

22/163g

CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA

20-26 DE AGOSTO DE 1972

ASUNCION — PARAGUAY

LIBRARY
International Reference Centre

PRACTICA UTILIZACION DE SEDIMENTADOR DE
ALTA RATA EN LA PURIFICACION DE LAS AGUAS
EN ACUEDUCTOS RURALES DEL EDO. GUARICO
VENEZUELA.

ING. CARLOS BARRIOS O.

252-72PR-163g

ASOCIACION VENEZOLANA INGENIERIA SANITARIA - AVIS.

721 506

XIII CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA
ASUNCION - PARAGUAY
20-26 AGOSTO 1.972

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY
AND SANITATION
P.O. Box 119, 119 AD The Hague
Tel. (070) 617011 ext. 141/142
RN: ISN 1639
LC: 252 72 PR

PRACTICA UTILIZACION DE SEDIMENTADOR DE ALTA RATA
EN LA PURIFICACION DE LAS AGUAS EN
ACUEDUCTOS RURALES DEL ESTADO GUARICO, VENEZUELA

~~K 15079~~

ING° CARLOS BARRIOS O.
Jefe de la Zona XIII de la Dirección
de Malariología y Saneamiento Ambiental
Estado Guárico-Venezuela

PRACTICA UTILIZACION DE SEDIMENTADOR DE ALTA RATA
EN LA PURIFICACION DE LAS AGUAS EN
ACUEDUCTOS RURALES DEL ESTADO GUARICO, VENEZUELA

RESUMEN

Con el deseo de mejorar la baja calidad de las aguas provenientes de embalses que sirven de fuente de abastecimiento a acueductos rurales del Estado Guárico, Venezuela, y basados en el uso de los sedimentadores de alta rata, nos dimos a la tarea de construir una instalación sencilla, que fuera sobre todo económica y de fácil operación y lo suficientemente pequeña que permitiera un cómodo transporte e instalación.

Se diseñó un modelo para un gasto que se aproximara al promedio del consumo diario de las poblaciones rurales y en su construcción se usaron materiales y equipos económicos y de fácil localización en el mercado.

Resultó una instalación de 2 x 2 x 5.30 mts. de tamaño, que incluye todos los procesos de purificación, excepto filtración y que después de instalada en un acueducto rural característico, produjo muy buenos resultados aún cuando fue probada para un gasto superior en un 45% al de diseño.

Se logró reducir en un 99% la turbiedad, 95% el color aparente, 86% el color real y 100% el olor.

El costo total del prototipo totalmente instalado no superó el 18% del costo de las obras convencionales ya construidas, y su fácil y económica operación unida a las ventajas antes anotadas - permiten afirmar que el modelo aquí expuesto es una posible solución al problema, en los acueductos rurales, de la baja calidad de sus aguas si éstas provienen de embalses o de otro tipo de fuente cuyas aguas posean características similares.

PRACTICA UTILIZACION DE SEDIMENTADOR DE ALTA RATA
EN LA PURIFICACION DE LAS AGUAS EN
ACUEDUCTOS RURALES DEL ESTADO GUARICO, VENEZUELA

El principal problema que ha enfrentado el programa de Acueductos Rurales en el Estado Guárico ha sido la dificultad para localizar fuentes de abastecimiento, debido a la escasez de cursos de agua permanentes y la carencia, en extensas regiones, de depósitos de aguas subterráneas aceptables para el consumo humano.

Por esta razón la solución obligada ha sido la construcción de embalses, en un número elevado. Este tipo de fuente no es el más deseable por su elevado costo, y sobre todo porque el agua en él contenida no es de buena calidad debido a que en su viaje hasta el embalse arrastra gran cantidad de impurezas que le dan un aspecto terroso, lo cual, unido al crecimiento excesivo de las algas -muy comunes en la zona tropical- provocan un deterioro pronunciado del agua, sobre todo en lo relativo a su color y turbiedad.

En la actualidad, por razones de tipo económico, el único tratamiento que se efectúa en la mayoría de estos acueductos es filtración y desinfección, mediante el uso de filtros de arena a presión y dosificadores de cloro. Los resultados así obtenidos no son satisfactorios, ya que los filtros de arena, sin una coagulación previa no retienen las minúsculas partículas que provocan los inconvenientes antes mencionados.

Basándonos en la alta eficiencia de los sedimentadores de alta rata, de uso reciente, y con la idea de brindarle a las localidades afectadas un mejor servicio de agua potable, nos dimos a la tarea de construir una instalación sencilla, económica, de fácil operación, que utilizara los equipos existentes, que pudiera fabricarse en serie, y que fuera lo suficientemente pequeña que permitiera un cómodo transporte y colocación en cualquier terreno, sin obras adicionales costosas.

FUNDAMENTOS TECNICOS

De todos es sabido que en una planta de purificación de aguas convencional la instalación que incrementa en un alto porcentaje el tiempo de retención y por consiguiente el volumen o tamaño de la planta es el estanque de sedimentación.

Con el deseo de disminuir sus dimensiones, sin perjudicar su eficiencia, diferentes investigadores (Hazen, Cup, etc) en distintas épocas estudiaron el caso y propusieron soluciones basándose principalmente en la disminución de la profundidad del estanque o utilizando bandejas horizontales. Estos intentos no alcanzaron el éxito esperado por las dificultades para la recolección de los lodos y por la poca eficiencia de la planta debido a las inestables condiciones hidráulicas de la instalación.

Hace pocos años los Sres. Gordon Culp, Sigurd Hansen y Gordon Richardson (1) preocupados investigadores, propusieron la utilización de tubos de pequeño diámetro a través de los cuales se desplaza un flujo laminar en el sentido longitudinal del tubo que permite condiciones hidráulicas estables con lo que se logra una eficaz sedimentación en un corto tiempo. El problema de la remoción de los lodos fue resuelto inclinando dichos tubos en ángulos con la horizontal en la dirección del flujo como se indica en las figuras N° 1 y N° 2.

Los investigadores antes mencionados escogieron para su diseño, luego de muchas pruebas, dos ángulos de inclinación, que poseen ventajas diferentes utilizándose de acuerdo al tipo y capacidad de la planta.

Para instalaciones de baja hasta mediana capacidad recomendaron un ángulo de inclinación pequeño de 5° (fig. N° 1). Esta configuración permite extraer los lodos mediante retrolavados (Backwash), lográndose la eliminación total de los lodos depositados. El estanque se llena de nuevo para su correcto funcionamiento con la última por

ción del agua provenientes del lavado de los filtros.

Para instalaciones de gran capacidad propusieron el uso de tubos inclinados a ángulos de 60° los cuales permiten que los flocu_los por su propio peso sean descargados hacia abajo de donde son eliminados por los aparatos normales de remoción de lodos (fig. N°2).

La aplicación de la primera disposición de tubos unida a otras consideraciones que describiremos a continuación nos permitió cons_{tr}uir una planta experimental que se adaptara a las condiciones del medio rural haciéndola de fácil operación, sencilla construcción e instalación y de muy bajo costo.

ESQUEMA DE LA INSTALACION

Como se dijo en el párrafo de introducción, el agua a tratar proviene de embalses desde donde es extraída mediante la acción de un sifón y por gravedad conducida hasta la instalación (ver gráf. N° 3), la cual se sitúa aguas abajo del río o quebrada represado. Esta ubicación permite eliminar el bombeo embalse-planta, utilizado con frecuencia en las obras hasta ahora construidas.

El agua es llevada hasta una tanquilla donde se efectúa la mezcla rápida, dicha tanquilla fue construida de bandejas transversales alternadas que permiten una rápida y eficiente mezcla con los coagulantes químicos allí aplicados mediante el uso de dosificadores de gravedad tipo SAS*(2). (Ver fig. N° 4). De allí pasa a un floculador de paletas que permite una adecuada mezcla a baja velocidad para una correcta formación de los flóculos. Gracias a una pantalla que distribuye uniformemente el flujo, el líquido es conducido hacia el estanque de sedimentación, donde están instalados los tubos de pequeño diámetro que tienen una conformación parecida a una colmena (ver foto N° 3), a través de la cual pasa el agua dejando los sólidos sedimentados, los cuales forman una red que mejora cada vez más el proceso de clarificación deteniendo aún las partículas más pequeñas. En el rebose del sedimentador se obtiene el agua con características bastante aceptables, allí es recogida en una tanquilla donde se le aplica, de ser necesario, sustancias químicas para corregir el pH. De esta tanquilla se bombea al estanque de distribución de la localidad a través de filtros de arena a presión que eliminan los residuos de turbiedad y cualquier otra impureza que no hubiera sido eliminada en el sedimentador.

*ECONOMICA VARIANTE DEL CLORADOR DE GOTEIO TIPO SAS Y COMPARADOR DE CLORO SAS, por Ing. Simón Arocha Ravelo, 1966. Equipo de dosificación de líquidos muy sencillo y práctico que permite obtener un flujo constante debido a una carga hidráulica fija. Posee orificios de diferentes diámetros para lograr el flujo deseado.

CARACTERISTICAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION

El modelo se diseñó para un gasto de 6 lts/seg, en vista de que la mayoría de los acueductos rurales en el Estado Guárico tienen como promedio este gasto de bombeo, con la posibilidad de colocar instalaciones paralelas en caso de mayores demandas.

Se proyectaron en un solo cuerpo las cámaras de mezcla rápida, floculación y sedimentación facilitando así su construcción, transporte e instalación. En su ejecución se utilizaron láminas de acero de 3/16" de espesor recubiertas con brea epoxica como protección anticorrosiva.

La cámara de mezcla rápida, como se dijo anteriormente, está constituida por una tanquilla provista de bandejas o tabiques colocados uno sobre otro en forma tal que provocan cambios bruscos de dirección del flujo permitiendo una adecuada mezcla con los compuestos químicos, que en forma de solución y mediante dosificadores tipo SAS (2), son aplicados en dicha tanquilla. Sus dimensiones son de 25 x 25 x 60 cms (ver foto N° 1).

El floculador inicialmente había sido diseñado de tabiques que produjeran un flujo alternado ascendente - descendente pero en vista de dificultades para su construcción y por su excesivo peso se utilizó uno de paletas, que presentó el inconveniente de requerir una fuente de energía para accionar su movimiento circular. Esta se logró mediante la instalación de un pequeño generador de 1 HP conectado al motor diesel del equipo de bombeo, lo cual permitió colocar un pequeño motor eléctrico de 3/4 HP con un sistema de reducción de velocidades alcanzándose así una velocidad suficientemente baja, adecuada para la formación correcta del flóculo.

Las dimensiones del floculador en referencia son de 2.00 x 2.00 x 1.60 mts con un período de retención de 18 minutos para un gasto de 6 lts/seg. Ver foto N° 2.

El estanque sedimentador se construyó de tal manera que pu

diera colocarse en su interior holgadamente, la colmena de tubos (ver foto N° 3) con suficiente espacio para permitir el acceso del operador para efectuar la reposición de elementos deteriorados o, en caso dado, una exhaustiva limpieza (Ver fotos N° 6, 7 y 8).

Posee a la entrada una pantalla horadada convenientemente para permitir una uniforme distribución del flujo y al final un rebose móvil para controlar el mismo a través del sistema.

La colmena de tubos está constituida por láminas corrientes de asbesto - cemento, colocadas una sobre otra en forma invertida de manera que constituyen un conjunto de tubos de sección oval (ver foto N° 3), a través de los cuales se desplazará el flujo.

Las dimensiones de dicha colmena son 1.82 x 1.00 x 2.44 mts. con un tiempo de retención de 12 minutos para el gasto de diseño de 6 lts/seg. Para este gasto la razón del flujo por unidad de área de colmena es de 3.30 lts/seg/m² la cual es menor que la razón de flujo máxima recomendada para este tipo de instalación que es de 3.36 lts/seg/m².

Durante la prueba a que fue sometido el modelo se trabajó con un gasto de 8.7 lts/seg, mayor en un 45% que el gasto de diseño. La razón de flujo de prueba fue de 4.78 lts/seg/m², la cual es igualmente un 45% mayor que la de diseño. El tiempo de retención del sedimentador para 8.7 lts/seg fue de 8.50 minutos.

Aún bajo estas críticas condiciones el resultado de las pruebas fue favorable, como se observará en los resultados del ensayo.

El período de retención durante la prueba del conjunto: mezcla rápida - floculación - sedimentación, resultó ser de 21 minutos, - sus dimensiones totales son: 2.00 x 2.00 x 5.30 mts.

RESULTADOS DEL ENSAYO

El modelo fue instalado en el acueducto de la población de Sabana Grande de Orituco, cuyas aguas presentaban las características físico-químicas señaladas en la Tabla N° 1.

Después de realizada la prueba de jarro y algunos ensayos de laboratorio se determinó que la cantidad óptima de sulfato de aluminio (agente coagulante utilizado) resultó ser de 40 ppm. Para disminuir el color y como ayudante de coagulación se aplicaron 11 ppm de cloro. Ambas sustancias químicas fueron aplicadas en la cámara de mezcla rápida.

Las características del agua tratada se observan en la Tabla N° 1, destacándose en la última columna, en porcentajes, el efecto del tratamiento sobre las características físico-químicas indeseables, teniendo particular importancia la reducción de la turbiedad, color y olor.

Con el fin de corregir el Ph modificado durante el proceso de coagulación se aplicó cal (CaOH_2), en el efluente del sedimentador - en una proporción de 5.0 ppm.

TABLA N° 1
CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL AGUA
CRUDA Y DEL AGUA TRATADA

| | Agua Cruda | Agua Sedimentada | Agua Filtrada | Reducción % |
|---------------------------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------|
| Aspecto | turbia amarilla | ligeramente turbio | claro | 100% |
| Turbiedad | 105 | 8 | 1 | 99.05% |
| Color aparente (unidades Pt/Co) | 100 | 5 | 5 | 95% |
| Color real (unidades Pt/Co) | 35 | 5 | 5 | 86% |
| Olor | terroso | terroso | ausente | 100% |
| pH | 7.8 | 7.4 | 8.3 | - |

VENTAJAS DEL MODELO

1.- BAJO COSTO

Cabe destacar primordialmente como importante ventaja de esta instalación su mínimo costo, comparado con las plantas convencionales construidas hasta la fecha, como puede observarse en la Tabla N° 2.

TABLA N° 2
COMPARACION DE COSTOS CON INSTALACIONES
CONVENCIONALES EN EL EDO. GUARICO

| Instalación | Costos(*) \$ | Año de construc | Costo de la Nueva Instalación (**) \$ | Diferencia \$ | Reducción del Costo % |
|-------------------------|-----------------|--------------------|--|------------------|--------------------------------|
| Santa María de Ipire | 25.500 | 1965 | 4.500 | + 21.000 | 82.5 |
| El Socorro | 26.800 | 1966 | | + 22.300 | 83.2 |
| San José de Guaribe | 25.900 | 1961 | | + 21.400 | 82.6 |

(*) Los costos no incluyen filtros ni obras extras y sólo un equipo de bombeo.

(**) Costo máximo de la NUEVA INSTALACION lista para entrar en operación.

El costo de la nueva instalación es menor en un 82% al costo de las obras convencionales ya construidas, lo cual es una significativa ventaja.

2.- FACIL Y ECONOMICA OPERACION

En vista de que el agua llega a la planta por gravedad se elimina el doble bombeo, disponiéndose de un solo equipo lo cual facilita la operación y disminuye los costos de mantenimiento y reparación.

3.- PORTABILIDAD

Puede ser construida en serie en un taller, y por su reducido tamaño transportada fácilmente hasta el sitio deseado. No necesita movimiento de tierra importantes, ni obras adicionales (muros, drenajes, etc.).

CONCLUSIONES

- a) Como se observa en lo expuesto en los capítulos anteriores, se desprende que esta instalación por su sencillez y facilidad de operación y su bajo costo de mantenimiento, cumple con los requisitos necesarios para ser usada en áreas rurales donde sea muy difícil localizar mano de obra especializada, y que de conseguirse, no existen los recursos económicos para costearla.
- b) Su bajo precio y su fácil construcción permiten fabricarla en serie, pudiendo así resolver el problema en los acueductos rurales de la baja calidad de sus aguas, si éstas provienen de embalses o de otro tipo de fuente con características similares. Su versatilidad por permitir gastos mayores que los de diseño permite usarla por varios años sin necesidad de modificarla. Para mayores demandas pueden diseñarse modelos de mayor tamaño sin aumentar significativamente su costo, o podrían colocarse unidades paralelas haciendo así posible su uso en poblaciones de mediano tamaño.

Considero un deber manifestar mi agradecimiento a los Ingenieros Jesús E. González y Leopoldo Blumenkrans y a los señores Víctor Mota, Ignacio Marrero y Ramón Viña, sin cuyo aporte no habría sido posible la ejecución del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- 1° Culp, Gordon - Hansen, Sigurd - Richardson, Gordon
HIGH-RATE SEDIMENTATION IN WATER TREATMENT WORKS
JOURNAL AWWA - June 1968.

- 2° Arocha Ravelo, Simón - ECONOMICA VARIANTE DEL CLORADOR TIPO S.A.S. Y COMPARADOR DE CLORO S.A.S.
Octubre 1966.

- 3° The American Water Works Association
WATER QUALITY AND TREATMENT HAND BOOK
Third Edition - 1971

- 4° Borchardt, Jack
NOTES FROM THE CURSE: WATER PURIFICATION AND
TREATMENT - C.E. 583 UNIVERSITY OF MICHIGAN.
Winter Term 1967 - 1968

Fig. Nº 1

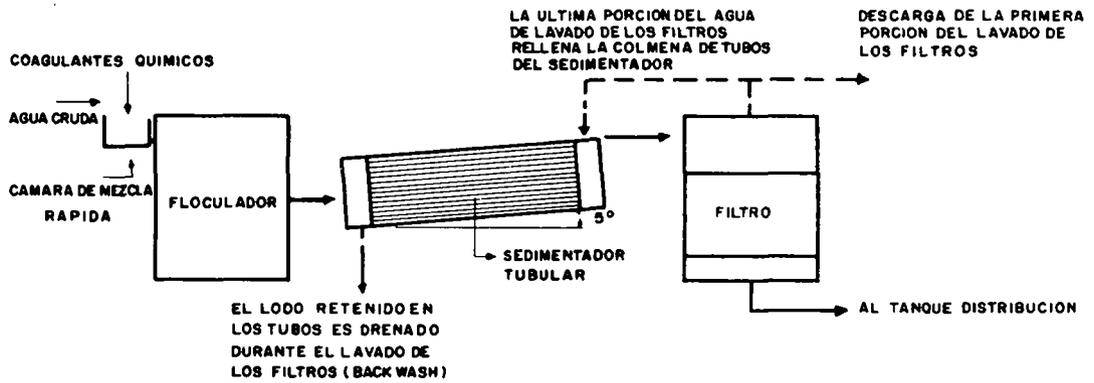
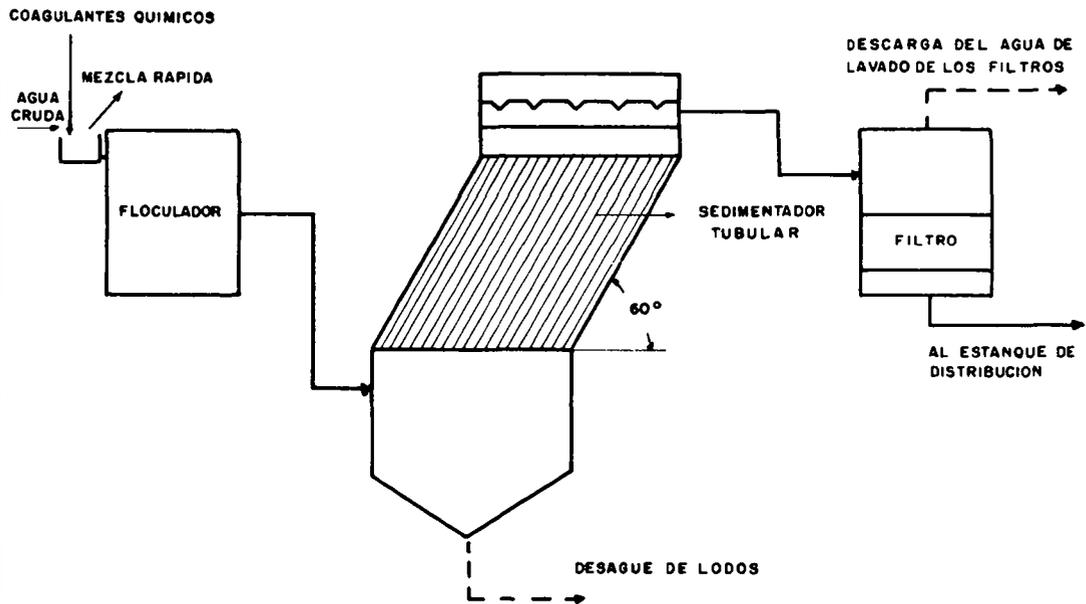


Fig. N° 2



Elaborado por:
Ing. Juan Carlos Rodríguez
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Civil

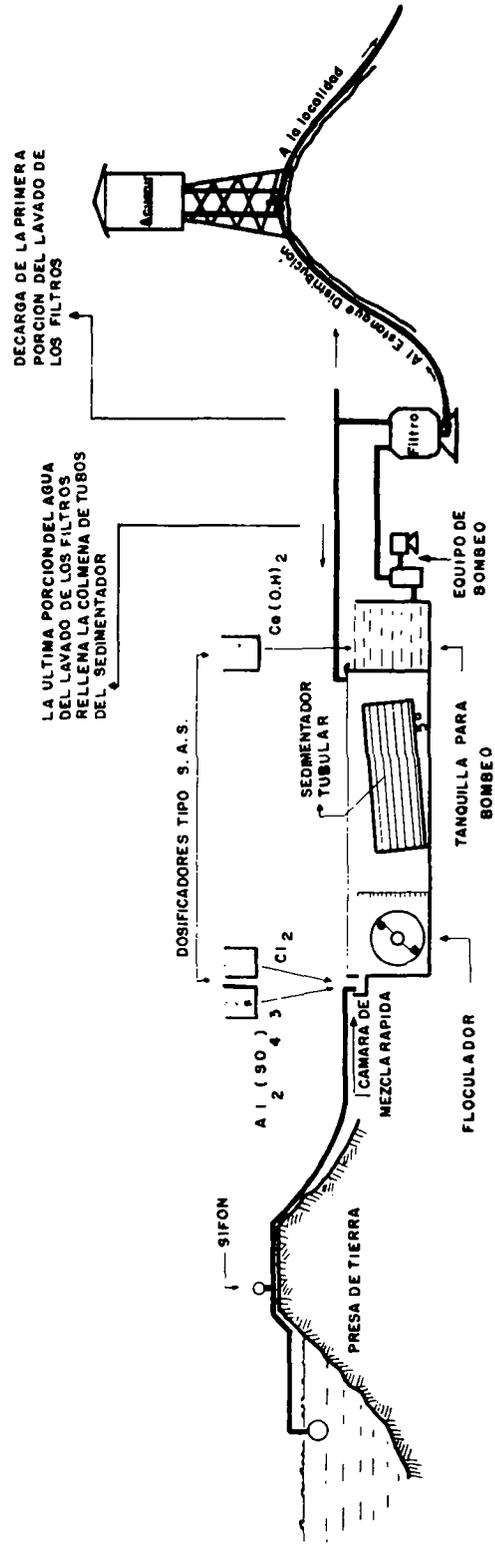
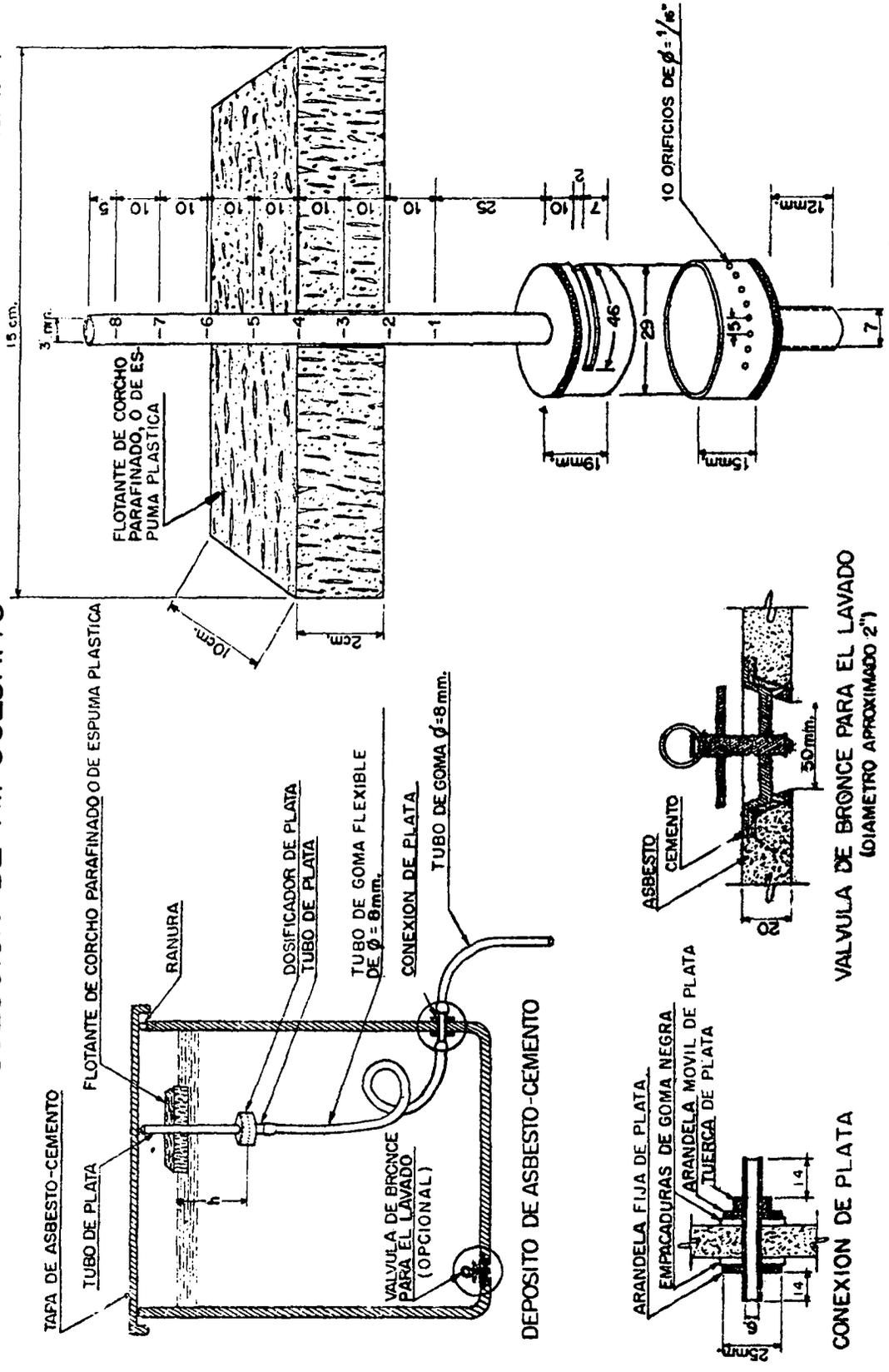


Fig. Nº 3

DOSIFICADOR PARA SOLUCION DE HIPOCLORITO

FIG. N° 4



DISEÑADO POR LA DIVISION INGENIERIA SANITARIA
 DIBUJO: NOEL GUSTI - 1988



Foto N° 1
MEZCLA RAPIDA

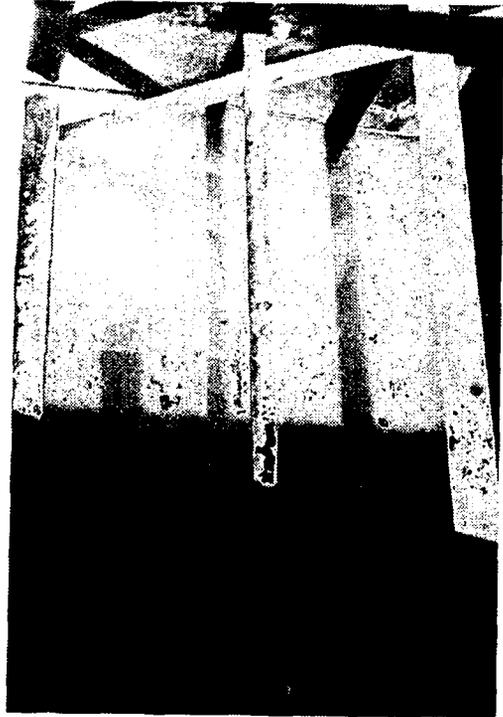


Foto N° 2
FLOCULADOR

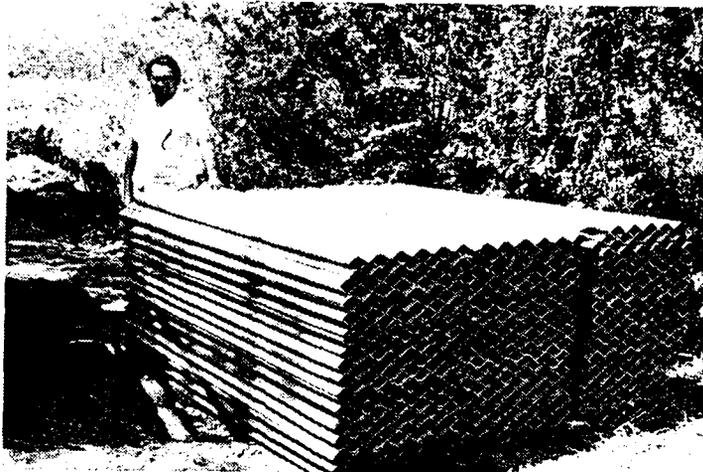


Foto N° 3
COLMENA DE TUBOS DEL SEDIMENTADOR

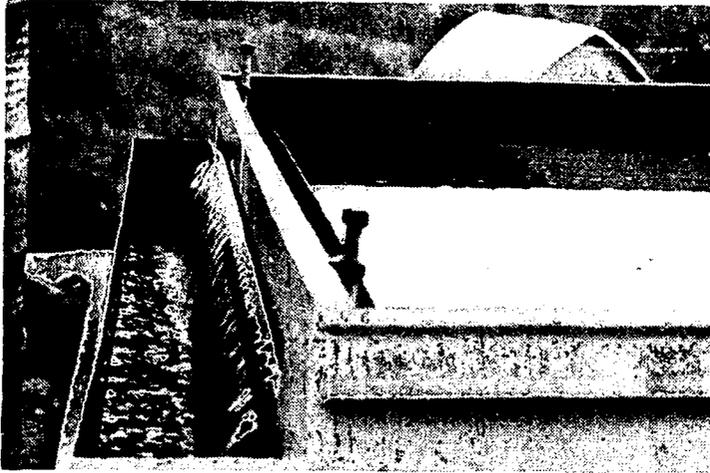


Foto N° 4
REBOSE DEL SEDIMENTADOR

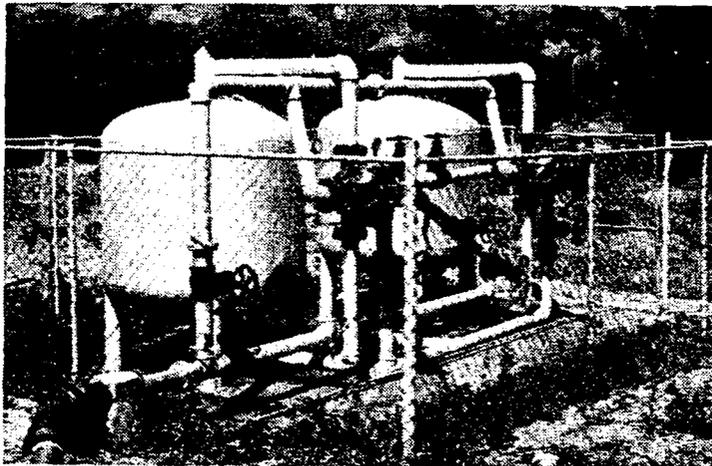


Foto N° 5
FILTROS DE ARENA A PRESION

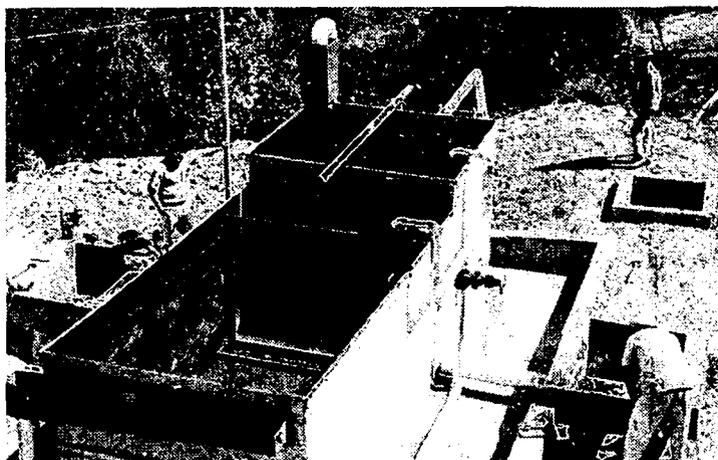


Foto N° 6

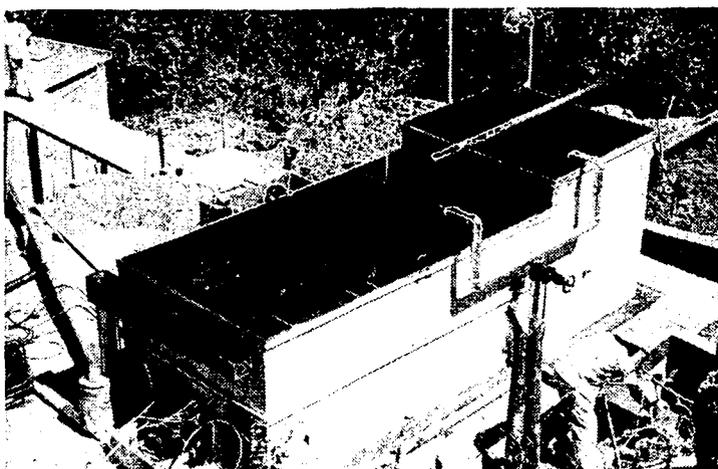


Foto N° 7

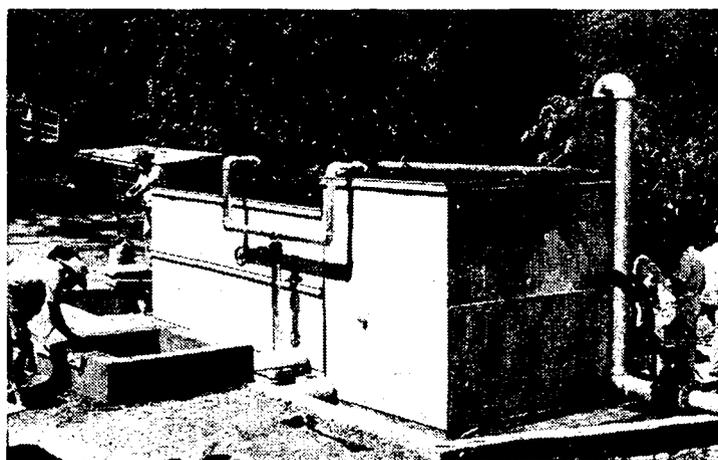


Foto N° 8

DIFERENTES VISTAS DEL MODELO DURANTE
SU INSTALACION

