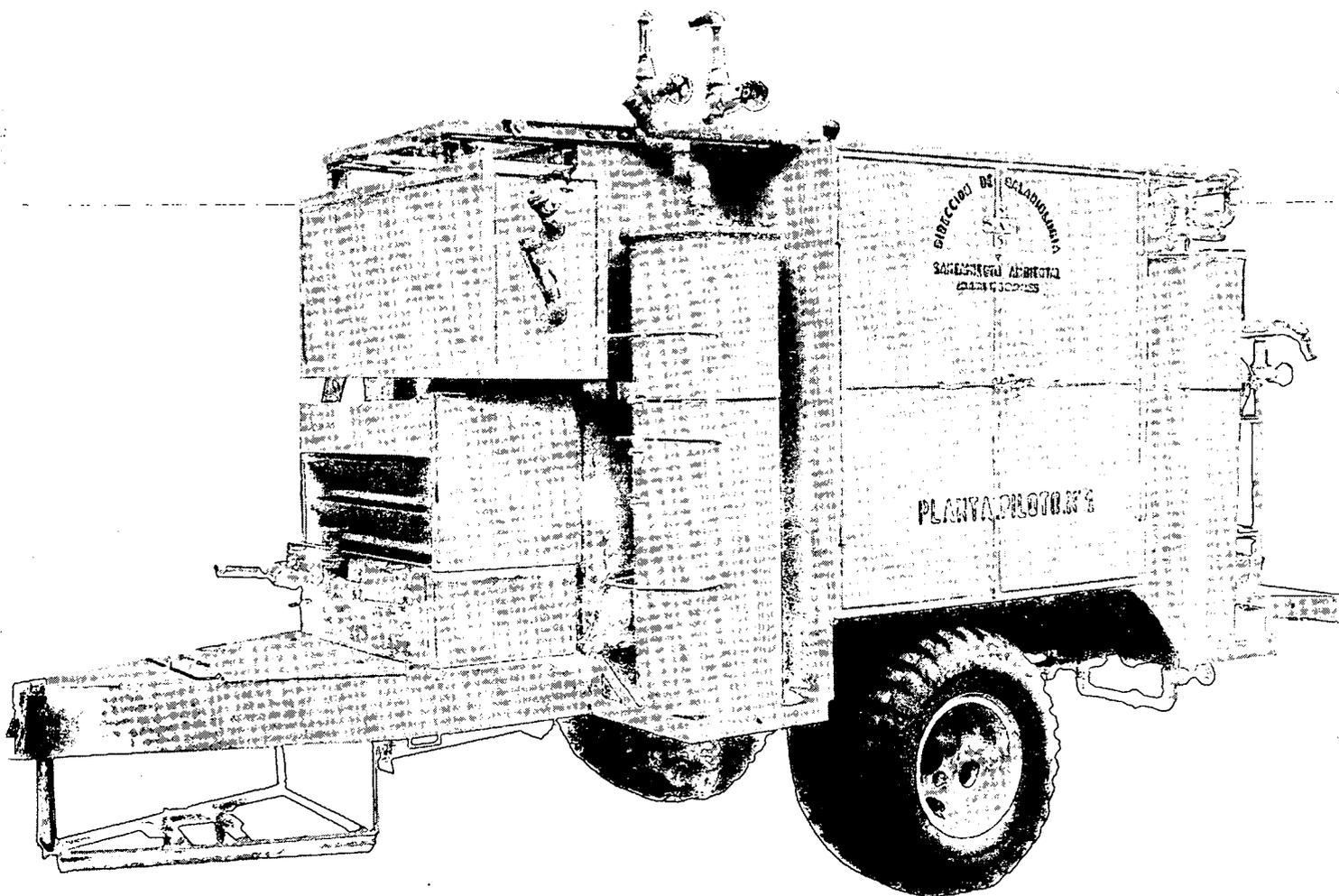


250  
66PL

# UNIDAD MOVIL EXPERIMENTAL TRATAMIENTO DE AGUA



NICOLAS NYERGES V.  
EDGAR GONZALEZ R.

CARACI 250-66PL

35

250  
66 PL

# **PLANTA MOVIL EXPERIMENTAL DE TRATAMIENTO DE AGUA**

**NICOLAS NYERGES V.  
EDGAR GONZALEZ R.**

**CARACAS 15 DE JULIO DE 1966**

**INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES  
PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
PARA EL COMUNITARIO**

**I N D I C E**

=====

I) Prefacio	pág. 3
II) Proyecto del modelo hidráulico de planta de tratamiento	pág. 6
A) Requisitos fundamentales de diseño	
B) Criterios de diseño adoptados	
C) Unidades del modelo	
Planos, detalles y esquema de conexión	
III) Construcción del modelo	pág. 22
1) Aireador de bandeja	
2) Sedimentador rápido	
3) Conjunto mezcla, floculador, sedimentador	
4) Filtros a presión	
5) Tanquilla de succión	
6) Remolque	
7) Tuberías y conexiones	
8) Tablero de control	
9) Instalaciones complementarias	
10) Equipos	
Fotografías de la etapa de construcción	
IV) Pruebas iniciales y funcionamiento de la planta experimental	pág. 35
Descripción de 5 experimentaciones	
Anexos (Resultados de análisis de laboratorio)	
V) Costos de construcción y experimentación	pág. 61
Reconocimientos	pág. 64

## 1) P R E F A C I O

Al iniciar a gran escala, en el año 1.959, el Programa Nacional de Acueductos Rurales, el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social de Venezuela, tentativamente se había propuesto el abastecimiento de agua en 10 años del 100% del sector comprendido en localidades entre 500 y 5.000 habitantes y una reducción limitada del déficit de servicios de agua en localidades y caseríos dispersos, menores de 500 habitantes. Las metas propuestas iban a asegurar el abastecimiento de agua del 40 al 45% de la población en el medio rural venezolano, - que para los efectos del Programa de Acueductos Rurales comprende a localidades menores de 5.000 habitantes. Es de notar que para esa fecha se carecía de informaciones fidedignas para un diagnóstico exacto del programa.

En el período comprendido entre 1.959 y 1.965, se han construido sistemas de abastecimiento de agua en el sector rural para 582 localidades menores de 5.000 habitantes, con una población servida de 470.000 personas y con capacidad de servir hasta 1.000.000 de habitantes durante su período de diseño. Más del 75% de la población actualmente abastecida, tiene servicio de agua dentro de su vivienda y la calidad de los componentes básicos de los sistemas construidos permiten una vida útil de 20 años como mínimo. La dotación diaria varía de 150 a 200 lts. per cápita.

En los momentos actuales cerca del 50% de la población rural se encuentra abastecida, lo cual significa un adelanto considerable sobre las metas tentativas del año 1.959.

De acuerdo con la filosofía fundamental del programa, se quería abastecer el mayor número de personas en el menor tiempo posible, bajo unas condiciones técnicas y económicas, que permitiesen aprovechar al máximo la función integral del acueducto en el plano sanitario, socio antropológico y económico.

Las características de las localidades a ser servidas, y la propia definición de la función integral del acueducto en el campo de acción del programa, implicaban ciertos reajustes en los criterios tradicionales de diseño de obras de esta índole. El ritmo cada vez más acelerado del programa y los aspectos técnico-económicos de las obras, excluían en algunos casos la posibilidad de ofrecer de inmediato una calidad óptima del agua a suministrar, siendo necesario sacrificar algo de los requisitos físico-químicos, conservando a la vez los bacteriológicos, para atender a satisfacción el aspecto sanitario del acueducto. En esta forma se decidió proceder por etapas, atendiendo primero cantidad, versus cantidad y calidad, en todos aquellos casos, en los cuales el mejoramiento de la calidad físico-química del agua representaba un costo elevado.

En esta forma, si bien el 100% de los acueductos construidos en el intervalo indicado tiene previsto cloración, se han construido tan solo 20 plantas de tratamiento, que varían desde filtración simple hasta tratamiento completo, quedando un gran número de plantas pendientes para una segunda etapa. Es éste enfoque por etapas, uno de los motivos por los cuales se ha logrado una intensidad adecuada en el programa, mediante una "producción en masa" de estudios de campo, levantamientos topográficos, proyectos y obras construidas.

En la actualidad se está realizando la fase final de las etapas correspondientes a la eliminación del déficit de servicios de acueductos en el sector comprendido entre 500 y 5.000 habitantes y se está preparando para aquella etapa, en la cual uno de los aspectos más importantes es la conservación del status-quo logrado y la consolidación firme de lo alcanzado, con la extensión simultánea del programa intensivo hacia el sector de localidades y caseríos dispersos, menores de 500 habitantes. Esta etapa incluye, entre otros, el mejoramiento de la calidad físico-química del agua en un número considerable de localidades.

Por otra parte, el propio programa de construcción de acueductos nuevos de la etapa actual, tropieza con dificultades cada vez mayores, en el aprovechamiento económico de fuentes superficiales y subterráneas, debido por un lado a la escasez de éstas, y por el otro a las características frecuentemente objetables del agua, ya que las soluciones sencillas y económicas han sido atendidas en las fases anteriores del programa. De allí surgió la necesidad de dedicar fondos, esfuerzo e ingenio al estudio de métodos sencillos y económicos de tratamiento de

agua, que permitan atender las necesidades de etapas posteriores del Programa, tanto en lo referente al mejoramiento de la calidad físico-química del agua en acueductos existentes, como en la continuación del ritmo actual de construcciones nuevas, ambos aspectos sobre una base de "producción en masa".

La idea de emplear modelos hidráulicos para el estudio de plantas de potabilización de agua no es nueva. El propio ensayo de jarro, tan generalizado en los laboratorios, es una especie de modelo, mediante el cual se trata de determinar la combinación óptima de coagulantes, períodos de floculación y velocidad de agitación. Desde un dispositivo tan sencillo y rutinario, hasta modelos a escala de plantas de tratamiento completo, se tiene una gama de variantes que se emplean con fines de obtener las informaciones para el diseño. Es evidente que el uso del modelo de plantas completas representa el método más indicado para seleccionar, dentro de ciertos límites, el proceso óptimo de tratamiento. Sin embargo, su construcción en sitio es por lo general lenta y costosa, sirviendo además tan solo para el caso específico estudiado. Esta circunstancia dió origen a la idea de disponer de un modelo hidráulico móvil que pueda desplazarse con facilidad a cualquier sitio y que tenga la flexibilidad suficiente para ensayar una gran variedad de procesos, con aguas de características muy variables.

El presente trabajo es la descripción del proceso mental y físico que condujo a la realización de esa idea, desde el nacimiento de las necesidades que el modelo tiene que satisfacer, a través de la etapa de proyecto y construcción, hasta su funcionamiento durante varios ensayos.

## II) PROYECTO DEL MODELO HIDRAULICO DE PLANTA DE TRATAMIENTO

### A) Requisitos fundamentales de diseño

Al iniciar el proceso de diseño del modelo hidráulico, para el ensayo de diferentes métodos de tratamiento de las aguas, se había propuesto llenar dos necesidades:

- a) Determinación directa en sitio, del método óptimo de tratamiento en cada caso específico, eliminando las alteraciones de la muestra durante el transporte al Laboratorio y los errores inherentes al diseño de procesos en base a resultados obtenidos bajo condiciones ideales o teóricas.
- b) Experimentación científica, en cuanto a nuevos tratamientos sencillos y económicos del agua se refiere, con la acumulación y evaluación consiguiente de los resultados obtenidos.

Los requisitos básicos para el modelo se han establecido en la forma siguiente:

1. Posibilidad de ensayar la eficiencia de los procesos clásicos de tratamiento, tales como: aireación, sedimentación rápida, - floculación, sedimentación lenta, y filtración.
2. Posibilidad de ensayar métodos nuevos con atención especial a aquellos en los cuales es posible eliminar el rebombeo en caso de fuentes subterráneas.
3. Flexibilidad que permite el ensayo y evaluación de los resultados de cualquier proceso unitario, solo o en combinación con otros.
4. Posibilidad de variar las ratas de flujo y períodos de retención en las diferentes unidades.
5. Semejanza máxima en lo físico e hidráulico de las unidades del modelo a los prototipos a construirse.
6. Movilidad del modelo para realizar los ensayos directamente en sitio.
7. Operación sencilla del modelo y autosuficiencia para la extracción del agua desde la fuente.
8. Medición cualitativa y cuantitativa de los resultados en sitio.

9. Posibilidad de construcción económica del modelo
10. Posibilidad de ir añadiendo otros procesos unitarios para el ensayo de métodos nuevos, a ser desarrollados durante la vida útil del modelo.
11. Posibilidad de ir mejorando el modelo, en forma gradual, añadiéndole mayores facilidades de operación y comodidad de trabajo.

#### B) Criterios de diseño adoptados

Durante el proceso de diseño se han estudiado y proyectado diferentes alternativas para cada una de las unidades. Se ha tomado en cuenta la necesidad de emplear procesos sencillos y económicos de construcción para los prototipos en localidades pequeñas; el acceso por lo general difícil a los sitios de ubicación de la planta; la carencia de mano de obra especializada en lugares apartados; y lo contraproducente que puede resultar el empleo de mecanismos y controles complicados, cuando la capacidad técnica de los operadores no está a la altura de los mismos. A base de la experiencia obtenida en plantas existentes y tomando en cuenta los factores arriba indicados, se han adoptado para el modelo: aireador de bandeja, floculador de tabique y sedimentadores rectangulares. Los dispositivos de entrada y salida de estas unidades y la relación de sus dimensiones, se asemejan en lo máximo a los de los prototipos cuya construcción dió resultados favorables en el pasado.

Para la filtración de las aguas y el empleo de zeolitas, se han diseñado cuatro unidades a presión, cuyos medios filtrantes son intercambiables, a fin de permitir la experimentación con diferentes tipos.

Se ha especificado en el diseño de las unidades, el uso de planchas y perfiles de acero, protegidos con dos manos de pintura tipo epoxy. Los tabiques del floculador son de madera contraenchapada, protegida también con pintura epoxy y son removibles.

Se ha estudiado detenidamente el gasto de diseño del modelo. Es evidente que mientras mayor sea este gasto, mayor es la semejanza real entre el modelo y el prototipo, disminuyendo el efecto de una serie de fenómenos hidráulicos, cuya evaluación resulta difícil en la práctica.

También es cierto que al aumentar el gasto de diseño, se aumenta el tamaño y costo del modelo, disminuyendo a la vez su movilidad. Tomando en cuenta que los gastos promedios de los prototipos para las localidades pequeñas en cuestión varían entre 5 y 25 lts/seg., sobrepasan

do raras veces los 50 lts/seg., se ha adoptado un rango normal de variaciones para el gasto de diseño del modelo de 0,3 a 1,0 lts/seg. para los períodos de retención y ratas de filtración usuales. Esto resulta en una escala de reducción del orden de 5 a 25 para los gastos usuales, permitiendo a la vez la construcción de un conjunto compacto y sumamente móvil.

Para facilitar la operación, las llaves principales de entrada y salida de las diferentes unidades, así como también los reguladores de gasto e instrumentos para su medición, se concentraron en un tablero único de control. Como medidor de gasto se ha adoptado un orificio calibrado en el Laboratorio Hidráulico de la Universidad Central de Venezuela, con piezómetros diferenciales de mercurio. Se prevee la posibilidad de sustituir posteriormente al piezómetro con manómetros diferenciales.

La dosificación de sustancias químicas se hace mediante aparatos tipo "Chem-o-feeder", propulsados por motores eléctricos. Las sustancias se dosifican en solución, método que comúnmente se emplea en acueductos pequeños, por resultar más económicos los equipos correspondientes. La cal se mantiene en suspensión mediante un agitador pequeño. En principio se han previsto cuatro tanques pequeños de asbesto-cemento de 60 lts c/u., para la mezcla y la dosificación simultánea de tres compuestos químicos, con facilidades para ampliar este número a seis, lo cual permite en un momento dado la aplicación de una misma sustancia en dos puntos diferentes. (Por ejemplo: Pre y post-cloración). Cualquier rango práctico de dosificación puede obtenerse mediante la variación de la concentración de la solución y el ajuste del volumen dosificado.

La energía eléctrica necesaria para los dosificadores, bomba para la filtración, agitadores e iluminación, se suministra mediante un generador de 2.5 KW, accionado por un motor de gasolina de 5 H.P. El mismo generador puede suministrar energía para accionar otra bomba centrífuga, en caso de succionar el gasto de entrada desde un estanque pequeño o río. A fin de aumentar la autosuficiencia del modelo en caso de pozos profundos, se previó el aumento de la capacidad generadora hasta 8 KW, para poder emplear una bomba sumergible hasta de 50 a 75 mts. de profundidad y con gasto de 1 a 2 lts/seg. como accesorio del modelo. En esta forma se evitará la instalación algo costosa de turbinas verticales de prueba, en caso de pozos recién perforados y el empleo de personal técnico especializado, ajeno al personal propio de la unidad móvil.

A fin de lograr la movilidad necesaria, se ha diseñado la ubicación relativa de las diferentes unidades en forma tal, que todo el conjunto pueda ser montado en un remolque como primera etapa. Dicho remolque puede acoplarse a cualquier camión. De una vez se han tomado previsiones para el montaje futuro del conjunto sobre un camión propio, - una vez demostrada la utilidad económica del modelo. A fin de evitar alturas exageradas, a la vez de mantener el flujo por gravedad - desde el aireador hacia el floculador, las bandejas del aireador se diseñaron removibles y el sedimentador rápido en forma tal, que puede bajarse girando alrededor de un eje fijo, durante el transporte.

Para los efectos de nivelación, se ha previsto un apoyo en tres puntos, en forma independiente de las ruedas y resortes del remolque. - Uno de los apoyos es fijo y dos son variables en altura mediante gatos mecánicos. La estructura del sedimentador tiene un nivel fijado en posición que permite efectuar las primeras aproximaciones. Un nivel manual de precisión sirve para controlar la horizontalidad de los vertederos y efectuar las correcciones necesarias.

Los espacios entre las unidades han sido aprovechados para armarios y estantes, con fines de almacenar sustancias químicas para coagulación, desinfección y regeneración de zeolitas, laboratorio para pruebas de campo, útiles y accesorios. El propio sedimentador lento tiene amplio espacio para transportar algunos accesorios, tales como mangueras de succión, impulsión, etc. La unión entre las diferentes unidades ha sido diseñada a base de tornillos con tuercas, en vez de soldaduras, a fin de facilitar el desmontaje de las mismas.

### C) Unidades del modelo

El modelo que cumple los requisitos fundamentales y criterios adoptados de diseño, tiene las siguientes unidades que pueden trabajar en forma individual o en cualquier combinación:

1. Aireador de bandeja, con una rata de aireación de 270.000 lts/día/m<sup>2</sup>. para un gasto de 1 lt./seg. Dicho aireador tiene dos bandejas removibles de 0,80 x 0.80 x 0.20 mts., con separación entre bandejas de 0.20 mts.

La posibilidad combinatoria de una o dos bandejas, con diferentes gastos, permite amplio rango de variación en las ratas de aireación. Cada bandeja a su vez puede trabajar con toda su área o la mitad de ella. La distribución del flujo sobre la bandeja superior se hace mediante un tubo de Ø 2" con orificio perforado de Ø 1/8". La recolección del agua se realiza mediante un plato metálico con pendiente de 1% hacia el vertedero de entrada del sedimentador rápido (Véanse figs. 2a. y 2b).

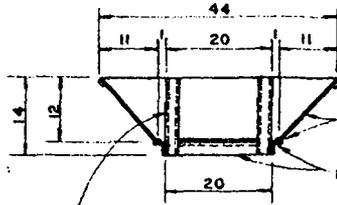
2. Sedimentador rápido, para ser empleado principalmente en combinación con el aireador, a fin de remover parte del hierro y manganeso oxidado. El período de retención de dicho sedimentador es de 4 minutos para un gasto de 1 lt./seg. Los dispositivos de entrada y salida son vertederos. Las dimensiones totales del sedimentador son 1.20 x 0.40 x 0.50 mts. El flujo del mismo hacia el floculador es por gravedad. (Véanse fig. 2a. y 2b.)
3. Tanquillas de mezcla rápida, con agitador eléctrico y período de retención de 25 segundos para un gasto de 1.0 lts/seg. (Véanse figs. 3a, 3b, 3c y 3d).
4. Floculador de tabiques, de flujo vertical y de velocidad de 0.025 mts/seg., para un gasto de 1.0 lt/seg. El período de retención resultante es de 6 minutos. La posibilidad de utilizar la mitad o la longitud completa del floculador en combinación con diferentes gastos, permite un rango adicional de variaciones (Véanse figs. 3a, 3b, 3c y 3d).
5. Sedimentador lento, de 2.00 x 0.80 x 1.50 mts. de dimensiones con período de retención entre 0,83 y 2,76 horas para gastos comprendidos entre 0.3 y 1.0 lts/seg. La posición del vertedero de salida puede modificarse permitiendo el aprovechamiento del volumen total o la mitad del mismo.

En esta forma se tiene un rango adicional de variaciones en los períodos de retención, para diferentes gastos. (Véanse figs. 3a, 3b, 3c y 3d).

6. Filtro de arena a presión, con una rata de filtración entre 2.08 y 6.88 lts/seg/m<sup>2</sup>. (3.01 y 9.98 galones/minutos/pie<sup>2</sup>.) para gastos de 0.3 y 1.0 lts/seg. respectivamente. Dicho filtro trabaja en combinación con una bomba que succiona desde una tanquilla, la cual permite absorber pequeñas variaciones en el gasto de bombeo, y, mediante un sistema de recirculación, impide que la bomba trabaje sin agua por error de operación. La posibilidad de deshechar parte del gasto del agua con tratamiento previo en las unidades anteriores, permite aumentar el rango de variaciones en las ratas de filtración (Véase fig. 4)
7. Tres unidades similares al filtro de arena a presión, para el empleo de zeólitas o medios especiales de filtración.
8. Dosificadores de sustancias químicas en solución, incluyendo tanques de preparación y facilidades para la agitación.

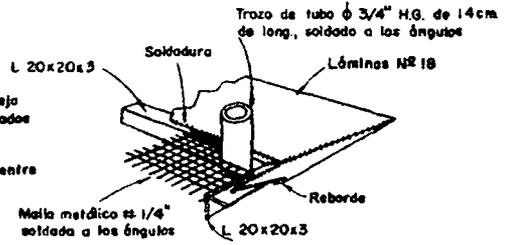
Las sustancias químicas pueden aplicarse en cualquiera de los sitios correspondientes al sedimentador rápido, tanquilla de mezcla y tanquilla de succión de la bomba de filtración.

4 Trozos de tubo de  $\phi$  3/4" H.G. de 14 cm. long. soldados a los ángulos.

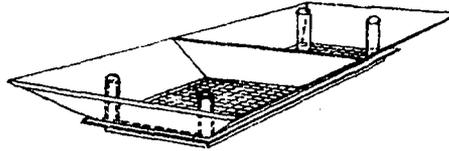


SECCION F-F

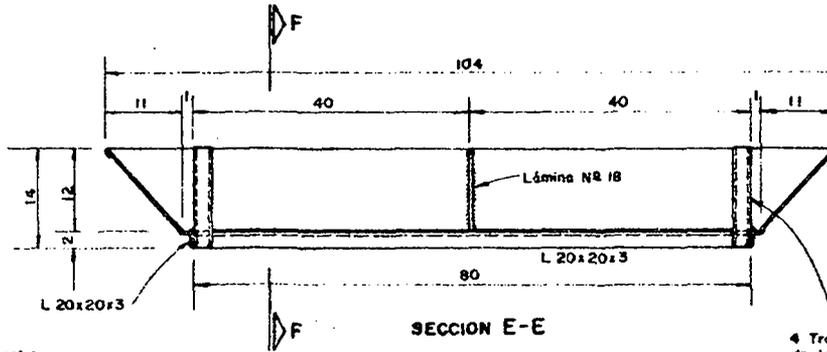
Los filos de la bandeja deberán ser reborados  
Láminas Nº 18 soldadas entre sí a los ángulos  
L 20x20x3



DETALLE DE LAS ESQUINAS EN LA BASE DE LAS BANDEJAS



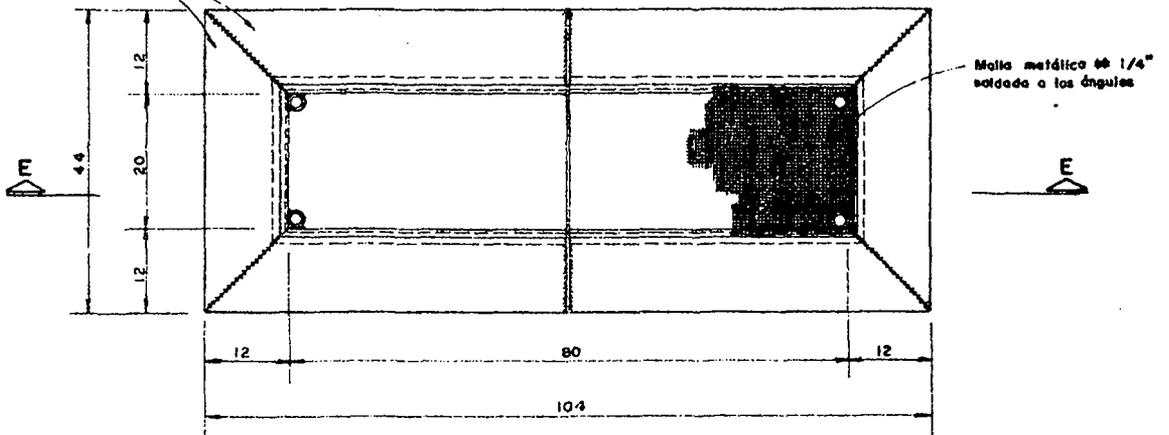
PERSPECTIVA BANDEJAS



SECCION E-E

Láminas Nº 18 soldadas entre sí a los ángulos

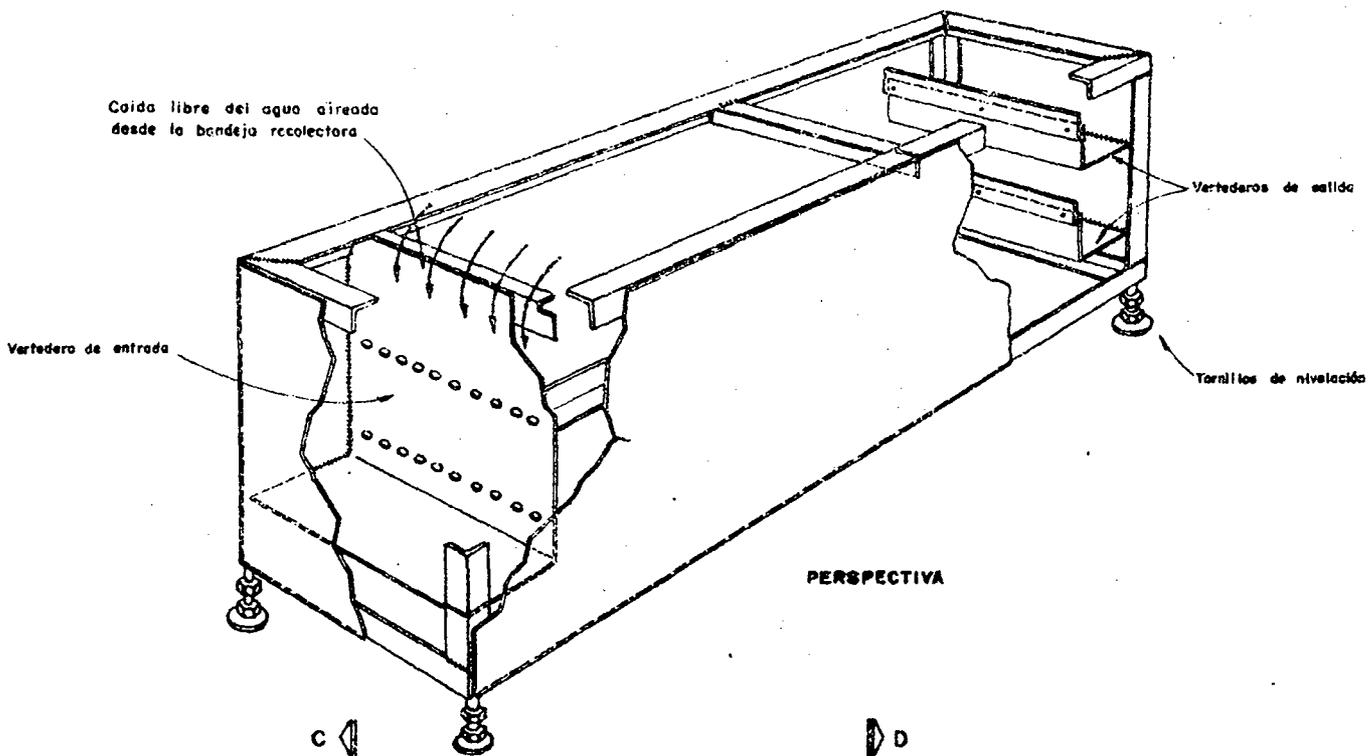
4 Trozos de tubo de  $\phi$  3/4" H.G. de 14 cm. long. soldados a los ángulos



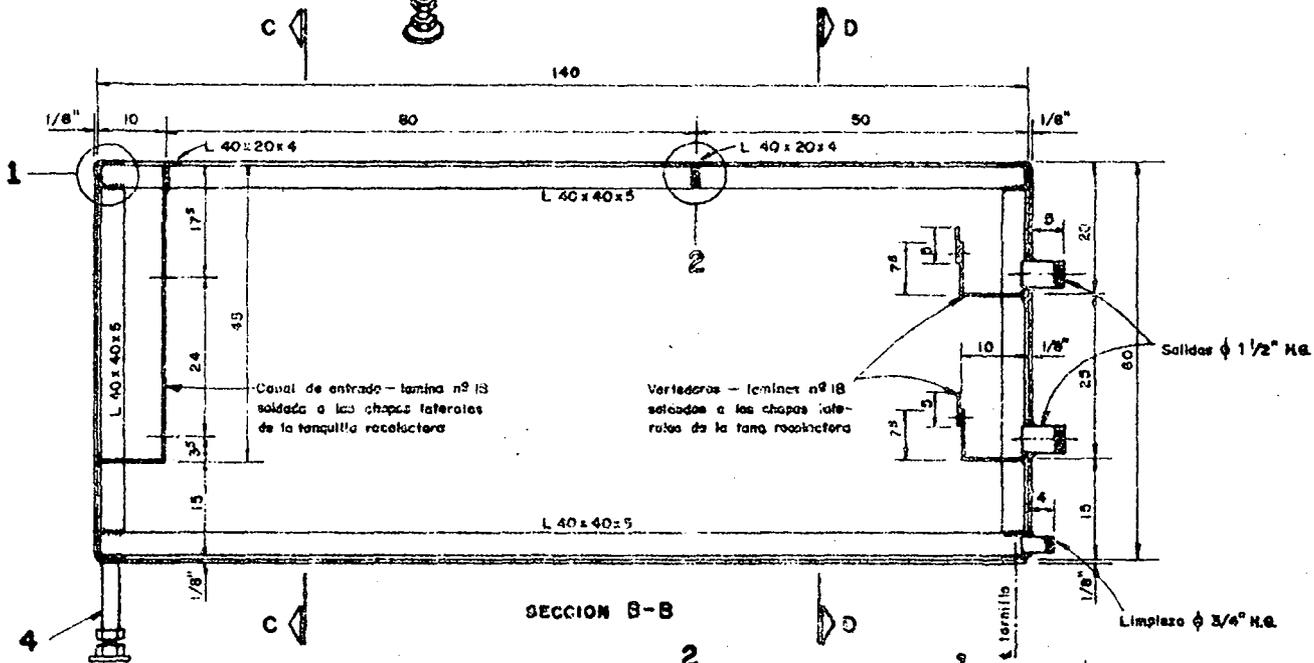
BANDEJA PARA EL AIREADOR  
DETALLES - 2 ASI

PLANTA

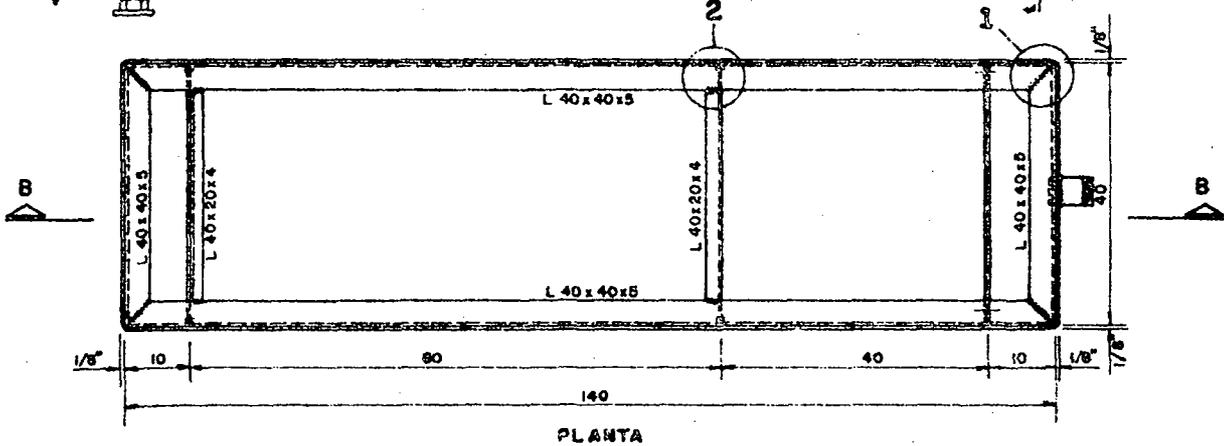
FIGURA 1) AIREADOR DE BANDEJAS



PERSPECTIVA



SECCION B-B



PLANTA

FIGURA 2a) TANQUILLA DE RECOLECCION Y SEDIMENTACION RAPIDA PARA AGUAS PROVENIENTES DEL AIREADOR

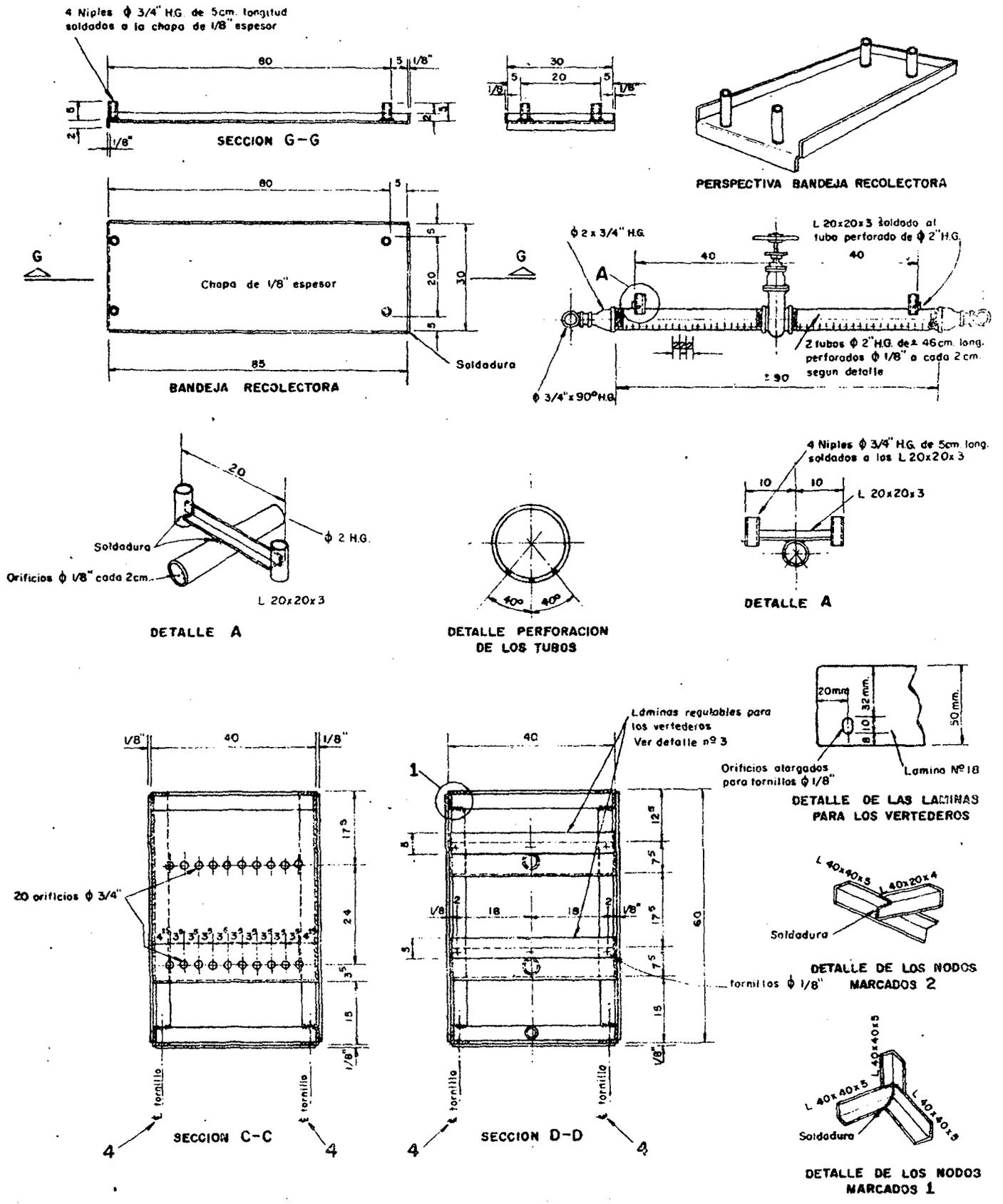


FIGURA 2b) DETALLES DEL CONJUNTO AIREADOR Y SEDIMENTADOR RAPIDO

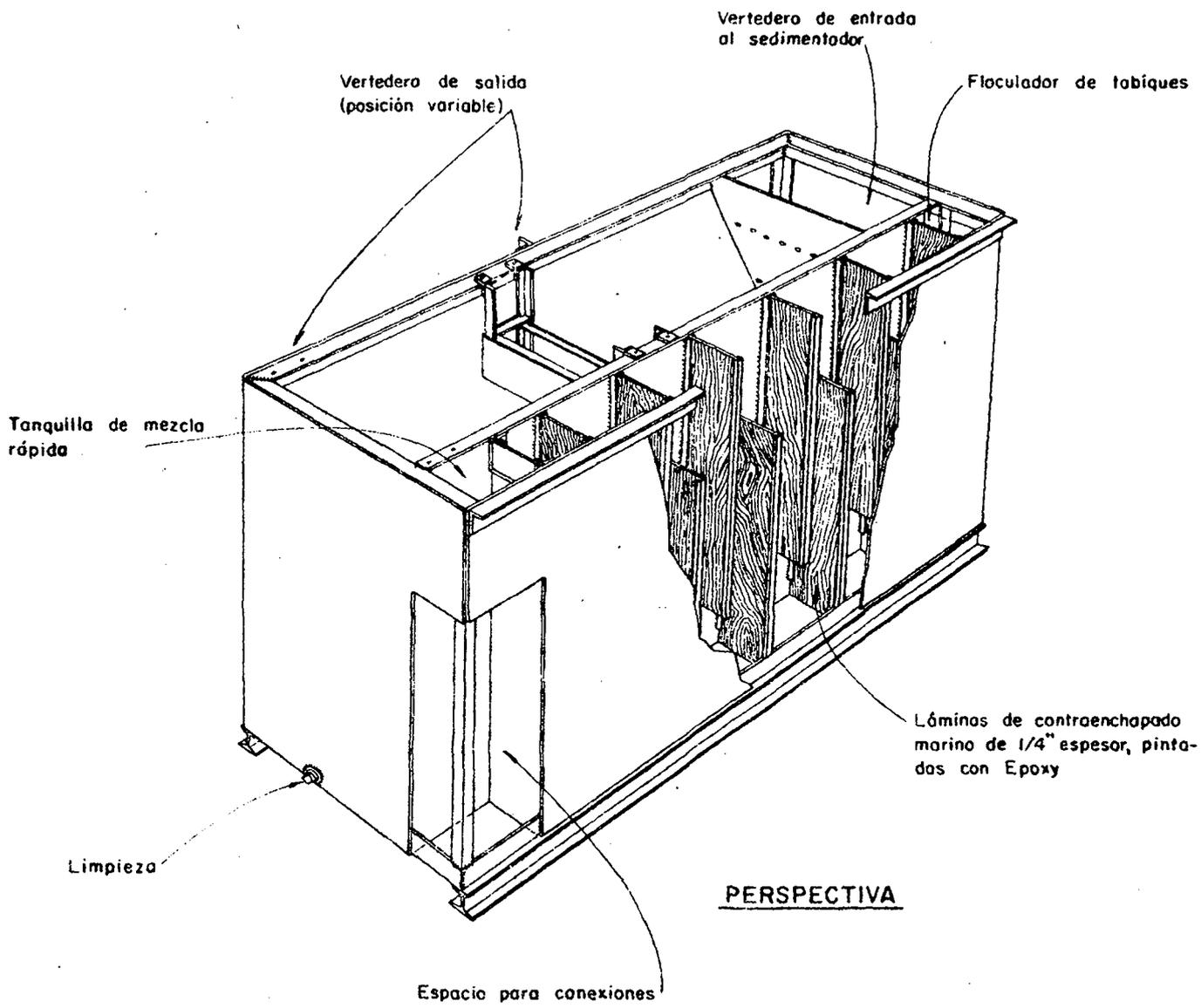
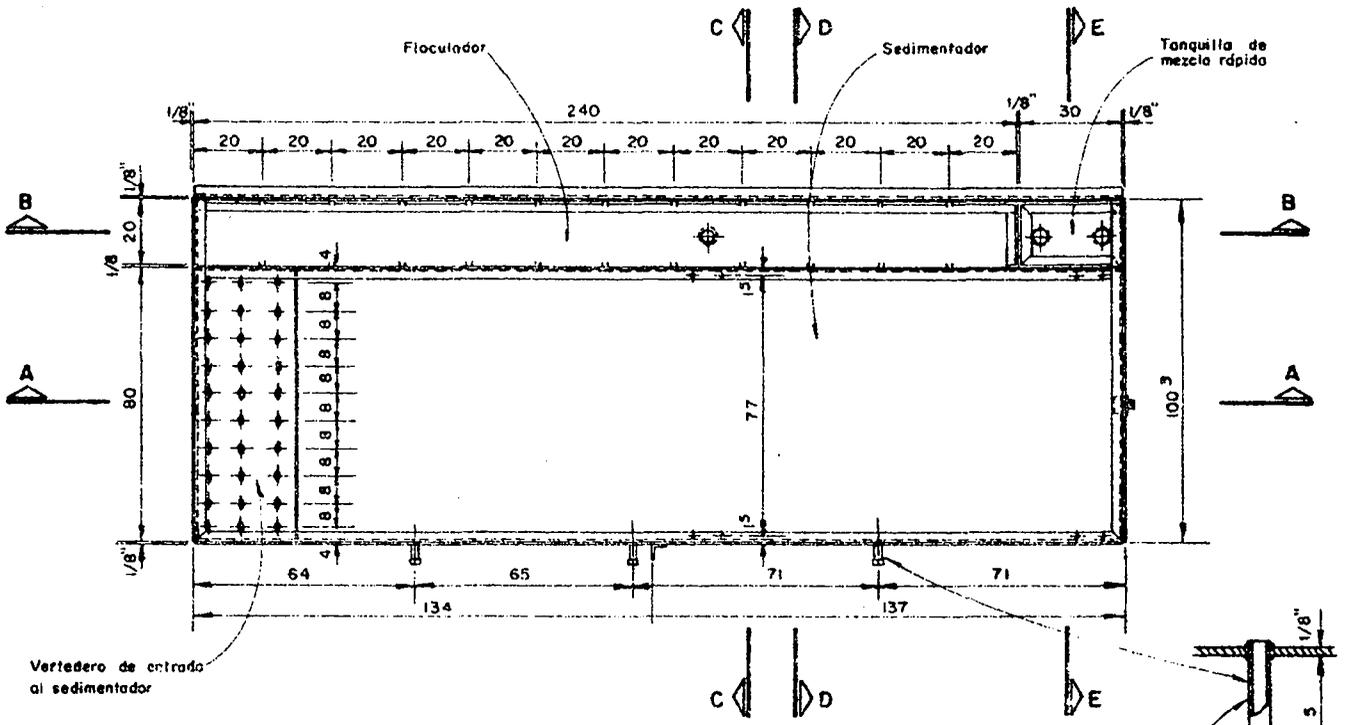
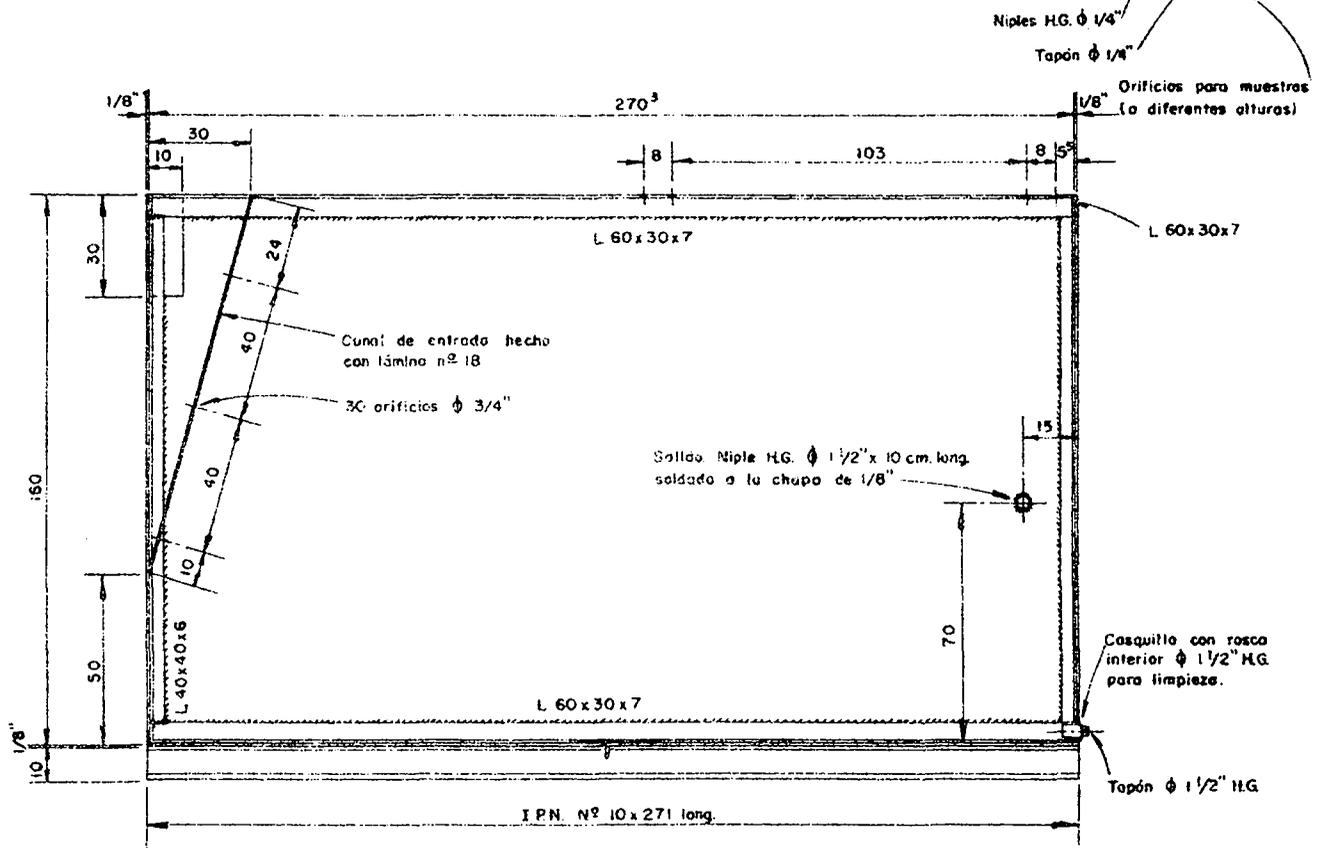


FIGURA 3a) CONJUNTO DE TANQUILLA DE MEZCLA RÁPIDA, FLOCULADOR Y SEDIMENTADOR



PLANTA



SECCION A-A

FIGURA 3b) CONJUNTO DE TANQUILLA DE MEZCLA RAPIDA, FLOCULADOR Y SEDIMENTADOR





Niple de  $\phi 1/2"$  H.G., roscado en un extremo y soldado a la lámina de  $3/8"$

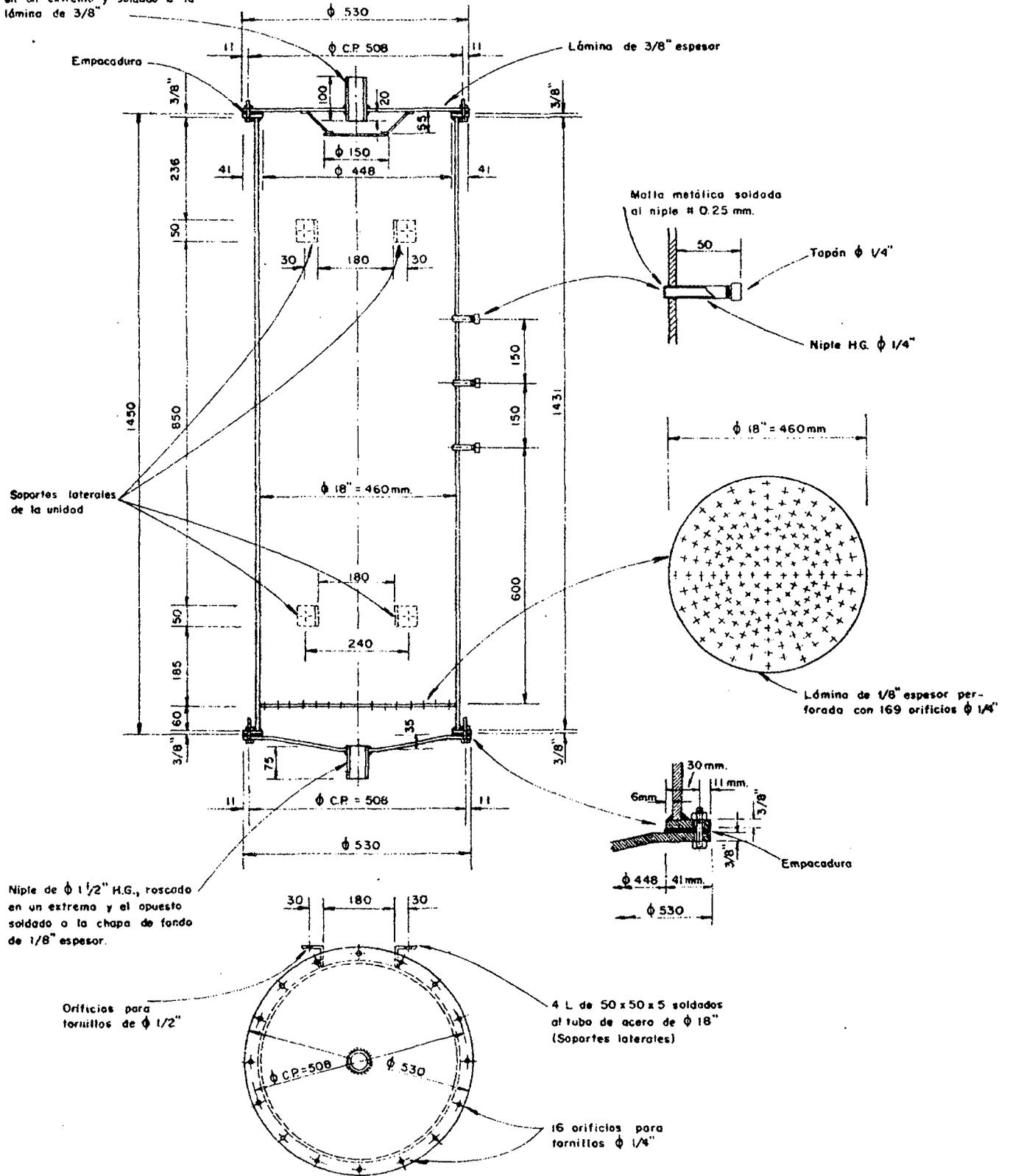


FIGURA 4) FILTROS DE PRESION

Las combinaciones resultantes de las diferentes operaciones unitarias son las siguientes (Véase esquema de conexiones de la fig. 5).

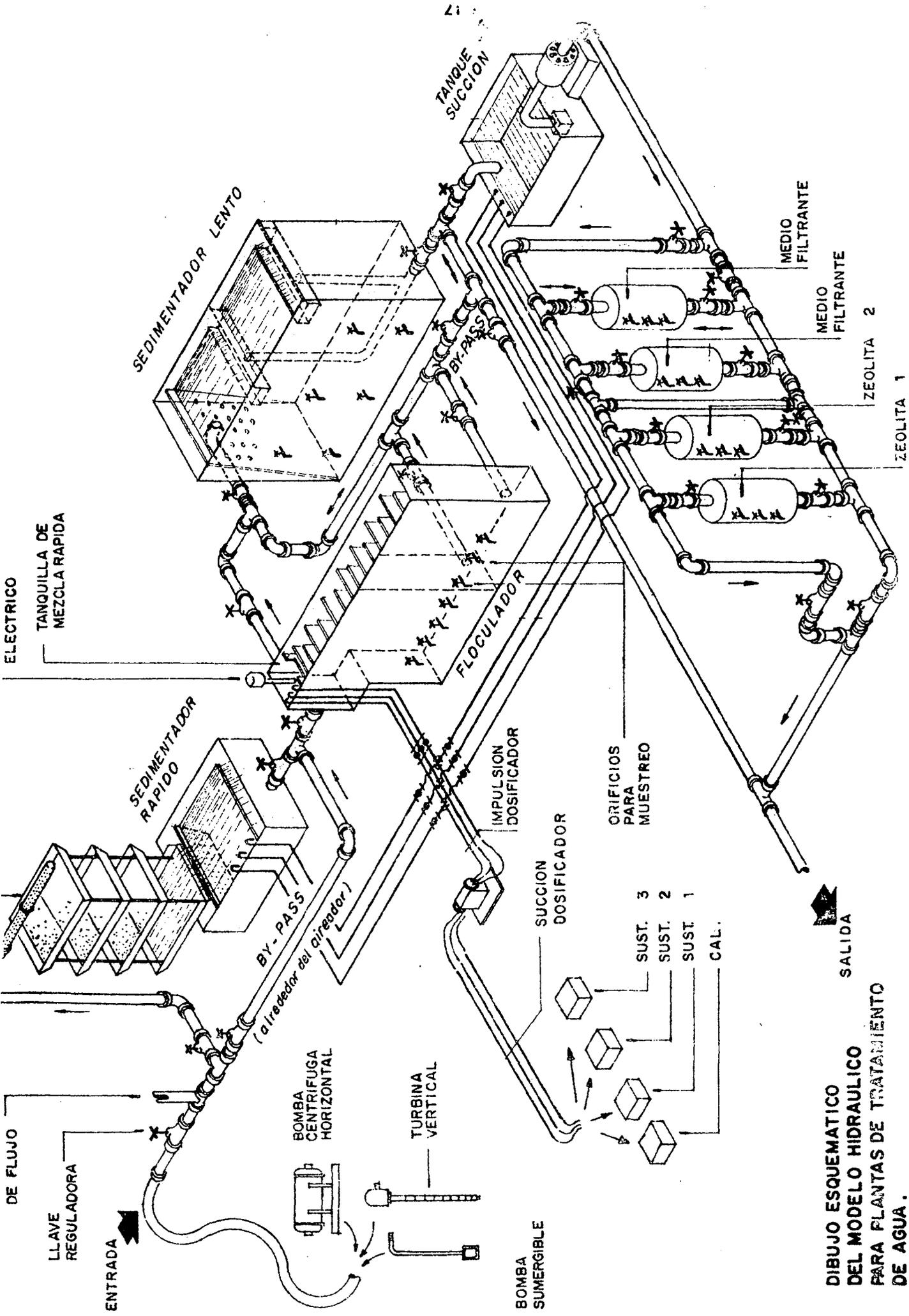
1. Aireación + Sedimentación rápida
2. Aireación + Sedimentación rápida + Filtración (arena, zeolita u otros medios)
3. Aireación + Mezcla rápida + Sedimentación lenta.
4. Aireación + Mezcla rápida + Sedimentación lenta + Filtración (arena, zeolita u otros medios).
5. Aireación + Mezcla rápida + Floculación + Sedimentación lenta.
6. Aireación + Mezcla rápida + Floculación + Sedimentación lenta + Filtración (arena, zeolita u otros medios).
7. Mezcla rápida + Sedimentación lenta.
8. Mezcla rápida + Sedimentación lenta + Filtración (arena, zeolita u otros medios).
9. Mezcla rápida + Floculación + Sedimentación lenta.
10. Mezcla rápida + Floculación + Sedimentación lenta + Filtración (arena, zeolita u otros medios).
11. Sedimentación lenta.
12. Sedimentación lenta + Filtración (arena, zeolita u otros medios).
13. Filtración (arena, zeolita u otros medios).

En todas las alternativas en las cuales interviene la filtración, el agua puede pasarse primero a través del filtro de arena o antracita y luego a través de las zeolitas. Esta combinación tiene por objeto evitar turbidez excesiva sobre las zeolitas.

El Laboratorio de campo que forma parte del modelo, permite efectuar determinaciones rápidas de color, turbidez, hierro y manganeso, sulfatos, cloruros, PH. y cloro residual, y tiene facilidades para realizar en casos especiales ensayos adicionales, propios de un Laboratorio formal de agua. Los exámenes bacteriológicos se hacen en el campo por el método de filtros de membrana.

Dicho Laboratorio consta de :

- a) Turbidímetro, capaz de determinar directamente la turbidez hasta 150 p.p.m. Para muestras con turbidez mayor, la determinación puede ser realizada por medio de dilución con agua de cero turbidez. Este aparato puede a la vez, determinar el contenido de sulfatos directamente hasta concentraciones de 50 p.p.m., siendo posible para concentraciones mayores, aplicar el método de dilución en forma análoga a lo dicho anteriormente.
- b) Comparadores y reactivos requeridos para la determinación de PH en el rango 6 a 8.8.
- c) Comparador y reactivos requeridos para la determinación de cloro residual en el rango 0.1 a 1.2 p.p.m.
- d) Comparadores y reactivos requeridos para la determinación de contenido de hierro y manganeso y determinación de color, en los rangos usuales. La preparación de los reactivos permite variar el rango, según las necesidades.
- e) Reactivos e indicadores para la determinación de cloruros, sulfatos, alcalinidad, dureza total y dureza carbonática, en los rangos usuales.
- f) Equipo auxiliar constituido por mechero de gas, agitador eléctrico, termómetro y un número apropiado de tubos Nessler, cilindros graduados, cápsulas de porcelana, embudos, papel de filtro, varillas, pipetas, balones y probetas.
- g) Igualmente, se proyecta dotar el Laboratorio de agitador eléctrico de 6 puestos (floculador) para realizar "pruebas de jarro", con el objeto de facilitar aquellas experimentaciones que requieran la aplicación de procesos de floculación.



**DIBUJO ESQUEMATICO DEL MODELO HIDRAULICO PARA PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA.**

1. Aireador de bandeja: La ejecución de ésta unidad se realizó de acuerdo a las especificaciones contenidas en la hoja de planos señalada en las figs. 1 y 2b.)

En la foto N°1, pueden apreciarse los diferentes componentes y en la foto N°2, la unidad ensamblada. Esta unidad se ubicó en la parte superior delantera del conjunto, encima del estanque de sedimentación rápida. La posición de trabajo del aireador puede apreciarse en la foto N°3. Finalmente, las fotos Nos. 4, 5 y 6 nos muestran la unidad desarmada y colocada en el compartimiento destinado a la misma, a ser usado durante el transporte.

2. Sedimentador rápido: Las especificaciones para la construcción del sedimentador rápido, están contenidas en la hoja de planos de las figuras 2a y 2b).

El mecanismo de giro, el cual permite manipular la unidad con el objeto de colocarla en sus posiciones de trabajo y de transporte, puede ser observado en las fotos Nos. 7 y 8.

Las posiciones antes mencionadas se muestran en las fotos Nos. 8 y 9, posición de trabajo y de transporte respectivamente.

La ubicación en la parte delantera superior del conjunto, permite el flujo por gravedad desde esta unidad a las otras del conjunto.

3. Conjunto de tanquilla de mezcla rápida, floculador y sedimentador: Las hojas de planos señaladas en las figs. 3a, 3b, 3c y 3d., presentan las especificaciones necesarias para la construcción de esta unidad. Las fotos Nos. 10, 11, 12 y 13, muestran aspectos generales del estanque floculador - sedimentador, una vez realizado el trabajo de soldadura de las diferentes láminas que forman el cuerpo externo y las divisiones internas. Nótese en las fotos Nos. 11 y 13, el arriostamiento de las láminas externas mediante pletinas. La foto N°12 muestra la ubicación relativa de las 3 unidades: Tanquilla de mezcla rápida, floculador de tabiques verticales y el sedimentador en sí. Además, pueden observarse las guías metálicas para la instalación de los tabiques de madera contraenchapada del floculador. Esta unidad constituye el cuerpo principal del conjunto y sirve de base para el agrupamiento de las unidades componentes restantes.

4. Filtros a presión: El modelo cuenta con 4 unidades para el uso de 4 medias filtrantes diferentes, como ha sido especificado en la parte correspondiente al diseño. La construcción de estas -

unidades se realizó de acuerdo a la hoja de plano señalada en la fig. 4. La foto N°14 muestra dos de los filtros una vez terminados y la foto N°15, el detalle del fondo recolector. Los cuatro filtros están ubicados en cada una de las esquinas del cuerpo principal, constituido por el estanque floculador - sedimentador, pudiéndose apreciar en la foto N°16 el detalle del soporte de cada filtro y su fijación al chasis del remolque mediante el uso de unión con tornillos. Por su parte, la foto N°17 permite observar la sujeción del cuerpo del filtro al cuerpo principal, mediante el empleo del mismo tipo de unión. Por último, la foto N°18 muestra uno de los filtros completamente instalado y el detalle de los escalones, logrados con cabillas  $\varnothing 1/2''$  dobladas y soldadas al cuerpo del filtro, que permiten subir a la parte superior del conjunto durante su operación.

5. Tanquilla de succión: Esta es una unidad complementaria, necesaria para la operación de los filtros a presión. Su construcción se realizó empleando el mismo tipo de láminas y perfiles metálicos, así como el tipo de uniones especificadas para el sedimentador rápido. Esta tanquilla se encuentra ubicada en la parte delantera inferior como puede apreciarse en la foto N°19. La foto N°20 muestra las conexiones requeridas para la bomba eléctrica, instalada para la operación de los filtros. La foto N°9 muestra la posición relativa del sedimentador rápido y bandejas del aireador durante el transporte y la tanquilla de succión montada directamente sobre el chasis del remolque.
6. Remolque: Este aspecto cubre lo relacionado con el montaje del conjunto en el chasis fabricado especialmente para el modelo. Las fotos Nos. 21 y 22, muestran la etapa de construcción del citado chasis, el cual ha sido ejecutado con perfiles U, convenientemente soldados. En las fotos Nos. 23 y 24 se puede apreciar el montaje de las ruedas y del eje del remolque en posición inversa y en la N°25 el detalle de la instalación de los resortes.
7. Tuberías y conexiones: En lo referente a la tubería y conexiones requeridas para el funcionamiento del modelo, ha sido empleada en general tubería de HG  $\varnothing 1\frac{1}{2}''$  y llaves tipo compuerta del mismo diámetro. En la instalación de la tubería se siguió lo indicado en el esquema de conexiones de la figura 5, tratando en lo posible de simplificar las conexiones entre las diferentes unidades y de emplear la menor longitud de tubería. Se ha previsto la instalación de un número suficiente de uniones tipo "Universal", en forma tal, que permiten con facilidad los desmontajes parciales de tubería, necesarios para la introducción de cambios, o la realización de reparaciones, en cualquiera de las

unidades. La tubería se fijó en unos casos al chasis y en otros al cuerpo principal, empleando para éllo abrazaderas o puntos de soldadura. Salvo en el coniuunto que muestra el tablero de control, la tubería no se aprecia en las fotos, debido a que los diferentes tramos se encuentran instalados por debajo o por encima del cuerpo principal.

8. Tablero de control: En la parte posterior del coniuunto se ha instalado el tablero que contiene el iuego de llaves que permite operar el modelo. Desde éste tablero, puede dirigirse la realización de todos los procesos usuales de tratamiento, solo o en las combinaciones indicadas en el capítulo anterior. Llav<sup>es</sup> de paso convenientemente ubicadas fuera del tablero, permiten efectuar las combinaciones adicionales de poco uso, para las cuales no se consideró justificado el empleo de trazados complicados de tubería hasta el tralero.

La tubería empleada, así como las llaves y conexiones requeridas para su ejecución, son de HG.  $\varnothing 1\frac{1}{2}$ ". La foto N°26 muestra las conexiones del tablero durante su construcción. El tablero ya instalado puede ser observado en la foto N°27. Nótese, en esta última foto, las previsiones tomadas contra posibles choques, mediante la colocación de un parachoque fabricado a base de perfiles metálicos, en la parte inferior del tablero. La foto N°28 presenta uno de los dos medidores de gasto, que se emplean para controlar el flujo mediante llaves de paso. Estos medidores de gasto son simples manómetros diferenciales, los cuales permiten apreciar, en columna de mercurio, las pérdidas de carga ocasionadas por un orificio metálico interpuesto en la dirección del flujo y que mediante calibración, hacen posible la lectura del gasto de entrada al modelo y del gasto de entrada a los filtros a presión.

9. Instalaciones complementarias: Las instalaciones complementarias están constituídas por los diferentes armarios y compartimientos, construídos con el fin de albergar los equipos y herramientas requeridos para el funcionamiento del modelo. En los espacios laterales comprendidos entre los filtros y adosados al cuerpo principal, mediante uniones a base de tornillos, se ha dispuesto la colocación de dos armarios, uno en cada lado, fabricados a base de láminas y perfiles metálicos con entrepaños de madera, en los cuales se han instalado los equipos. La foto N°29 presenta el armario con el generador eléctrico, el tablero de control de todos los circuitos eléctricos, instalados para operar las bombas, el dosificador, los agitadores y las luces, y la bomba eléctrica auxiliar para succionar el agua desde ríos, lagos, represas o pozos poco profundos. Dicha bomba

puede removerse de su posición fijada durante el transporte y colocarse en el sitio más conveniente para el trabajo. Por su parte, la foto N° 30 presenta el armario con los estanques para soluciones y el dosificador. El espacio libre que señalan las fotos Nos. 29 y 30 se emplea para guardar sustancias químicas en recipientes plásticos y útiles del laboratorio de campo. En la foto N° 31, se muestra el compartimiento para herramientas, ubicado en la parte delantera del conjunto.

Para la nivelación de la unidad integral, se dispone de 2 gatos mecánicos, los cuales se colocan en los cabezales dispuestos a ese fin, como es posible observar en la foto N° 32.

Como conclusión de la descripción hecha hasta el presente, - puede ser observado en las fotos Nos. 33, 34 y 35, el conjunto, una vez finalizada la etapa de construcción. Los soportes que pueden observarse en la parte inferior delantera del chasis, - sirven para fijar una rueda de repuesto..

El peso total sin agua del conjunto es del orden de 3 toneladas, incluyendo remolque, medios filtrantes, herramientas, accesorios y equipos. Como puede observarse en las fotos Nos. 33, 34 y 35, el eje de remolque tiene doble rueda.

10. Equipos: El conjunto está dotado de los siguientes equipos:

- a) Planta eléctrica, de 2,5 KW para servicio continuo, 115/230 voltios, 3 hilos, 60 ciclos. Con motor de gasolina de 5.2 HP. a 3.600 R.P.M.
- b) 2 bombas centrífugas de 1/2 HP., 115/220 voltios, 60 ciclos.
- c) 1 bomba tipo Diaf-agma. Dosificadora de productos químicos de 3 cabezales de dosificación. Capacidad máxima de 24 galones por hora, con presión de descarga de 125 psi.
- d) 2 agitadores de 50 vatios. Motor de corriente alterna con velocidad ajustable de 40 a 1.200 R.P.M.
- e) Equipo opcional futuro: Bomba sumergible con sus accesorios para extraer agua de pozos profundos; generador de 8 KW de capacidad; y un dosificador adicional de cabezal triple.

ta.

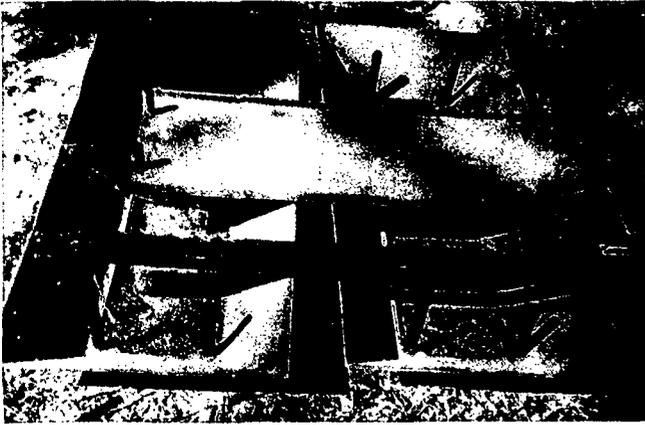


Fig. 1

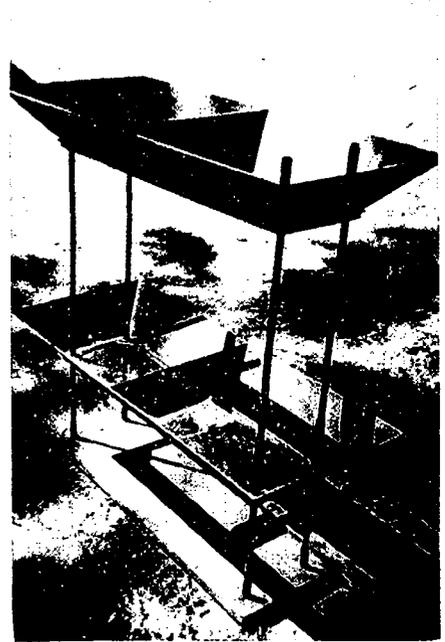


Fig. 2

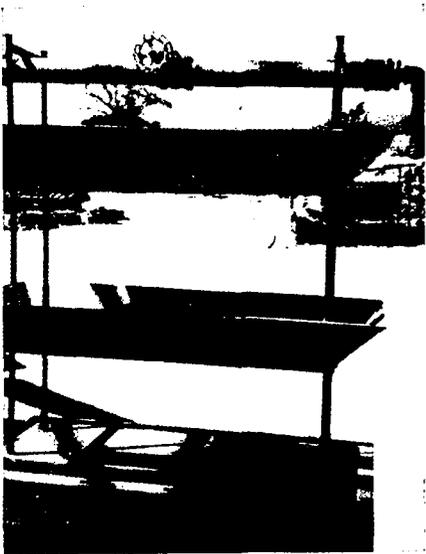


Fig. 3

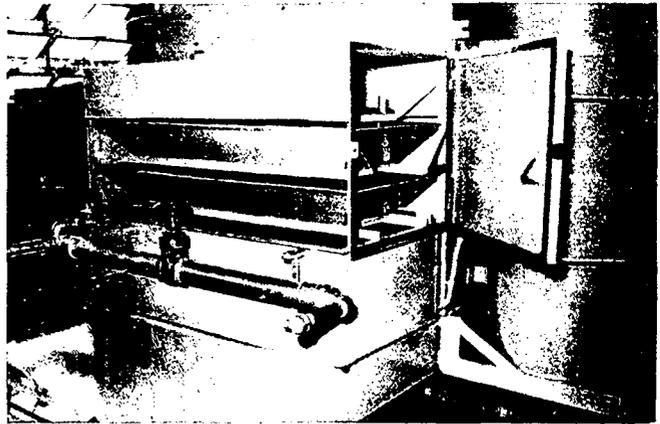


Fig. 4



Fig. 5

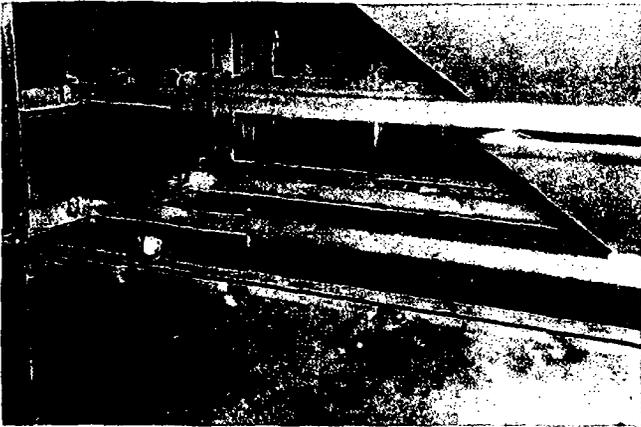


Fig. 6

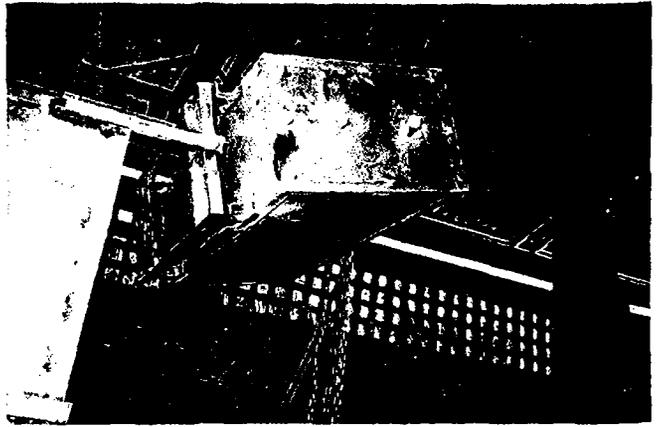


Fig. 7



Fig. 8

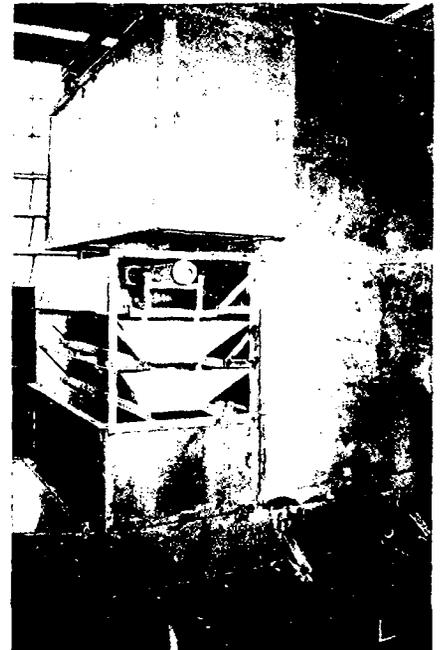


Fig. 9

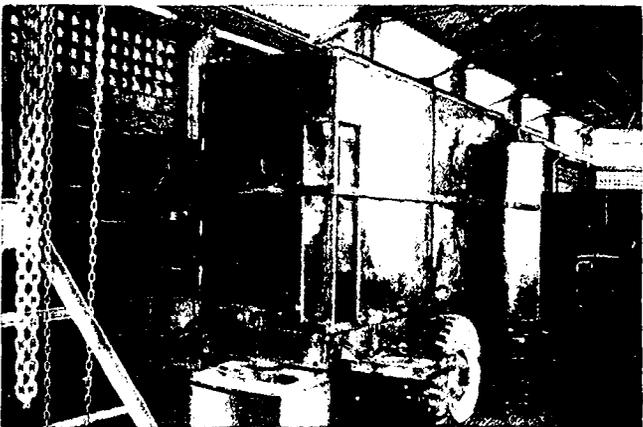


Fig. 10

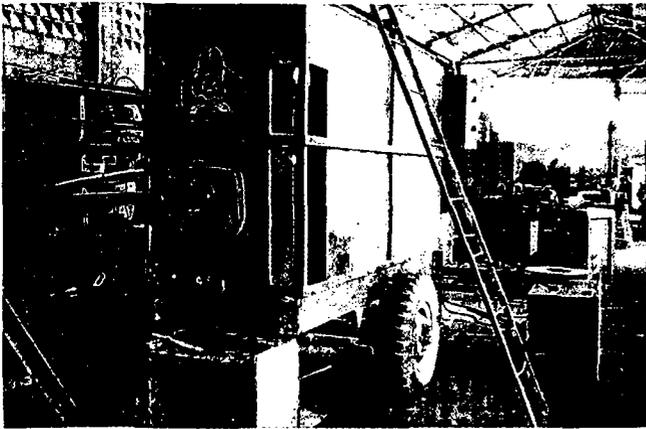


Fig. 11



Fig. 12

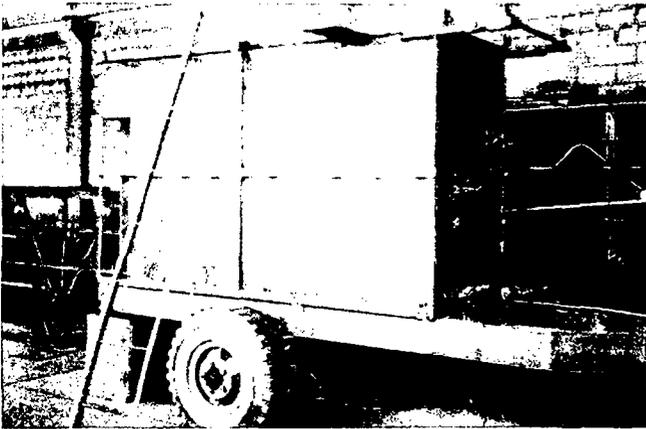


Fig. 13



Fig. 14

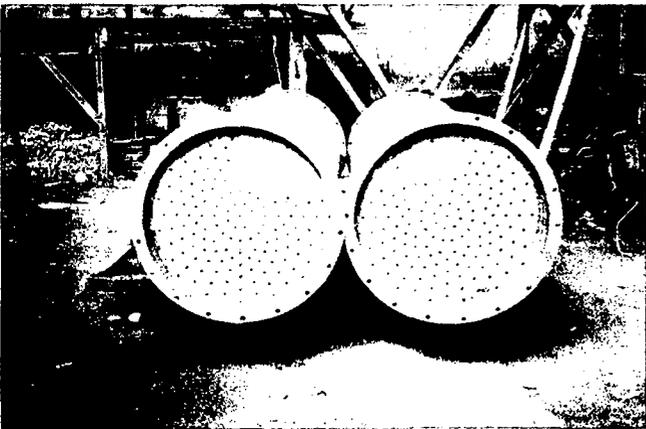


Fig. 15

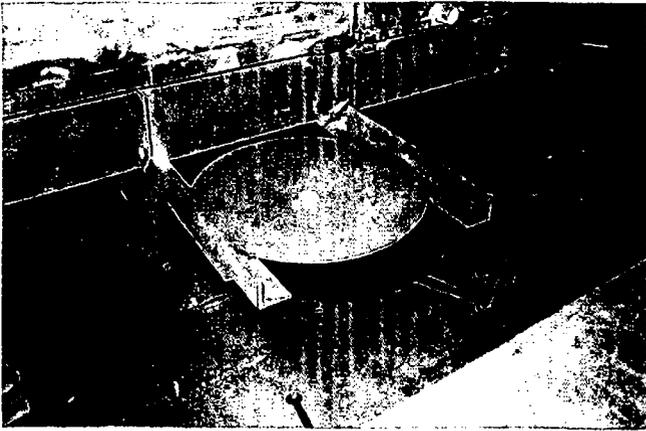


Fig. 16



Fig. 17

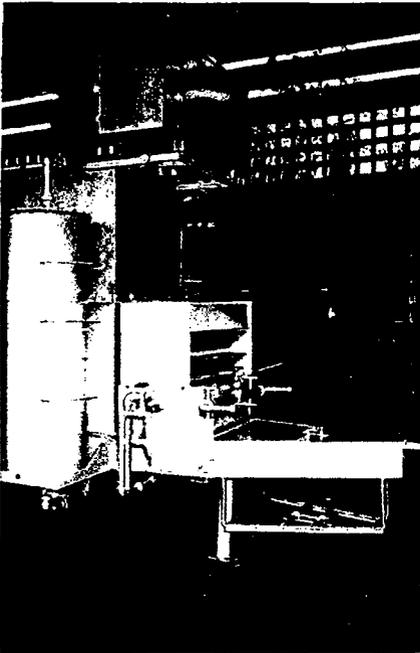


Fig. 18

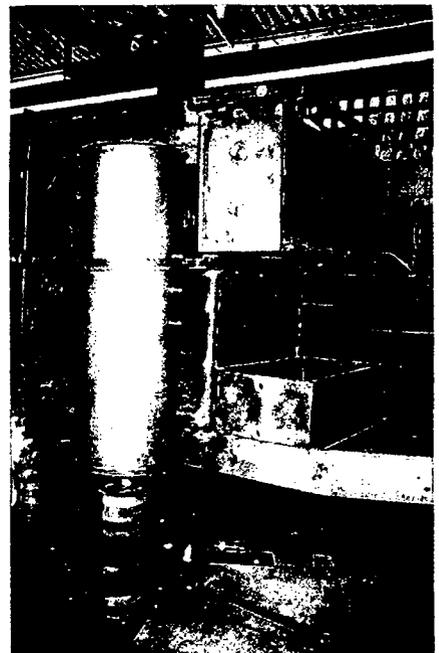


Fig. 19

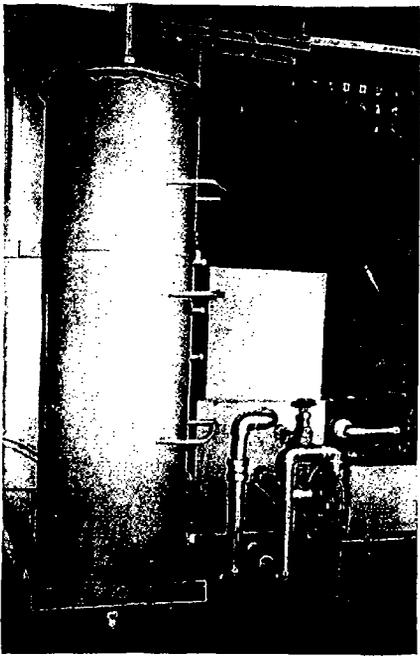


Fig. 20

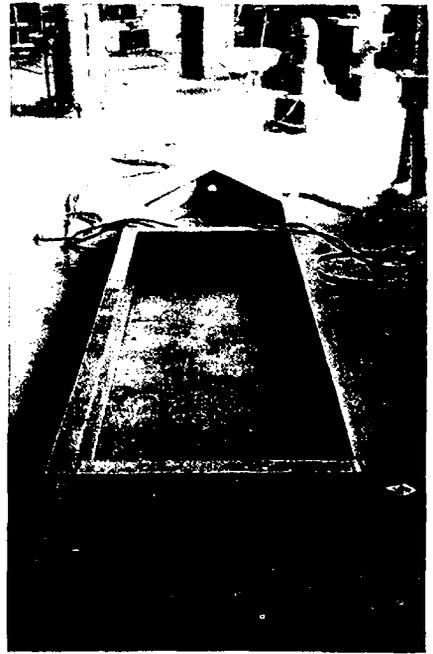


Fig. 21



Fig. 22

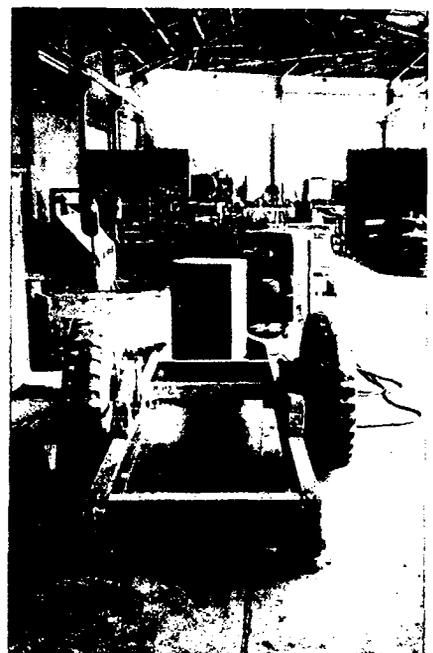


Fig. 23

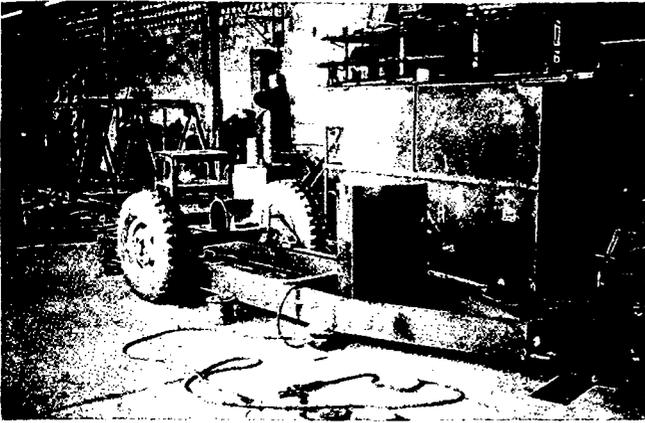


Fig. 24



Fig. 25

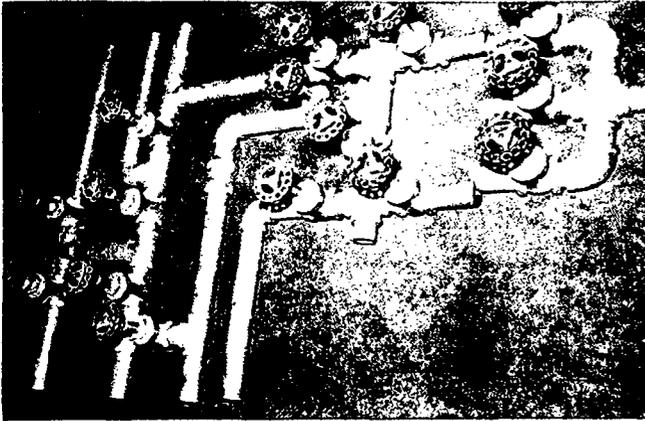


Fig. 26

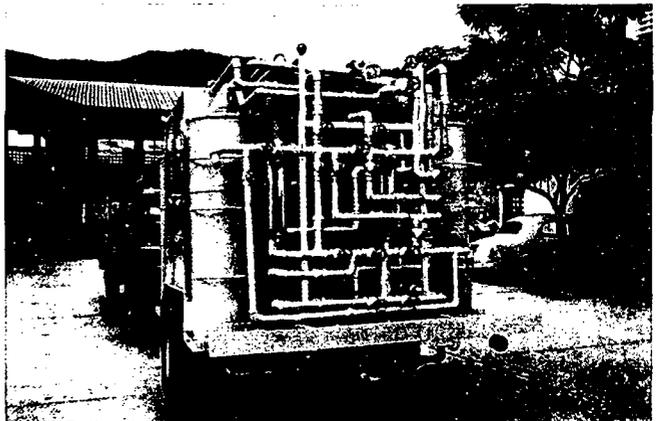


Fig. 27



Fig. 28

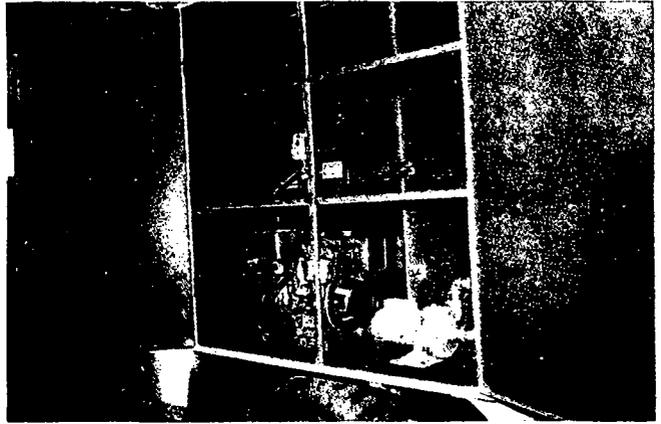


Fig. 29

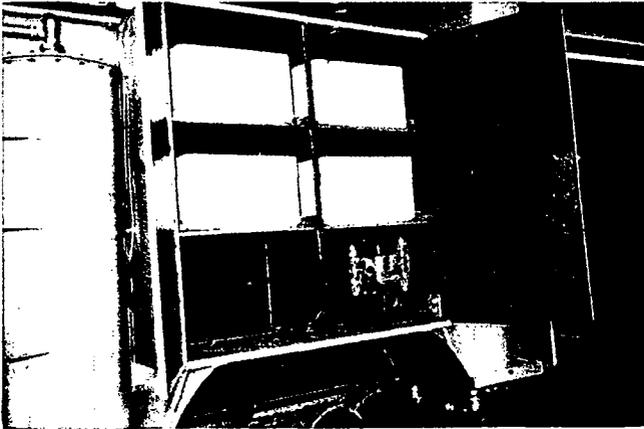


Fig. 30



Fig. 31



Fig. 32

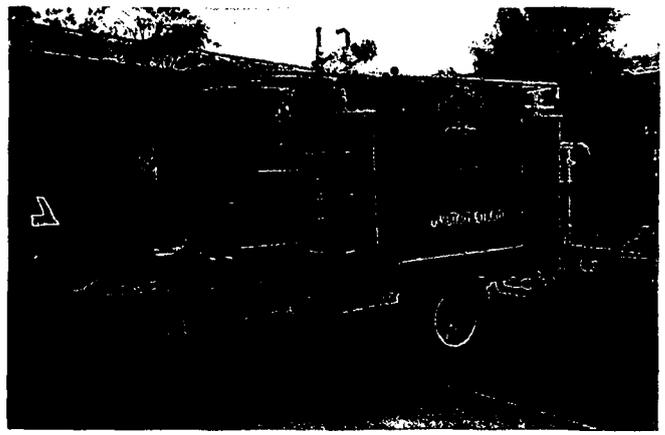


Fig. 33



Fig. 34

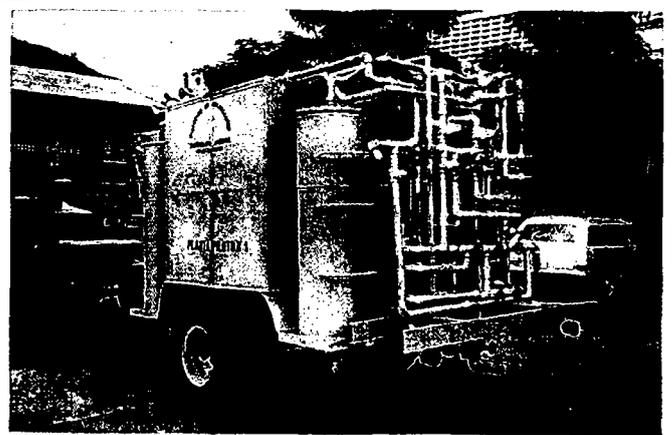


Fig. 35

#### IV) PRUEBAS INICIALES Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA EXPERIMENTAL

Las pruebas iniciales a que fué sometida la planta experimental, se realizaron en el propio Taller. Se llenaron las unidades de agua a fin de probar las soldaduras de los estanques y filtros. Se realizaron las operaciones básicas para probar las conexiones, tablero de control, instrumentos y equipos. Se rectificó el balance del conjunto sobre el eje de remolque para controlar el manejo manual y la maniobrabilidad del remolque y camión.

Una vez realizadas las pruebas iniciales, la planta fue trasladada a un sitio distante (400 kms.), con acceso local muy difícil, a fin de ensayar el comportamiento del remolque en carretera buena y terreno accidentado.

Para poner en funcionamiento la planta experimental en sitio, se ha previsto un equipo compuesto de un Ingeniero Sanitario especializado, co-autor de la planta, un Ingeniero Químico, un Ingeniero en calidad de entrenamiento, un chofer y dos obreros contratados. Una vez pasada la etapa de experimentación y entrenamiento del personal, el equipo permanente de la planta constará de un Ingeniero Sanitario o Civil con entrenamiento especializado, un chofer que actúe a la vez como mecánico, un ayudante de chofer y de mecánico y uno o dos obreros contratados en sitio.

A fin de aprovechar al máximo el tiempo del Ingeniero, la planta es trasladada por el chofer y ayudante, viajando luego el ingeniero una vez que el conjunto quede instalado en sitio. En esta forma, entre los ensayos a fuentes distintas, el ingeniero dispone de tiempo, para confirmar análisis de campo en laboratorios de agua, escribir informes, hacer recomendaciones y recibir instrucciones. A intervalos regulares la planta es trasladada a los talleres de reparación de la División de Acueductos Rurales con el fin de efectuar los trabajos de mantenimiento.

El aprovechamiento total de la planta experimental se ha previsto en tres etapas.

La primera etapa corresponde a la experimentación inicial en los casos que con mayor urgencia requieren la construcción de una planta de tratamiento prototipo.

Esta etapa, por un lado permite la comprobación de la utilidad práctica y económica de la planta, aspecto que actualmente ya se encuentra superado. Por otro lado, sirve de período de entrenamiento del personal de operación, a la vez que resuelve los problemas más urgentes y ofrece la experiencia inicial necesaria.

La segunda etapa, actualmente en preparación corresponde a la "producción en masa" de ensayos a fuentes de abastecimiento de agua para acueductos existentes. Se estima del orden de un centenar los acueductos que podrían requerir algún tipo de tratamiento económico, adicional a la cloración. Para esta etapa la planta dispondrá de camión propio, equipos completos y personal entrenado, factores estos, que van a contribuir a un máximo rendimiento.

En la tercera etapa, la mayor parte de los acueductos existentes tendrá solucionados los problemas relacionados con la calidad del agua y se dispondrá del tiempo necesario para realizar ensayos netamente científicos, con miras a adelantar los conocimientos disponibles en materia de tratamiento de agua. Para esa fecha se aspira tener miles de datos acumulados y evaluados, en base a los ensayos prácticos efectuados en las etapas anteriores.

A continuación se analizan en detalle algunos resultados obtenidos durante el funcionamiento inicial de la planta experimental en la primera etapa. Los anexos a los cuales se hará referencia se encuentran al final del presente capítulo.

## EXPERIMENTACION N° 1

Localidad: Zuata, Estado Anzoátegui

### A. Consideraciones Previas

La localidad de Zuata en el Estado Anzoátegui, cuenta con un sistema de abastecimiento de agua puesto en servicio en el año 1961. Dicho sistema está constituido por un pozo perforado como fuente de abastecimiento, estación de bombeo, línea de bombeo, estanque metálico elevado y red de distribución. El desarrollo alcanzado por la fuente, durante el funcionamiento del sistema, ha ido alterando la calidad del agua y para el año de 1965, la población rechaza el uso del agua del sistema debido a la presencia de olor, sabor y color objetables, así como por deterioros debidos a corrosión en tuberías y en el estanque.

Lo expuesto anteriormente, motivó el uso de la planta móvil experimental de tratamiento de agua, con el objeto de determinar

las causas de los problemas y de tratar, mediante el ensayo de diferentes procesos, de fijar un método de corrección.

Del estudio previo de los resultados del análisis físico-químico, efectuado por el Laboratorio Químico Microbiológico de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental (anexo 1), se obtuvieron las siguientes conclusiones: El agua presenta un contenido de bicarbonato de sodio sumamente alto, al cual se debe en gran parte, el sabor objetable. La alta corrosividad que presenta y a la cual se deben los deterioros del sistema, puede ser causado por la presencia de gases disueltos principalmente H<sub>2</sub>S - (olor característico) y finalmente, el color objetable puede ser debido a la presencia de hierro disuelto.

Teniendo en cuenta las conclusiones previas anteriores, se planificó el siguiente procedimiento a seguir:

- a) Determinación, mediante análisis de campo efectuado directamente en la fuente, de la presencia de gases disueltos e identificación de los mismos, PH y temperatura.
- b) Ensayos de procesos de aireación, sedimentación rápida y cloración, en forma individual y en combinación, con el objeto de tratar de reducir el contenido de gases disueltos y hierro.
- c) Ensayos de procesos de floculación, sedimentación y filtración con diferentes medias filtrantes, en forma individual y en combinación, con el objeto de tratar de lograr una clarificación lo más alta posible.

#### B. Determinaciones de Campo Previas

Mediante el empleo del equipo de laboratorio de campo, se realizaron ensayos para la determinación de la presencia de gases disueltos, temperatura y PH.

Resultados: Presencia de H<sub>2</sub>S y de fenol, como gases disueltos  
Temperatura del agua: 32 °C  
PH: 7,4 - 7,8

#### C. Ensayos Realizados con la Planta Móvil Experimental de Tratamiento de Agua y Resultados Obtenidos

- 1) Tratamiento a base de aireación, con períodos de retención de 5 y 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida.

Resultados: Reducción substancial de los gases disueltos  
PH: 8 - 8,2

- 2) Tratamiento a base de aireación, cloración y periodos de retención de 5 y 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida.

Resultados: Para el caso de 5 minutos de retención: Eliminación total de los gases disueltos.

Cloro residual: 1,0 PPM  
Fe : 0,15 PPM  
PH : 8,1

Para el caso de 10 minutos de retención: Eliminación total de los gases disueltos.

Cloro residual: 0,8 PPM  
Fe : 0,15 PPM  
PH : 8,0

En ambos casos, el color y la turbiedad están dentro de los límites, el sabor es sódico alcalino y el agua tratada presenta el problema de teñir el arroz blanco cocido con la misma.

- 3) Tratamiento a base de aireación, cloración, periodo de retención de 5 minutos en el estanque de sedimentación rápida y filtración a través de la media filtrante BIRM.

Resultados: Eliminación total de los gases disueltos

Cloro residual: 0,1 PPM  
Fe : 0,15 PPM  
PH : 8,4

En lo relacionado a color, turbiedad, sabor y problemas al cocinar arroz blanco con el agua tratada, se mantuvieron los resultados del ensayo anterior.

- 4) Ensayos de floculación y filtración en el laboratorio de la planta de tratamiento del INOS en Barcelona.

Resultados: No se produjeron modificaciones con respecto a las características objetables mantenidas en los resultados de los ensayos anteriores.

#### D. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye:

- 1) Posibilidad de eliminación de los gases disueltos presentados en el agua, mediante la aplicación de procesos de aireación y cloración, lo cual reduciría suficientemente el alto grado de corrosividad del agua.
- 2) Imposibilidad, mediante la aplicación de procesos de tratamiento económicos, de eliminar los compuestos de hierro, posiblemente de carácter orgánico, los cuales comunican al agua características objetables en cuanto a color, turbiedad y teñido de los alimentos cocidos con la misma. Idéntica conclusión puede hacerse en lo referente a la disminución del alto contenido de carbonato de sodio, al cual probablemente se debe lo objetable en el sabor.

#### E. Recomendaciones

- 1) Descartar la actual fuente de abastecimiento.
- 2) Realizar las perforaciones requeridas, o las investigaciones de fuentes superficiales necesarias, con el fin de obtener una nueva fuente de abastecimiento para la localidad, con características físico-químicas del agua satisfactorias, o en todo caso, susceptibles de reducción económica hasta los límites establecidos.

#### EXPERIMENTACION N° 2

Localidad: Urica, Estado Anzoátegui

#### A. Consideraciones Previas

La localidad de Urica en el Estado Anzoátegui, cuenta con un sistema de abastecimiento de agua puesto en servicio en el año 1962.

Dicho sistema está constituido por un pozo perforado como fuente de abastecimiento, estación de bombeo, línea de bombeo, estanque metálico elevado y red de distribución. La fuente original fué deshechada, debido a presentar sus aguas un contenido de hierro y manganeso, muy por encima de los límites permitidos. Se perforó un nuevo pozo, cuyas aguas acusaban un contenido de hierro y manganeso inferior, pero aún por encima de los límites, originando ésto, problemas de color y turbiedad. Esta situación motivó el uso de la planta experimental móvil de tratamiento de agua, con el objeto de determinar un proceso que permitiera

reducir, en forma económica y sencilla, las características objetables.

Los anexos 2a. y 2b. muestran los resultados de los análisis físico-químicos de las aguas del mencionado pozo, efectuados por el laboratorio de aguas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias y por el laboratorio Químico-Microbiológico de la Dirección de Malaria y Saneamiento Ambiental. El procedimiento a seguir en este caso, se planificó en la siguiente forma:

- a) Ensayo de procesos de aireación, sedimentación rápida, cloración y filtración con diferentes medias filtrantes, en forma individual o en combinación, con el objeto de lograr una clarificación lo más alta posible.

B. Ensayos Realizados con la Planta Móvil Experimental de Tratamiento de Agua y Resultados Obtenidos

- 1) Tratamiento a base de aireación, período de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida.

Resultados: Fe: Mayor de 1 PPM

- 2) Tratamiento a base de aireación, período de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida y filtración a través de la media filtrante ARENA.

Resultados: Fe: Menor de 0.3 PPM

- 3) Tratamiento a base de aireación, cloración y período de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida.

Resultados: Fe: Menor de 0.3 PPM

Cloro residual: 0.6 PPM

C. Conclusiones

- 1) El tratamiento a base de aireación y posterior retención, no es lo suficientemente eficiente.
- 2) El tratamiento a base de supercloración reduce el contenido de Fe hasta los límites establecidos, pero puede producir problemas en cuanto al calor y a la turbiedad debido a la precipitación del Fe.

- 3) El tratamiento a base de aireación, retención de 10 minutos y filtrado a través de arena produce resultados satisfactorios en la reducción del Fe y en lo referente a color y turbiedad.

#### D. Recomendaciones

Se recomienda como tratamiento, el constituido por:

- a) Precloración y periodo de contacto mínimo.
- b) Aireación y periodo de retención de 10 minutos.
- c) Filtración a través de media filtrante arena.

#### EXPERIMENTACION N° 3

=====

Localidad: Boca de Uchire, Estado Anzoátegui

#### A. Condiciones Previas

El sistema de abastecimiento de agua de la población de Boca de Uchire, está constituido por un pozo perforado, como fuente de abastecimiento, estación de bombeo, línea de bombeo, estanque de concreto sobre el terreno y red de distribución. Este sistema fue puesto en funcionamiento en el año de 1962, presentando las aguas provenientes de la perforación realizada, problemas cada vez más acentuados de color y turbiedad. El análisis físico-químico de las aguas efectuado por el laboratorio Químico-Microbiológico de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental (anexo 3), demuestra un alto contenido de hierro y manganeso, lo cual es la causa probable de los problemas antes citados.

Aprovechando la oportunidad de estar la planta móvil experimental de tratamiento de agua, operando en el Estado, se decidió realizar ensayos en esta localidad para determinar un proceso de tratamiento adecuado.

A tal fin se planificó la operación de la siguiente forma:

- a) Estimación, mediante análisis de campo efectuado directamente en la fuente, de las concentraciones de hierro y manganeso, así como del color y la turbiedad presente.
- b) Ensayo de procesos de aireación, sedimentación rápida, cloración y filtración con diferentes medias filtrantes, en forma individual o en combinación, con el objeto de lograr una -

reducción de la concentración de hierro y manganeso.

**B. Determinaciones de Campo Previas**

Mediante el empleo del equipo de laboratorio de campo se realizaron ensayos para la determinación de los contenidos de hierro y manganeso, PH y turbiedad.

Resultados: Turbiedad: Por encima de los límites  
Color : Por encima de los límites  
Mn : Fuera de los límites  
Fe : Mayor de 1 PPM  
PH : Menor de 8

**C) Ensayos Realizados con la Planta Móvil Experimental de Tratamiento de Agua**

1) Tratamiento a base de aireación y periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida.

Resultados: Turbiedad: Por encima de los límites  
Color : Por encima de los límites  
Fe : Mayor de 1 PPM  
Mn : Fuera de los límites  
PH : Menor de 8.0

2) Tratamiento a base de aireación, periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida y filtración a través de la media filtrante ARENA.

Resultados: Turbiedad: Por encima de los límites  
Color : Por encima de los límites  
Fe : Menor de 0,3 PPM  
Mn : Dentro de los límites  
PH : 8,1

3) Tratamiento a base de aireación, ajuste del PH mediante la adición de cal, periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida y filtración a través de las medias filtrantes: ARENA Y ZEOLITA.

Resultados: Turbiedad: Dentro de los límites  
Color : Dentro de los límites  
Fe : Menor de 0,3 PPM  
Mn : Fuera de los límites  
PH : 8,1

- 4) Tratamiento a base de aireación, ajuste del PH mediante la a d i c i o n de cal, periodo de retención de 10 minutos en el es - tanque de sedimentación rápida y filtración a través de las medias filtrantes: ARENA Y BIRM.

Resultados: Turbiedad: Dentro de los límites  
Color : Dentro de los límites  
Fe : Menor de 0,3 PPM  
Mn : Dentro de los límites  
PH : 8,7

#### D. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye:

- 1) El tratamiento a base de aireación y cloración, no es capaz de reducir el contenido de Fe hasta los límites establecidos, por otra parte no presenta eficiencia alguna en la reducción del Mn, manteniéndose por estas razones vigentes los problemas de color y turbiedad.
- 2) El tratamiento a base de aireación, periodo de retención de 10 minutos y filtración a través de la media filtrante arena, tiene una mayor eficiencia que el anterior, pero las reducciones de Fe y Mn no son aún suficientes para eliminar los problemas de color y turbiedad.
- 3) El tratamiento a base de aireación, ajuste del PH mediante la adición de cal, periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida y filtración en serie a través de arena y luego de zeolita, es eficiente en cuanto a la reducción de Fe y Mn, pero la adición de cal comunica al agua color y turbiedad que persisten luego de la filtración doble.
- 4) El tratamiento a base de aireación, ajuste del PH mediante la adición de cal, periodo de retención de 10 minutos y filtración en serie a través de arena y luego de BIRM reduce el Fe y Mn hasta los límites establecidos, siendo los aspectos de color y turbiedad satisfactorios.

#### E. Recomendaciones

Se recomienda como tratamiento satisfactorio el constituido por:

- a) Ajuste del PH mediante la adición de cal, manteniéndolo dentro del rango 8,3 a 8,7.
- b) Filtración en serie a través de arena y BIRM. Es de notar - que el objeto primordial del filtro de arena, es la protección de la media BIRM contra turbiedad excesiva, con el fin de prolongar el intervalo entre lavados. En caso de resultar - excesivo el costo inicial de la planta prototipo, se puede - prescindir del filtro de arena, sin modificar sensiblemente las características del agua tratada.
- c) Cloración.

#### EXPERIMENTACION N° 4

=====

Localidad: Cúpira, Estado Miranda

#### A. Consideraciones Previas

El Proyecto del sistema de abastecimiento de agua para la lo calidad de Cúpira, contempla la utilización de un pozo perforado como fuente de abastecimiento, solución adoptada debido a la fal ta de otro tipo de fuente a distancias económicamente factibles. El análisis físico-químico efectuado por el laboratorio de aguas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (anexo 4), permite a preciar que las aguas del mencionado pozo presentan un contenido de hierro y manganeso muy por encima de los límites establecidos. Consultado dicho Instituto, acerca del tratamiento necesario pa ra corregir la naturaleza de estas aguas, recomendó la instala - ción de una planta completa de clarificación, cuyo costo puede - ser estimado del orden de Bs. 400.000,00, lo cual es económica - mente inaceptable. El costo de operación también iba a resultar excesivo, debido a que los ensayos de laboratorio indicaron can tidades exageradas de sustancias químicas para lograr una flocu - lación satisfactoria. Esta situación, motivó el uso de la plan - ta móvil experimental de tratamiento de agua, con el fin de de terminar un proceso más económico y sencillo.

Con tal objeto, se planificó la operación en la siguiente - forma:

- a) Estimación mediante análisis de campo efectuado directamente en la fuente, de las concentraciones de hierro y manganeso, PH, color, turbiedad, dureza total, cloruros y sulfatos.

- b) Ensayo de procesos de aireación, sedimentación rápida, cloración y filtración con diferentes medias filtrantes, en forma individual o en combinación, con el objeto de lograr una reducción de los contenidos de hierro y manganeso.

**B. Ensayos Realizados con la Planta Móvil Experimental de Tratamiento de Agua**

- 1) Tratamiento a base de aireación, cloración y periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida.

Resultados: Turbiedad: Por encima de los límites  
Color : Por encima de los límites  
Fe : Mayor de 1 PPM, pero algo menor que en el agua cruda  
PH : Menor de 8.0  
Mn : Por encima de los límites

- 2) Tratamiento a base de aireación, cloración, periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida y filtración a través de la media filtrante arena.

Resultados: Turbiedad: Dentro de los límites  
Color : Por encima de los límites  
Fe : Menor de 0.3 PPM  
Mn : Casi dentro de los límites  
PH : 8,3

- 3) Tratamiento a base de aireación, ajuste del PH mediante la adición de cal, periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida y filtración a través de la media filtrante BIRM.

Resultados: Turbiedad: Dentro de los límites  
Color : Dentro de los límites  
Fe : Menor de 0.3 PPM  
Mn : Dentro de los límites  
PH : 8,7

- 4) Tratamiento a base de aireación, ajuste del PH mediante la adición de cal, periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida y filtración a través de las medias filtrantes ARENA y ZEOLITA.

Resultados: Turbiedad: Por encima de los límites  
Color : Por encima de los límites

Resultados: Fe: Menor de 0,3 PPM  
Mn: Dentro de los límites  
PH: 8,1

### C. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye:

- 1) El tratamiento a base de aireación y cloración, no es capaz de reducir el contenido de Fe hasta los límites establecidos, por otra parte no presenta eficiencia alguna en la reducción del Mn, manteniéndose por estas razones vigentes los problemas de color y turbiedad.
- 2) El tratamiento a base de aireación, periodo de retención de 10 minutos y filtración a través de arena, tiene una mayor eficiencia que el proceso anterior pero persisten los problemas de color y turbiedad.
- 3) El tratamiento a base de aireación, ajuste del PH mediante la adición de cal, periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida y filtración a través de arena y luego de zeolita, es eficiente en cuanto a la reducción de Fe y Mn, pero la adición de cal comunica al agua color y turbiedad que persisten luego de la filtración doble.
- 4) El tratamiento a base de aireación, ajuste del PH mediante la adición de cal, periodo de retención de 10 minutos y filtración a través del filtro de BIRM, reduce el Fe y Mn hasta los límites establecidos, siendo los aspectos de color y turbiedad satisfactorios.

### D. Recomendaciones

Se recomienda como tratamiento satisfactorio el constituido por:

- a) Ajuste del PH mediante la adición de cal, manteniéndolo dentro del rango 8,3 a 8,7.
- b) Filtración a través de media filtrante BIRM.
- c) Cloración.

## EXPERIMENTACION N° 5

Localidad: Curataquiche, Estado Anzoátegui

### A. Consideraciones Previas

El proyecto del sistema de abastecimiento de agua para la localidad de Curataquiche, contempla la utilización de un pozo perforado como fuente de abastecimiento, solución adoptada debido a la falta de otro tipo de fuente. El análisis físico-químico efectuado por el laboratorio Químico y Microbiológico de la Dirección de Malaria y Saneamiento Ambiental (anexo 5), permite apreciar que las aguas del mencionado pozo presentan un contenido de hierro y manganeso muy por encima de los límites establecidos.

El empleo de la planta móvil experimental de tratamiento de agua, en este caso se planificó en la siguiente forma:

- a) Estimación mediante análisis de campo efectuado directamente en la fuente de las concentraciones de hierro y manganeso, - PH, color, turbiedad, dureza total, cloruros y sulfatos.
- b) Ensayo de procesos de aireación, sedimentación rápida, cloración y filtración con diferentes medias filtrantes, en forma individual o en combinación, con el objeto de lograr una reducción de la concentración de hierro y manganeso.

### B. Determinaciones de Campo Previas

Mediante el empleo del equipo de laboratorio de campo, se realizaron ensayos para la determinación del PH, hierro, manganeso, color, turbiedad, dureza total, cloruros y sulfatos.

Resultados:

Dureza Total:	180 PPM de $\text{Ca CO}_3$
Turbiedad	: Por encima de los límites
Color	: Por encima de los límites
Fe	: Mayor de 1 PPM
Mn	: Por encima de los límites
PH	: Menor de 8,0
Cloruros	: Menor de 35 PPM
Sulfatos	: Menor de 100 PPM

C. Ensayos Realizados con la Planta Móvil Experimental de Tratamiento de Agua.

- 1) Tratamiento a base de aireación y periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida.

Resultados: Turbiedad: Por encima de los límites  
Color : Por encima de los límites  
Fe : Mayor de 1 PPM  
PH : 8.0

- 2) Tratamiento a base de aireación, cloración y periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida.

Resultados: Cloro residual: 0.5 PPM  
Turbiedad : Por encima de los límites  
Color : Por encima de los límites  
Fe : Entre 1 y 2 PPM  
PH : 8.1

- 3) Tratamiento a base de aireación, cloración, periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida y filtración a través de la media filtrante ARENA.

Resultados: Cloro residual: 0.5 PPM  
Turbiedad : Dentro de los límites  
Color : Dentro de los límites  
Fe : Menor de 0.3 PPM  
Mn : Dentro de los límites  
PH : 8.0

- 4) Tratamiento a base de aireación, cloración, periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida y filtración a través de la media filtrante ANTRACITA.

Resultados: Cloro residual: 0.0 PPM  
Turbiedad : Dentro de los límites  
Color : Dentro de los límites  
Fe : 0.6 PPM  
PH : 8.1

- 5) Tratamiento a base de cloración, periodo de retención de 5 minutos en el estanque de sedimentación rápida y filtración a través de la media filtrante ANTRACITA.

Resultados: Cloro residual: 0.4 PPM  
Turbiedad : Dentro de los límites  
Color : Dentro de los límites  
Fe : Entre 0.8 y 1.0 PPM  
Mn : Dentro de los límites  
PH : 8.0

- 6) Tratamiento a base de cloración, periodo de retención de 5 - minutos en el estanque de sedimentación rápida y filtración a través de la media filtrante ARENA.

Resultados: Cloro residual: 1.2 PPM  
Turbiedad : Dentro de los límites  
Color : Dentro de los límites  
Fe : Menor de 0.3 PPM  
Mn : Dentro de los límites  
PH : 8.3

- 7) Tratamiento a base de filtración a través de la media fil - trante ZEOLITA y ajuste del PH mediante la adición de cal.

Resultados: Turbiedad: Dentro de los límites  
Color : Dentro de los límites  
Fe : Menor de 0.3 PPM  
Mn : Por encima de los límites  
PH : A la entrada del filtro: 8.4  
PH : A la salida del filtro : 8.0

- 8) Tratamiento a base de filtración a través de la media fil - trante BIRM y ajuste del PH mediante la adición de cal.

Resultados: Turbiedad: Dentro de los límites  
Color : Dentro de los límites  
Fe : Menor de 0.3 PPM  
Mn : Dentro de los límites  
PH : A la entrada del filtro: 8.3  
PH : A la salida del filtro : 8.5

#### D. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos directamente en el cam - po y los análisis realizados en el laboratorio Químico Microbio - lógico adscrito a la Dirección de Malariología y Saneamiento Am - biental, sobre muestras tomadas en los diferentes ensayos reali - zados, se concluye:

- 1) El tratamiento a base de aireación, con o sin cloración y periodo de retención de 10 minutos en el estanque de sedimentación rápida, no es capaz de reducir los contenidos de Fe y Mn hasta los límites establecidos, manteniéndose vigentes los problemas de color y turbiedad.
- 2) El tratamiento a base de aireación, periodo de retención de 10 minutos y filtración a través de media filtrante arena o antracita, tiene una mayor eficiencia que el anterior, pero no se logran reducciones de Fe y Mn suficientes para eliminar los problemas de color y turbiedad.
- 3) El tratamiento a base de cloración, periodo de retención de 5 minutos y filtración a través de media filtrante arena o antracita, produce resultados similares al anterior.
- 4) El tratamiento a base de ajuste del PH mediante la adición de cal y filtración a través de media filtrante Zeolita, reduce el contenido de Fe hasta los límites establecidos pero no el de Mn.
- 5) El tratamiento a base de ajuste del PH mediante la adición de cal y filtración a través de media filtrante BIRM, reduce el Fe y el Mn hasta los límites establecidos, siendo los aspectos de color y turbiedad satisfactorios.

#### E. Recomendaciones

Se recomienda como tratamiento el constituido por:

- a) Ajuste del PH mediante la adición de cal, manteniéndolo dentro del rango 8,3 a 8,7.
- b) Filtración a través de media filtrante BIRM.
- c) Cloración.

MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL  
DIRECCION DE MALARIOLOGIA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL  
LABORATORIO QUIMICO MICROBIOLOGICO

Anexo 1  
pág. 1

INFORME DE LABORATORIO

Análisis de Agua Natural

Número de Archivo: 114

Análisis solicitado por: División de Acueductos Rurales

Identificación de la muestra: Pozo, Zuatá Edo. Anzoátegui

Motivo del análisis:

Muestra recolectada por: Ing<sup>o</sup> V. Palma

Hora y Fecha: 9 am. 25/3/65.

Sitio de la extracción de la muestra: Descarga de la bomba

CARACTERISTICAS FISICAS.

Temperatura del agua (°C)	Temperatura ambiental (°C)
Aspecto	Opalescente, con partículas en suspensión (arena)
Dureza (unidades)	2.1
Color aparente (unidades)	25
Color real (unidades)	22
Olor a la temperatura del ambiente	Aromático

CARACTERISTICAS QUIMICAS.

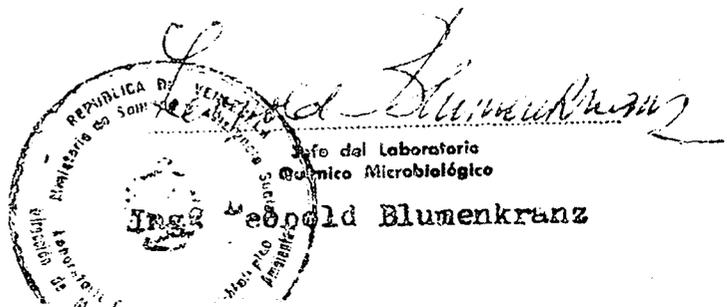
pH a 25°C	7.6
Acidez a pH 4,5 (CaCO <sub>3</sub> )	
Acidez a pH 8,3 (CaCO <sub>3</sub> )	
Alcalinidad a pH 8,3 (CaCO <sub>3</sub> )	
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> )	900
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	260
Cloruro (Cl)	2.0
Fluoruro (F)	0.6
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	2.0
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	0.3
Nitrato (NO <sub>2</sub> )	Trazas

Calcio (Ca)	57
Magnesio (Mg)	22
Sodio (Na) + Potasio (K)	306
Potasio (K)	
Hierro, disuelto (Fe)	trazas
Hierro, soluble en ácido standard (Fe)	0.15
Manganeso, disuelto (Mn)	0.08
Manganeso, soluble en ácido standard (Mn)	0.1
Silica (Si O <sub>2</sub> )	
Oxígeno disuelto (O)	
Dióxido de carbono libre (CO <sub>2</sub> )	
Minerales disueltos	940
INDICE DE CORROSIVIDAD.	
Indice de Langelier (pHa-pHs)	+ 0.9
POTABILIZACION Y PURIFICACION.	

El agua no reúne condiciones para agua potable, debido a la concentración de sodio bicarbonato.

Caracas 31 de MARZO

de 1965.



INSTITUTO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS

DEPARTAMENTO TECNICO

LABORATORIO DE AGUAS

ANALISIS FISICO - QUIMICO

Anexo 2a.

Análisis N° 1499

Solicitado por: M.S.A.S. DIV. ACS. RURALES

Lugar: URICA - EDO. ANZOATEGUI

Fuente: POZO (ACUEDUCTO ACTUAL)

Sitio de captación: PLUMA PUBLICA

Hora y fecha de captación: 10 am. 20-11-64

Temperatura del agua al captarla, °C 22

Olor al captar: INAPREC.

Aspecto al captar: LIG. AMARILLA

Aspecto al iniciar el análisis:

Fecha en que se inició el análisis:

Fecha en que se terminó el análisis:

16 DIC. 1964

10570

*Oh*

Cloro residual al captar (Cl)	0,
Arena	77,
Conductancia específica a 25°C (micromhos)	6,3
pH	100, +
Color aparente (unidades Pt-Co)	5,
Color real (unidades Pt-Co)	35, +
Turbiedad (unidades)	10,
Cloruro (Cl)	3,
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	0,2
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	0,000
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	0,20
Fluoruro (F)	5,
Calcio (Ca)	1,
Magnesio (Mg)	11,
Sodio + Potasio (Na)	0,08
Hierro disuelto (Fe)	2,6 +
Hierro disuelto + extraíble con HCl (Fe)	0,20
Manganeso disuelto (Mn)	0,20
Manganeso disuelto + extraíble con HNO <sub>3</sub> (Mn)	18,
Silice (SiO <sub>2</sub> )	22,
Anhídrido carbónico libre (CO <sub>2</sub> )	0,
Acidez a pH 4,5 (CaCO <sub>3</sub> )	0,
Alcalinidad a pH 8,3 (CaCO <sub>3</sub> )	22,
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> )	16,
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	16,
Dureza carbonática (CaCO <sub>3</sub> )	0,
Dureza no carbonática (CaCO <sub>3</sub> )	61,
Minerales disueltos (calculados)	-
Índice de Langlier (pH-pHs)	-

SECCION DE ACUEDUCTOS RURALES

Fecha 18 DIC. 1964

07201

*ll*

Número de Archivo: 466  
Análisis solicitado por: División Acueductos Rurales.  
Identificación de la muestra: Pozo.-"Úrica" Edo: Anzoátegui.  
Objetivo del análisis: muestra # 1.  
Muestra recolectada por: Acueductos Rurales.  
Sitio de la extracción de la muestra: Descarga bomba.  
Fecha de llegada de la muestra: 8.11.65.

Hora y Fecha: 10.15 am 8.11.65.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

Temperatura del agua (°C)	Temperatura ambiental (°C)
Aspecto	Opalescente.
Turbiedad (unidades)	7.2
Color aparente (unidades)	20
Color real (unidades)	5
Olor, a la temperatura del ambiente	Ferroso
Conductancia eléctrica a 25°C (mmhos)	74

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.

pH a 25°C	6.1
Acidez a pH 4,5 (CaCO <sub>3</sub> )	
Acidez a pH 8,3 (CaCO <sub>3</sub> )	
Alcalinidad a pH 8,3 (CaCO <sub>3</sub> )	0
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> )	24
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	21
Cloruro (Cl)	9.0
Fluoruro (F)	0.15
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	Trazas
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	0.15
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	0.000

Calcio (Ca)	6.8
Magnesio (Mg)	1.0
Sodio + Potasio (Na)	7.1
Hierro, disuelto (Fe)	0.05
Hierro, soluble en ácido standard (Fe)	9.
Manganeso, disuelto (Mn)	0.10
Manganeso, soluble en ácido standard (Mn)	0.10
Silica (SiO <sub>2</sub> )	
Oxígeno disuelto (O)	
Dióxido de carbono libre (CO <sub>2</sub> )	
Minerales disueltos	

INDICE DE CORROSIVIDAD.

Indice de Langolier (pHc-pHc)

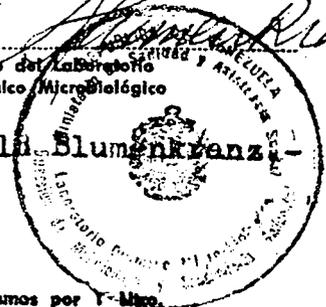
POTABILIZACION Y PURIFICACION.

Caracas 19 de Noviembre de 1965

*Leopoldo Blumenkrantz*

Jefe del Laboratorio  
Químico Microbiológico

Ing<sup>o</sup> Leopoldo Blumenkrantz



Número de Archivo: 476  
Análisis solicitado por: División Acueductos Rurales.  
Identificación de la muestra: Pozo Boca de Uchire, Edo. Anzoategui.  
Motivo del análisis:  
Muestra recolectada por: Acueductos Rurales. Hora y Fecha: 12.11.65.  
Sitio de la extracción de la muestra: Descarga bomba.  
Fecha de llegada de la muestra: 15.11.65.

CARACTERISTICAS FISICAS.

Temperatura del agua (°C)	Temperatura ambiental (°C)
Aspecto	Turbio, amarillo
Turbiedad (unidades)	50
Color aparente (unidades)	100
Color real (unidades)	30
Olor, a la temperatura del ambiente	Dulzón.
Conductancia eléctrica a 25°C (mmhos)	500

CARACTERISTICAS QUIMICAS.

pH a 25°C	7.0
Acidez a pH 4,5 (CaCO <sub>3</sub> )	
Acidez a pH 8,3 (CaCO <sub>3</sub> )	
Alcalinidad a pH 8,3 (CaCO <sub>3</sub> )	0
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> )	114
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	124
Dureza carbonática (CaCO <sub>3</sub> )	
Dureza no carbonática (CaCO <sub>3</sub> )	
Cloruro (Cl)	66
Fluoruro (F)	0.15
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	44

Nitrato (NO <sub>3</sub> )	0.10	
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	0.005	
Calcio (Ca)	31	
Magnesio (Mg)	11	
Sodio (Na) + Potasio	60	
Potasio (K)		
Hierro, disuelto (Fe)	1.5	Hierro solub. (Fe) 8
Manganeso, disuelto (Mn)	0.60	
Manganeso, soluble en ácido standard (Mn)	0.60	
Silica (SiO <sub>2</sub> )	28	
Oxígeno disuelto (O)		
Dióxido de carbono libre (CO <sub>2</sub> )		
Minerales disueltos		

INDICE DE CORROSIVIDAD.

Indice de Langlier (pHa-pHs) -0.9

POTABILIZACION Y PURIFICACION.

Caracas 25 de noviembre de 1965

Jefe del Laboratorio  
Químico Microbiológico  
Ing<sup>o</sup> Leopold Blumenkrans-

**INSTITUTO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS**  
**DEPARTAMENTO TECNICO**  
**LABORATORIO DE AGUAS**  
**ANALISIS FISICO - QUIMICO**

Anexo 4

Análisis N° 417

Solicitado por: M.S.A.S. División de Acueductos Rurales.

Lugar: Machurucuto. Edo. Miranda.

Fuente: Pozo perforado.

Sitio de captación: Descarga del compresor.

Hora y fecha de captación: 11,30 am 9-4-64

Temperatura del agua al captarla, °C

Olor al captar: Terroso.

Aspecto al captar: Turbia, amarilla.

Aspecto al iniciar el análisis:

Fecha en que se inició el análisis:

Fecha en que se terminó el análisis:

Cloro residual al captar (Cl) .....	
Arena .....	
Conductancia específica a 25°C (micromhos) .....	329,
pH .....	7,2
Color aparente (unidades Pt-Co).....	625, +
Color real (unidades Pt-Co) .....	20,
Turbiedad (unidades) .....	380, +
Cloruro (Cl) .....	26,
Sulfato (SO <sub>4</sub> ) .....	35,
Nitrato (NO <sub>3</sub> ) .....	5,
Nitrito (NO <sub>2</sub> ) .....	0,003
Fluoruro (F) .....	0,30
Calcio (Ca) .....	20,
Magnesio (Mg) .....	15,
Sodio + Potasio (Na) .....	27,
Hierro disuelto (Fe) .....	0,34
Hierro disuelto + extraíble con HCl (Fe) .....	16, -
Manganeso disuelto (Mn) .....	0,40
Manganeso disuelto + extraíble con HNO <sub>3</sub> (Mn).....	0,40
Sílice (SiO <sub>2</sub> ).....	27,
Anhidrido carbónico libre (CO <sub>2</sub> ) .....	12,
Acidez a pH 4,5 (CaCO <sub>3</sub> ) .....	0,
Alcalinidad a pH 8,3 (CaCO <sub>3</sub> ) .....	0,
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> ) .....	94,
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> ) .....	112,
Dureza carbonática (CaCO <sub>3</sub> ) .....	94,
Dureza no carbonática (CaCO <sub>3</sub> ) .....	18,
Minerales disueltos (calculados) .....	210,
Índice de Langelier (pH-pHs) .....	-0,9 +

*Al petate de su  
tratamiento*

1964  
 12061  
 Chile

MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL  
DIRECCION DE MALARIOLOGIA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL  
LABORATORIO QUIMICO MICROBIOLOGICO

Anexo 5  
pág. 1

INFORME DE LABORATORIO

Análisis de Agua Natural

Número de Archivo: 88

Análisis solicitado por: División de Acueductos Rurales

Identificación de la muestra: Pozo N° 1, Curataguiche Edo. Anzoátegui

Motivo del análisis:

Muestra recolectada por: Virgilio Colasante

Hora y Fecha: 2 pm. 26/2/65.

Sitio de la extracción de la muestra: Descarga de la bomba

CARACTERISTICAS FISICAS.

Temperatura del agua (°C)	—	Temperatura ambiental (°C)
Aspecto	Turbio amarillo con partículas sedimentadas	
Turbiedad (unidades)	21	
Color aparente (unidades)	150	
Color real (unidades)	100	
Olor a la temperatura del ambiente	Aromático	

CARACTERISTICAS QUIMICAS.

pH a 25°C	8.1
Acidez a pH 4,5 (CaCO <sub>3</sub> )	—
Acidez a pH 8,3 (CaCO <sub>3</sub> )	—
Alcalinidad a pH 8,3 (CaCO <sub>3</sub> )	—
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> )	216
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	232
Cloruro (Cl)	14
Fluoruro (F)	0.2
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	50
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	0.3
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	0.35

Calcio (Ca)	80
Magnesio (Mg)	7.8
Sodio (Na) + Potasio (Na)	25
Potasio (K)	-
Hierro, disuelto (Fe)	3.5
Hierro, soluble en ácido standard (Fe)	5.5
Manganeso, disuelto (Mn)	0.60
Manganeso, soluble en ácido standard (Mn)	0.65
Silica (Si O <sub>2</sub> )	-
Oxígeno disuelto (O)	-
Dióxido de carbono libre (CO <sub>2</sub> )	-
Minerales disueltos	307

INDICE DE CORROSIVIDAD.

Índice de Langlier (pH<sub>a</sub>-pH<sub>s</sub>) + 0.9

POTABILIZACION Y PURIFICACION.

NOTA: La muestra no es filtrable.

Caracas de

de 196

  
*Luzmila Hernández*  
Jefe del Laboratorio  
Químico Microbiológico

Salvo otra indicación, las cifras analíticas están expresadas en Miligramos por 1 Litro.

## V) COSTOS DE CONSTRUCCION Y EXPERIMENTACION

No sería completo el presente trabajo, sin hacer referencia al aspecto económico de la planta experimental móvil.

Las etapas de proyecto y dibujo, en principio no requirieron inversión alguna, ya que fueron realizadas con personal existente del Programa Nacional de Acueductos Rurales de Venezuela, aprovechando los intervalos en las actividades rutinarias. A parte de la concepción, esbozo y desarrollo teórico de las ideas fundamentales, se emplearon un total de dos meses/ingeniero y un mes/dibujante efectivos.

En la etapa de construcción se computó el tiempo efectivo empleado por el personal del Taller Central de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental y se llevó el record de los materiales, equipos y accesorios adquiridos. Si bien la duración de los trabajos de construcción fue del orden de 8 meses, eso se debió a las múltiples ocupaciones del personal del Taller, siendo necesario realizar las labores a intervalos y con un número reducido de obreros especializados. El tiempo total efectivo, empleado en la dirección y supervisión de la construcción fue del orden de un mes/ingeniero.

El costo resultante de la planta puede resumirse en dos partidas globales:

- a) Ingeniería y dibujo, incluyendo diseño, dirección y supervisión de la construcción: 3 meses/ingeniero Bs. 3.400,00 c/u. y 1 mes/dibujante Bs. 1.400,00.

Sub-total Bs. 11.600,00 (\$USA 2.580,00)

Es de notar que esta partida no requirió erogaciones presupuestarias, debido a que los trabajos respectivos fueron realizados, como se dijo anteriormente, con personal permanente, sin menoscabo de las actividades rutinarias del Programa.

b) Mano de obra especializada y adquisiciones de materiales, accesorios y equipos: Sub-total Bs. 30.000,00 (\$USA 6.670,00), con los salarios y costos de materiales prevaletientes en Venezuela:

1. Mecánico de primera clase:	Bs.	40,00	por	dfa	
Costo de prestaciones sociales:	"	25,00	"	"	"
Total:	Bs.	65,00			(\$USA 14,45)
2. Ayudante de mecánica:	Bs.	20,00	por	dfa	
Costo de prestaciones sociales:	"	12,50	"	"	"
Total:	Bs.	32,50			(\$USA 7,25)
3. Costo del acero estructural y acero laminado:	Bs.	1,00 - 1,25	p/kgs.		
					(\$USA 0,22-0,23 p/kgs.)

Como se habla visto en el capítulo anterior, los ensayos iniciales realizados con la planta tenían que incluir necesariamente el entrenamiento del personal tanto profesional, como sub-profesional.

El equipo de trabajo, consistiendo en un Ingeniero Sanitario con título de postgrado, un Ingeniero Civil o Sanitario en entrenamiento, un chofer de camión, uno o dos obreros contratados en sitio y un Ingeniero Químico a intervalos, realizó los ensayos necesarios por cada sitio en dos a cuatro días, excluyendo el tiempo requerido para el traslado de la planta. Esto representa un costo de Bs. 1.100,00 a 2.200,00 (\$USA 244,00 a 488,00), por cada fuente de abastecimiento ensayada. Este costo podrá ser reducido notablemente, una vez pasada la etapa de experimentación de la unidad y haber entrenado el personal de operación.

La verdadera utilidad económica de la planta móvil puede ilustrarse con un solo ejemplo: El Sistema Cúpira-Machurucuto - del Estado Miranda, tiene como fuente de abastecimiento de agua dos pozos, con contenido objetable de hierro y manganeso. De acuerdo con los análisis y ensayos de laboratorio, se especificó tratamiento completo de aireación, floculación, sedimentación y filtración. Los estudios preliminares fijaron el costo probable

de la construcción de la futura planta completa de Bs. 250.000,00 a Bs. 300.000,00 (\$USA 55.600,00 a 56.700,00). La cantidad probable de sustancias químicas era excesiva o sea la operación de la planta también iba a resultar sumamente costosa.

Los ensayos realizados con la planta experimental móvil permitieron prescindir de la planta convencional completa indicada por los ensayos de laboratorio y diseñar un tratamiento en base de filtración a través de zeolitas (véase descripción en el capítulo anterior). El costo resultante de la nueva planta se estima de Bs. 30.000,00 a 100.000,00 (\$USA 17.000,00 a 22.200,00). En consecuencia, en este solo caso se economizaron de Bs. 100.000,00 a 200.000,00 (\$USA 22.200,00 a 44.400,00), o sea de 5 a 6 veces la inversión total realizada en la construcción de la planta experimental móvil.

En esta forma puede afirmarse que el esfuerzo realizado para el diseño y construcción de unidades experimentales móviles de este tipo, en cualquier programa de construcción de plantas de tratamiento, representa una de las inversiones más productivas.

## RECONOCIMIENTOS

=====

Los autores del presente trabajo quieren dejar constancia de los méritos del personal técnico del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, cuya labor de grupo hizo posible el llevar la idea del modelo hidráulico móvil de la planta de tratamiento, a la realidad práctica.

Colaboró de manera especial el Ingeniero Tomás Perrolo de la Sección de Proyectos de la División de Acueductos Rurales en el desarrollo del proyecto y durante la fase inicial de la construcción. Su ausencia para atender estudios de post grado en Ingeniería Sanitaria y Salud Pública, le impidió ver coronados sus esfuerzos iniciales.

El personal del Taller Central de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental, hizo posible la realización de los trabajos de mecánica a un costo relativamente bajo, dada la complejidad del conjunto y los cambios menores, pero numerosos, que debieron introducirse en el proyecto durante la etapa de construcción. La falta de experiencia previa en esta clase de estructuras y la necesidad de asimilar los detalles de construcción a los métodos y facilidades de trabajo disponibles en el taller, requirieron el empleo continuo del máximo ingenio tanto por parte del personal del Taller como de los autores de la planta.

Durante los ensayos iniciales del funcionamiento de la planta ha colaborado el Ingeniero Químico Leopold Blumenkranz y el Hidrometeorólogo Paul Blejman. Los análisis de campo han sido confirmados en los Laboratorios de Agua de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental y del Instituto Nacional de Obras Sanitarias.

La Sala de Dibujo de la Sección de Proyectos se ha esmerado en elaborar los planos y detalles de construcción, así como también las ilustraciones dibujadas del presente trabajo. La reproducción del texto y dibujos correspondió a la Sala de Copias de la Sección de Proyectos. Las ilustraciones fotográficas fueron elaboradas en los Laboratorios de la Sección de Control y Asistencia Técnica y fueron reproducidas en talleres comerciales de imprenta. La Ingeniero Mireya Sanabria, de la Sección de Proyectos tuvo la gentileza de revisar la redacción del texto.

A la fecha de construcción y experimentación inicial de la planta, los autores ocuparon las posiciones de Ingeniero Jefe de la Sección de Proyectos e Ingeniero Jefe del Servicio de Estudios Especiales de dicha Sección, División de Acueductos Rurales, Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental, Ministerio de Sanidad y Asistencia Social de Venezuela.