976 ..... | 81,94 |
| - 3º trimestre 1976 ..... | 85,00 |
| - 4º trimestre 1976 ..... | 84,00 |
| - 1º trimestre 1977 ..... | 84,61 |
- Os valores encontrados de oxigênio dissolvido dificilmente chegam a zero. Tal fato é constatado pela existência de peixes na lagoa facultativa e confirmado pelas análises de oxigênio dissolvido de 24 horas;
- Uma vez que a vazão afluente da lagoa anaeróbia é intermitente, foi verificado no início de operação do sistema que a lagoa facultativa não estava operando a contento em toda a sua extensão. Na área próxima a lagoa anaeróbia o líquido ao invés de verde apresentava-se cinzento. Foram colocados então registros na saída do efluente anaeróbio para evitar os choques de vazão na lagoa facultativa nos momentos de bombeamento. Com isso, a lagoa anaeróbia funciona como um reservatório de acumulação e a vazão da lagoa facultativa tornou-se contínua;
- O projeto original previu grama no interior dos taludes das lagoas. Tal fato, além de acarretar manutenção constante (01 funcionário exclusivamente para cuidar de corte de grama) provoca o aparecimento de insetos. Por esses motivos a área de contato da superfície líquida com o talude teve sua grama removida e deverá receber futuramente uma proteção com concreto pobre;

Por estarem situadas abaixo de uma encosta existe o problema de entrada - de águas pluviais nas lagoas, uma vez que as canaletas protetoras existentes em volta das mesmas após determinado período de chuvas intensas se vêm cheias de terra e conseqüentemente extravazam para dentro das lagoas. Cessada a chuva é necessário efetuar a retirada de todo este material arastado que se deposita nas calhas coletoras de águas pluviais;

Análises hidrobiológicas na lagoa facultativa em amostras colhidas no dia 20/05/77 indicaram os seguintes resultados:

| LOCAL DA COLETA<br>ORGANISMOS | 1<br>nº/ml | 2<br>nº/ml | 3<br>nº/ml | 4<br>nº/ml | 5<br>nº/ml |
|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Cianofíceas                   | 150        | 233        | 183        | 166        | 108        |
| Clorofíceas                   | 941.109    | 948.683    | 851.164    | 973.300    | 845.483    |
| Bacilarofíceas                | 947        | -          | -          | -          | -          |
| Outras algas                  | 54.673     | 55.958     | 6.728      | 1.968      | 5.781      |
| Outro microorganismo          | 12.068     | 10.887     | 3.233      | 3.780      | 4.252      |
| TOTAL (nº/ml)                 | 1.008.947  | 1.015.761  | 861.308    | 979.215    | 855.624    |

Os gêneros de algas mais encontradas foram Micractinium e Uva. O primeiro com distribuição homogênea e o segundo, um fitoflagelado apresentando-se mais denso nos 3 primeiros pontos da superfície e caindo nas amostras - mais profundas.

Os pontos de amostragem, todos na lagoa facultativa, se referem a:

- 1 - Superfície, próximo a lagoa anaeróbia;
- 2 - Superfície, ponto médio da lagoa facultativa;
- 3 - Superfície, junto ao efluente final;
- 4 - Metade da massa líquida, junto ao efluente final;
- 5 - Junto ao efluente final, próximo ao fundo.

A determinação da série nitrogenada e de fosfato solúvel apresentou em maio/1977, os seguintes valores:

- 18.1 -

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

MANEJO Y CONTROL DE PROCESOS EN OPERACION DE PLANTAS  
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Dr. Fabián Yáñez  
Consultor en Tratamiento de Aguas Residuales  
CEPIS/OPS

STOM 18

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

- 18.2 -

CONTENIDO

|    |                                                                    |
|----|--------------------------------------------------------------------|
| A. | INTRODUCCION . . . . .                                             |
| B. | ACTIVIDADES EN LA ORGANIZACION DE PROGRAMAS DE OPERACION . . . . . |
| C. | IMPORTANCIA DEL MANEJO Y CONTROL DE PROCESOS . . . . .             |
| D. | FACTORES QUE INTERVIENEN EN MANEJO Y CONTROL . . . . .             |
|    | 1. SELECCION DE CRITERIOS DE CONTROL . . . . .                     |
|    | 2. SELECCION DE SISTEMAS DE CONTROL . . . . .                      |
|    | 3. FACTORES EN EL ESTABLECIMIENTO DE NIVELES DE CONTROL . . . . .  |
| E. | PLAN DETALLADO DE MEDICIONES Y DETERMINACIONES . . . . .           |
|    | BIBLIOGRAFIA . . . . .                                             |
|    | REFERENCIAS ADICIONALES . . . . .                                  |

## A. INTRODUCCION

En este trabajo se discuten varios aspectos que intervienen en la formulación de un adecuado programa de manejo y control de procesos en plantas de tratamiento de aguas residuales.

Recordando que la situación de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales presenta un panorama Regional de proporciones alarmantes (1), es importante destacar los principales problemas que más se han presentado en los países, que son:

1. Una inadecuada práctica de diseño, tanto en lo que se refiere a la selección de alternativas, niveles tecnológicos y procedimientos, como a la indebida selección y/o dependencia en equipamientos.
2. Un número inadecuado de personal calificado, a varios niveles de operación y mantenimiento.
3. La ausencia de programas y planes que establezcan procedimientos de control, los cuales deben ser desarrollados con criterios aplicables a la realidad del medio.

El CEPIS desde hace varios años se halla asistiendo a los países sobre el primer aspecto, o sea en el desarrollo de tecnologías apropiadas. En relación con los otros dos aspectos se requiere la adopción de estrategias a niveles local y Regional. El Proyecto de Desarrollo Tecnológico de las Instituciones de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado (DTIAPA) se halla efectuando actividades a este último nivel.

En relación con la formulación de estrategias es conveniente poner en relieve acciones que han sido efectuadas en países desarrollados para solucionar problemas con algunos aspectos similares a los de los países de América Latina. (2) La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos ha emprendido un programa que responde a la necesidad de mejorar la operación y el mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales. Un gran número de publicaciones sobre varios aspectos han sido efectuadas. Esta información puede ser utilizada para nuestros propósitos, introduciendo las debidas adaptaciones. Al final del presente trabajo se incluye una lista de referencias bibliográficas.

La discusión que se presenta a continuación es aplicable para el desarrollo de programas de manejo y control de procesos y plantas de tratamiento de aguas residuales.

## B. ACTIVIDADES EN LA ORGANIZACION DE PROGRAMAS DE OPERACION

La estrategia más adecuada de organización de estas actividades parece ser el desarrollo del manual de operación y mantenimiento de cada sistema o planta. Las actividades que aquí se mencionan, y otras adicionales, forman parte de dicho documento. Dada la interrelación que existe entre el diseño y la operación, es importante promover el desarrollo de este manual a un nivel inmediato pero no desligado del de diseño. Existen muchas ocasiones en las cuales criterios de control de procesos obligan al diseñador a la introducción de cambios en las concepciones originales del diseño.

Las actividades básicas para organizar un programa de operación están indicadas en el cuadro 1. Es importante enfatizar la necesidad de desarrollar un programa en consideración a la secuencia indicada. Este aspecto merece atención puesto que la práctica en algunos países de América Latina ha sido la selección directa de análisis y mediciones, sin consideración al uso y significado que estos análisis tienen.

Una descripción detallada de procedimientos de manejo de procesos es parte importante de un manual de operación y su desarrollo una consecuencia del diseño. Este aspecto es considerado fuera del alcance del presente trabajo y para profundizar al respecto el lector puede consultar las referencias (2 - 10). De los puntos indicados en el cuadro 1, el segundo y tercero son una consecuencia del primero. Sobre este aspecto tratan en mayor detalle las referencias (11 - 12).

La estimación de los requisitos de personal de operación es un proceso que requiere del conocimiento de, por lo menos, dos herramientas básicas: la primera es una descripción detallada de las funciones y requisitos de entrenamiento que debe tener cada tipo de operador; la segunda es el conocimiento de niveles de referencia para la estimación de requisitos de personal. Estos niveles normalmente están dados por indicadores como horas-hombre-operador para varias funciones y factores de ajuste para varias condiciones. En los países en desarrollo estos datos deben ser relevados de la práctica local y en aquellos países en donde no hay experiencia, hay que asumirlos. El lector puede consultar información adicional sobre este aspecto en las referencias (13 - 16).

## C. IMPORTANCIA DEL MANEJO Y CONTROL DE PROCESOS

Las actividades de mayor importancia en la organización de un programa de operación para una planta de tratamiento de aguas residuales son, a criterio del autor, el desarrollo de procedimientos de operación y la adopción de criterios adecuados de control y evaluación de procesos de tratamiento. La buena operación de un proceso es evaluada estrictamente en base a estos criterios. En el cuadro 2 se visualiza la importancia de contar con criterios adecuados en varias condiciones de operación y tres tipos de plantas: lagunas de estabilización, zanjas de oxidación y tanques Imhoff.

CUADRO Nº 1

PRINCIPALES ACTIVIDADES EN UN PROGRAMA DE OPERACION PARA PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

1. ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS PARA MANEJO Y CONTROL DE PROCESOS
  - A. DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA VARIAS CONDICIONES DE OPERACIÓN
    - PUESTA EN OPERACIÓN INICIAL
    - OPERACIÓN DE RUTINA
    - OPERACIÓN EN CONDICIONES ESPECIALES Y DE EMERGENCIA
  - B. ADOPCIÓN DE CRITERIOS ADECUADOS DE CONTROL Y EVALUACIÓN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO
2. PROGRAMA DE MEDICIONES, MUESTREO, ANÁLISIS, REGISTRO Y PROCESAMIENTO DE DATOS
3. ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE LABORATORIO
  - INSTALACIONES FÍSICAS
  - EQUIPOS, VIDRIERÍA Y REACTIVOS
  - PERSONAL DE LABORATORIO Y SUS CALIFICACIONES
4. ESTIMACIÓN DE LOS REQUISITOS DE PERSONAL (SE INCLUYE MANTENIMIENTO)

CUADRO Nº 2

IMPORTANCIA DE MANEJO Y CONTROL DE PROCESOS EN VARIAS CONDICIONES DE OPERACION

| CONDICIONES DE OPERACIÓN              | PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN |                     |               |                           | CRITERIOS DE CONTROL DE PROCESOS |               |                           |                     |               |
|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------|---------------------------|----------------------------------|---------------|---------------------------|---------------------|---------------|
|                                       | LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN   | ZANJAS DE OXIDACIÓN | TANQUE IMHOFF | LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN | ZANJAS DE OXIDACIÓN              | TANQUE IMHOFF | LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN | ZANJAS DE OXIDACIÓN | TANQUE IMHOFF |
| PUESTA EN MARCHA                      | +                           | +                   | +             | +                         | +                                | +             | +                         | +                   | +             |
| OPERACIÓN DE RUTINA                   | +                           | +                   | +             | +                         | +                                | +             | +                         | +                   | +             |
| OPERACIÓN DE EMERGENCIA               | +                           | +                   | +             | +                         | +                                | +             | +                         | +                   | +             |
| EVALUACIÓN SUMARIA                    | +                           | +                   | +             | +                         | +                                | +             | +                         | +                   | +             |
| EXPANSIÓN Y/O INCREMENTO DE CAPACIDAD | +                           | +                   | +             | +                         | +                                | +             | +                         | +                   | +             |

Nota: El cuadro excluye el grado de complicación en manejo y control de las diferentes plantas

En condiciones comparables de tamaño de planta se evidencia que los criterios de control de procesos son de mayor impacto en condiciones de puesta en marcha y operación de rutina. Igualmente se puede observar que el manejo y control de procesos es tan importante para zanjas de oxidación como para tanques Imhoff. Al mismo tiempo las lagunas de estabilización requieren de un menor grado de manejo y control que los otros dos tipos de plantas incluidos.

Para propósitos del presente trabajo se puede definir a manejo de procesos como: "El conjunto de acciones físicas externas (especificadas en procedimientos) necesarias para hacer funcionar uno o más procesos, en varias condiciones de operación". El término control de procesos se define como: "El conjunto de mediciones físicas (caudal, presión, niveles, etc.), determinaciones analíticas (pH, OD, DBO, etc.) y parámetros (cargas, períodos de retención, eficiencias, etc.) que comparadas con criterios permiten un adecuado manejo de procesos".

En la figura 1 se presente un modelo conceptual de manejo y control de procesos y de los conceptos componentes de cada uno. Se visualiza que ambos, manejo y control, son actividades dinámicas de carácter continuado en la vida de una planta de tratamiento de aguas residuales.

D. FACTORES QUE INTERVIENEN EN MANEJO Y CONTROL

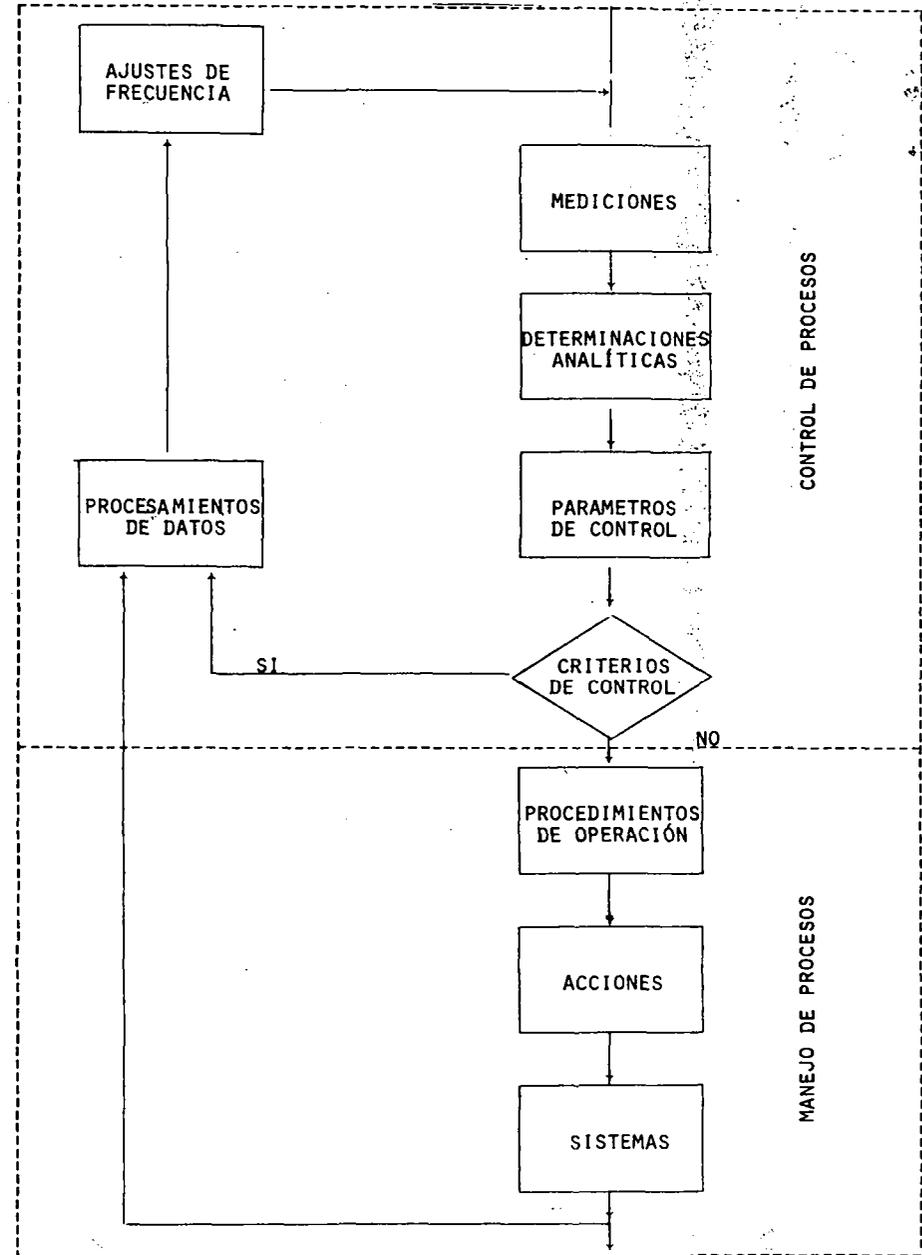
1. Selección de criterios de control

Las siguientes consideraciones son de utilidad en la selección de criterios adecuados de control de procesos: (17)

- a. Se deben seleccionar únicamente parámetros que tengan un significado útil para la evaluación y el control del proceso.
- b. Los parámetros seleccionados deben demandar las acciones más simples en mediciones y determinaciones.
- c. El parámetro seleccionado debe ser representativo del estado del proceso sometido a control.
- d. La utilidad de usar un parámetro para control debe cuestionarse para ver si es posible eliminar la necesidad de determinarlo.

2. Selección de sistemas de control

- a. Los sistemas de control deben ser compatibles con el nivel tecnológico mantenible en la localidad. Por ejemplo, un sistema de control automatizado debe poder ser sometido a reparaciones, en un corto tiempo, por técnicos locales.
- b. Para la selección de sistemas automáticos de control se deben tener en cuenta los siguientes criterios:



MODELO CONCEPTUAL DE MANEJO Y CONTROL DE PROCESOS

FIGURA 1

- Un sistema automatizado debe tener un modo de operación manual para impedir la discontinuidad de acciones durante mantenimiento.
- Un sistema de control no debe tener una inteligencia funcional mayor que la que poseen los operadores de la instalación. En otras palabras, el personal debe conocer en detalle la capacidad del sistema de control.

3. Factores en el establecimiento de niveles de control

El autor, después de haber visitado un gran número de instalaciones de tratamiento de aguas residuales con graves problemas de operación y de variada naturaleza, estima que es conveniente reconocer la existencia de varios niveles aplicables a control de procesos, de acuerdo con una serie de factores. En general se reconoce la existencia de dos tipos de niveles de control: el primero admite flexibilidad en la adopción de criterios de control y frecuencia de observaciones; el segundo mantiene una relativa rigidez en cuanto al número de observaciones y determinaciones y permite el establecimiento de niveles en función a criterios como la frecuencia y el grado de complejidad de las mediciones y determinaciones.

El cuadro 3 presenta una clasificación del nivel de control aplicable a los procesos de tratamiento de aguas residuales más comunes.

Como se especifica más adelante, el tipo I de nivel de control corresponde a un número variable de observaciones y admite las siguientes categorías de nivel de control:

- Mínimo aceptable
- Mínimo recomendable
- Adecuado para operación de rutina
- Adecuado para evaluación de procesos o evaluación sumaria

A continuación se presenta una discusión de los factores más importantes en el establecimiento de niveles de control.

a. Niveles tecnológico y de control

Existe una correlación entre procesos de tratamiento de tecnología simple y la existencia de varias categorías de niveles de control. Como se puede apreciar en el cuadro 3, los procesos de tecnología simple son:

- Lagunas de estabilización, y
- aplicación sobre el terreno.

Es importante destacar que en América Latina existe un gran número de lagunas de estabilización que no cuenta con la forma más simple de registro básico, como es el de registro de observaciones de campo, a ser llenado por el operador con calificaciones mínimas. Para este tipo de proceso el operador menos calificado debe estar en condiciones de completar los registros de observaciones de campo, tal como se indica en los cuadros 4, 5 y 6.

CUADRO Nº 3

TIPOS DE NIVELES DE CONTROL PARA LOS DIFERENTES PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

| PROCESO                  | OBSERVACIONES, DETERMINACIONES Y PARAMETROS |            | TIPO |
|--------------------------|---------------------------------------------|------------|------|
|                          | NUMERO                                      | FRECUENCIA |      |
| CRIBADO                  | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| DESARENADORES            | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| SEDIMENTACIÓN PRIMARIA   | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| LAGUNAS ANAERÓBICAS      | VARIABLE                                    | VARIABLE   | I    |
| LAGUNAS FACULTATIVAS     | VARIABLE                                    | VARIABLE   | I    |
| LAGUNAS AERADAS          | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| TANQUE IMHOFF            | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| ZANJA DE OXIDACIÓN       | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| LODOS ACTIVADOS          | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| FILTROS PERCOLADORES     | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| APLICACIÓN EN EL TERRENO | VARIABLE                                    | VARIABLE   | I    |
| CLORACIÓN                | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| ESPEZAMIENTO             | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| FLOTACIÓN                | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| FILTRACIÓN AL VACÍO      | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| DIGESTIÓN ANAERÓBICA     | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| DIGESTIÓN AERÓBICA       | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| LECHOS DE SECADO         | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |
| INCINERACIÓN             | FIJO                                        | VARIABLE   | II   |



CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE

OBSERVACIONES DE CAMPO EN LAGUNAS DE ESTABILIZACION

HOJA N° 17 DE \_\_\_\_\_

SEMANA DE A \_\_\_\_\_

HORA \_\_\_\_\_

INSTALACION \_\_\_\_\_

OPERADOR \_\_\_\_\_

|                          | Domingo | Lunes | Martes | Miér-<br>coles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------------------|---------|-------|--------|----------------|--------|---------|--------|
| <b>VIENTO:</b>           |         |       |        |                |        |         |        |
| Ausente                  |         |       |        |                |        |         |        |
| Suave                    |         |       |        |                |        |         |        |
| Fuerte                   |         |       |        |                |        |         |        |
| <b>CIELO:</b>            |         |       |        |                |        |         |        |
| Cubierto                 |         |       |        |                |        |         |        |
| Claro                    |         |       |        |                |        |         |        |
| Soleado                  |         |       |        |                |        |         |        |
| <b>EVAPORACION</b>       |         |       |        |                |        |         |        |
| <b>OPERADORES:</b>       |         |       |        |                |        |         |        |
| Número                   |         |       |        |                |        |         |        |
| Horas trabajadas         |         |       |        |                |        |         |        |
| <b>MATERIAL CRIBADO:</b> |         |       |        |                |        |         |        |
| Balde/día                |         |       |        |                |        |         |        |
| <b>ARENA:</b>            |         |       |        |                |        |         |        |
| Balde/día                |         |       |        |                |        |         |        |

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El cuadro 4 ha sido propuesto por el autor para registrar informaciones diarias de campo relativas al proceso. El cuadro 5 es similar, pero para una semana de datos. El cuadro 6 sirve para registrar informaciones meteorológicas de carácter cualitativo y datos mínimos sobre los procesos de cribas y desarenador si éste está incluido.

Estas informaciones son las establecidas en la categoría de control "mínimo aceptable". Una lista de parámetros de control y su relación con otras categorías de control están indicados en el cuadro 7.

Para el otro proceso de tratamiento de bajo costo como es el de aplicación en el terreno, habría que añadir a los parámetros de control del proceso de tratamiento los parámetros de interés con respecto a agricultura.

b. Legislación, normas y criterios de calidad aplicables

En muchos países se ha reglamentado la descarga de aguas residuales a cursos de agua a través de limitaciones en características. La situación idealizada en relación con la existencia de una planta de tratamiento de aguas residuales es que ésta ha sido diseñada para controlar la calidad de las aguas del cuerpo receptor que tiene relación con la defensa de un uso específico, por ejemplo, vida acuática, recreación, etc. En esta circunstancia es entendible que los procesos de tratamiento de la planta hayan sido escogidos para defensa de criterios de calidad específicos. Estos criterios deben ser incorporados como parámetros de control en una forma directa o indirecta. Una matriz de parámetros de calidad de interés para varios usos está presentada en otra fuente de información. (18)

La aplicación práctica de una matriz de parámetros de este tipo para seleccionar criterios de control de un sistema de lagunas de estabilización y reuso agrícola en una etapa intensiva de evaluación sumaria está indicada en el cuadro 8. (19) En el cuadro 9 se presenta otro ejemplo de selección de parámetros de control en base a tres criterios:

- Control de procesos
- Registro relacionado con costos
- Criterio de diseño para ampliación futura

Los parámetros del cuadro 9 han sido seleccionados para la planta experimental de Melipilla, Chile, en condiciones de operación de rutina. Esta planta incluye los siguientes procesos:

- Cribas
- Sedimentación primaria
- Filtros biológicos incluido sedimentación secundaria
- Cloración
- Lagunas de estabilización
- Digestión anaeróbica
- Lechos de secado

Una descripción del programa de mediciones y análisis se presenta más adelante.

PARAMETROS PARA DIFERENTES NIVELES DE CONTROL DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION

| PARAMETRO DE CONTROL                                                      | NIVEL DE CONTROL |                     |          | EVALUACION SUMARIA |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------|----------|--------------------|
|                                                                           | MÍNIMO ACEPTABLE | MÍNIMO RECOMENDABLE | ADECUADO |                    |
| 1. OBSERVACIONES BÁSICAS                                                  | +                | +                   | +        | +                  |
| 2. CARGA ORGÁNICA (kg DBO/Ha x d)                                         |                  | +                   | +        | +                  |
| 3. CARGA DE SÓLIDOS (kg SS/Ha x d)                                        |                  | +                   | +        | +                  |
| 4. BALANCE DEL LÍQUIDO (CARGA HIDRÁULICA, EVAPORACIÓN E INFILTRACIÓN) (a) | +                | +                   | +        | +                  |
| 5. PROFUNDIDAD DE LODOS                                                   |                  | +                   | +        | +                  |
| 6. PERÍODO DE RETENCIÓN (b)                                               | +                | +                   | +        | +                  |
| 7. PERFILES ESTACIONALES (OD Y TEMPERATURA) (c)                           |                  | +                   | +        | +                  |
| 8. VARIACIONES HORARIAS (pH, ALCALINIDAD Y OD) (c)                        |                  | +                   | +        | +                  |
| 9. IDENTIFICACIÓN DE:                                                     |                  |                     |          |                    |
| A. PARÁSITOS                                                              |                  | +                   | +        | +                  |
| B. ENTEROBACTERIAS                                                        |                  | +                   | +        | +                  |
| C. FITOPLANCTON                                                           |                  |                     |          | +                  |
| 10. EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE:                                            |                  |                     |          |                    |
| A. PARÁSITOS Y ENTEROBACTERIAS                                            |                  |                     | +        | +                  |
| B. COLIFORME FECAL                                                        |                  |                     | +        | +                  |
| C. DBO/DQO SOLUBLE                                                        |                  |                     | +        | +                  |
| D. DBO/DQO SOLUBLE Y TOTAL                                                |                  |                     | +        | +                  |
| E. NUTRIENTES                                                             |                  |                     | +        | +                  |
| F. FORMAS DE SÓLIDOS                                                      |                  |                     | +        | +                  |
| 11. DATOS METEOROLÓGICOS:                                                 |                  |                     |          |                    |
| a. DE GRAN IMPORTANCIA EN CONDICIONES INICIALES                           |                  |                     |          |                    |
| b. A CALCULARSE DE OBSERVACIONES BÁSICAS                                  |                  |                     |          |                    |
| c. EN PRIMER AÑO DE OPERACIÓN Y POSIBLEMENTE CADA CINCO AÑOS              |                  |                     |          |                    |

CUADRO N° 8

CRITERIOS PARA LA SELECCION DE PARAMETROS  
EVALUACION SUMARIA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION Y REUSO AGRICOLA

| PARAMETRO/INDICADOR        | UNIDADES                                                                                          | DE INTERES CON RESPECTO DE:               |                                           |                                           |                                           | OBSERVACIONES                                                                                 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |                                                                                                   | Salud Pública                             | Control de la Laguna                      | Reuso en: Agricultura                     | Reuso en: Acuicultura                     |                                                                                               |
| I. NO BIOLÓGICOS           |                                                                                                   |                                           |                                           |                                           |                                           |                                                                                               |
| A. Meteorológicos          | km/h<br>Grados<br>& CAL/cm <sup>2</sup><br>°C<br>mm<br>mm/día                                     | +<br>+<br>+<br>-<br>-<br>+                | -<br>+<br>-<br>-<br>-<br>+                | -<br>+<br>-<br>+<br>+<br>+                | -<br>+<br>-<br>+<br>+<br>+                | No incluido. A ser obtenido de estación meteorológica cercana<br>No incluido                  |
| B. Hidráulicos             | l/s<br>l/s<br>l/s<br>mm<br>m<br>m                                                                 | +<br>+<br>+<br>+<br>+<br>+                | -<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-                | -<br>+<br>+<br>+<br>+<br>+                | -<br>+<br>+<br>+<br>+<br>+                | SI<br>SI<br>SI<br>SI<br>SI<br>SI                                                              |
| C. Factores físicoquímicos | m<br>°C<br>°C<br>unidades<br>Cualitativo<br>Cualitativo<br>Cualitativo<br>m<br>µS/cm <sup>2</sup> | -<br>+<br>+<br>-<br>+<br>+<br>+<br>-<br>- | -<br>+<br>+<br>+<br>+<br>+<br>+<br>-<br>+ | -<br>+<br>+<br>+<br>+<br>+<br>+<br>-<br>+ | -<br>+<br>+<br>+<br>+<br>+<br>+<br>-<br>+ | Período corto<br>SI<br>SI, con pH/OD<br>SI<br>SI<br>SI<br>SI<br>SI<br>No incluido<br>SI<br>SI |

CUADRO N° 8 (continuación)

| PARAMETRO/INDICADOR                     | UNIDADES | DE INTERES CON RESPECTO DE: |                     |                       |              |              | OBSERVACIONES             |
|-----------------------------------------|----------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|--------------|--------------|---------------------------|
|                                         |          | Salud Pública               | Control de Procesos | Ecología de la Laguna | Reuso en:    |              |                           |
|                                         |          |                             |                     |                       | Agri-cultura | Aqua-cultura |                           |
| 11. Sólidos                             |          |                             |                     |                       |              |              |                           |
| a. Totales                              | mg/l     |                             | -                   |                       |              |              | Sí                        |
| b. En suspensión                        | mg/l     | -                           | +                   | +                     | -            | +            | Sí                        |
| c. Disueltos                            | mg/l     |                             | -                   | +                     | -            | -            | Sí                        |
| d. Sedimentables                        | mg/l     |                             | +                   |                       |              |              |                           |
| 12. Demanda química de oxígeno          | mg/l     |                             | +                   |                       |              |              |                           |
| <b>D. Factores químicos inorgánicos</b> |          |                             |                     |                       |              |              |                           |
| 1. Oxígeno disuelto                     | mg/l     | -                           | +                   | +                     |              | +            | Sí, in situ               |
| 2. Sulfuro de hidrógeno                 | mg/l     | +                           | -                   | +                     |              | +            | No incluido               |
| 3. pH                                   | unidades |                             | +                   | +                     |              | +            | Sí, in situ               |
| 4. Sistema carbonatado                  |          |                             |                     |                       |              |              |                           |
| a. Acidez                               | mg/l     |                             | -                   | -                     |              | +            | No incluido               |
| b. Alcalinidad                          |          |                             |                     |                       |              |              |                           |
| (1) Bicarbonato                         | mg/l     |                             | +                   |                       |              |              | Sí                        |
| (2) Carbonato                           | mg/l     | +                           | +                   |                       |              |              | Sí                        |
| (3) Hidróxido                           | mg/l     | +                           | -                   |                       |              |              | Sí                        |
| 5. Calcio                               | mg/l     |                             |                     | -                     |              |              | Sí                        |
| 6. Magnesio                             | mg/l     |                             |                     | -                     |              |              | Sí                        |
| 7. Dureza total                         | mg/l     |                             |                     | -                     |              |              | Sí                        |
| 8. Cloruros                             | mg/l     |                             |                     | -                     | +            | +            | Sí                        |
| 9. Sulfatos                             | mg/l     |                             |                     |                       | +            |              | Sí                        |
| 10. Cianuros                            | mg/l     | +                           | -                   | +                     |              | +            | No incluido               |
| 11. Salinidad                           | mg/l     |                             |                     |                       | +            | +            | Incluido en conductividad |
| 12. Nutrientes                          |          |                             |                     |                       |              |              |                           |
| a. Carbón orgánico total                | mg/l     |                             |                     | +                     |              |              | No incluido               |
| b. Nitrógeno, total                     | mg/l     |                             |                     | +                     | +            |              | Sí                        |
| (1) Orgánico - N                        | mg/l     |                             |                     | +                     | +            |              | Sí                        |
| (2) NH <sub>3</sub> - N                 | mg/l     |                             | +                   | +                     |              | -            | Sí                        |
| (3) NO <sub>2</sub> - N                 | mg/l     |                             |                     | +                     | +            | +            | Sí                        |

- 18.17 -

CUADRO N° 8 (continuación)

| PARAMETRO/INDICADOR              | UNIDADES | DE INTERES CON RESPECTO DE: |                     |                       |              |              | OBSERVACIONES |
|----------------------------------|----------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|--------------|--------------|---------------|
|                                  |          | Salud Pública               | Control de Procesos | Ecología de la Laguna | Reuso en:    |              |               |
|                                  |          |                             |                     |                       | Agri-cultura | Aqua-cultura |               |
| (4) NO <sub>3</sub> - N          | mg/l     | +                           | +                   |                       | +            |              | Sí            |
| c. Fósforo total                 | mg/l     |                             | -                   | +                     | +            |              | Sí            |
| (1) Soluble                      | mg/l     |                             |                     | +                     |              |              | No incluido   |
| (2) Orgánico                     | mg/l     |                             |                     | +                     |              |              | No incluido   |
| (3) Ortofosfato                  | mg/l     |                             |                     | +                     |              | +            | Sí            |
| (4) Polifosfato                  | mg/l     |                             |                     | +                     |              |              | No incluido   |
| 13. Trazas de elementos          |          |                             |                     |                       |              |              |               |
| a. Aluminio                      | mg/l     |                             |                     | +                     | +            |              | No incluido   |
| b. Arsénico                      | mg/l     | +                           | -                   | +                     | -            | +            | No incluido   |
| c. Bario                         | mg/l     |                             |                     | +                     |              |              | No incluido   |
| d. Boro                          | mg/l     |                             |                     | +                     | +            |              | No incluido   |
| e. Cadmio                        | mg/l     |                             |                     | +                     | +            | +            | No incluido   |
| f. Cromo                         | mg/l     | +                           | +                   | +                     | +            | +            | No incluido   |
| g. Cobre                         | mg/l     | +                           | -                   | +                     | -            | +            | No incluido   |
| h. Fluoruro                      | mg/l     |                             |                     | +                     | +            |              | No incluido   |
| i. Hierro                        | mg/l     |                             |                     | +                     |              |              | No incluido   |
| j. Plomo                         | mg/l     | +                           | -                   | +                     | -            | +            | No incluido   |
| k. Manganeso                     | mg/l     |                             |                     | +                     | +            |              | No incluido   |
| l. Mercurio                      | mg/l     | +                           |                     |                       |              | +            | No incluido   |
| m. Potasio                       | mg/l     |                             |                     | +                     |              |              | No incluido   |
| n. Plata                         | mg/l     |                             |                     | +                     |              | +            | No incluido   |
| o. Sodio                         | mg/l     |                             |                     | +                     | +            |              | Sí            |
| p. Cinc                          | mg/l     |                             |                     | +                     | +            | +            | No incluido   |
| <b>E. Factores bioquímicos</b>   |          |                             |                     |                       |              |              |               |
| 1. Demanda bioquímica de oxígeno | mg/l     |                             | +                   |                       | -            | -            | Sí            |
| <b>II. BIOLÓGICOS</b>            |          |                             |                     |                       |              |              |               |
| <b>A. Microbiológicos</b>        |          |                             |                     |                       |              |              |               |
| 1. Bacteria total                |          |                             |                     |                       |              |              | No incluido   |

- 18.18 -



Cuadro 9: (continuación)

| Parámetros                      | Puntos de muestreo o medición* |   |   |    |    |   |   |       |   |    |    |    |    |
|---------------------------------|--------------------------------|---|---|----|----|---|---|-------|---|----|----|----|----|
|                                 | Líquidos                       |   |   |    |    |   |   | Lodos |   |    |    |    |    |
|                                 | 1                              | 2 | 3 | 4  | 5  | 6 | 7 | 8     | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| <b>Factores microbiológicos</b> |                                |   |   |    |    |   |   |       |   |    |    |    |    |
| 1. Coliforms                    | D                              | D |   | BB | BB |   |   | BB    |   |    |    |    |    |
| 2. Salmonella                   | D                              | D |   |    |    |   |   |       |   |    |    |    |    |
| 3. Shigella                     | D                              | D |   |    |    |   |   |       |   |    |    |    |    |

**\*Nomenclatura utilizada**

1. Desecho crudo
2. Efluente primario
3. Efluente de biofiltro
4. Efluente sedimentador final
5. Efluente cloración
6. Solución de cloro
7. Lagunas de estabilización
8. Lodo secundario
9. Lodo combinado
10. Sobrenadante
11. Lodo digerido
12. Sólidos secos
13. Digestor

**\*\*Estación meteorológica**

- C Control de procesos
- R Registro relacionado con costos
- D Criterio para diseño para ampliación futura

CUADRO Nº 10

FRECUENCIA DE MEDICIONES Y DETERMINACIONES SUGERIDA PARA ZANJAS DE OXIDACION

| MEDICIONES Y ANÁLISIS             | TAMAÑO DE PLANTA L/S |            |            |           |
|-----------------------------------|----------------------|------------|------------|-----------|
|                                   | 50                   | 200        | 500        | 1000      |
| 1. CAUDAL DESECHO CRUDO           | REG.CONT.            | REG.CONT.  | REG.CONT.  | REG.CONT. |
| 2. CAUDAL LODO DE RETORNO*        | CAL.QUIN.            | CAL.SEM.   | REG.CONT.  | REG.CONT. |
| 3. CAUDAL LODO DE EXCESO*         | CAL.QUIN.            | CAL.SEM.   | REG.CONT.  | REG.CONT. |
| 4. pH                             | -----                | SEMANAL    | DIARIO     | DIARIO    |
| 5. TEMPERATURA                    | ESTACIONAL           | SEMANAL    | DIARIO     | DIARIO    |
| 6. O.D. TANQUE DE AERACION        | SEMANAL              | SEMANAL    | DIARIO     | DIARIO    |
| 7. DBO TOTAL DESECHO CRUDO        | ESP.EXT.             | SEMANAL    | SEMANAL    | SEMANAL   |
| 8. DBO SOLUBLE EFLUENTE           | ESP.EXT.             | SEMANAL    | SEMANAL    | SEMANAL   |
| 9. DQO TOTAL DESECHO CRUDO        | -----                | -----      | SEMANAL    | DIARIO    |
| 10. DQO SOLUBLE EFLUENTE          | -----                | -----      | SEMANAL    | DIARIO    |
| 11. IVL LICOR MEZCLADO            | SEMANAL              | DIARIO     | DIARIO     | DIARIO    |
| 12. SOL.TOT.LODOS EXCESO/SECO     | -----                | SEMANAL    | CPV        | CPV       |
| 13. SS DESECHO CRUDO/EFLUENTE     | ESP.EXT.             | SEMANAL    | DIARIO     | DIARIO    |
| 14. SS LODO RETORNO EXCESO*       | SEMANAL              | SEMANAL    | DIARIO     | DIARIO    |
| 15. SSTA/SSVTA                    | SEMANAL              | SEMANAL    | DIARIO     | DIARIO    |
| 16. SSV DESECHO CRUDO/EFLUENTE    | ESP.EXT.             | SEMANAL    | DIARIO     | DIARIO    |
| 17. ESTABILIDAD RELATIVA          | DIARIA               | -----      | -----      | -----     |
| 18. NH <sub>3</sub> DESECHO CRUDO | -----                | -----      | MENSUAL    | SEMANAL   |
| 19. N ORG. AFLUENTE/EFLUENTE      | -----                | -----      | MENSUAL    | SEMANAL   |
| 20. NO <sub>3</sub> EFLUENTE      | ESP.EXT.             | -----      | MENSUAL    | SEMANAL   |
| 21. FÓSFORO TOTAL AFLUENTE/EFL.   | -----                | -----      | MENSUAL    | SEMANAL   |
| 22. ORTOFOSFATO AFLUENTE/EFL.     | -----                | -----      | MENSUAL    | SEMANAL   |
| 23. EXAMEN MICROSCÓPICO LICOR     | -----                | -----      | MENSUAL    | SEMANAL   |
| 24. DECANTABILIDAD DEL LICOR      | -----                | -----      | ESPORÁDICO | SEMANAL   |
| 25. COLIFORME F. AFLUENTE/EFL.    | ESP.EXT.             | -----      | ESPORÁDICO | QUINCENAL |
| 26. METALES PESADOS               | -----                | ESPORÁDICO | MENSUAL    | MENSUAL   |
| 27. ENTERO BACTERIAS              | -----                | -----      | ESPORÁDICO | MENSUAL   |

REG.CONT. = REGISTRO CONTÍNUO  
 CAL.QUIN. = CALIBRACIÓN QUINCENAL  
 CPV = CONFORME PERÍODO DE VACIADO  
 ESP.EXT. = ESPORÁDICO EXTERNO

\* DEPENDIENTE DE SISTEMA DE DESCARGA DE LODO DE EXCESO (EVITAR)

c. Variabilidad, duración e impacto en manejo y control

Estos aspectos son de gran importancia en la selección de parámetros. Todos ellos deben someterse a un cuidadoso análisis. No hay una regla general para todos los parámetros, los cuales en unos procesos presentan variaciones peculiares y en otros no.

El uso del oxígeno disuelto sirve para ilustrar el caso de variabilidad: en lagunas de estabilización facultativas este parámetro sufre fluctuaciones horarias y en profundidad. Una determinación aislada de O.D. no es por consiguiente de utilidad. Por otro lado, este parámetro es útil en procesos aerados como las lagunas aeradas de mezcla completa y las zanjas de oxidación; su conocimiento es de gran impacto en la operación de estos procesos.

El caso de DBO, coliformes y enterobacterias ilustra el aspecto de duración. La DBO<sub>5</sub> toma cinco días de incubación y su uso como parámetro de control es restringido a acciones de impacto evaluables en otros cinco días. En esta circunstancia se está tendiendo a utilizar el parámetro de DQO en forma más generalizada. La determinación de organismos indicadores y enterobacterias está casi exclusivamente a períodos de evaluación sumaria.

d. Periodicidad de mediciones en función del tamaño y tipo de instalaciones

Este aspecto es el que determina en una u otra forma el nivel de control para procesos que requieren un número fijo de parámetros de control. Hay dos factores que intervienen directamente en la selección de periodicidad: el primero es el tamaño de la planta y el segundo el tipo de desechos, recursos físicos y humanos con que cuenta para la realización de mediciones y análisis.

El primer aspecto puede estar ilustrado por el contenido del cuadro 10 que determina la frecuencia en base al tamaño de planta. El segundo aspecto es tratado en mayor detalle en el dimensionamiento de personal de laboratorio. La literatura presenta una serie de matrices relacionando procesos, parámetros y frecuencias sugeridos. (11) (20)

El cuadro 11 es una consecuencia de las observaciones del cuadro 10 y presenta una lista de parámetros de control calculados.

Cuadro 11

Parámetros de control para zanjas de oxidación

| Parámetro                     | Relación con mediciones del cuadro 10 |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Período de retención          | 1/1/2/                                |
| Factor de carga               | 1/7/15/                               |
| Edad de lodo                  | 15/3/14/                              |
| % lodo de retorno             | 1/2/                                  |
| Carga hidráulica sedimentador | 1/2/                                  |
| Carga de sólidos sedimentador | 1/2/15/                               |
| Eficiencia de remoción        | 1-3/7-10/13/14/18-22/25/              |

E. PLAN DETALLADO DE MEDICIONES Y DETERMINACIONES

De la aplicación de los criterios anteriores se puede proceder a desarrollar un programa específico para mediciones y análisis. Para esto es necesario cubrir por lo menos dos aspectos: primero, seleccionar los parámetros con los puntos de muestreo y frecuencia de determinación; segundo, especificar el tipo de muestra necesaria.

Esto puede ilustrarse mejor con la presentación de dos ejemplos prácticos. El primer ejemplo comprende dos cuadros. El cuadro 12 presenta un listado de los parámetros, puntos de muestreo y frecuencia. El cuadro 13 presenta una selección del tipo de mediciones y forma de muestreo. El segundo ejemplo presenta un programa de muestreo y análisis para las lagunas de estabilización de San Juan en etapa de evaluación sumaria. En el cuadro 14 se han incluido además otras informaciones útiles como el volumen de muestra a tomarse y la preservación requerida.

Cuadro 12

Frecuencia de muestreo y determinaciones en operación de rutina

Planta Experimental de Melipilla

| Parámetros                                  | Puntos de muestreo o medición* |   |   |   |   |   |     |       |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------------|--------------------------------|---|---|---|---|---|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                             | Líquidos                       |   |   |   |   |   |     | Lodos |     |     |     |     |     |
|                                             | 1                              | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7   | 8     | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
| <b>Mediciones y determinaciones físicas</b> |                                |   |   |   |   |   |     |       |     |     |     |     |     |
| 1. Caudal                                   | H                              |   |   |   |   |   | ZH  | H     |     |     |     |     |     |
| 2. Volumen y tiempo                         |                                |   |   |   |   |   |     |       | CPB | CPB | CPV | CPV |     |
| 3. Temperatura                              | S24                            |   |   |   |   |   |     |       | S24 |     |     |     | S   |
| 4. Datos meteorológicos**                   |                                |   |   |   |   |   |     |       | KL  |     |     |     |     |
| 5. Profundidad de lodo                      |                                |   |   |   |   |   |     |       | D   |     |     |     |     |
| 6. Apariencia: color/olor                   |                                |   |   |   |   |   |     |       | D   |     |     |     | S   |
| 7. Natas                                    |                                |   |   |   |   |   |     |       | D   |     |     |     |     |
| 8. Penetración de luz                       |                                |   |   |   |   |   |     |       |     |     |     |     |     |
| 9. Sólidos                                  |                                |   |   |   |   |   |     |       |     |     |     |     | CPV |
| a. Totales                                  | S                              | S | S | S |   |   |     |       |     |     |     |     | CPV |
| b. " volátiles                              | S                              | S | S | S |   |   |     |       |     |     |     |     | CPV |
| c. En suspensión                            | S                              | S | S | S |   |   | Q   | Q     | Q   |     |     |     | CPV |
| d. " " vol.                                 | S                              | S | S | S |   |   | Q   | Q     | Q   |     |     |     | CPV |
| e. Sedimentables                            | S                              | S | S | S |   |   |     |       |     |     |     |     |     |
| <b>Determinaciones químicas inorgánicas</b> |                                |   |   |   |   |   |     |       |     |     |     |     |     |
| 1. Oxígeno disuelto                         |                                |   | E |   |   |   | E24 |       |     |     |     |     | S   |
| 2. pH                                       |                                |   |   |   |   |   | E24 |       |     | CPV | CPV |     | S   |
| 3. Alcalinidad                              |                                |   |   |   |   |   | E24 |       |     | CPV | CPV |     | S   |
| 4. Nitrógeno                                |                                |   |   |   |   |   |     |       |     | E   |     |     |     |
| a. Orgánico                                 | S                              |   |   | S |   |   |     |       |     | E   |     |     |     |
| b. NH <sub>3</sub> -N                       | S                              |   |   | S |   |   |     |       |     | E   |     |     |     |
| c. NO <sub>2</sub> -N                       | E                              |   |   | E |   |   |     |       |     |     |     |     |     |
| d. NO <sub>3</sub> -N                       | E                              |   |   | E |   |   |     |       |     |     |     |     |     |
| 5. Fósforo                                  |                                |   |   |   |   |   |     |       |     |     |     |     |     |
| a. Total                                    | S                              |   |   | S |   |   |     |       |     | E   |     |     |     |
| b. Ortofosfato                              | S                              |   |   | S |   |   | Q   |       |     |     |     |     |     |
| <b>Factores químicos orgánicos</b>          |                                |   |   |   |   |   |     |       |     |     |     |     |     |
| 1. DBO (5d, 20°C)                           | S                              | S |   | S |   |   | S   |       |     |     |     |     |     |
| 2. DQO                                      | S                              | S |   | S |   |   | S   |       |     | S   |     |     |     |
| 3. Cloro residual                           |                                |   |   |   |   |   | CPV |       |     |     |     |     |     |
| 4. Ácidos volátiles                         |                                |   |   |   |   |   |     |       |     |     |     |     | S   |

Continuación Cuadro 12

| Parámetros                      | Puntos de muestreo o medición* |     |   |     |     |   |   |       |   |    |     |    |    |
|---------------------------------|--------------------------------|-----|---|-----|-----|---|---|-------|---|----|-----|----|----|
|                                 | Líquidos                       |     |   |     |     |   |   | Lodos |   |    |     |    |    |
|                                 | 1                              | 2   | 3 | 4   | 5   | 6 | 7 | 8     | 9 | 10 | 11  | 12 | 13 |
| <b>Factores microbiológicos</b> |                                |     |   |     |     |   |   |       |   |    |     |    |    |
| 1. Coliformas                   | CPI                            | CPI |   | CPI | CPI |   |   |       |   |    | CPI |    |    |
| 2. Salmonella                   | CPI                            | CPI |   | CPI | CPI |   |   |       |   |    | CPI |    |    |
| 3. Shigella                     | CPI                            | CPI |   | CPI | CPI |   |   |       |   |    | CPI |    |    |

\*Nomenclatura utilizada

1. Desecho crudo
2. Efluente primario
3. Efluente de biofiltro
4. Efluente sedimentador final
5. Efluente cloración
6. Solución de cloro
7. Legunas de estabilización
8. Lodo secundario
9. Lodo combinado
10. Sobrenadante
11. Lodo digerido
12. Sólidos secos
13. Digestor

\*\*Estación meteorológica

- H Horaria (24 cada 2 horas)
- D Diaria
- S Semanal
- Q Quincenal
- M Mensual
- S-24 Semanal durante 24 horas
- E Esporádica
- EL Esperádica a largo plazo
- E24 Esperádica durante 24 horas
- CPI Conforme Proyecto de Investigación
- CPB Conforme Período de Bombeo
- CPV Conforme Período de Vacío

## Cuadro 13

## Tipo de muestras

## Planta Experimental de Melipilla

| Parámetros                                  | Puntos de muestreo o medición* |        |        |        |   |   |        |       |       |    |    |       |    |
|---------------------------------------------|--------------------------------|--------|--------|--------|---|---|--------|-------|-------|----|----|-------|----|
|                                             | Líquidos                       |        |        |        |   |   |        | Lodos |       |    |    |       |    |
|                                             | 1                              | 2      | 3      | 4      | 5 | 6 | 7      | 8     | 9     | 10 | 11 | 12    | 13 |
| <u>Mediciones y determinaciones físicas</u> |                                |        |        |        |   |   |        |       |       |    |    |       |    |
| 1. Caudal                                   | P                              |        |        |        |   | P | P      |       |       |    |    |       |    |
| 2. Volumen y tiempo                         |                                |        |        |        |   |   |        | P     | P     | P  |    |       |    |
| 3. Temperatura                              | P                              |        |        |        |   |   | P      |       |       |    |    |       | P  |
| 4. Datos meteorológicos**                   |                                |        |        |        |   |   |        |       |       |    |    |       |    |
| 5. Profundidad de lodo                      |                                |        |        |        |   |   | P      |       |       |    |    |       |    |
| 6. Apariencia: color/olor                   |                                |        |        |        |   |   | P      |       |       |    |    |       | P  |
| 7. Natas                                    |                                |        |        |        |   |   | P      |       |       |    |    |       | P  |
| 8. Penetración de luz                       |                                |        |        |        |   |   | P      |       |       |    |    |       |    |
| 9. Sólidos                                  |                                |        |        |        |   |   |        |       |       |    |    |       |    |
| a. Totales                                  | C/24/2                         | C/24/2 | C/24/2 | C/24/2 |   |   |        |       |       |    |    |       |    |
| b. Totales volátiles                        | C/24/2                         | C/24/2 | C/24/2 | C/24/2 |   |   |        |       |       |    |    |       |    |
| c. En suspensión                            | C/24/2                         | C/24/2 | C/24/2 | C/24/2 |   |   | C/24/2 | CTB/2 | CTB/2 |    |    | CDR/5 |    |
| d. En suspensión vol.                       | C/24/2                         | C/24/2 | C/24/2 | C/24/2 |   |   | C/24/2 | CTB/2 | CTB/2 |    |    | CDR/5 |    |
| e. Sedimentables                            | AA                             | AA     | AA     | AA     |   |   |        |       |       |    |    |       |    |
| <u>Determinaciones químicas inorgánicas</u> |                                |        |        |        |   |   |        |       |       |    |    |       |    |
| 1. Oxígeno disuelto                         |                                |        |        |        |   |   | P      |       |       |    |    |       |    |
| 2. pH                                       | P                              |        |        |        |   |   | AA     |       |       | AA | AA |       | AA |

- 18.27 -

(continuación)

## Cuadro 13

## Tipo de muestras

## Planta Experimental de Melipilla

| Parámetros                         | Puntos de muestreo o medición* |        |   |        |       |   |        |       |   |       |    |    |    |
|------------------------------------|--------------------------------|--------|---|--------|-------|---|--------|-------|---|-------|----|----|----|
|                                    | Líquidos                       |        |   |        |       |   |        | Lodos |   |       |    |    |    |
|                                    | 1                              | 2      | 3 | 4      | 5     | 6 | 7      | 8     | 9 | 10    | 11 | 12 | 13 |
| 3. Alcalinidad                     | P                              |        |   |        |       |   | AA     |       |   | AA    | AA |    | AA |
| 4. Nitrógeno                       |                                |        |   |        |       |   |        |       |   |       |    |    |    |
| a. Orgánico                        | C/24/2                         |        |   | C/24/2 |       |   |        |       |   | CDR/5 |    |    |    |
| b. NH <sub>3</sub> -N              | C/24/2                         |        |   | C/24/2 |       |   |        |       |   | CDR/5 |    |    |    |
| c. NO <sub>2</sub> -N              | C/24/2                         |        |   | C/24/2 |       |   |        |       |   |       |    |    |    |
| d. NO <sub>3</sub> -N              | C/24/2                         |        |   | C/24/2 |       |   |        |       |   |       |    |    |    |
| 5. Fósforo                         |                                |        |   |        |       |   |        |       |   |       |    |    |    |
| a. Total                           | C/24/2                         |        |   | C/24/2 |       |   |        |       |   | CDR/5 |    |    |    |
| b. Ortofosfato                     | C/24/2                         |        |   | C/24/2 |       |   |        |       |   | CDR/5 |    |    |    |
| <u>Factores químicos orgánicos</u> |                                |        |   |        |       |   |        |       |   |       |    |    |    |
| 1. DBO (5d, 20°C)                  | C/24/2                         | C/24/2 |   | C/24/2 |       |   | C/24/2 |       |   |       |    |    |    |
| 2. DQO                             | C/24/2                         | C/24/2 |   | C/24/2 |       |   | C/24/2 |       |   |       |    |    |    |
| 3. Cloro residual                  |                                |        |   |        | AA    |   |        |       |   |       |    |    |    |
| 4. Acidos volátiles                |                                |        |   |        |       |   |        |       |   |       |    |    | AA |
| <u>Factores microbiológicos</u>    |                                |        |   |        |       |   |        |       |   |       |    |    |    |
| 1. Coliforme                       | C/8/1                          | C/8/1  |   | C/8/1  | C/8/1 |   | C/8/1  |       |   |       |    |    |    |
| 2. Salmonella                      | TED                            | TED    |   | TED    | TED   |   | TED    |       |   |       |    |    |    |
| 3. Shiguella                       | TED                            | TED    |   | TED    | TED   |   | TED    |       |   |       |    |    |    |

- 18.28 -

| <u>*Nomenclatura utilizada</u> | <u>**Estación meteorológica</u> |                                          |
|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|
| 1. Desecho crudo               | AA                              | Al azar                                  |
| 2. Efluente primario           | CDR/5                           | Compuesta durante retiro cada 5 min      |
| 3. Efluente de biofiltro       | P                               | Puntual                                  |
| 4. Efluente sedimentador final | C/24/1                          | Compuesta en 24 horas cada hora          |
| 5. Efluente cloración          | C/24/2                          | Compuesta en 24 horas cada dos horas     |
| 6. Solución de cloro           | CTB/2                           | Compuesta en tiempo de bombeo cada 2 min |
| 7. Lagunas de estabilización   | C/8/1                           | Compuesta en ocho horas cada hora        |
| 8. Lodo secundario             | TED                             | Técnica especial a desarrollarse         |
| 9. Lodo combinado              |                                 |                                          |
| 10. Sobrenadante               |                                 |                                          |
| 11. Lodo digerido              |                                 |                                          |
| 12. Sólidos secos              |                                 |                                          |
| 13. Digestor                   |                                 |                                          |

- 18.29 -

Cuadro 14

## PROGRAMA DE MUESTREO Y ANALISIS PARA EVALUACION SUMARIA DE LAS LAGUNAS DE SAN JUAN, LIMA

| Día                | Grupo                                   | Parámetro                                                                                                                                                                     | Volumen muestra                                        | Preservación                                                                       | Fuente                                         | Frecuencia |
|--------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------|
| Lunes              | Biológico I                             | Salmonella<br>Shigella                                                                                                                                                        | Crudo 100 ml<br>Efluentes 200 l                        | Enfriamiento<br>4°C                                                                | Crudo 1<br>Primario 1<br>Secundario 1          | 15 días    |
| Martes             | Biológico II                            | Coli<br>Helminfos y<br>parásitos                                                                                                                                              | Crudo 100 ml<br>Efluentes 500 ml<br>4 l                | Enfriamiento<br>4°C                                                                | Crudo 1<br>Primario 1<br>Secundario 1          | Semanal    |
| Miércoles          | Fisicoquímico                           | Alcalinidad<br>Calcio<br>Dureza<br>Cloruro<br>Sol. Susp. Tot.<br>Sol. Susp. Fijos<br>Sol. Tot.<br>Sol. Fijos<br>Sodio<br>Sulfato<br>Conductividad<br>DBO<br>-----<br>Plankton | 2 litros<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>200 ml | Enfriamiento<br>4°C                                                                | Crudo 1<br>Primario 4<br>Secundario 4<br><br>* | Semanal    |
| Jueves             | Nutrientes                              | Nitrato<br>Ortofosfato<br>Sodio<br>-----<br>Nitrato<br>Amoniaco<br>Nitrógeno orgánico                                                                                         | 1 litro<br><br><br><br>1 litro                         | Enfriamiento<br>a<br>4°C<br>-----<br>Enfriamiento<br>4°C y Acidi-<br>ficación pH=2 | Crudo 1<br>Primario 4<br>Secundario 4<br><br>* | Semanal    |
| Lunes a<br>Viernes | Meteorológico<br>Hidráulico<br>y Físico | Flujo<br>Evaporación<br>Temperatura<br>Viento<br>Transparencia                                                                                                                | -                                                      | -                                                                                  |                                                | Diario     |

- 18.30 -

Cuadro 14 (continuación)

| Día                                     | Grupo                                   | Parámetro                                                         | Volumen muestra | Preservación | Fuente                            | Frecuencia |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|-----------------------------------|------------|
| Lunes<br>a<br>Viernes                   | Meteorológico<br>Hidráulico<br>y Físico | Heliofanía<br>Apariencia<br>Olor<br>Espumas<br>Vegetación         | -               | -            | -                                 | Diario     |
| Pruebas<br>continuas<br>durante<br>24 h |                                         | Oxígeno disuelto<br>pH<br>Temp. agua<br>Temp. aire<br>Alcalinidad | -               | -            | Crudo<br>Primario<br>Secundario 0 | Mensual    |

\* Se refiere al total de lagunas incluidas en el estudio

BIBLIOGRAFIA

1. YANEZ, F., Aspectos tecnológicos en operación y mantenimiento de sistemas de agua potable y alcantarillado. Trabajo presentado en el Foro sobre Desarrollo Tecnológico de las Instituciones de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, CEPIS. Lima, 1979.
2. CAVERLY, D.S. Start-up of wastewater treatment plants. Journal Water Pollution Control Federation, 40(4):571-580, Apr. 1968.
3. FILBERT, J.W. Procedures and problems of digester start-up. Journal Water Pollution Control Federation, 39(3):367-372, Mar. 1967.
4. KIFER, L.D. Start-up problems at a metropolitan district plant. Journal Water Pollution Control Federation, 40(7):1338-1345, Jul. 1968.
5. LYNAM, B., MC DONNELL, G. & KRUP, M. Start-up and operation of two new high rate digestion systems. Journal Water Pollution Control Federation, 39(4):518-535, Apr. 1967.
6. VAN KLEEK, L.W. Start-up of separate sludge digesters. Sewage and Industrial Wastes, 30(3):312-313. Mar. 1958.
7. WILEY AND WILSON, INC. Start-up of municipal wastewater treatment facilities. Springfield, National Technical Information Service, 1973. 97 p. Microfiche PB-256 614.
8. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Office of Water Programs. Operation of wastewater treatment plants - a field training program. Washington, D.C., 1971. Division of Manpower and Training. 3 v.
9. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Emergency planning procedures for municipal wastewater treatment facilities. Washington, D.C., 1974. 78 p. PB 256 612/3BE.
10. SACRAMENTO STATE COLLEGE. Department of Civil Engineering. Operation of wastewater treatment plants - a field study training program. Report for U.S. Environmental Protection Agency. 1970.
11. HALL, Phillip G. et al. Estimating laboratory needs for municipal wastewater treatment facilities. Springfield, National Technical Information Service, 1973. 142 p. Microfiche PB-256 613.
12. ALVARES DA SILVA, M.O.S. Análises físico-químicas para controle das estações de tratamento de esgotos, São Paulo. CETESB. 1977.
13. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Estimating staffing for municipal wastewater treatment facilities. Springfield, National Technical Information Service, 1973. 88 p. Microfiche PB-227 321.

14. PATTERSON, W.L. & BANKER, R.F. Estimating costs and manpower requirements for conventional wastewater treatment facilities. Springfield, National Technical Information Service, 1971. 250 p. Microfiche PB-211 132.
15. MICHEL, R.L. Costs and manpower for municipal wastewater treatment plant operation and maintenance. Journal Water Pollution Control Federation, 42(11):1883-1910, Nov. 1970.
16. BURKE, G.W. Estimating personnel needs for wastewater treatment plants. Journal Water Pollution Control Federation, 48(2):241, Feb. 1976.
17. WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. Operation of wastewater treatment plants. Manual of practice No. 11. 1976.
18. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Planificación, proyecto y operación de sistemas monitorios comprensivos de calidad de aguas. Lima, CEPIS, 1975. Documento técnico No. 1.
19. YANEZ, F. & KIRCHMER, C. Literature survey and development of experimental procedures for stabilization ponds. IDRC/Peruvian Ministry of Health/CEPIS Research Project, Evaluation of the San Juan Lagoons. 2nd Progress Report. Lima, CEPIS, 1979.
20. URS RESEARCH COMPANY, San Mateo, California. Procedures for evaluating performance of wastewater treatment plants: a manual. Springfield, National Technical Information Service, 1974. 181 p. Microfiche PB-228 849.

REFERENCIAS ADICIONALES

1. HATFIELD, W.D. Operation of the activated sludge process. Journal Water Pollution Control Federation, 38(6):957-963, Jun. 1966.
2. MICHEL, R.L., PELMOTOR, A.L. & PALANGE, R.C. Operation and maintenance of municipal waste treatment facilities. Journal Water Pollution Control Federation, 41(3):335-354, Mar. 1969.
3. GARBER, W.F. Treatment plant equipment and facilities maintenance. Journal Water Pollution Control Federation, 42(10):1740-1770, Oct. 1970.
4. NELSON, M.K. Operation and maintenance - a responsibility of the design engineer. Journal Water Pollution Control Federation, 36(11):1415-1423, Feb. 1967.
5. BUSTARD, W.B. Electrical maintenance in sewage treatment plants. Journal Water Pollution Control Federation, 32(1):99-104, Jan. 1960.
6. RAPP, W.F. Sewage lagoon maintenance. Journal Water Pollution Control Federation, 32(6):660-662, Jun. 1960.
7. GOODMAN, S.M. Sewer maintenance in Santa Clara County, California. Sewage and Industrial Wastes, 30(1):101-106, Jan. 1958.
8. THAYER, R.C. Mechanical maintenance program. Sewage and Industrial Wastes, 30(9):1194-1196, Sep. 1958.
9. SARGENT, D.H. & RUDICH, D.A. A planned maintenance management program. Springfield, National Technical Information Service, 1973. 120 p. Microfiche PB-233 111.
10. WILLEY & WILSON, INC. Maintenance management systems for municipal wastewater treatment facilities. Springfield, National Technical Information Service, 1973. 123 p. Microfiche PB-256 611.
11. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Safety in the design, operation and maintenance of wastewater treatment works. Contract No. 68-01-0324.
12. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Office of Water Program Operations. Design criteria for mechanical electric, and fluid system and component reliability. Washington, D.C., 1978. 54 p. Report EPA 430-99-74-001.
13. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Office of Water Program Operations. Municipal Operations Branch. Process control manual for aerobic biological wastewater treatment facilities. Washington, D.C., 1976. Microfiche PB 279 474/1BE.

14. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Office of Water Program Operations. Municipal Operations Branch. Package treatment plants operations manual. Washington, D.C., 1977. 97 p. Microfiche 279 444/4BE.
15. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Office of Water Program Operations. Municipal Operations Branch. Operations manual - stabilization ponds. Washington, D.C., 1977. 82 p. Microfiche PB 279 433/6BE.
16. WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. Operation of wastewater treatment plants. Washington, D.C., 1976. Manual of Practice No. 11.
17. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Effluent monitoring procedures: basic parameters for municipal effluents. 1977. 375 p. Report. Microfiche PB 274 877/OBE.
18. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Self monitoring procedures: basic parameters for municipal effluents. Students reference manual. 1977. 272 p. Report. Microfiche PB 274 876/2BE.
19. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Effluent monitoring procedures: Nutrients. Staff guide for conducting the course. 1977. 213 p. Report. Microfiche PB 274 320/1BE.
20. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Effluent monitoring procedures: basic laboratory skills - student reference manual. 1977. 127 p. Report. Microfiche PB 274 321/9BE.
21. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Effluent monitoring procedures: basic laboratory skills - staff guide. 1978. 211 p. Report. Microfiche 282 312/8BE.
22. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Field manual for performance evaluation and trouble-shooting at municipal wastewater treatment facilities. 1978. 411 p. Report. Microfiche 279 448/5BE.
23. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Operations manual - sludge handling and conditioning. 1978. 355 p. Report. Microfiche PB 279 449/3BE.
24. ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Operational control procedures for the activated sludge process. Part I: Observations. Part II: Control tests. 1974. Report. Microfiche PB 286 800/8BE.

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

CONTROL DE FUGAS EN REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA

Ing. Ricardo Rojas  
Conferencista, Proyecto DTIAPA

STOM 19

TALLER PARA INGENIEROS SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 22-26 de octubre de 1979

CONTENIDO

|     |                               |  |
|-----|-------------------------------|--|
| I.  | INTRODUCCION . . . . .        |  |
| II. | AREAS DE CONTROL . . . . .    |  |
|     | 1. AGUAS NATURALES . . . . .  |  |
|     | 2. AGUAS RESIDUALES . . . . . |  |

## I. INTRODUCCION

El laboratorio de análisis de agua, como tal, es una organización que presta servicio de apoyo a otras áreas, por lo tanto para realizar actividades concretas debe interrelacionarse con otras unidades.

En el caso particular de labores de operación y mantenimiento, puede establecerse sistemas de control de agua para bebida en la red de distribución; control de la eficiencia de determinados procesos, bien sea en tratamiento de aguas naturales o residuales y en la evaluación de las condiciones de las aguas utilizadas como fuente de abastecimiento o receptoras de aguas residuales.

## II. ÁREAS DE CONTROL

### 1. Aguas naturales

Los procesos de control, comúnmente realizados en aguas para abastecimiento de poblaciones está dirigido básicamente a los siguientes procesos de control:

- A. Olor y sabor
- B. Biológicos
- C. Bacteriológicos
- D. Demanda de cloro
- E. Cloro residual

- Olor y sabor - El agua en estado puro no tiene olor ni sabor; estos pueden ser causados por bacterias, actinomicetos, hongos o mohos, levaduras, protozoarios, rotíferos, microcrustáceos, algas, vegetación en descomposición, compuestos químicos provenientes de descargas industriales y/o domésticas.

El olor es reconocido como un parámetro que afecta la calidad de dos formas principalmente:

- a. Aceptabilidad del agua de bebida
- b. Manchado de piel de peces u otros organismos acuáticos

Con respecto a la aceptabilidad del agua por parte de los consumidores puede ocasionar el rechazo del sistema público, cambiándola por abastecimientos particulares, aunque estos sean de inferior calidad que el agua potable.

Cabe mencionar que se ha encontrado una íntima correlación entre el contenido de materia orgánica determinada como Extracto Carbón Cloroformo (ECC) con la intensidad de olor y sabor.

Para tratar el olor y sabor en planta es factible de emplear dos métodos, el de destrucción y remoción. Para el primer caso se utiliza compuestos químicos capaces de oxidar la sustancia olorosa. Cloro, bióxido de cloro, ozono y permanganato de potasio se encuentran entre los compuestos más utilizados.

La remoción de olor y sabor está referida más a un mecanismo físico, basado en la eliminación de las sustancias causantes del olor y sabor sin que varíen sus estructuras químicas; las operaciones incluyen aeración, coagulación, floculación, sedimentación y filtración a través de carbón activado.

- Biológicos - Son pruebas útiles para determinar la causa de malos olores y sabores del agua y además facilita la explicación de la formación de crecimientos en tuberías de distribución, filtros y embalses de agua.

En redes de distribución, la característica biológica adquiere mayor importancia cuando se alimenta con aguas no tratadas por coagulación-floculación, presentándose más posibilidades que el limo biológico penetre en las tuberías propiciando el crecimiento de briozoarios como la Plumatella, causante de muchas dificultades en el funcionamiento del sistema.

También pueden sobrevivir organismos como la Dreissena y Asellus que se adhieren con firmeza en las paredes de las tuberías. Aunque estos animales no son patógenos al hombre pueden resultar portadores de gérmenes o virus infecciosos que quedan protegidos de la acción del cloro.

En otras oportunidades se ha podido encontrar en redes de agua abastecidas con agua filtrada la presencia de quistes de amebas, lo cual indica la posible presencia de efectos retrógrados como de sifonaje o conexiones cruzadas.

En aguas embalsadas o cursos de baja velocidad en donde exista nitrógeno y fósforo en concentraciones de 0.3 mg/l y 0.01 mg/l respectivamente, puede dar origen al crecimiento de algas y por consiguiente ocasionar problemas de olor y sabor a las aguas. Algunos estudios indican que la sola presencia de fósforo es necesario para el desarrollo de las algas verde-azules, quienes asimilan el nitrógeno del aire.

La mejor forma de controlar el crecimiento de algas se realiza por medio de la aplicación de sulfato de cobre en concentraciones que varían de acuerdo a la especie predominante, por lo cual deben realizarse pruebas de identificación y susceptibilidad a los compuestos químicos a nivel de laboratorio.

- Bacteriológico - El mayor peligro que presenta el agua de consumo, está en la posibilidad de que se haya contaminado recientemente, por lo general con aguas residuales.

En contaminación por gérmenes patógenos, causantes de enfermedades infecciosas, estos pueden sobrevivir en las aguas y causar casos de enfermedades en los consumidores.

La determinación de los gérmenes patógenos en agua es un método impracticable por los procedimientos laboriosos que tienen que emplearse y en número son casi muy inferiores a los organismos fecales normales los cuales son más fáciles de reconocer. De modo que la ausencia de organismos fecales en muestras de agua puede considerarse como comprobatorio de la no presencia de patógenos; además que como indicadores de contaminación aportan un mayor margen de seguridad.

La determinación de organismos contaminadores en el tratamiento de aguas naturales conduce a evaluar la eficiencia de remoción bacteriológica en cada uno de los procesos, permitiendo tomar medidas correctivas oportunas.

Asimismo la evaluación de las características bacteriológicas de la fuente de agua cruda, ayuda a decidir los procesos de acondicionamiento previos que es necesario someter al agua antes de potabilizarla.

- Demanda de cloro y cloro residual - Existiendo materia orgánica en el agua, el cloro reacciona con él, no manifestándose ni como cloro residual libre o combinado. El cloro por ser un fuerte oxidante reacciona primeramente con la materia orgánica del agua, formando un compuesto de muy baja capacidad de oxidación que no tiene acción destructiva sobre los microorganismos, ni de ser detectado como cloro activo.

La determinación de la demanda de cloro es de importancia por permitir cuantificar la dosis necesaria de cloro que garantice un abastecimiento de agua de calidad bacteriológica aceptable.

Las pruebas bacteriológicas como método de vigilancia de la calidad del agua tiene el inconveniente de consumir mucho tiempo para el resultado, pudiendo demorar hasta 96 horas desde el muestreo hasta el reporte final del análisis.

La prueba de cloro residual es a menudo un método útil para controlar la calidad del servicio, se realiza fácil y rápidamente, no es costosa y tiene la ventaja de advertir inmediatamente si la calidad del agua es anormal o poco satisfactoria. La existencia de cloro en concentración adecuada durante un tiempo suficiente garantiza razonablemente que el agua está exenta de bacterias patógenas.

Si bien la cloración es un método importante de control de la calidad bacteriológica del agua, no debe reemplazar a las pruebas de laboratorio dirigida a la detección de organismos de origen fecal.

## 2. Aguas residuales

Principalmente los procesos de control aplicados a aguas residuales están dirigidos a:

- A. Demanda bioquímica de oxígeno
- B. Biológicos
- C. Bacteriológicos

- Demanda bioquímica de oxígeno - La prueba de DBO es utilizada en la determinación de los requerimientos relativos de oxígeno de las aguas residuales domésticas e industriales. Su aplicación en la disposición de aguas residuales a cursos receptores permite calcular el efecto de ésta sobre el oxígeno disuelto. Además es un parámetro comúnmente utilizado en el desarrollo de criterios de ingeniería para el diseño de plantas de aguas residuales.

Los valores de DBO no pueden ser comparados a menos que los resultados hayan sido obtenidos bajo condiciones similares que incluyen incubación en la oscuridad a 20°C por un período de tiempo determinado, a menudo durante cinco días.

La prueba es de valor limitado por ser un procedimiento empírico de bioensayo que cuantifica el oxígeno disuelto consumido por la vida microbiana mientras asimila y oxida la materia orgánica presente; estando la velocidad de la tasa de consumo de oxígeno ligada a la cantidad de materia orgánica y al tipo de microorganismos.

Extrapoblación de resultados de laboratorio a las condiciones imperantes en un río es altamente cuestionable por que no reproduce condiciones tales como temperatura, luz solar, población biológica, movimientos de masa y concentración de oxígeno.

Las muestras destinadas al análisis de DBO pueden sufrir degradación apreciable como consecuencia del manipuleo, preservación inadecuada o almacenaje. Asimismo existen muestras que requieren de inóculo específico, el cual debe ser preparado artificialmente en el laboratorio para determinarse la exacta DBO, de lo contrario los resultados dan estimaciones menores a la realidad.

- Biológicos - La identificación de microorganismos biológicos está dirigida a determinar la cantidad y tipo de animálculos presentes en los procesos de tratamiento o en los efluentes de las plantas purificadoras.

Dependiendo del tipo de tratamiento puede evaluarse a través de los microorganismos presentes el funcionamiento de los distintos procesos. Del mismo modo obtener eficiencias de remoción de parásitos o protozoarios dañinos al hombre al final del tratamiento.

- Bacteriológicos - El recuento de organismos coliformes en aguas residuales está dirigido a evaluar la eficiencia del proceso de tratamiento en cuanto a reducción de microorganismos patógenos. Es posible que en estos casos resulte práctico la evaluación directa de patógenos tales como Salmonella, Shigella, Vibrio cholera, etc., para investigar su capacidad de supervivencia en los procesos pero solamente como inquietud científica y no en forma rutinaria.



PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

CONTROL DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA  
EQUIPO BÁSICO PARA UN LABORATORIO DE AGUAS

Dr. Cliff J. Kirchner  
Asesor en Química del Agua y Laboratorios

STOM 20

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

CONTENIDO

|    |                                                                     |
|----|---------------------------------------------------------------------|
| A. | PLANTA CONVENCIONAL PARA LA REMOCION DE TURBIEDAD Y/O COLOR . . . . |
| B. | PLANTA PARA REMOCION DE HIERRO Y/O MANGANESO . . . . .              |
| C. | PLANTA DE ABLANDAMIENTO . . . . .                                   |
| D. | POZO CON CLORACION SIMPLE . . . . .                                 |
| E. | FLUORACION . . . . .                                                |
|    | ANEXO I . . . . .                                                   |
|    | ANEXO II . . . . .                                                  |

CONTROL DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA

Toda planta de tratamiento de agua debería contar con un laboratorio para el control de los procesos de tratamiento. Aunque en algunos casos dicho laboratorio no tendría la capacidad requerida para efectuar todos los ensayos para los elementos y compuestos indicados en las Normas Internacionales para el Agua Potable de la OMS, deberá existir, por lo menos, un laboratorio central que pueda realizar periódicamente un análisis completo de todas las aguas.

A. PLANTA CONVENCIONAL PARA LA REMOCION DE TURBIEDAD Y/O COLOR

Los ensayos básicos de una planta convencional deben incluir:

- Prueba de jarras
- Turbiedad
- Color
- Alcalinidad
- Temperatura
- pH
- Dureza total
- Dureza cálcica
- Cloro residual libre
- Cloro residual total
- Indice de Langelier (Ensayo de mármol)
- Bacterias coliformes

El ensayo para la determinación de bacterias coliformes puede hacerse a través de los métodos siguientes:

- 1) Método del número más probable (ensayo presuntivo y confirmativo) o por
- 2) Método del filtro de membrana.

Algunas plantas pueden requerir ensayos especiales, tales como:

- Aluminio residual
- Hierro
- Manganeso
- Sabor
- Olor, etc.

Los métodos analíticos a emplearse podrían ser los de la última edición del libro "Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater", si no se indicase otro método.

Prueba de jarras

Cada planta convencional debe tener un aparato de prueba de jarras. Dicho instrumento permitirá una variación de velocidad de las paletas de 30 a 100 rpm; con él determinará la planta la dosis de coagulante necesaria cada vez que hayan cambios de calidad en el agua, especialmente en lo que a turbiedad y color se refiere.

Además de este ensayo básico, la prueba de jarras sería utilizada para determinar el efecto del pH, de velocidad de floculación, etc. Para mayores detalles sobre el uso de la prueba de jarras en plantas de tratamiento se recomienda el libro "Métodos de Evaluación de Procesos en Plantas de Tratamiento de Agua" del CEPIS/OPS, que está en vías de publicación.

Turbiedad

Se recomienda controlar la turbiedad en forma estricta. Se debe evaluar en cada etapa del tratamiento (ejemplo: agua cruda, agua sedimentada, agua tratada) por lo menos cada 8 horas, y cuando esté cambiando rápidamente cada hora. A este respecto, es recomendable instalar turbidímetros de registro continuo para un control aun más estricto, especialmente en aquellas plantas cuya turbiedad varía en forma rápida; estos turbidímetros están dotados de alarmas que funcionan cuando el proceso está fuera de control.

Se recomiendan los siguientes límites de turbiedad para los procesos de tratamiento:

|                          | <u>Límite<br/>recomendable</u> | <u>Máximo<br/>aceptable</u> |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Antes de la filtración   | 5                              | 15                          |
| Después de la filtración | 1                              | 5                           |

Se recomienda usar un turbidímetro nefelométrico para la medición de turbiedad. Para la medición más exacta de la turbiedad se fabrican modelos de laboratorio y de registro continuo.

Color

Al igual que la turbiedad, se recomienda medir el color después de cada etapa de tratamiento. Después de la filtración la concentración máxima deseable sería de 5 unidades, con una concentración máxima permisible de 15 unidades.

### Alcalinidad

La alcalinidad es un parámetro básico en tratamiento de agua. En primer lugar, se necesita una cierta concentración de alcalinidad para que haya coagulación con sales de aluminio o sales férricas. De no haber suficiente alcalinidad, habría que agregarla en forma de cal u otro alcalinizante.

En segundo lugar, el agua debe contener una mínima concentración de alcalinidad para que no se presenten problemas de corrosión. Se dice que toda agua con menos de 35 mg/l de alcalinidad (expresada como  $\text{CaCO}_3$ ) es corrosiva. En general, se debe agregar cal u otro alcalinizante cuando el agua sea corrosiva, de acuerdo al índice de Langelier o al ensayo de mármol.

### Temperatura

La temperatura no es un factor importante en la potabilidad del agua. Sin embargo puede influenciar los procesos de tratamiento, como la coagulación y la sedimentación. Además el agua de muy baja o muy alta temperatura puede ser rechazada por el consumidor por no encontrarla agradable.

### pH

Es un parámetro básico que debe medirse en toda agua. En el agua tratada debe estar en el rango de 6.5 a 9.2 y, preferentemente, de 7.0 a 8.5 según las Normas Internacionales.

El pH incide también en el tratamiento, especialmente en lo que a coagulación, desinfección y estabilización del agua se refiere.

La coagulación para la remoción de la turbiedad generalmente se consigue en un rango de pH de 6.0 a 7.8, mientras que la coagulación para la remoción del color generalmente se consigue entre 4 y 6. El valor óptimo del pH de coagulación debe determinarse por medio de pruebas de jarras.

La desinfección con cloro es más efectiva a un nivel bajo de pH. Esto se debe a la mayor efectividad del ácido hipocloroso comparado con el ion hipoclorito, y al hecho de que el ácido hipocloroso predomina con valores de pH bajos.

La estabilidad del agua depende del pH. La planta debe producir un agua que no sea ni corrosiva ni incrustante. En la práctica significa que el pH del agua tratada debe ser ligeramente mayor que el pH de saturación (pHs). En otras palabras, el índice de saturación debe ser ligeramente positivo.

### Dureza total

La dureza total no es un parámetro esencial pero puede indicar en forma general el grado del daño causado por el exceso de dureza en el agua. Su determinación puede hacerse en forma ocasional.

### Dureza cálcica

La dureza cálcica debe determinarse en forma rutinaria para poder calcular el índice de Langelier, esencial para la producción de un agua estable.

### Cloro residual (total y libre)

Este parámetro, junto con la turbiedad, el color y los coliformes totales son los más importantes en el control del tratamiento de agua potable.

Es importante controlar no solamente el cloro total sino también el cloro libre. Puesto que el cloro libre es más efectivo como desinfectante que el cloro combinado, el tratamiento debe lograr un residuo de cloro libre en los puntos más distantes de la red de distribución que debe ser de por lo menos 0.3 miligramos por litro.

En caso de no haber cloro libre, el contenido de cloro combinado en los puntos más distantes de la red de distribución debe oscilar entre 1.0 y 2.0 miligramos por litro.

Al igual que en el caso de la turbiedad, es aconsejable instalar un medidor de registro continuo para el cloro residual.

En caso de no tener un registro continuo, la frecuencia de medición del cloro dependerá del tiempo de contacto. Si este es corto (15 minutos o menos) se recomienda efectuar la medición por lo menos cada hora; si es largo (varias horas) se recomienda efectuar mediciones en la planta cada 8 horas, y diariamente en varios puntos de la red de distribución. En los casos en que se utilice precloración se debe determinar el cloro residual, de haberlo, durante el proceso de tratamiento.

La efectividad de la cloración depende de varios factores, siendo los más importantes el tiempo de contacto, la temperatura, el pH y la turbiedad. Por lo tanto, es esencial mantener un archivo de todos estos parámetros y relacionarlos con la dosis necesaria de cloro.

El archivo sobre cloración debe incluir además:

- (a) la rata de flujo y el volumen de agua tratada por unidad de tiempo (archivo continuo)
- (b) el peso de los cilindros de cloro en uso y su peso luego de un período de tiempo escogido (24 horas o menos) (registro continuo)
- (c) peso del cloro usado durante el período de tiempo escogido
- (d) volumen de agua tratada en el período de tiempo escogido
- (e) dosis de cloro aplicada durante el período de tiempo escogido
- (f) lectura del clorador (chlorinator control's settings) y
- (g) tiempo y ubicación del muestreo para cloro total y cloro libre.

Para el análisis de cloro residual (total y libre) se recomienda el método de DPD ferroso.

El Departamento de Salud de los Estados Unidos ha demostrado mediante estudios que este método es más exacto que el método tradicional de ortotolidina. En todo caso, el método usado debe ser uno de los mencionados en el libro "Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater".

#### Índice de Langelier

El índice de Langelier debe ser determinado en todas las plantas. Permite estimar si el agua es corrosiva o incrustante y, por lo tanto, determinar las dosificaciones de cal u otra sustancia necesarias para producir un agua estable.

El índice de Langelier se define como:

$$I = \text{pH} - \text{pHs}$$

donde  $I$  = Índice de Langelier  
 $\text{pH}$  = pH del agua tratada, y  
 $\text{pHs}$  = pH de saturación con respecto al carbonato de calcio

Se recomienda que  $I$  se aproxime a más 0.3.

El  $\text{pHs}$  puede ser calculado en base de un nomógrafo si se conocen los valores para sólidos totales, alcalinidad y calcio (véase el libro "Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater").

Como alternativa para la determinación del índice de Langelier, se puede hacer el ensayo de mármol, que consiste en determinar el pH del agua antes y después de tener contacto con el agua tratada.

Si el agua es estable, el pH no cambia. Si es corrosiva, el pH sube, y si es incrustante el pH baja. Se recomienda que el agua sea ligeramente encrustante.

Tanto el índice de Langelier como el ensayo de mármol deben complementarse con una inspección regular de la red de distribución para determinar si se está produciendo o no un agua estable.

#### Bacterias coliformes

Junto con la turbiedad, el color y el cloro residual, la determinación de bacterias coliformes es uno de los parámetros más importantes para el agua potable. La frecuencia de esta determinación depende del volumen de agua tratada, el grado de contaminación del agua cruda, y la variación en calidad del agua cruda. Sin embargo, por lo menos debe efectuarse una vez por semana para el agua tratada.

También deben controlarse los coliformes existentes en la red de distribución. El número de muestras por mes depende de la población servida. En ningún caso, incluso en poblaciones de 1000 habitantes, el número de muestras examinadas debe ser menor que 4 por mes.

Puesto que este ensayo es algo más complejo que los antes citados, se puede encargar su realización a un laboratorio regional. Sin embargo es preferible que la propia planta lo realice.

#### B. PLANTA PARA REMOCION DE HIERRO Y/O MANGANESO

Los ensayos básicos de una planta para remoción de hierro y/o manganeso deben incluir:

Hierro y/o manganeso  
pH  
Alcalinidad  
Dureza cálcica  
Índice de Langelier (ensayo de mármol)  
Cloro residual libre  
Cloro residual total  
Bacterias coliformes

El ensayo para bacterias coliformes puede hacerse por medio de:

- (a) método del número más probable (ensayo presuntivo y confirmativo) o por
- (b) método del filtro de membrana

En algunas plantas pueden ser necesarios otros ensayos especiales, como por ejemplo:

Sabor  
Olor  
Turbiedad  
Color  
Prueba de jarras  
Bacterias Crenothrix, etc.

#### Hierro y/o manganeso

Estos dos ensayos se incluyen por razones obvias. Son necesarios para controlar el proceso de tratamiento y obtener el grado deseado de remoción.

#### pH

Es un parámetro importante en toda planta de tratamiento, en especial en las plantas de remoción de hierro y manganeso, ya que ésta se efectúa en forma más eficiente con valores de pH altos.

#### Alcalinidad

La alcalinidad es un valor importante, porque influye en la remoción del hierro y del manganeso, ya sea que ésta se efectúe en forma de carbonato ferroso o de hidróxidos de hierro o manganeso. También es necesario conocerla para poder calcular el índice de Langelier.

#### Dureza cálcica, índice de Langelier (ensayo de mármol), cloro residual libre, cloro residual total y bacterias coliformes

Todos estos ensayos deben hacerse por las mismas razones citadas en el caso A (remoción de turbiedad y/o color).

#### C. PLANTA DE ABLANDAMIENTO

Los ensayos básicos de una planta de ablandamiento - remoción de iones de calcio y magnesio - deben incluir: (nos referimos únicamente a plantas de ablandamiento que utilizan los procesos de cal o cal/soda):

Prueba de jarras  
pH  
Dureza total  
Dureza cálcica  
Alcalinidad  
Bióxido de carbono  
Índice de Langelier (ensayo de mármol)  
Cloro residual libre  
Cloro residual total  
Bacterias coliformes

En algunas plantas pueden ser necesarios otros ensayos especiales, como por ejemplo:

Sabor  
Olor  
Turbiedad  
Color  
Fosfatos  
Hierro  
Manganeso

#### Prueba de jarras

La prueba de jarras es esencial para determinar la dosis de cal o cal/soda necesaria para poder lograr el grado de remoción de dureza que se desee. Las características del aparato serán las mismas que en el caso A (remoción de color y/o turbiedad).

#### pH

La determinación del pH es esencial en el control del proceso de ablandamiento. El pH normal para máxima remoción del calcio en forma de  $\text{CaCO}_3$  es de 10.3, pero el pH varía de una planta a otra de acuerdo con el grado de remoción de calcio que se desee obtener. La remoción del magnesio en forma de  $\text{Mg(OH)}_2$  necesita de un pH mayor - aproximadamente 11.2. Sin embargo, al igual que en el caso del calcio, el pH varía de una planta a otra, e incluso muchas plantas no remueven magnesio por ser más costoso este proceso que la remoción de calcio.

El pH también es importante en el proceso de recarbonatación. Después de ablandar el agua y antes de filtrarla es necesario bajar el pH para no causar problemas de incrustación en los filtros y en la red de distribución. El índice de Langelier o el ensayo de mármol pueden utilizarse para determinar el grado necesario de recarbonatación.

En muchas plantas conviene tener un registro continuo de pH y, en algunos casos, incluso tener un control automático de dosificación en base al pH.

#### Dureza total

Es necesario determinar la dureza total tanto en el agua cruda como en la tratada por ser el parámetro clave en la determinación de la eficiencia de tratamiento.

#### Dureza cálcica

La dureza cálcica es removida con mayor frecuencia que la magnésica. Por lo tanto, al igual que la dureza total, debe ser determinada tanto en el agua cruda como en la tratada.

Para la mayoría de las aguas la dureza magnésica puede ser calculada como la diferencia entre dureza total y dureza cálcica.

Alcalinidad

La alcalinidad es muy importante en las plantas de abastecimiento ya que permite determinar qué cantidad de dureza carbonatada se encuentra en el agua. La dureza no carbonatada se calcula como la diferencia entre la dureza total y la carbonatada.

Resulta más costoso remover la dureza no carbonatada que la carbonatada. La alcalinidad es también importante para determinar la estabilidad del agua tratada, ya sea por el índice de Langelier o por el ensayo de mármol.

Bióxido de carbono

Es necesario conocer la concentración de bióxido de carbono en el agua cruda a fin de poder calcular la dosis de cal requerida para su remoción.

Índice de Langelier (ensayo de mármol)

Es necesario determinar uno o ambos de estos parámetros para poder producir un agua estable. La falta de control de la recarbonatación resultaría en la cementación de los filtros (formación de depósito de CaCO<sub>3</sub>) en grado tal que tendrían que ser reconstruidos. Por lo tanto, la producción de un agua estable es aun más importante en este caso que en los anteriores de remoción de turbiedad y/o color, o remoción de hierro y/o manganeso.

Cloro residual libre, cloro residual total y bacterias coliformes

Es necesario el control estricto de estos parámetros por las mismas razones citadas en el caso A (remoción de turbiedad y/o color).

D. POZO CON CLORACION SIMPLE

Este es el tipo de planta más simple y probablemente el más común. Los ensayos básicos de control para un pozo con cloración simple son mínimos pero igualmente importantes de realizar. Entre ellos tenemos:

- pH
- Alcalinidad
- Dureza cálcica
- Índice de Langelier
- Cloro residual libre
- Cloro residual total
- Bacterias coliformes

En algunas plantas pueden ser necesarios otros ensayos especiales, como por ejemplo:

- Sabor
- Olor
- Turbiedad
- Color
- Bióxido de carbono
- Anhídrido sulfuroso, etc.

pH, alcalinidad, dureza cálcica, índice de Langelier (ensayo de mármol)

Todos estos ensayos son necesarios para poder producir un agua estable (ni corrosiva ni incrustante).

Cloro residual (libre y total)

Estos ensayos son necesarios por las razones citadas en el caso A (remoción de turbiedad y/o color).

E. FLUORACION

La fluoración es un proceso que puede ser aplicado a cualquiera de las plantas mencionadas en A-D. Se recomienda dosificar el ion fluoruro según la temperatura promedio anual del aire (ver tabla 1).

Tabla 1

Concentraciones de Fluoruro Recomendadas para Agua Potable

| Promedio anual de temperaturas máximas del aire en °C | Límites recomendados para los fluoruros (en F) (mg/l) |          |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------|
|                                                       | Inferior                                              | Superior |
| 10.0 - 12.0                                           | 0.9                                                   | 1.7      |
| 12.1 - 14.6                                           | 0.8                                                   | 1.5      |
| 14.7 - 17.6                                           | 0.8                                                   | 1.3      |
| 17.7 - 21.4                                           | 0.7                                                   | 1.2      |
| 21.5 - 26.2                                           | 0.7                                                   | 1.0      |
| 26.3 - 32.6                                           | 0.6                                                   | 0.8      |

Para evaluar el contenido de fluoruros en el agua se recomienda utilizar el método electroquímico con el electrodo específico de fluoruro; es muy exacto y evita tener que efectuar una destilación previa.

Los archivos para una planta de fluoración deben incluir:

- a) Cantidad de agua tratada durante cada período de 24 horas.
- b) Cantidad del compuesto de fluoruro utilizado.
- c) Cantidad del ion fluoruro utilizado.
- d) Dosaje teórico en miligramos de ion fluoruro por litro de agua tratada.
- e) Lectura de la máquina dosificadora.
- f) Cantidad del compuesto de fluoruro en reserva.
- g) Concentración de ion fluoruro en el agua tratada, determinada en el laboratorio.

ANEXO I

EQUIPO BASICO PARA UN LABORATORIO DE AGUAS

| Cantidad | Descripción                                                                       | Precio Aproximado |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 8        | Termómetros                                                                       | EUA\$ 32.00       |
| 1        | Balanza analítica H33AR                                                           | 1,710.00          |
| 1        | Incubadora, 35°C                                                                  | 600.00            |
| 1        | Incubadora, DBO, 20°C                                                             | 995.00            |
| 1        | Autoclave                                                                         | 880.00            |
| 1        | Baño de vapor                                                                     | 245.00            |
| 1        | Refrigeradora                                                                     | 600.00            |
| 1        | Aparato de prueba de jarras                                                       | 480.00            |
| 1        | Horno de mufla                                                                    | 500.00            |
| 1        | Aparato Kjeldahl                                                                  | 565.00            |
| 1        | Baño de agua caliente                                                             | 400.00            |
| 1        | Horno de secar                                                                    | 550.00            |
| 1        | Espectrofotómetro, Spectronic 20 o equivalente                                    | 550.00            |
| 1        | Medidor de pH, escala expandida                                                   | 870.00            |
| 1        | Medidor de oxígeno disuelto, Yellow Springs Inst. modelo 57 o equivalente         | 600.00            |
| 1        | Microscopio, Baush & Lomb o equivalente                                           | 1,516.00          |
| 1        | Equipo completo, filtro de membrana                                               | 400.00            |
| 1        | Centrífuga                                                                        | 250.00            |
| 1        | Equipo portátil de campo para análisis químico HACH DR-EL o equivalente           | 550.00            |
| 1        | Cocinilla eléctrica                                                               | 150.00            |
| 1        | Balanza simple (trip balance)                                                     | 80.00             |
| 1        | Fluorómetro, Turner Modelo 110 o equivalente completo con filtros                 | 1,600.00          |
| 1        | Medidor de conductividad con celdas Yellow Springs Inst., modelo 31 o equivalente | 600.00            |
| 1        | Destilador de agua, 1 galón/hora                                                  | 450.00            |
| 1        | Muestreador de oxígeno disuelto                                                   | 100.00            |
| 1        | Turbidímetro, HACH 2100 A o equivalente                                           | 685.00            |
|          | Material de vidrio: botellas, frascos, vasos, etc.                                | 1,500.00          |
|          | Reactivos y accesorios para análisis específicos                                  | 2,500.00          |
|          | TOTAL                                                                             | EUA\$19,958.00    |

ANEXO II

CRITERIOS PARA LA SELECCION DE METODOS ANALITICOS

- I. El problema
- A. El uso múltiple de recursos hídricos requiere de diferentes pruebas y diversas interpretaciones correspondientes al uso específico.
- B. Los usos específicos incluyen agua potable, industrial, de irrigación, reserva y vida silvestre, así como para peces y otras formas de vida acuática.
- C. Algunos parámetros importantes son: turbiedad, temperatura, pH, alcalinidad, oxígeno disuelto, sólidos en suspensión, sólidos disueltos, conductancia específica, dureza, fenol, cianuros, cloruros, varias formas de nitrógeno, varias formas de fósforo, sulfatos, zinc, cobre, hierro, plomo, níquel, manganeso, boro, sodio, coliformes totales y fecales.
- II. Guías para la selección de un método analítico
- A. Se prefieren los métodos legales
- B. Parámetros químicos o físicos incluidos
1. Concentración importante
    - a. Procedimientos macroquímicos: volumétricos, gravimétricos
    - b. Procedimientos microquímicos: espectrofotométricos, colorimétricos
  2. El método debe ser específico
    - a. Limpieza adecuada
    - b. Eliminación de interferencias
- C. Habilidad analítica y tiempo requerido
1. Se pueden definir cuatro niveles de habilidad:
    - a. Categoría 1 - Operación que puede realizar un subprofesional de mediana habilidad y con antecedentes limitados
    - b. Categoría 2 - La operación requiere de un auxiliar experimentado (subprofesional) con antecedentes en técnicas generales de laboratorio y algún conocimiento de química, o si no un profesional que ha tenido poco entrenamiento o experiencia
    - c. Categoría 3 - Indica un procedimiento complejo que requiere un buen antecedente de técnicas analíticas
    - d. Categoría 4 - Un procedimiento mucho más complejo que requiere experiencia en instrumentos complicados; la determinación requiere un analista especializado que interprete los resultados.
  2. Categorización de habilidad y tiempo para las operaciones de análisis estándares:

|               | Medición                           | Habilidad requerida (Nº de categoría) | Nº/día    |
|---------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------|
|               | pH                                 | 1                                     | 100 - 125 |
| Simple        | Conductividad                      | 1                                     | 100 - 125 |
| Instrumental  | Turbiedad (HACH 2100)              | 1                                     | 75 - 100  |
|               | Color                              | 1                                     | 60 - 75   |
|               | OD (prueba)                        | 1,2                                   | 100 - 125 |
|               | Fluoruro (prueba)                  | 1,2                                   | 100 - 125 |
|               | Alcalinidad (potenciométrica)      | 1                                     | 50 - 75   |
| Simple        | Acidez (potenciométrica)           | 1                                     | 50 - 75   |
| Volumétrica   | Cloruro                            | 1                                     | 100 - 125 |
|               | Dureza                             | 1                                     | 100 - 125 |
|               | OD (Winkler)                       | 1,2                                   | 75 - 100  |
|               | Sólidos en suspensión              | 1,2                                   | 20 - 25   |
| Simple        | Sólidos disueltos                  | 1,2                                   | 20 - 25   |
| Gravimétrica  | Sólidos volátiles                  | 1,2                                   | 25 - 30   |
|               | Sólidos totales                    | 1,2                                   | 25 - 30   |
|               | Nitrito N (manual)                 | 2                                     | 75 - 100  |
| Simple        | Nitrato N (manual)                 | 2                                     | 40 - 50   |
| Colorimétrica | Sulfato (turbidimétrico)           | 2                                     | 100 - 125 |
|               | Sílice                             | 2                                     | 100 - 125 |
|               | Arsénico                           | 2,3                                   | 20 - 30   |
|               | DBO                                | 2,3                                   | 30 - 40*  |
| Compleja      | DQO                                | 2,3                                   | 25 - 30   |
| Volumétrica   | COT                                | 2,3                                   | 25 - 30   |
|               | Fósforo, total                     | 2,3                                   | 50 - 60   |
| Colorimétrica | Fenol (solo destilación)           | 2,3                                   | 20 - 30   |
|               | Aceite y grasa (Soxhlet)           | 2,3                                   | 15 - 20   |
|               | Fluoruro (destilación)             | 2,3                                   | 25 - 30   |
|               | Cianuro                            | 2,3                                   | 10 - 15   |
|               | Metales por absorción atómica (AA) | 2,3                                   | 150       |
|               | (Sin tratamiento preliminar)       |                                       |           |

\* Depende del tipo de muestra

|              | <u>Medición</u>                                         | <u>Habilidad requerida<br/>(Nº de categoría)</u> | <u>Nº/día</u> |
|--------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------|
|              | Metales por AA                                          | 2,3                                              | 60 - 80       |
| Instrumental | (Con tratamiento preliminar)                            |                                                  |               |
| Especial     | Pesticidas por cromatografía de Gas (CG) (sin limpieza) | 3,4                                              | 3 - 5         |
|              | Pesticidas por CG (Con limpieza)                        | 3,4                                              | 2 - 4         |

En el listado anterior se ha supuesto tácitamente que las unidades múltiples analíticas se obtienen para mediciones que requieren equipo especial, o sea cianuros, fenoles, amoníaco, nitrógeno y DQO. Para algunas mediciones instrumentales simples o volumétricas simples, se supone que se requieren otras operaciones tales como filtración, dilución o lecturas duplicadas; en esos casos el número de mediciones hechas por día puede ser menor de lo que uno normalmente anticiparía.

### III. Manuales de métodos para análisis químicos

- A. Métodos Estándares para el Examen de Agua y Agua Residual. 14a edición, 1975. Preparado y publicado conjuntamente por American Public Health Association, American Water Works Association y Water Pollution Control Federation.
  1. Métodos designados "Estándar" - han sido extensamente estudiados y aceptados como aplicables dentro de los límites de sensibilidad, precisión y exactitud registrada.
  2. Métodos designados "Tentativos" - aún se encuentran bajo investigación y no han sido totalmente evaluados.
- B. Métodos para Análisis Químicos de Agua y Residuos, 1974. Environmental Protection Agency of the United States.
- C. American Society for Testing Materials (ASTM) publica varios manuales sobre análisis del agua, particularmente análisis de agua industrial.
- D. United States Geological Survey (USGS) publica el manual "Collection and Analyses of Water Samples for Dissolved Minerals and Gases". Tech. Water Resources Inv., Bk. 5, Chap. A1.
- E. Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). La metodología es más importante que los métodos de análisis del agua para el manual de AOAC.
- F. Handbook for the U.S. Salinity Laboratory Staff (Manual No. 60, 1954). Es esencial en los análisis de agua para riego.
- G. Simplified Procedures for Water Examination - Laboratory Manual. AWWA No. M12, 1975. Este manual será publicado próximamente en español por la OPS.

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

POLÍTICAS DE RECURSOS HUMANOS EN SISTEMAS DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO

Ing. Horst Otterstetter  
Consultor a Corto Plazo OPS/OMS-CEPIS

STOM 21

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

CONTEÚDO

|    |                                                                                  |
|----|----------------------------------------------------------------------------------|
| .  | RESUMO . . . . .                                                                 |
| 1. | INTRODUÇÃO . . . . .                                                             |
| 2. | POLÍTICA DE RECRUTAMENTO E SELEÇÃO . . . . .                                     |
| 3. | AValiação DO DESEMPENHO . . . . .                                                |
| 4. | PLANO DE CARGOS E SALÁRIOS - POLÍTICA DE PROMOÇÃO E TRANS-<br>FERÊNCIA . . . . . |
| 5. | POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO . . . . .                                            |
| 6. | REGIME DE TRABALHO . . . . .                                                     |
| 7. | POLÍTICA DE BENEFÍCIOS . . . . .                                                 |
| 8. | HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO . . . . .                                        |

Resumo

O presente trabalho, apresentado no "Simpósio sobre Operación y Mantenimiento de Sistemas de Abastecimento de Água Potable y Alcantarillado" em agosto de 1979 na CEPIS em Lima - Perú, aborda aspectos gerais dos cargos técnicos que existem em sistemas de abastecimento de água potável e sistemas de esgotos sanitários.

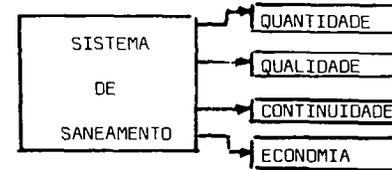
São apresentadas algumas das condições que precisam ser consideradas ao se proceder ao recrutamento e seleção de pessoal para ocupar postos de trabalho com características específicas principalmente os postos em regime de 24 horas por dia.

As políticas de desenvolvimento e promoção horizontal e vertical, por contribuírem decisivamente para a estabilidade do ambiente de trabalho e para a satisfação tanto individual como integrantes fundamentais de uma política de pessoal adequado.

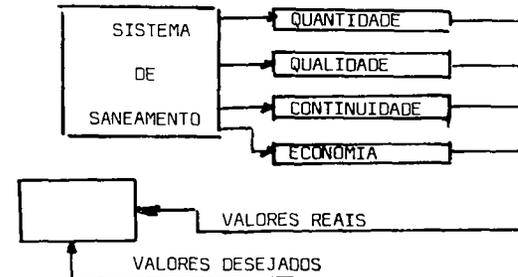
O trabalho conclui com considerações sobre condições de higiene e segurança de alguns postos de trabalho nos sistemas de água e esgotos.

1. Introdução

Os sistemas de saneamento, água e esgotos, podem ser comparados com qualquer outro sistema de produção, onde se exige qualidade, quantidade e continuidade do produto e serviço, ao menor custo possível.



Para tanto é necessário estabelecer os respectivos padrões de performance, bem como os valores padrões para cada um. Apenas assim pode-se comparar os valores reais obtidos, contra os valores desejados, e tomar as necessárias medidas corretivas.

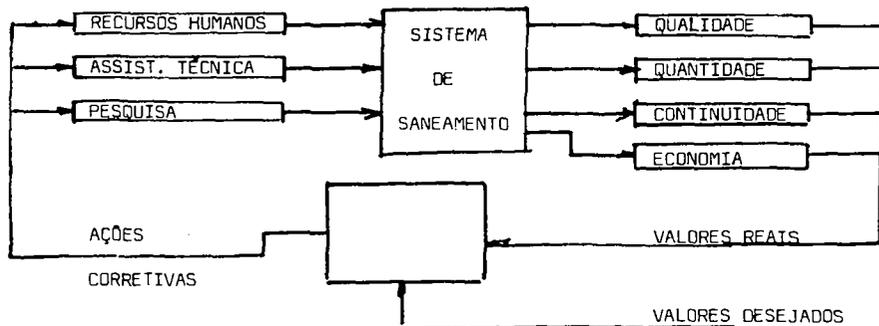


Um sistema de saneamento, composto de recursos materiais, recursos técnicos, recursos humanos e tecnologia, tem seu desempenho dependente da qualidade de cada um destes componentes. Desse modo, a qualidade dos recursos técnicos é função da qualidade do projeto, da qualidade de conformidade e da qualidade da assistência técnica que recebem.

A qualidade da tecnologia é função, entre outras, da pesquisa que se desenvolve.

A qualidade dos recursos humanos, por seu lado, é simultaneamente função de uma série de fatores e circunstâncias entre os quais devem ser destacados: os critérios de recrutamento e seleção; o ambiente de trabalho; os critérios de desenvolvimento e promoção, mas fundamentalmente o grau de envolvimento e de sensibilidade com o posto e com a finalidade do seu trabalho.

Uma unidade de controle, permanentemente informada dos valores reais obtidos, fará a comparação com os valores ideais desejados e apontará as necessárias ações de correção quer sobre os recursos humanos, quer sobre a assistência técnica, quer sobre a pesquisa ou aquisição de tecnologia.



Esta política de recursos humanos pode objetivamente ser definida como sendo um conjunto de normas, procedimentos e atitudes que visam dotar a empresa de instrumentos que permitem a

aquisição, capacitação e preservação de material humano de modo a atingir e manter os padrões de performance da empresa e ainda manter um perfeito equilíbrio entre os interesses da empresa e do empregado.

Os postos de trabalho nos sistemas de água e esgotos podem ser sucintamente apresentados como segue:

Sistema de água

| Atividade     | instalação                       |
|---------------|----------------------------------|
| Operação      | Estações de tratamento de água   |
|               | Estações de bombeamento          |
|               | Estações rebaixadoras de pressão |
|               | Aduadoras                        |
|               | Redes de distribuição            |
|               | Equipamento auxiliar             |
| Manutenção    | Manancial                        |
|               | Aduadoras                        |
|               | Estações de tratamento           |
|               | Reservatórios                    |
|               | Redes de distribuição            |
|               | Ramais                           |
|               | Equipamento auxiliar             |
| Administração | Oficinas                         |
|               | Almoxarifados                    |
|               | Garagens                         |
|               | Escritórios                      |

Sistema de esgoto

| Atividade     | instalação                        |
|---------------|-----------------------------------|
| Operação      | Estações de bombeamento           |
|               | Estações de tratamento de esgotos |
|               | Equipamento auxiliar              |
| Manutenção    | Ramais                            |
|               | Redes coletoras de esgotos        |
|               | Estações de bombeamento           |
|               | Estações de tratamento            |
|               | Emissários                        |
|               | Equipamento auxiliar              |
| Administração | Oficinas                          |
|               | Almoxarifados                     |
|               | Escritórios                       |

A quantidade e os níveis do pessoal para cada um destes postos varia de sistema para sistema e de organização para organização.

Base para uma perfeita determinação das características de um empregado para uma certa posição é a detalhada análise do posto de trabalho e a minuciosa descrição das responsabilidades técnicas e administrativas.

No nosso entender não existem receitas para o estabelecimento de políticas de pessoal, pois fatores socio-culturais são determinantes que não podem ser desprezadas. Com a variação destas condições de local para local apenas resta a possibilidade de fazer-se considerações gerais sobre os principais pontos que devem compor a política de recursos humanos.

## 2. Política de recrutamento e seleção

Levando em consideração a grande quantidade e diversidade de funções nos sistemas de saneamento não nos permite estabelecer critério único de recrutamento, mas algumas orientações gerais podem ser dadas. Desta forma:

- a) recrutamento de elementos indicados, principalmente por funcionários da empresa deve sempre ser preferido ao recrutamento por anúncios ou convocações públicas.
- b) recrutamento por concursos públicos tem aplicação limitada, principalmente para cargos técnicos, pois provas teóricas não são instrumento adequado para determinar capacidade operacional.
- c) para postos de trabalho específicos nas empresas de saneamento, os candidatos devem, sempre que possível, ser recrutados nas escolas. Neste caso, algumas organizações contratam, com muito sucesso, estudantes ainda nos bancos escolares, assinando com eles um contrato de estudo e aprendizagem programados.
- d) para postos de trabalho em turnos, devem, preferivelmente, ser recrutados elementos mais idosos e casados, já no fim de seus planos de estudo.
- e) para postos de trabalho com boa carga de responsabilidades administrativas, devem ser recrutados e selecionados elementos que venham de empresas com reconhecida cultura administrativa.
- f) recrutar e selecionar mecânicos originários de empresas de aviação, onibus interestadual e ferrovias para as atividades de manutenção, principalmente preventiva, tem mostrado ótimos resultados em algumas empresas.
- g) as seleções devem sempre satisfazer as necessidades do serviço ou seja, os critérios devem ser totalmente impessoais.
- h) recrutar para as tarefas de operação e manutenção os elementos que participaram da construção e montagem de sistemas ou equipamentos, pode ser uma das formas mais convenientes e baratas.

i) recrutar elementos dentro da própria empresa deve ser uma sistemática, pois contribui positivamente para um bom clima de trabalho.

j) exames médicos devem ser elementos obrigatórios para seleção

l) a admissão de estagiários escolares com a intenção de avaliar sua capacidade de trabalho e verificar seu comportamento é uma forma de recrutamento com baixíssimo risco de erros, além de propiciar ao estudante uma experiência profissional importante.

m) uma vez recrutados os elementos para uma determinada posição, a seleção deve ser feita mediante análise de seus exames psicotécnicos e avaliação de suas características técnicas.

Esta última deve ser realizada pelo futuro superior ou por pessoa por ele determinada.

Após a seleção do melhor candidato passa-se à fase de admissão.

Satisfeitas as exigências legais e as normas da empresa para a admissão de funcionários, deve o empregado passar por uma fase de integração no serviço e na empresa.

Erra quem pensa que integração de novos funcionários se resume à apresentação ao seu novo chefe e informá-lo do nome da empresa, nome dos diretores e de algumas informações de cunho administrativo.

A integração é decisiva para que o novo funcionário se sensibilize para o papel que desempenhará numa empresa de saneamento, além de conhecer, evidentemente, todos os seus direitos e deveres diante da empresa. No caso das empresas de saneamento é fundamental que cada empregado conheça perfeitamente o que significa, do ponto de vista de saúde pública, o papel da instituição e a sua contribuição e responsabilidades individuais.

É muito diferente trabalhar numa indústria da água do que trabalhar numa indústria de parafusos. Esta diferença deve ser tornada clara na fase de integração.

Ainda na integração devem ser esclarecidos pontos importantes tais como: política de promoção e desenvolvimento; política de higiene e segurança do trabalho; benefícios e recreação; previdência social e a legislação pertinente.

Capítulo importante da fase de integração é aquele que trata das condições e obrigações em relação aos procedimentos de segurança no trabalho.

### 3. Avaliação do desempenho

A avaliação do desempenho de cada funcionário se constitui na única ferramenta adequada para determinar necessidades de treinamento e possibilidades de melhoria salarial e funcional. Conveniências de transferências para outras funções podem também assim ser detectadas.

As avaliações do desempenho devem ser sistematicas e elaboradas com a maior perfeição possível. A avaliação feita pelo superior imediato deve se ater apenas às atividades e operações necessárias para o desempenho da função. Os itens a serem avaliados são aqueles que constam da descrição do cargo e da descrição das responsabilidades individuais.

Critérios subjetivos de avaliação devem ser eliminados.

Outra coisa muito importante na avaliação do desempenho é o treinamento e esclarecimento dos avaliadores para que o instrumento não seja utilizado para premiar ou castigar funcionários. Uma avaliação realmente impessoal e objetiva deve ser comentada e discutida com o funcionário avaliado.

As avaliações de desempenho devem ser, sempre que possível de frequência anual de modo a servir também como instrumento de levantamento das necessidades internas de treinamento.

### 4. Plano de cargos e salários - política de promoção e transferência

O plano de cargos e salários e também a política interna de promoção e transferência devem fazer parte de um Plano Geral de Administração de Pessoal.

Neste plano normalmente são fixados os níveis salariais da empresa, e os diversos cargos que são enquadrados em cada nível.

Estes níveis devem ser compatíveis com o mercado de trabalho para reduzir o "turn over" e conseqüentemente reduzir os custos com admissão e desenvolvimento de funcionários novos.

Este mesmo plano deve fixar os critérios de promoção horizontal e vertical. Estas duas possibilidades contribuem positivamente para um bom clima de trabalho, mantendo desperto o interesse dos funcionários com o serviço em geral e seu desenvolvimento pessoal em especial.

A promoção horizontal permite a melhoria salarial de um funcionário sem mudar de função, ou seja, sem sair de seu nível. Há apenas um deslocamento dentro da própria faixa. Esta promoção horizontal é convenientemente determinada por um sistema de créditos que o funcionário adquire ao concluir um novo curso ao aprender uma nova língua, ao obter um prestabelecido número de pontos na avaliação do desempenho, atingir certo número de anos como funcionário, etc.

A promoção vertical e a transferência interna, fazem parte da sistemática de recrutamento interno para garantir prioritariamente aos próprios funcionários o acesso a novos cargos ou novas funções.

Também aqui é necessário que se proceda cuidadosamente pois não se deve transferir um funcionário apenas quando ele se constitui em problema - numa determinada área. Antes é necessário determinar as razões que o levam a um mau desempenho.

Apenas a mudança de função poderá não ser a solução do problema. Tanto a transferência interna quanto a promoção deve ser precedida de minuciosa análise das características e condições do candidato mesmo que já seja funcionário.

Nas promoções sem critérios de seleção existe sempre o risco de se perder um talento ao mesmo tempo em que se cria um problema, pela total inaptidão do funcionário no novo cargo.

##### 5. Política de desenvolvimento

Duas ações distintas devem ser consideradas quando se fala em desenvolvimento de recursos humanos.

É frequente uma empresa fazer o desenvolvimento de seus recursos humanos de modo a adequá-los às exigências dos diversos postos de trabalho que ocupam ou então prepará-los para novos postos dentro da empresa, de acordo com os planos de expansão da empresa.

Mas paralelamente a este desenvolvimento funcional, muitas empresas, a título de benefício, fomentam a promoção humana do indivíduo, facilitando e estimulando o acesso a programas escolares dentro e fora dos horários de expediente.

Aquí falaremos apenas do desenvolvimento do funcionário para melhor executar suas atuais funções ou então prepará-lo para novos cargos.

O treinamento dos recursos humanos e o planejamento são na moderna empresa as duas ferramentas utilizadas pelos dirigentes para condizir a empresa em direção a seus objetivos. Isto faz com que o desenvolvimento do pessoal adquira importantíssimo papel.

Basicamente o que precisa ser feito é definir exatamente as responsabilidades e as habilidades que caracterizam determinada função. Depois analisa-se as capacidades do funcionário que está desempenhando aquela função. Observadas lacunas de capacidade devem ser programadas atividades de treinamento para adequar o funcionário a seu posto. No caso de desenvolvimento para nova função deve se proceder analogamente.

Treinamento em nenhuma hipótese deve ser associado a melhoria salarial ou funcional. Ambas poderão acontecer de acordo com o plano de administração do pessoal, mas jamais deve ser condição obrigatória.

Do mesmo modo, treinamento ou desenvolvimento não devem ser utilizados para premiar ou castigar funcionários, amigos ou inimigos.

Nos dias atuais, com a velocidade de substituição de tecnologias que caracterizam os tempos atuais, torna-se cada vez mais imperativo um plano de atualização dos funcionários. Vejamos apenas o pequeno exemplo da substituição da régua de cálculo pelas máquinas de calcular portáteis. Quantos de nós realmente consegue utilizar uma calculadora com todas as suas potencialidades.

Estamos conseqüentemente diante de um programa obrigatório em todas as empresas modernas que pretendem continuar assim.

Muitos programas de atualização, ou educação continuada, podem ser feitos longe de escolas ou salas de aula. A utilização da instrução individualizada e à distância se impõe cada vez mais.

Outro ponto importante na política de desenvolvimento de recursos é a participação sistemática dos supervisores nas atividades de treinamento de seus subordinados. Para tal é necessário um treinamento de todos os supervisores para que adquiram habilidades de instrutor.

#### 6. Regime de trabalho

Fato relativamente comum entre nós é encontrar atualmente, nas empresas de água e esgotos, empregados de diversas origens funcionais. Assim podemos observar trabalhando juntos, mas regidos por legislações diferentes, - pessoal que procede de antigos órgãos federais, estaduais e municipais e pessoal que foi admitido em regime de empresas particulares. Para permitir uma harmoniosa administração destes recursos humanos é necessário uniformizar direitos, obrigações e vencimentos.

O regime de trabalho é um dos itens que necessitam de uniformização. Regime de 240 horas mensais é o mais frequentemente encontrado. Todos os servidores deverão estar sujeitos a esse regime, inclusive servidores de nível universitário.

A fixação do horário de trabalho não é normalmente uma difícil tarefa. Respeitados os usos e costumes locais fixam-se horários de entrada e saída e os intervalos para repouso.

Problema maior é fixar horários dos postos de serviço de natureza especial. Este é o caso dos postos que funcionam em regime de escala ininterrupta. Nem sempre é fácil conciliar as necessidades do serviço, com os direitos e interesses do empregado.

Regimes de trabalho de 12 x 36 horas e de 24 x 72 horas apenas facilitam a elaboração das escalas de plantão. Não conseguem, entretanto acatar disposições legais existentes na maioria dos países. A jornada diária de trabalho com duração superior a 8 horas deve ser considerada apenas como emergência.

Para obedecer disposições legais e para melhor rendimento do serviço as escalas de turno devem ser elaboradas na base de jornadas diárias de apenas 8 horas. Muitas empresas procuram evitar escalas de plantão, contratam

do funcionários para permanentemente trabalharem no mesmo horário.

Ainda em relação à realização de horas extras de trabalho estas devem ser rigorosamente consideradas como emergências.

Horas extras permanentes indicam claramente ou insuficiência de recursos humanos, ou então uma deficiente programação do trabalho.

#### 7. Política de benefícios

É sobejamente conhecida a contribuição positiva de uma política de benefícios para a melhoria do clima motivacional numa empresa e a consequente elevação da produtividade. Um programa objetivo de benefícios reverte em enormes vantagens para as empresas ao mesmo tempo em que ela atua conscientemente no campo da ação social.

Atividades tais como:

- assistência médica
- assistência odontológica
- programa de alimentação
- recreação
- seguro de vida e de acidentes
- cooperativas de alimentos e de bens de consumo
- complementação de pensões

e outros

são parte integrante das políticas de benefícios das principais empresas.

É importante, porém, que o benefício seja realmente encarado como ação social da qual o próprio empregador recebe vantagens, ainda que indiretas, e não como um programa de caridade que acabará por humilhar o empregado.

8. Higiene e segurança do trabalho

As atividades de segurança do trabalho e de higiene do ambiente de trabalho devem fazer parte permanente em todas as unidades e setores de uma empresa. Engenheiros de segurança do trabalho, supervisores do trabalho, médicos e enfermeiros do trabalho são profissionais disponíveis no mercado. Os serviços que estes profissionais prestam vêm de encontro, simultaneamente, às necessidades dos empregados e do empregador.

Mais saúde, melhores condições de trabalho, maior produtividade, menor perda de tempo e dinheiro são os principais resultados.

Prevenção de acidentes se reveste de maior importância em determinados - postos de trabalho, principalmente nos trabalhos em vias públicas, em valas e em estações de tratamento no manuseio de produtos químicos. Trabalho em construções civis e com instalações elétricas não podem ser esquecidos.

O espírito prevencionista deve ser constante na empresa e começa logo nas atividades de integração dos novos funcionários. A eles deve ser dada a orientação necessária quanto aos principais riscos em cada posto de trabalho, bem como procedimentos padrão em caso de acidente.

Devem ser fornecidos equipamentos e roupas especiais para trabalhos que exigem proteção individual ou coletiva.

Os empregados e seus superiores devem ser treinados para o uso correto dos EPI e EPC. Treinamentos especiais devem ser feitos para proteção de valas, sinalização de vias e uso de ferramentas e equipamentos.

CIPAs - Comissões internas para prevenção de acidentes devem ser criadas e mantidas, e a participação ativa de funcionários deve ser estimulada.

- 22.1 -

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

POLÍTICAS DE ADIESTRAMIENTO EN SISTEMAS DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO

Ing. Horst Otterstetter  
Consultor a Corto Plazo OPS/OMS-CEPIS

STOM 22

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

- 22.2 -

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO . . . . .
2. CADASTROS TÉCNICOS E DE FUNÇÕES NOS SISTEMAS DE SANEAMENTO . . .
3. SISTEMA DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS ESPECIALIZADOS POR  
AQUISIÇÃO DE CRÉDITOS . . . . .
4. UNIDADE CENTRAL DE APOIO E COORDENAÇÃO . . . . .
5. CONCLUSÕES . . . . .

### 1. Introdução

Na moderna empresa, o treinamento e o planejamento global são as duas ferramentas utilizadas pelo dirigente para conduzir a organização em direção a seus objetivos. Erroneamente as unidades de administração de pessoal têm se apoderado das atividades de treinamento e desenvolvimento dos recursos humanos da empresa.

Todos nós temos conhecimentos de treinamentos que são realizados sem a menor preparação ou análise prévia. Frequentemente os amigos são premiados com inscrição em cursos de treinamento sem nenhuma vinculação com os serviços que realiza ou irá realizar. Outras vezes verificamos que inimigos ou funcionários inconvenientes são afastados cedendo-lhes inscrições em cursos ou oferecendo bolsas de estudos.

No atual estágio de amadurecimento dos dirigentes e gerentes empresariais não se pode mais admitir tal tipo de ocorrência. Treinamento nos dias atuais deve ter uma vinculação rígida com os objetivos da empresa quer seja para melhorar o atual padrão de serviço, quer seja para permitir o estabelecimento de novos objetivos e padrões de desempenho.

De uma forma geral, treinamento e desenvolvimento de recursos humanos precisa ser normalizado e os procedimentos precisam ser perfeitamente definidos, no contexto das normas e procedimentos de uma empresa.

Para poder entender claramente o papel das atividades de treinamento numa empresa, podemos fazer a seguinte representação gráfica.

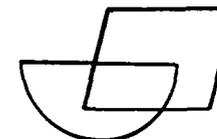
A figura seguinte representa o perfil de um funcionário que ocupa um posto de trabalho A



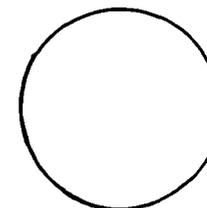
Da mesma maneira representamos o perfil exigido para desempenhar as atividades do posto de trabalho A



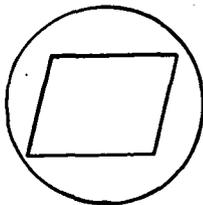
Superpondo os dois perfis verifica-se imediatamente que existe uma lacuna de conhecimentos ou habilidades



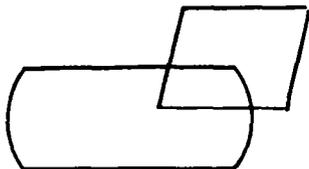
Algumas vezes é possível modificar as características e exigências do posto de trabalho de modo a permitir a superposição dos dois perfis. De modo geral, porém, modifica-se o perfil do funcionário, aumentando seus conhecimentos e modificando suas habilidades de modo a obter um novo perfil como o abaixo.



Agora da superposição do perfil exigido pelo posto de trabalho com o novo perfil do funcionário resultará a figura a seguir, donde fica claro que todas as exigências do posto de trabalho serão satisfeitas.



Se porém as atividades de treinamento e desenvolvimento não forem criteriosamente escolhidas, à luz da melhor tecnologia de treinamento, poderá ocorrer o que é representado abaixo, onde além de não se ter resolvido o problema, provavelmente o resultado será um funcionário altamente desenvolvido mas totalmente inadequado para o posto de trabalho que ocupa.



Com esta representação gráfica pretende-se deixar claro que o treinamento numa empresa não pode ser uma atividade assistemática, desvinculada do objetivo e das necessidades da organização.

O que na realidade precisa acontecer é a estruturação de uma sistemática de ação, baseada em conceitos atualizados, intimamente relacionada com as necessidades de treinamento apontadas pelos indicadores de desempenho convenientemente escolhidos.

No caso específico de sistemas de abastecimento de água e coleta de esgotos, somam-se ainda duas outras preocupações - além da objetividade que acima já apontamos:

- a) a imensa variedade de tipos diferentes de sistemas. Diferentes entre si em função de tamanho, lay-out, tipos de materiais de construção, diferentes processos de tratamento e outras diferenças;
- b) a distribuição geográfica destes sistemas numa região ou país, onde em alguns casos as distâncias entre dois sistemas são ainda acentuadas por dificuldades de acesso e comunicação.

De uma maneira global podemos afirmar que os fatores condicionantes para o estabelecimento de uma política de treinamento em empresas de saneamento são:

- . a objetividade necessária para um trabalho eficaz
- . as características técnicas e físicas dos sistemas
- . as características da população alvo
- . a distribuição geográfica dos sistemas
- . o número de funcionários em cada posto nos vários sistemas
- . os custos unitários e globais do treinamento
- . a disponibilidade de recursos e estruturas de apoio
- . prazos e prioridades

O que se deve buscar então é uma fórmula que possa conciliar todos estes pontos, em bases permanentes e ajustada à nossa realidade.

## 2. Cadastros técnicos e de funções nos sistemas de saneamento

A base de todo trabalho de treinamento precisa ser obrigatoriamente a análise ocupacional como fonte de todos os dados fundamentais para o planejamento das atividades. Assim sendo, a análise ocupacional nos fornecerá as características técnicas dos sistemas em termos de tipos de instalações, equipamentos, ferramentas e materiais mais frequentemente empregados - além das situações típicas de trabalho. Este conjunto de dados formará o cadastro técnico dos sistemas.

As descrições das funções desempenhadas nos sistemas, e os padrões de desempenho associados a cada uma constituirão o cadastro de funções do sistema. As características dos recursos humanos, em termos de escolaridade, atitudes, quantidade e distribuição geográfica darão origem ao cadastro da população.

Todos esses cadastros, de importância vital para o planejamento e execução de atividades de treinamento, são bastante complexos para serem constituídos.

Vejamos, apenas como exemplo, os diferentes tipos de tratamento de água aplicados nos vários sistemas de abastecimento de água em função de seus mananciais. O quadro 1, a seguir apresentado, mostra esta situação, evidenciando a necessidade de se treinar a população alvo num número extremamente alto de operações apenas na área do tratamento de água, sem citar as outras unidades dos sistemas, tais como manutenção, bombeamento, etc.



Dessa forma teríamos também operadores de estações de tratamento de água - classe D, bem como operadores de rede de distribuição classe D, operadores de estações de tratamento de esgotos - classe D, etc.

Ainda analisando o quadro 1 dado como exemplo, podemos concluir que dois sistemas diferentes servindo cidades ou núcleos habitacionais semelhantes poderão apresentar complexidade de layout, instalações, equipamentos e processos muito diferentes. Decorre daí a necessidade de se prever a possibilidade de criar várias categorias de operadores dentro de uma mesma classe. Seria o caso de se criar operadores classe D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, etc. Resumindo tudo, ficam claros alguns pontos fundamentais neste capítulo de análise ocupacional e dos cadastros que daí resultarem.

- a) a análise ocupacional é o trabalho básico em qualquer sistema de treinamento de pessoal
- b) existe um número muito grande de tipos de sistemas de água e esgotos nas diferentes comunidades humanas
- c) cada tipo de sistema de água e esgoto exige um determinado tipo de técnicos e operários
- d) existem dificuldades de acesso e comunicação entre os sistemas, dificultando locomoção e informação.

Assim sendo, o problema que se nos apresenta é criar uma política de treinamento que atenda uma população alvo muito grande, espalhada numa área geográfica extensa, necessitando adquirir conhecimentos e habilidades de natureza muito diferentes.

Ao mesmo tempo não podem ser deixadas de lado as preocupações com a objetividade, os custos e a uniformidade dos conceitos emitidos.

Para solucionar o problema presente, propomos a organização de um sistema integrado de formação, atualização e certificação da capacidade funcional para todas as ocupações nos sistemas de água e esgotos.

O sistema é denominado integrado porque oferece ao interessado simultânea e continuamente a chance de ser treinado e ter sua capacidade profissional certificada.

3. Sistema de formação de recursos humanos especializados por aquisição de créditos.

A formação do profissional, no contexto desta proposta, não poderá ser apenas uma atividade a mais, isolada, que se realiza de vez em quando; precisa, isso sim, constituir-se num trabalho contínuo e permanente, bem como permanente deverá ser a avaliação dos conhecimentos obtidos.

É importante também que os programas de formação sejam acessíveis a todos que queiram, ou devam, participar e que satisfaçam certos pré-requisitos básicos (idade, escolaridade, etc.) estabelecidos para o ingresso.

Uma das maneiras de tornar acessíveis os programas é realizá-los em vários e diferentes locais, afastados dos grandes centros urbanos, para facilitar o deslocamento das pessoas interessadas, ou ainda utilizar meios de treinamento e educação a distância. Convém notar, entretanto, que qualquer atividade descentralizada deve ter ferramentas e dispositivos para controlar e garantir a uniformidade do programa e do conteúdo.

Essa descentralização se refere apenas à execução dos programas de formação e a necessária atualização profissional; - ela não se aplica aos programas de certificação das capacidades adquiridas. Os exames de avaliação poderão ser realizados em locais estrategicamente escolhidos contanto que sejam sempre realizados por uma única instituição que garanta a uniformidade de critérios, condições e padrões.

Este sistema para ser projetado deve atender à seguinte estrutura:

- todos os conhecimentos a serem transmitidos seriam agrupados em módulos;
- cada módulo, então, seria um conjunto de assuntos, de operações, de informações, de procedimentos, etc., de acordo com os objetivos instrucionais;
- o aluno obterá créditos por cada módulo em que participar, acumulando estes créditos à medida em que participar de outros módulos;
- alguns desses módulos seriam básicos e, por consequência, de participação obrigatória;
- outros seriam optativos, mas, agrupados de modo conveniente, formariam outros diferentes módulos e se constituiriam em especializações pelo seu conjunto de assuntos específicos;
- de novo, cada um desses agrupamentos (módulos), mesmo optativos, corresponderá a um certo número de créditos.

Por último, o participante do programa, para candidatar-se a um exame de verificação de capacidade, deverá ter obtido um número de créditos correspondentes aos módulos básicos, mais o número de créditos referentes à especialização cujo certificado pretende obter.

Na hipótese de querer um certificado de uma outra especialização, constante no conjunto de módulos, bastará obter os créditos correspondentes ao grupo desejado e submeter-se ao exame, supondo-se sempre a conclusão dos módulos básicos.

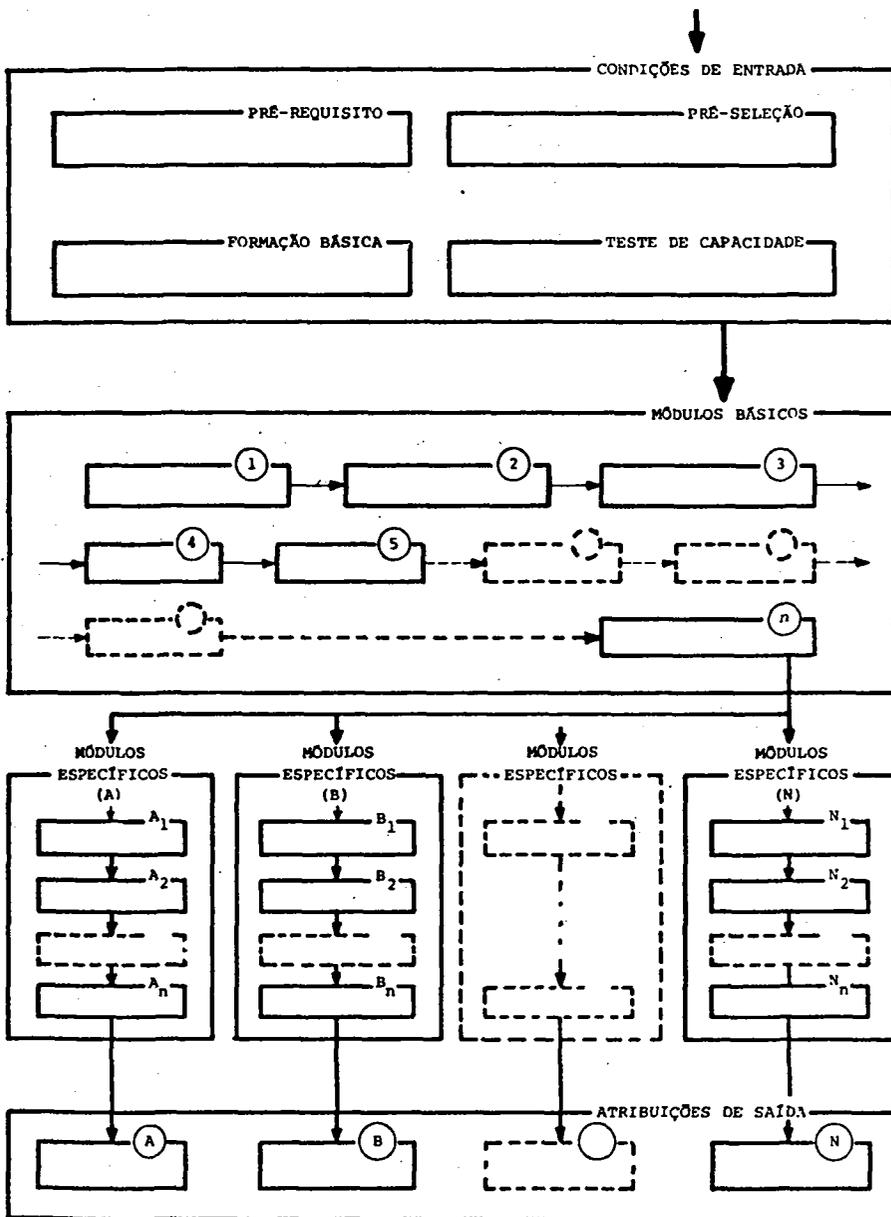


FIGURA 1 - Estrutura do programa. Formação - Certificação

Para efeito de certificação, não importará o tempo gasto na obtenção dos créditos; ressalve-se, entretanto, apenas o critério de caducidade dos assuntos. A juízo da entidade coordenadora do programa, os certificados expedidos deverão ser revalidados de tempos em tempos, tendo em vista a necessidade de atualização técnico-profissional.

Esquemáticamente o programa poderá ser apresentado como aparece na Figura 1

A participação no programa obedecerá a seguinte rotina:

- o candidato apresenta-se à entidade coordenadora, onde faz provas dos pré-requisitos, da formação básica e/ou anos de experiência profissional;
- satisfeitas as condições de entrada, o candidato é registrado no programa, recebendo uma carteira que servirá para identificação e registro das participações no programa;
- a partir desse momento, o participante se inscreverá nos módulos do grupo básico, um por vez, obedecendo à sequência lógica estabelecida;
- a participação nos módulos poderá ser feita em qualquer época, em qualquer entidade executora, sempre observados os critérios de sequência lógica e caducidade dos assuntos;
- alguns módulos poderão não ser constituídos de aulas formais e tradicionais, mas serem em forma de estudo dirigido ou treinamento à distância, ou ainda estágios práticos especializados; mas, mesmo assim, exigirão uma avaliação final;
- cada módulo terá um exame final; o participante aprovado terá adquirido o número de créditos desse módulo com as devidas anotações registradas na sua carteira. Cópia do registro será enviada a entidade coordenadora central para efeito de controle;

- periodicamente, a entidade coordenadora central marcará exames para a avaliação da capacidade daqueles que tenham completado o conjunto de créditos dos módulos básicos e de um grupo de módulos da especialização;
- cada grupo de módulos da especialização corresponderá a um de terminado certificado, com atribuições específicas;
- os vários certificados específicos poderão ser obtidos em qualquer sequência, sempre de acordo com as necessidades ou inte resse do participante, ou do sistema em que ele pretende ope rar.
- a reprovação no exame de avaliação não excluirá o participante do programa. O candidato poderá inscrever-se para exame tantas vezes quantas forem necessárias para obter aprovação;
- os certificados expedidos pela entidade coordenadora central te rão validade nacional, não se restringindo a nenhuma região es pecífica.

A única restrição que se coloca é que o possuidor do certifica do só poderá executar tarefas de acordo com as habilidades e conhecimentos para os quais foi treinado e avaliado.

Na execução do programa de formação e atualização, a entidade coordenadora central deverá credenciar outras entidades, observando critérios de capacidade técnica e tecnológica, além da sua localização geográfica. Ao mesmo tempo, deverá ser estimu lada a produção de meios de treinamento e ensino à distância.

Os pré-requisitos e a formação básica estabelecidos como condi ção de entrada deverão ser adquiridos fora do programa.

É importante frisar aqui que o que está se propondo é um progra ma de formação e atualização profissional onde, é evidente, não se inclui o estudo das peculiaridades de cada específico sistema. O com plete conhecimento de um específico sistema e um eficiente desempen ho exigirão um pequeno período de adaptação.

#### 4. Unidade central de apoio

A administração do programa em questão deverá ser feita por uma entidade centralizada, a nível nacional, com poderes dele gados por um órgão oficial. Além de administrar o programa se rá necessário que esta entidade desempenhe outros papéis. Den tre eles é necessário destacar a elaboração de projetos de cur sos e a produção de materiais didáticos.

É fundamental que esses materiais sejam claros e objetivos de conteúdo homogêneo e de preço acessível. Essas qualidades, e outras, poderão ser alcançadas se a produção do material for centralizado; inclusive com a vantagem de trazer uma economia de escala e garantir simultaneamente a objetividade e um trata mento pedagógico adequado.

Esta unidade central executará também atividades tais como análise ocupacional, classificação de sistemas de saneamento, elaborar os projetos dos cursos e outras atividades de treina mento, elaborar e aplicar os testes de avaliação e formar ou treinar instrutores.

Uma vantagem adicional que poderá ser obtida: é evitar a su perposição e a dispersão de esforços e ainda evitar a produção de materiais incompletos ou incorretos.

## 5. Conclusões

O sistema integrado de formação, atualização e certificação aqui proposto não foge do esquema classico de ação em treinamento. Aparecem nítidamente as fases de:

- pesquisa
- projeto
- execução
- avaliação

Na fase de pesquisa realiza-se a análise ocupacional, e em função dos dados ali obtidos são constituídos os inventários das funções, da população e dos sistemas técnicos. Com base nestes inventários poderão ser classificados os sistemas e poderão ser criadas as classes de profissionais necessárias. Saberemos então o que deverá ser ensinado, a quem e em que condições. Esta fase dos trabalhos deve ser centralizada ou pelo menos ser coordenada centralmente. Todos os dados obtidos devem convergir para a unidade central.

Concluída a fase de pesquisa de dados e terminado o processamento desses dados, passa-se à fase de projeto.

Na fase de projeto, serão estabelecidos os objetivos que deverão orientar as atividades, far-se-á a modulação dos conteúdos e será determinada a melhor forma de transmitir o conteúdo. Todas as condições e procedimentos serão estabelecidos nessa fase. Os recursos de todas as naturezas serão quantificados e os resultados a serem alcançados também serão aqui especificados.

A fase de execução precisa ser necessariamente dividida em fases de produção dos recursos didáticos e fase de execução do treinamento propriamente dito.

A produção dos recursos didáticos deve ser obrigatoriamente centralizada por todas as razões que já apresentamos. Já a execução do treinamento em si precisa ser descentralizada para facilitar o acesso dos interessados, e ao mesmo tempo minimizar os custos. É de todo conveniente que nessa fase se possa contar com a participação de outras entidades no sentido de criar um grande corpo de órgãos executores, sem entretanto perder o controle sobre a forma, conteúdo e qualidade dos programas.

A última fase dessa ação é a de avaliação dos resultados e benefícios obtidos. A avaliação do aprendizado ao fim de cada módulo poderá ser efetuado pela própria entidade executora. Os resultados e suas interpretações devem ser fornecidos à unidade central para análise.

A avaliação da capacidade, para fins de certificação, deverá ser necessariamente realizada pela unidade central, ainda que os locais físicos devam variar. Outra avaliação importante a fazer é a do desempenho do treinado no posto de trabalho. Ela poderá ser feita pelo supervisor imediato ou através de boletins de controle convenientemente preparados. Esta avaliação do desempenho é necessariamente feita utilizando os mesmos indicadores de performance que foram empregados no estabelecimento dos objetivos e conteúdos dos programas.

Aqui é importante salientar que o desempenho não depende exclusivamente da capacidade do ocupante. A condição técnica do posto de trabalho precisa também ser avaliada. Apenas assim teremos todas as informações para formar juízo a respeito dos resultados obtidos.

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

CAPACITACION DEL PERSONAL REQUERIDO EN SISTEMAS DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO

Ing. Rodolfo Sáenz Forero  
Coordinador del Proyecto DTIAPA

STOM 23

TALLER PARA INGENIEROS SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 22-26 de octubre de 1979

CONTENIDO

|      |                                                                |
|------|----------------------------------------------------------------|
| I.   | ESTRUCTURA ORGANICA DEL SISTEMA DE ADIESTRAMIENTO . . . . .    |
| II.  | PRESUPUESTO . . . . .                                          |
| III. | METODOLOGIAS DE ADIESTRAMIENTO ADECUADAS . . . . .             |
| IV.  | MATERIAL DIDACTICO APROPIADO . . . . .                         |
| V.   | ADIESTRAMIENTO Y FORMACION DEL GRUPO DE INSTRUCTORES . . . . . |
| VI.  | EVALUACION DE LA EFECTIVIDAD DEL SISTEMA . . . . .             |
|      | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS . . . . .                           |
|      | ANEXO I . . . . .                                              |

Al llegar al año 1980 cerca de la mitad de la población de los países del Grupo Andino contará con servicios de abastecimiento de agua mediante conexión directa o fácil acceso. Aunque no existe en todos los casos un control riguroso de la calidad del agua que se distribuye hay algunos estudios que indican que en muchos lugares ésta no es potable.

Si para el año 1990 se quiere extender el servicio a toda la población, y que además éste sea confiable, habrá que duplicar las instalaciones y el personal de operación y mantenimiento. Esto implica una labor gigantesca en capacitación de personal.

Si bien los niveles o categorías en que se necesita adiestramiento son muy variados, por simplicidad se han establecido seis niveles, los que se muestran en el siguiente cuadro:

| Nivel                                      | %         | Personal involucrado |               |
|--------------------------------------------|-----------|----------------------|---------------|
|                                            |           | PERU                 | GRUPO ANDINO  |
| Decisión Superior de Ejecución Profesional | 5*        | 432                  | 1,810         |
| Técnicos de Supervisión                    | 15        | 1,200                | 5,250         |
| Operadores y Obreros Especializados        | 30        | 2,400                | 10,500        |
| Otros                                      | <u>50</u> | <u>4,000</u>         | <u>17,500</u> |
| TOTAL                                      | 100       | 8,032                | 35,060        |

\* Tradicionalmente todos los esfuerzos de adiestramiento se han concentrado en estas categorías.

O sea que, según este análisis, durante el período 1980-1990 habrá que adiestrar en el Perú a más de 8,000 personas, y en los países del Grupo Andino a más de 35,000.

Una tarea de esta magnitud sólo puede ser realizada con buen éxito estableciendo en cada país un "Sistema Permanente y Autosuficiente de Adiestramiento" para el sector agua potable y alcantarillado.

Según el "Manual de Adiestramiento para Servicios de Agua y Alcantarillado en Países en Desarrollo" (1), los elementos más importantes que han de tenerse en cuenta para implantar el programa son:

1. Inventario del personal disponible (o requerido).
2. Inventario de recursos para el adiestramiento.
3. Política de personal y de adiestramiento, que incluya un plan de formación de personal.
4. Estructura orgánica del sistema de adiestramiento.
5. Presupuesto (realmente financiado).
6. Metodologías de adiestramiento adecuadas.
7. Material didáctico apropiado.
8. Adiestramiento y formación del grupo de instructores.
9. Evaluación de la efectividad del sistema.

En el presente trabajo se pretende hacer varios comentarios sobre los puntos anteriores. No se hará especial referencia a los puntos 1, 2 y 3 por cuanto son obvios y de alguna manera se están tomando en cuenta en todo ente de abastecimiento de agua y alcantarillado. En relación con estos tres aspectos, el más importante sería la coordinación de estas actividades con el Sistema de Adiestramiento.

#### I. ESTRUCTURA ORGANICA DEL SISTEMA DE ADIESTRAMIENTO

Será diferente en cada país según sea la modalidad que se haya establecido para la prestación de los servicios. A continuación se discute cuál podría ser su forma.

En la figura 1 se muestra la posible estructura orgánica de un sistema de adiestramiento en el sector agua potable y alcantarillado. En la figura 2 se propone la estructura orgánica de un "Instituto para el Adiestramiento en el Sector Agua Potable y Alcantarillado".

Ambos esquemas se inspiran en la organización para el adiestramiento existente en la industria. ¿Por qué no imitarla? ¿No es el servicio de agua potable y alcantarillado una industria? ¿Cuántas veces hemos estado en lugares donde hay industrias que funcionan bien porque hay gente entrenada en la operación y mantenimiento de los equipos industriales; pero al mismo tiempo no funcionan bien ni el acueducto ni el alcantarillado por falta de adiestramiento del personal a cargo de su operación y mantenimiento?

#### II. PRESUPUESTO

Sería prematuro en estos momentos indicar cuál es el presupuesto requerido para establecer un sistema de adiestramiento permanente y autosuficiente. Pero sí puede servir como guía el hecho de que en algunos países se ha financiado el adiestramiento para la industria y el comercio con un cargo del uno por ciento

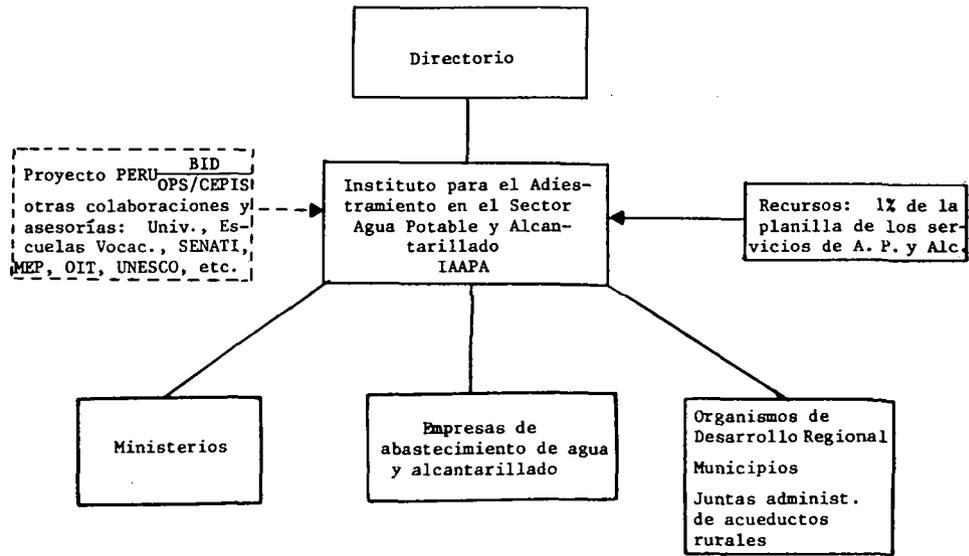


Figura 1

POSIBLE ESTRUCTURA ORGANICA DE UN SISTEMA DE ADIESTRAMIENTO EN EL SECTOR AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

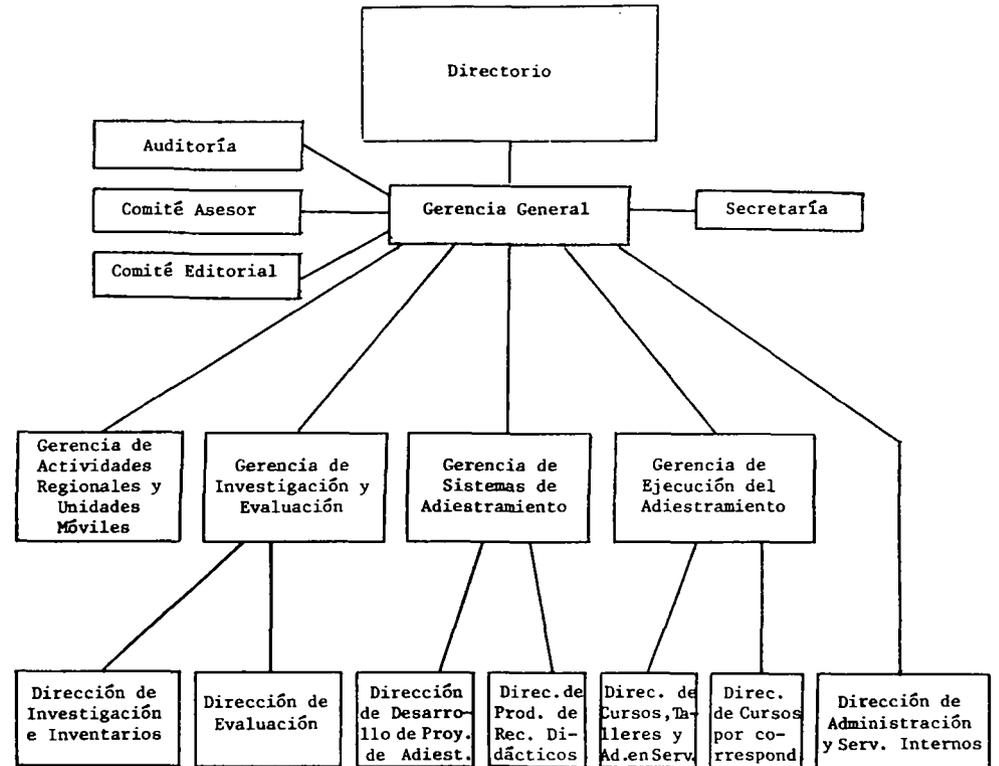


Figura 2

POSIBLE ESTRUCTURA ORGANICA DE UN INSTITUTO PARA EL ADIESTRAMIENTO EN AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

sobre los salarios. La experiencia indica que la única forma de tener un sistema de adiestramiento autosuficiente consiste en crearle rentas propias.

Por otra parte hay numerosos estudios, experiencias e investigaciones que indican que el dinero gastado en adiestramiento siempre es una buena inversión. (2)

Los programas de adiestramiento para los servicios de abastecimiento de agua en la América Latina tradicionalmente han cubierto únicamente la parte más alta de la pirámide ocupacional (ver anexo I). Si realmente se quieren operar eficientemente los sistemas de agua potable y alcantarillado es necesario llevar adiestramiento a todos los niveles; esto hace que el volumen requerido sea muy grande y el costo muy alto. Sin embargo, esta es la única forma en que se podrá llegar a tener un servicio confiable.

Para 1990 la inversión que hayan hecho los países latinoamericanos en agua potable y alcantarillado excederá los 30 mil millones de dólares. El buen funcionamiento de las obras hechas con esa inversión depende de que se destinen los recursos necesarios para adiestrar al personal responsable de su operación y mantenimiento.

### III. METODOLOGIAS DE ADIESTRAMIENTO ADECUADAS

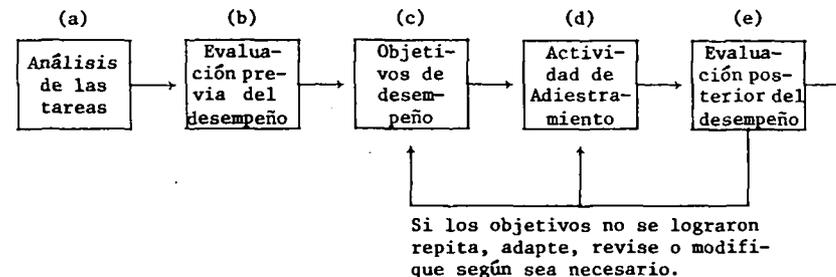
Cuando se planea adiestramiento en la industria, y en este caso adiestramiento en la industria de abastecimiento de agua y alcantarillado, se debe pensar en términos de "adiestramiento por objetivos de desempeño", si se trata de los individuos; y en "adiestramiento por objetivos de calidad de servicio" si se trata del "sistema de adiestramiento". Se debe además dar a los empleados la oportunidad de fortalecer su cultura general, pero esto iría en un programa paralelo cuya prioridad es menor en las circunstancias actuales y cuyos alcances caen fuera de los objetivos de esta discusión.

El adiestramiento en la industria del abastecimiento de agua y alcantarillado confronta problemas de cantidad y calidad.

Hay una gran cantidad de gente por adiestrar a niveles muy variados (ver anexo I). Este adiestramiento masivo se simplifica aplicando conceptos como "adiestramiento de adiestradores" y "adiestramiento en servicio". (3)

El adiestramiento de adiestradores procura que los supervisores de operación y mantenimiento, lo mismo que obreros especializados, comprendan que parte de su responsabilidad en el trabajo es enseñar, de manera tal que además de ser adiestrados técnicamente en la forma más efectiva, reciben cursos sobre cómo mejorar su habilidad para comunicarse, técnicas de instrucción, etc. De esta manera se logra que sean agentes de cambio y superación técnica en las empresas, y su labor misma de supervisión se convierta en una actividad permanente de adiestramiento en servicio, la cual conviene que sea apoyada con manuales e información específica.

El problema de calidad de adiestramiento se puede definir de una manera muy simple: cada individuo debe saber hacer bien las tareas a su cargo. Esto nos lleva al concepto de "adiestramiento por objetivos de desempeño" y de "aproximación sistemática hacia el adiestramiento óptimo". (3) Estos conceptos se tratan de presentar por medio del siguiente diagrama:



### Aproximación sistemática hacia el adiestramiento óptimo

El proceso consiste en: (a) analizar y definir las diferentes tareas que tiene que llevar a cabo cada individuo; (b) evaluar su habilidad o desempeño; (c) definir los objetivos de desempeño o desempeño ideal; (d) desarrollar alguna actividad de adiestramiento para ayudar al individuo a lograr los objetivos de desempeño; (e) evaluar el desempeño con posterioridad a la actividad de adiestramiento. Si esta última evaluación indica que el individuo aún no alcanza en su trabajo los objetivos de desempeño previstos, se deberá repetir el proceso de adiestramiento, adaptarlo, revisarlo o modificarlo. Habrá algunos casos en que la solución será reubicar al individuo de acuerdo con su nivel real de competencia.

### IV. MATERIAL DIDACTICO APROPIADO

En el párrafo anterior se ha insistido en que el adiestramiento por objetivos de desempeño se propone lograr que cada individuo sepa hacer bien las tareas a su cargo. Para lograr lo anterior se requiere que el material didáctico a utilizar permita a los alumnos aprender "haciendo las cosas" en presencia de un instructor calificado que les indique las acciones correctivas o de perfeccionamiento que sean necesarias. El aula de clase, las ayudas audiovisuales, tales como cine, transparencias, dibujos, textos, etc., serán de gran utilidad; pero en última instancia deberá someterse al alumno a una evaluación de desempeño enfrentándolo a condiciones semejantes a las de trabajo.

Una de las mejores prácticas de adiestramiento-desempeño es poner a los alumnos a elaborar o revisar manuales de operación o mantenimiento del área, sector, procesos o aparatos a su cargo. La redacción de estos manuales, o su revisión con sentido crítico, y su evaluación y corrección en el trabajo diario, puede constituir un elemento didáctico excelente, que además coadyuva en la organización y programación de las actividades de operación y mantenimiento.

#### V. ADIESTRAMIENTO Y FORMACION DEL GRUPO DE INSTRUCTORES

Entre más abstracta es una función más fácil es reproducir en un aula o en un curso las condiciones de adiestramiento requeridas para el buen desempeño de la misma.

Entre más práctica es una función más difícil es reproducir en un aula o en un curso las condiciones de adiestramiento requeridas para el buen desempeño de la misma.

Los dos comentarios anteriores y un análisis del número de personas por adiestrar, a los diferentes niveles (ver anexo I), más la realidad de que el adiestramiento es requerido en campos muy diversos, nos lleva a la conclusión de que estamos ante un problema de adiestramiento sumamente complejo. Por consiguiente, no existe una modalidad de adiestramiento aplicable a todos los casos, ni mucho menos una regla para definir cómo se van a formar y adiestrar los instructores.

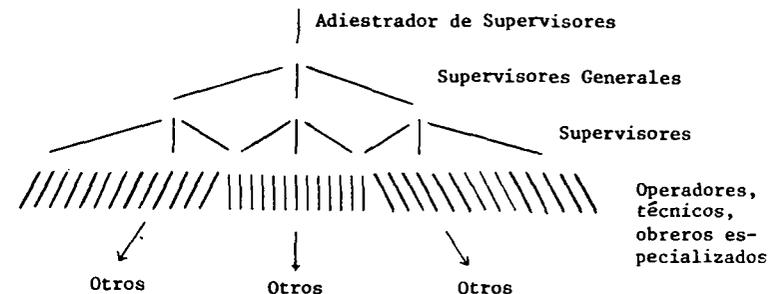
Para mayor simplicidad no serán analizados aquí los niveles de decisión, superior de ejecución y profesional, por cuanto el sistema de enseñanza superior de los países, con el apoyo de algunos consultores, está en capacidad de montar los cursos que sean necesarios.

Ya en el párrafo anterior sobre "Metodologías de adiestramiento" se mencionó el concepto de adiestramiento de adiestradores. A través de este proceso es más factible llegar a capacitar a los operadores, obreros especializados, ayudantes y aún al personal no especializado. Dentro del mismo se pueden usar cursos y talleres; pero el adiestramiento en servicio será la herramienta principal. Hay que concentrar el adiestramiento en los supervisores para lograr un efecto multiplicador como el que se muestra en la siguiente página.

Una buena estrategia puede ser escoger entre los supervisores mejor capacitados técnicamente a los que demuestren mayor habilidad para transmitir conocimientos y darles la formación complementaria para convertirlos en adiestradores de supervisores.

Dentro del Proyecto DTIAPA se ha propuesto que los supervisores reciban un curso general sobre abastecimiento de agua y alcantarillado y un adiestramiento específico en el campo en que van a ser adiestradores. Este curso general se ha previsto para dos niveles de formación escolar diferentes que se

han llamado básico e intermedio. Además, se ha previsto que en algunos casos el curso general sea sólo sobre tratamiento de agua o explotación de aguas subterráneas. Como complemento estos supervisores deberán tener acceso a material didáctico apropiado. Su actividad la llevarán a cabo dentro de un programa de adiestramiento en servicio que prevea el uso de instalaciones de la empresa en el adiestramiento.



Efecto multiplicador del "adiestramiento de adiestradores"

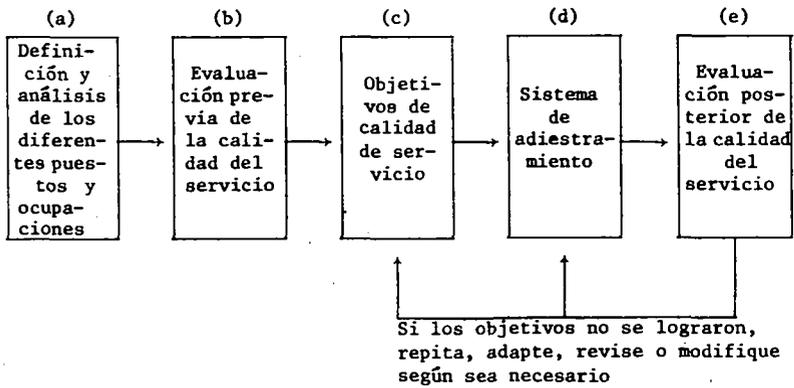
#### VI. EVALUACION DE LA EFECTIVIDAD DEL SISTEMA

La efectividad de un sistema de adiestramiento existente en una entidad de abastecimiento de agua o alcantarillado se mide por el mejoramiento en la calidad del servicio. También es un indicador importante el costo del servicio.

Se deben establecer los objetivos de calidad de servicio a un costo tal que se considere razonable y lógico dentro de la capacidad de pago de la comunidad servida.

El sistema de adiestramiento tendrá como propósito facilitar el logro de los objetivos de calidad de servicio fijados, mediante capacitación, y la evaluación de su efectividad se hará a través de la medida del grado de cumplimiento de las metas de calidad de servicio.

La misma metodología descrita anteriormente para la aproximación sistemática hacia el adiestramiento óptimo se podría utilizar para procurar un servicio de calidad óptima, tal como se indica a continuación.



Aproximación sistemática hacia un servicio de calidad óptima

Ejemplo

En una planta de tratamiento de agua para una ciudad latinoamericana se decidió capacitar al supervisor de operaciones, enviándolo a un curso y dándole la oportunidad de permanecer varias semanas en otras plantas de tratamiento en las que se sabía que la operación era muy eficiente.

La figura 3 ilustra la mejora de la clarificación del agua después del programa de adiestramiento en que participó este supervisor de la planta.

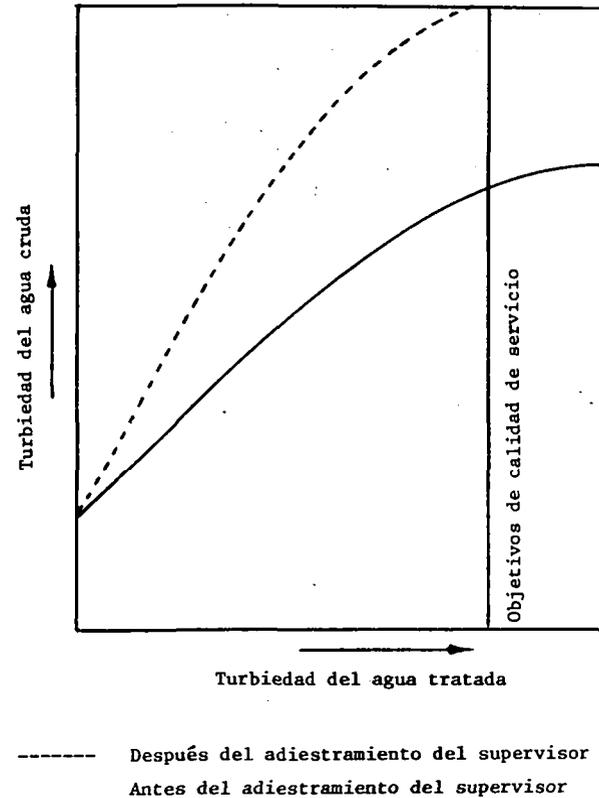


Figura 3

CLARIFICACION DEL AGUA LUEGO DEL PROGRAMA DE ADIESTRAMIENTO DEL SUPERVISOR DE PLANTA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Manual de adiestramiento de personal para servicios de agua y alcantarillado en países en desarrollo. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, 86(1):79-90, ene. 1979.
2. REAMES, J.P. The benefit/cost relationship in entry job training in water distribution. Washington, D.C., Environmental Protection Agency, s.d.
3. PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. Instructor's manual & planning guide for training of trainers. Barbados, Caribbean Basin Water Management Project, s.d.

DETERMINACION APROXIMADA DE LA MAGNITUD DEL ADIESTRAMIENTO REQUERIDO  
PARA EL SECTOR ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO EN LOS  
PAISES DEL GRUPO ANDINO DURANTE EL PERIODO DE 1981 - 1990

POBLACION, PERSONAL TOTAL Y DEL AREA TECNICA REQUERIDO Y PERSONAL POR CAPACITAR EN LOS  
PAISES DEL GRUPO ANDINO EN EL PERIODO 1981 - 1990

| PAIS      | POBLACION TOTAL<br>PARA EL AÑO 1990<br>(en millones) | PERSONAL REQUERIDO SI<br>HAY COBERTURA DEL 100%<br>(en miles) | PERSONAL REQUERIDO<br>EN EL AREA TECNICA<br>(en miles) | PERSONAL POR CAPACITAR SI SE<br>QUIERE CUBRIR EL 50% DEL PERSONAL<br>(en miles) |
|-----------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Bolivia   | 9                                                    | 9                                                             | 6                                                      | 3                                                                               |
| Colombia  | 39                                                   | 39                                                            | 26                                                     | 13                                                                              |
| Ecuador   | 12                                                   | 12                                                            | 8                                                      | 4                                                                               |
| Perú      | 24                                                   | 24                                                            | 16                                                     | 8                                                                               |
| Venezuela | 21                                                   | 21                                                            | 14                                                     | 7                                                                               |
|           | 105                                                  | 105                                                           | 70                                                     | 35                                                                              |

1=1,000 = Índice de personal vs. población servida en agua y alcantarillado, si la cobertura es del 100%

2/3 Personal del Area Técnica

1/3 Personal del Area Administrativa

PERSONAS POR CAPACITAR EN LOS PAISES DEL GRUPO ANDINO EN EL PERIODO 1981 - 1990  
EN EL AREA TECNICA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO

| PAIS                  | TOTAL            | NIVEL PROFESIONAL<br>(5%) | NIVEL TECNICO DE<br>SUPERVISION (15%) | OPERADORES Y OBREROS<br>ESPECIALIZADOS (30%) | OTROS<br>(50%) |
|-----------------------|------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|----------------|
| Bolivia               | 3,000<br>(126)   | 150<br>(13)               | 450<br>(38)                           | 900<br>(75)                                  | 1,500<br>*     |
| Colombia              | 13,000<br>(542)  | 650<br>(54)               | 1,950<br>(163)                        | 3,900<br>(325)                               | 6,500<br>*     |
| Ecuador               | 4,000<br>(167)   | 200<br>(17)               | 600<br>(50)                           | 1,200<br>(100)                               | 2,000<br>*     |
| Perú                  | 8,000<br>(333)   | 400<br>(33)               | 1,200<br>(100)                        | 2,400<br>(200)                               | 4,000<br>*     |
| Venezuela             | 7,000<br>(291)   | 350<br>(29)               | 1,050<br>(87)                         | 2,100<br>(175)                               | 3,500<br>*     |
| TOTAL GRUPO<br>ANDINO | 35,000<br>(1459) | 1,750<br>(146)            | 5,250<br>(438)                        | 10,500<br>(875)                              | 17,500<br>*    |

( ) : Número de eventos de adiestramiento suponiendo dos por persona en grupos de 24.

\* Adiestramiento en servicio y programas regulares de educación y capacitación para adultos.

EVENTOS A REALIZAR POR AÑO EN EL PERIODO 1981 - 1990 EN LOS PAISES DEL  
GRUPO ANDINO PARA CAPACITAR PERSONAL DEL AREA TECNICA DE LOS SERVICIOS DE  
AGUA Y ALCANTARILLADO

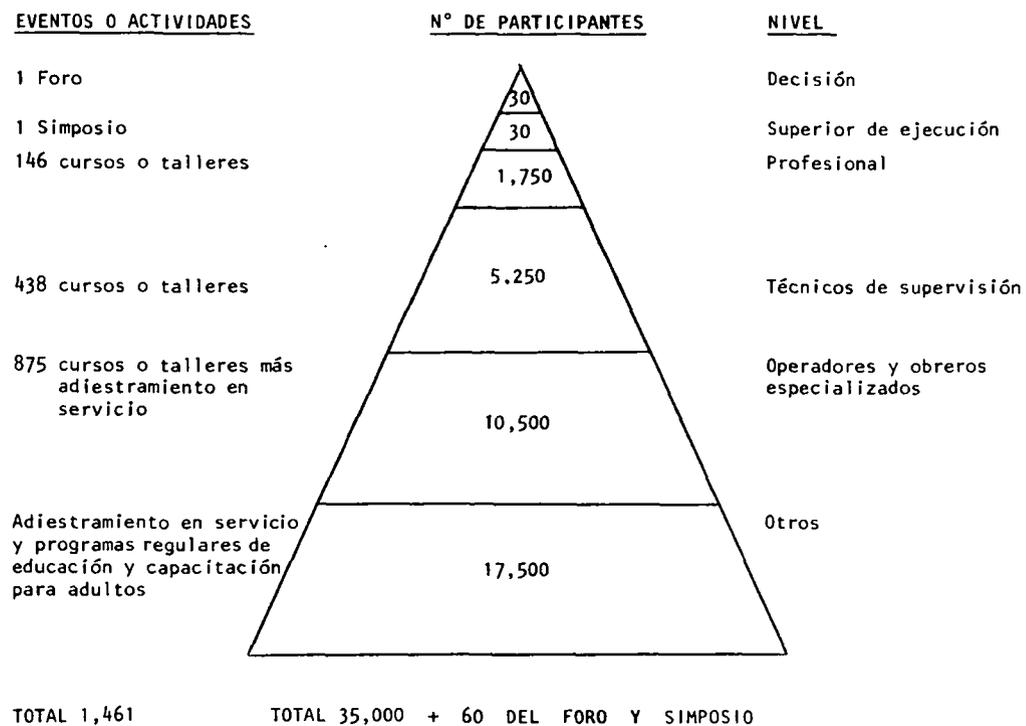
- 23.17 -

| PAIS               | TOTAL | NIVEL PROFESIONAL (5%) | NIVEL TECNICO DE SUPERVISION (15%) | OPERADORES Y OBREROS ESPECIALIZADOS (30%) | OTROS (50%) |
|--------------------|-------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|-------------|
| Bolivia            | 14    | 2                      | 4                                  | 8                                         | *           |
| Colombia           | 56    | 6                      | 17                                 | 33                                        | *           |
| Ecuador            | 17    | 2                      | 5                                  | 10                                        | *           |
| Perú               | 34    | 4                      | 10                                 | 20                                        | *           |
| Venezuela          | 30    | 3                      | 9                                  | 18                                        | *           |
| Total Grupo Andino | 151   | 17                     | 45                                 | 89                                        | *           |

\* Adiestramiento en servicio y programas regulares de educación y capacitación para adultos.

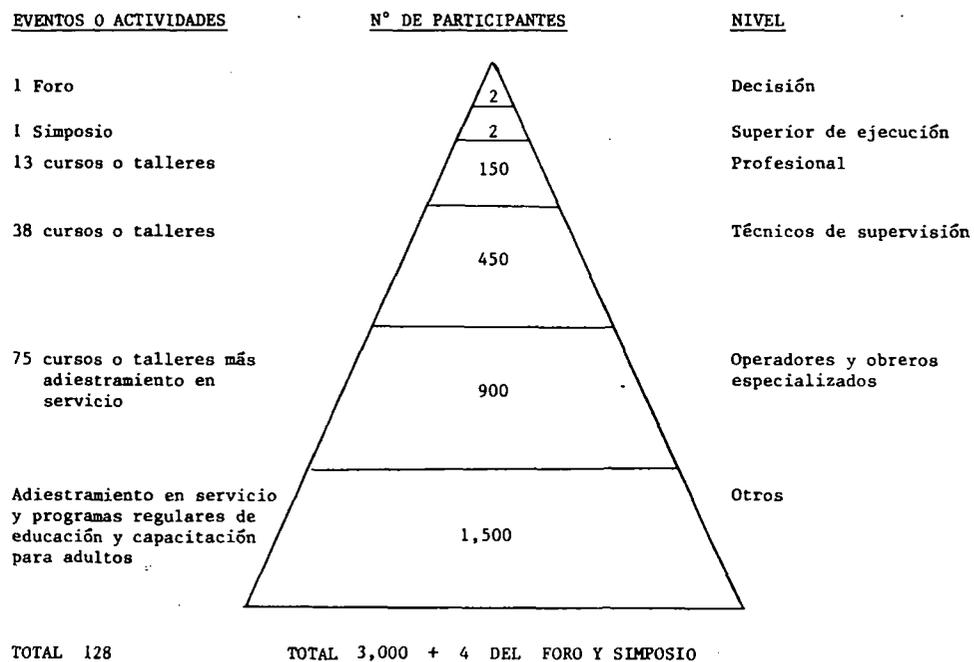
- 23.18 -

DESARROLLO TECNOLOGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO



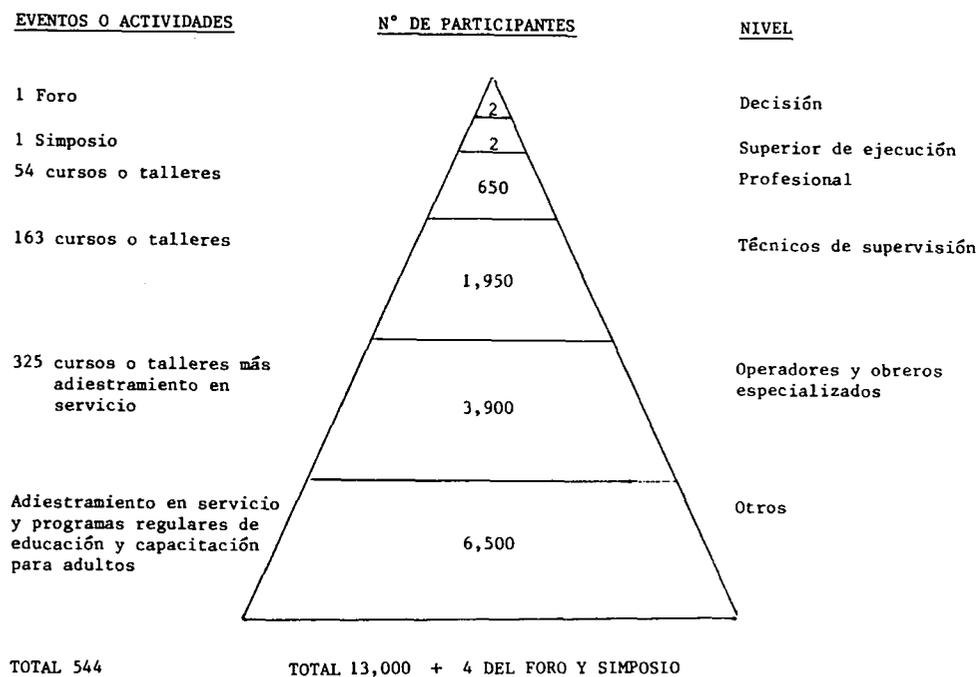
EVENTOS POR REALIZAR Y NUMERO DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN LOS  
PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO PARA PAISES DEL GRUPO ANDINO  
PERIODO 1981 - 1990

DESARROLLO TECNOLOGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO



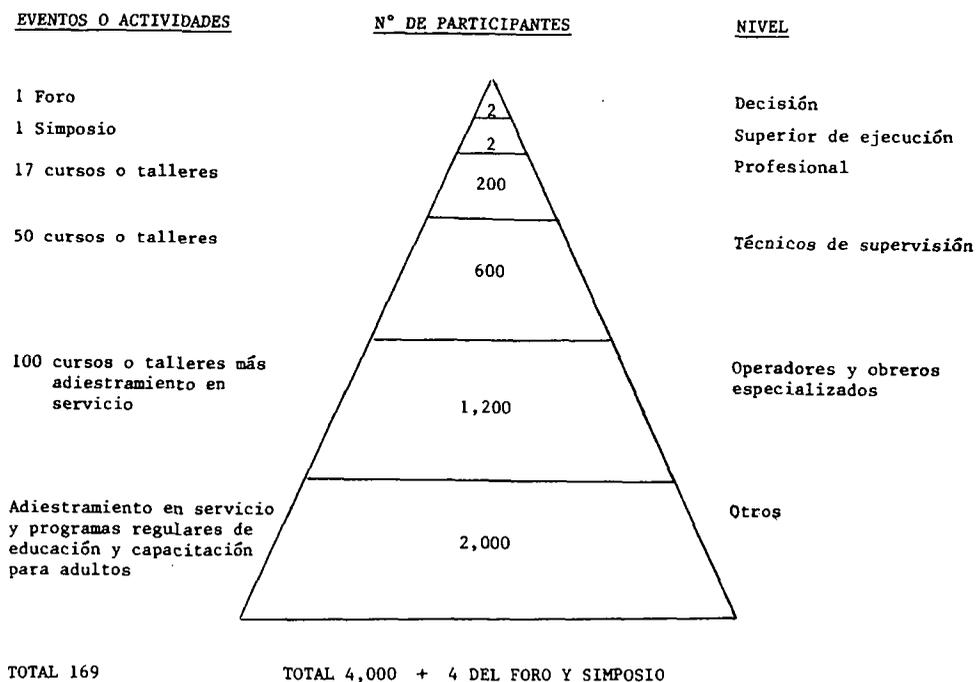
EVENTOS POR REALIZAR Y NUMERO DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN LOS  
PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO PARA BOLIVIA  
PERIODO 1981 - 1990

DESARROLLO TECNOLOGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO



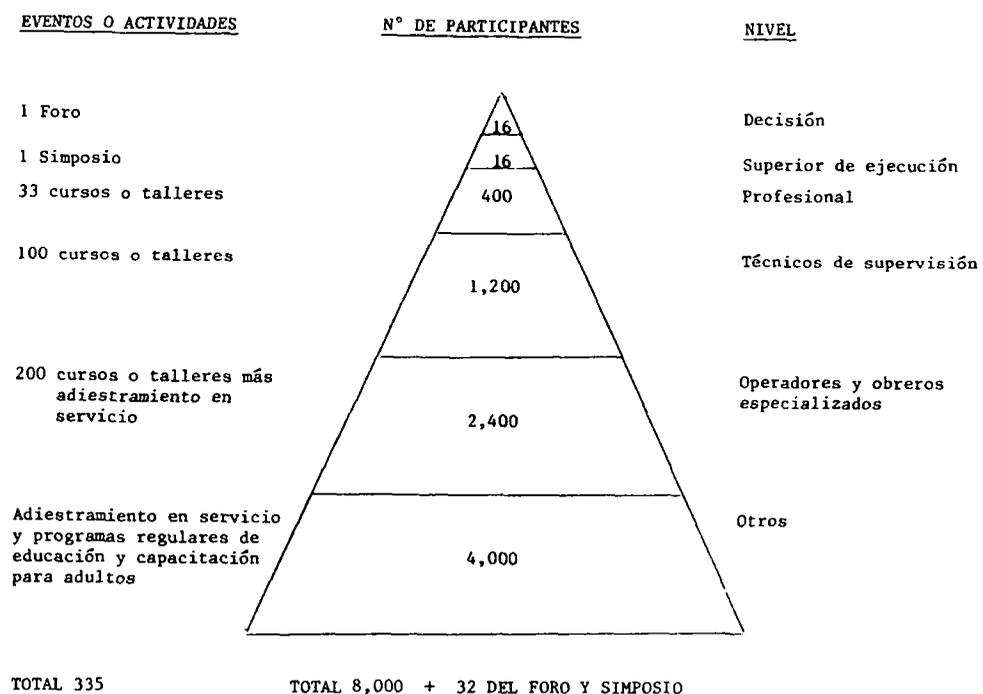
EVENTOS POR REALIZAR Y NUMERO DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN LOS  
PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO PARA COLOMBIA  
PERIODO 1981 - 1990

DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO



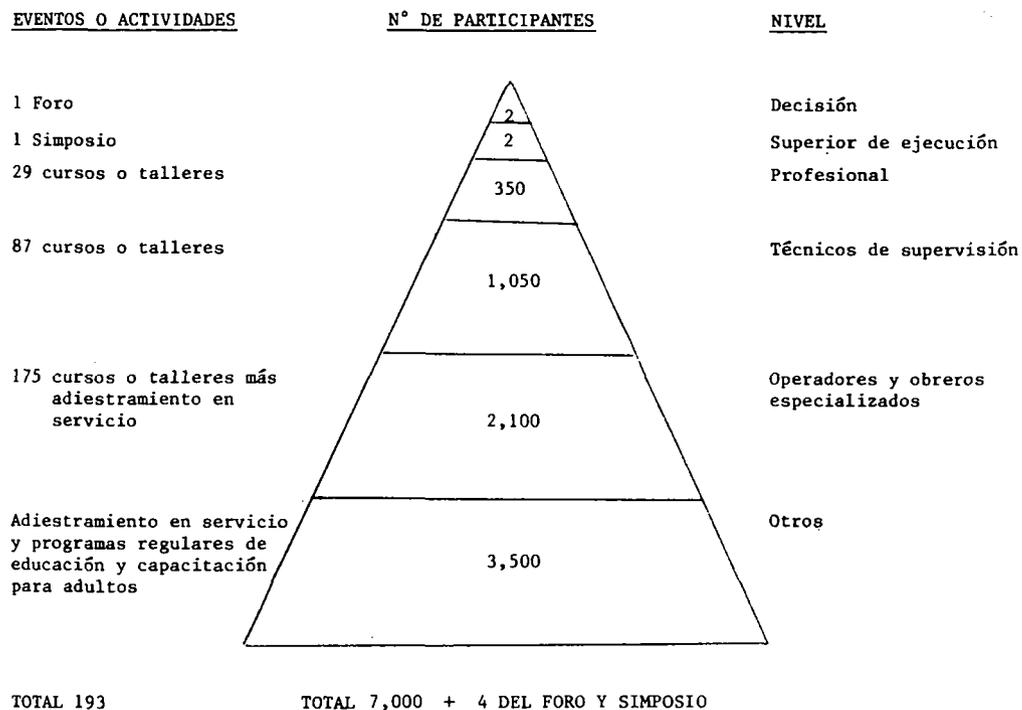
EVENTOS POR REALIZAR Y NUMERO DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN LOS  
PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO PARA ECUADOR  
PERIODO 1981 - 1990

DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO



EVENTOS POR REALIZAR Y NUMERO DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN LOS  
PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO PARA PERU  
PERIODO 1981 - 1990

DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO



EVENTOS POR REALIZAR Y NUMERO DE PERSONAS INVOLUCRADAS EN LOS  
PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO PARA VENEZUELA  
PERIODO 1981 - 1990

PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS INSTITUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
(DTIAPA)

EJECUCION DE PROGRAMAS DE ADIESTRAMIENTO EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Ing. Horst Otterstetter  
Consultor a Corto Plazo OPS/OMS-CEPIS

STOM 24

SIMPOSIO SOBRE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Lima-Perú, 13-17 de agosto de 1979

CONTEÚDO

|    |                                                                         |
|----|-------------------------------------------------------------------------|
| .  | SUMÁRIO . . . . .                                                       |
| 1. | INTRODUÇÃO . . . . .                                                    |
| 2. | SISTEMÁTICA DE AÇÃO . . . . .                                           |
| 3. | PESQUISA DE NECESSIDADES DE TREINAMENTO E ANÁLISE OCUPACIONAL . . . . . |
| 4. | DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE TREINAMENTO . . . . .                    |
| 5. | EXECUÇÃO DE TREINAMENTO . . . . .                                       |
| 6. | AVALIAÇÃO DE ATIVIDADES DE TREINAMENTO . . . . .                        |
| 7. | CONCLUSÃO . . . . .                                                     |

### Sumário

O presente trabalho apresenta e analisa uma sistemática de ação para treinamento de recursos humanos especializados para a área do saneamento básico. Na análise dessa sistemática são abordados aspectos típicos ligados ao trabalho e ainda são feitas considerações sobre detalhes operacionais.

### 1. Introdução

Existe entre todos os gerentes de empresas, o consenso de que o treinamento e o desenvolvimento de recursos humanos são ferramentas das mais importantes para conduzir a instituição em direção ao objetivo previamente estabelecido. Ao mesmo tempo, estes gerentes ordenam imediatamente que se faça cortes nas verbas do treinamento, sempre que uma crise surge. Frequentemente, também, verificamos que candidatos deixam de participar em programas por uma série bastante grande de razões, deixando claro que treinamento muito dificilmente encima escalas de prioridades. Esta desqualificação tem características universais, não sendo portanto restrita às áreas de influência de apenas algumas pessoas. No nosso entender, essa lamentável situação atual foi historicamente forjada pelas próprias unidades de desenvolvimento e treinamento de pessoal. Senão vejamos.

Por muito tempo pessoas não categorizadas promoveram treinamento sem dominar nenhuma tecnologia de treinamento ou educacional. Objetivos mal definidos, ou até indefinidos, levaram à execução de treinamento totalmente empírico, sem nenhum resultado tangível, caracterizando-se assim como um simples desperdício de dinheiro e outros recursos.

Em outros casos, a má escolha de conteúdo, técnicas, e recursos didáticos levavam a custos exagerados ou a resultados insignificantes.

Diante desta situação, o profissional do treinamento nos dias de hoje, precisa dominar perfeitamente a tecnologia mais atualizada e criar ou obedecer a uma sistemática lógica de ação. Desta forma, os riscos de insucesso são praticamente eliminados e uma otimização dos custos pode ser alcançada.

## 2. Sistemática de ação

A sistemática de ação que aqui apresentaremos é clássica na sua estrutura básica contendo entretanto algumas inovações ditadas por condições peculiares do nosso país ou da nossa região.

A sistemática é dividida em quatro fases sucessivas, que são:

- . fase de pesquisa
- . fase de desenvolvimento
- . fase de execução
- . fase de avaliação

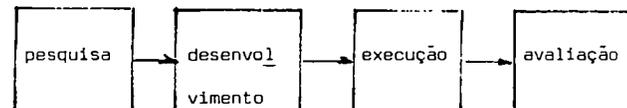
A fase de pesquisa se caracteriza por nos fornecer todas as informações necessárias para permitir o projeto do treinamento. É nesta fase que se estabelece o que será ensinado a quem, sob que condições e que resultados devem ser esperados.

Na fase de desenvolvimento são decididas as formas, ou sistemas de entrega, que serão empregados. Serão também definidos os recursos necessários para o desenvolvimento do treinamento.

Na fase de execução podemos distinguir duas grandes atividades, ou seja, a produção dos recursos didáticos e a realização do treinamento propriamente dito.

A última fase consiste na avaliação do aprendizado e do desempenho do treinado. É nesta fase que se pode obter dados que servem para realimentar o processo, permitindo que sejam feitos os ajustes necessários.

Graficamente podemos apresentar a sistemática da seguinte forma:



3. Pesquisa de necessidades de treinamento e análise ocupacional

Um dos problemas a ser equacionado neste contexto, é a de terminação das necessidades de treinamento.

Normalmente não é fácil responder quem deve ser treinado, no que e em que condições.

Alguns métodos existem, com mais ou menos base conceitual. É muito frequente, mas pouco eficiente, basear as pesquisas de necessidade de treinamento apenas na percepção dos supervisores. Muito mais conceitual é a pesquisa que se sustenta na de terminação dos desempenhos funcionais, utilizando para tanto - uma série de indicadores de performance criteriosamente esco lhidos.

Para cada um dos indicadores estabelece-se os valores pa drões que constituem-se nos valores a serem idealmente atingi dos. Determinamos então os valores reais do desempenho de de terminada área ou indivíduo, usando os indicadores apropriados e, da comparação com os valores padrões podem ser identificadas as necessidades de treinamento.

O conjunto dos valores determinados para os indicadores, con venientemente tratados, quantificam o atual padrão de serviços. Decisões gerenciais ou determinações legais fixarão o padrão - de serviço objeto, ou seja, o resultado último a ser alcançado.

Diante desta situação torna-se imperativo o levantamento de todas as informações que se relacionam com o, ou os postos de trabalho envolvidos na questão.

A este levantamento de informações denominamos "análise ocupacional" e seus produtos finais serão as características da população - alvo; as características técnicas dos postos de trabalho e as condições sócio-culturais dominantes na região.

Também nesta fase deve-se levantar prioridades, disponibilidade de recursos, e identificar políticas e ações pertinentes.

De posse destes dados, pode-se iniciar a fase seguinte da ação, que é denominada de fase de desenvolvimento.

#### 4. Desenvolvimento de projetos de treinamento

Esta fase inicia com uma decisão fundamental. De posse de todos os dados obtidos durante a pesquisa e levantamento, será determinado o, ou os sistemas de entrega que se adaptem melhor às peculiaridades de cada caso.

Grosseiramente falando, os conteúdos a transmitir aos treinandos poderão ser veiculados por produtos ou serviços. Entendemos por produtos, todas as formas de livros, manuais, programas audiovisuais e conjuntos educativos. Por serviços entendemos os cursos regulares, cursos por correspondência, encontros técnicos, treinamentos práticos individualizados e estágios.

Cada caso, por suas peculiaridades, exigirá um determinado sistema de entrega, ou às vezes um conjunto deles.

Tomada a decisão técnica, sobre o tipo de sistema ou tipos de sistemas a utilizar, passa-se à determinação dos recursos administrativos, humanos e tecnológicos necessários à execução do programa. O produto final desta fase será um projeto definindo e determinando todas as variáveis do programa. Este mesmo projeto é o documento básico para a fase seguinte, denominada "fase de execução do treinamento".

#### 5. Execução de treinamento

A fase de execução de treinamento na realidade compreende duas partes distintas: preparação dos recursos e execução propriamente dita.

O projeto previamente elaborado fixa as características e formas dos sistemas de entrega dos conteúdos. Diante destas determinações os recursos são preparados e produzidos com a melhor tecnologia disponível naquele instante. Entre estes recursos precisamos destacar os recursos de apoio didático, os instrutores, instalações e equipamentos além dos recursos administrativos de apoio.

Produzidos todos os recursos necessários eles deverão passar por testes de consistência e eficiência. Aprovados ou adequados estarão à disposição para dar início à execução do treinamento propriamente dito.

A entrega dos conteúdos, criteriosamente escolhidos e arranjados, é feita pelo sistema de entrega projetado, obedecendo a um cronograma de trabalho. Com mais frequência nós utilizamos os cursos como sistema de entrega.

Nem sempre esta é a forma mais conveniente do ponto de vista técnico e econômico. Também os livros e os encontros técnicos são eficazes para este fim. Cursos de treinamento à distância constituem um capítulo a parte entre os sistemas de entrega.

Imediatamente após a conclusão da entrega do conteúdo faz-se uma avaliação, e assim se inicia a fase denominada "de avaliação".

## 6. Avaliação de atividades de treinamento

É sobejamente conhecido que produzir sem avaliar resultados é prova de um desempenho pobre. Com isto está se afirmando que avaliação é uma atividade obrigatória em treinamento.

Ao término da entrega dos conteúdos programados, deve ser realizada uma avaliação da aprendizagem. Em outras palavras, deverá ser medido o volume de conceitos e informações que foi fixado pelo treinado. Esta informação é importante para realimentar o processo e permitir efetuar as necessárias correções.

Algum tempo após o retorno do treinado a seu posto de trabalho devemos avaliar o novo desempenho. Medindo com os mesmos indicadores da fase de pesquisa e levantamento, e comparando contra os mesmos valores padrões podemos ter uma noção precisa da melhoria provocada pelo treinamento. Há entretanto um ponto muito importante a ser observado a esta altura. Não basta que o treinado tenha adquirido novas habilidades, para aplicá-las é necessário, que a condições técnicas do posto de trabalho sejam adequadas. A avaliação das condições técnicas do posto de trabalho é um benefício paralelo gerado pelo treinamento.

Novamente, tratando-se convenientemente os valores numéricos obtidos para cada indicador de desempenho poderemos quantificar o novo nível de serviço. Comparando-o com o padrão fixado, podemos concluir da necessidade ou não de programar atividades complementares.

Os resultados obtidos nesta nova avaliação permitirão mais uma vez realimentar o processo e efetuar as correções necessárias ao nível de sistema de entrega ou do projeto.

## 7. Conclusão

Sem querer afirmar que os recursos humanos, tecnológicos administrativos e materiais não são importantes, gostaríamos de friisar que a peça fundamental numa atividade de treinamento é o projeto. Este por sua vez necessariamente deve se apoiar numa análise ocupacional bem feita. A determinação das necessidades de treinamento não pode ser feita empiricamente, mas deve ser realizada à luz de uma metodologia adequada.

A prática da determinação das necessidades de treinamento por intermédio de indicadores de desempenho operacional é, por todas as razões conveniente. Estes mesmos indicadores deverão ser utilizados na avaliação dos resultados garantindo assim uma maior consistência à sistemática de ação.

SISTEMÁTICA DE AÇÃO

