

Abastos modernos de Agua Potable para ciudades

POR

R. HIDALGO PAZMIÑO

INGENIERO CIVIL

Socio del Instituto Estructural de Ingenieros de Londres;

.. de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles;

.. del Instituto Americano de Hormigón Armado;

.. de la Sociedad Ecuatoriana de Ingenieros y Arquitectos.

(Conferencia presentada en la Universidad de Guayaquil,
Abril 1934).

Señor Rector, señores profesores, caballeros:

Por haberme designado el Consejo Universitario para que sustente una conferencia técnica en el acto solemne de la inauguración de los cursos del presente año lectivo, cúmpleme la honra y satisfacción de modestamente someter a vuestro ilustrado criterio un estudio, basado en la experiencia y práctica profesional, el cual creo de importancia única para el pueblo ecuatoriano, que carece de abastos de agua potable en sus ciudades en grado sorprendente.

Agua, señores, agua, aquel elemento indispensable para la existencia del ser humano, que a través de los tiempos y a pesar de las grandes evoluciones de la ciencia que todo lo cambia, que todo lo transforma, aún se mantiene inalterable e irremplazable. Sin ella no hay progreso, sin ella no hay civilización, sin ella no hay, ni puede ser la vida misma.

Su utilidad general es tan trascendental en todas las actividades del hombre, que al cómputo total del consumo diario por persona se le considera ahora como el índice de educación y cultura de un pueblo, lo cual es comprensible si se recuerda la variedad de sus usos domésticos e industriales. Como testimonio de esta consideración enumero a Londres, Paris, Berlin, Nueva York, Buenos Aires, Santiago de Chile, etc., conglomerados de

seres humanos que llamamos ciudadanos, donde el consumo de agua por persona ha incrementado, conforme se ha popularizado el uso de servicios sanitarios, baños en las casas y su empleo en la limpieza general y confort de la ciudad. Aseo es higiene, aseo es educación y cultura, y aún más diré, que aseo es un factor principal que contribuye a la relativa tranquilidad y felicidad que goza el hombre en este nuestro mundo.

¿Cómo puede haber tranquilidad y felicidad en el lugar donde abundan las enfermedades? ¿Cómo puede haber salud y bienestar donde continuamente se introduce en el organismo gérmenes patógenos, dañinos y malsanos, propagadores del dolor?

Señores, el agua es el transportador más activo de las dolencias del hombre; es el vehículo propicio para transmitir el cólera, la fiebre tifoidea, la disentería bacilar y amebica, y varias otras intestinales causadas por la contaminación del agua por personas que adolecen de tales enfermedades.

La fiebre tifoidea común en nuestra República, es un mal endémico formidable que diezma los habitantes de ciudades donde existen abastos de agua que no han sido purificados, lo que constituye una pérdida considerable para la Nación económicamente hablando. A este respecto voy a citar un párrafo de una carta que dirigí de Panamá, con fecha Julio 28 de 1900, al Excelentísimo Presidente del Ecuador, entonces el señor doctor Isidro Ayora, en la cual trato de las defunciones motivadas por la fiebre tifoidea en Quito:

"A un ciudadano por lo general se le considera con un valor de 5,000 dolares para la Nación, y si esta cifra calculada por hombres eminentes en el mundo sanitario, tiene algún valor intrínseco, es fácil calcular las pérdidas que cada ciudad ocasiona a la Nación debido a su proporción anual de mortalidad. Se declara que las infecciones causadas directamente por aguas contaminadas afectan en países europeos de 4 a 5 personas por cada 100,000 habitantes; en Estados Unidos de Norte América, es de 15 a 16 personas por cada 100,000 habitantes. La instalación de plantas de purificación de agua está probado que trae consigo un promedio de reducción de 75% de enfermedades. C. A. Johnson en su folleto sobre "La Purificación de Abastos de Agua", nos revela que el censo de los Estados Unidos de Norte América del año de 1900 arrojó 35,000 defunciones causadas por fiebre tifoidea; el 75% de esta cifra nos da 26,250 personas salvadas de la muerte con un servicio de agua potable.

Bajo la avaluación anterior por ciudadano, tenemos que, la Nación hubiera ahorrado 131,250,000 dólares. También es conocido que la proporción de defunciones con relación a los casos de fiebre tifoidea es de 10 enfermos por cada defunción, lo que quiere decir que, en este ejemplo, hubo 262,500 enfermos. Este mismo autor dice que, la convalecencia cuesta, como término medio, 300 dólares por paciente, dándonos entonces un monto total de 78,750,000 dólares más, que se han disipado de la riqueza nacional, constituyendo una pérdida total de 210,000,000 de dólares.

Aplicando este mismo razonamiento para la ciudad de Quito que tiene 120,000 habitantes, supongamos 20 defunciones anuales por cada 100,000 habitantes o sean 24 en toda la población.

Antes de seguir adelante en mis cálculos, aclararé que considero que un ecuatoriano vale tanto para el Ecuador, como un americano para los Estados Unidos, de lo que se deduce que un ecuatoriano vale 25,000 sucres para nuestra Nación. El término medio del costo de convalecencia en nuestro país, evidentemente, que es menor que en los Estados Unidos y por lo tanto—no teniendo estadística al respecto—asumo que asciende a 500,00 sucres por enfermo.

Entonces tenemos que Quito pierde anualmente un valor de 25,000..x 20.....	600,000 sucres
Casos de enfermedad 24 x 10 = 240	
Gastos de convalecencia 500,00 x 240.....	120,000 ..
	<hr/>
	720,000 ..

Esto es tomando en cuenta solo una enfermedad de origen hídrico, la fiebre tifoidea; más, es necesario recordar que por cada caso de fiebre tifoidea salvado de la muerte con la purificación del agua, también se han salvado de 3 a 6 vidas por otras causas generales, mejorando la salud de todos los habitantes, con la instalación de abastos de agua potable que eliminan gérmenes dañinos para el organismo humano.

No deseo extenderme acerca de la influencia que tienen suministros de agua pura sobre el progreso, adelanto y salud de un pueblo; pues, es cosa tan evidente que no necesita demostración; además no es ese el fin de este estudio, que trata de los principales puntos de los cuales un ingeniero especialista en abastos modernos de agua potable debe considerarlos cuidadosamente. Entonces, permitidme que ahora entre definitivamente en materia.

Como en todas las cosas de la vida, el método de procedimiento siempre se constituye en palanca poderosa para un éxito determinado; en el asunto de abastos de agua hay que seguir cierto orden de estudios y trabajos consecutivos, los cuales los enumero como a mi me parecen lógicos

Población,
Consumo,
Fuente de Aprovisionamiento,
Ruta de transporte,
Planta de Purificación,
Sistema de Distribución.

POBLACION.—Es muy conocido que, en tratándose de estadística, los países sur americanos dejan mucho que desear los que la tienen, valiéndose de pretextos erróneos de la economía, sin tomar en cuenta que una estadística bien arreglada es un baluarte de gran utilidad económica para una Nación; así, por ejemplo, cuando se necesita la cantidad de habitantes de una ciudad para calcular la capacidad de su abasto de agua potable, una mala suposición basada en hipótesis indefinidas puede traer serias consecuencias económicas desfavorables para el propietario del acueducto. Los censos tal vez, en ninguna parte del mundo indican la población exacta de un pueblo, pero parece que los de países sur americanos pecan por demasiados defectuosos. Así, a este nuestro puerto de Guayaquil le atribuyen con una cantidad que fluctúa entre 100,000 y 150,000 habitantes, variante muy amplia para poder determinar adecuadamente la capacidad económica de su abasto.

Si se supone que este puerto tenía 100,000 habitantes en el año que se proyectó la Planta de Purificación de Lolita, ésta debía haberse diseñado con una capacidad de 20,000,000 de litros diarios de agua, tomando en cuenta las extensiones futuras. En este cálculo considero el consumo diario de agua por persona en 200 litros.

Si por el contrario se supuso la cantidad de 150,000 habitantes, la capacidad de la Planta de Purificación de Lolita entonces debía haber sido de 30,000,000 de litros diarios de agua, considerando extensiones futuras y con el mismo consumo diario por persona.

La diferencia entre las dos suposiciones es de 10,000,000 de litros diarios de agua, lo cual puede hacer que la Planta de Purificación de Lolita no sea económicamente construída con respecto a su costo inicial, mantención y operación.

El ejemplo indicado manifestará que la población actual de una ciudad es un factor importante tratándose de abastecimientos de agua potable, ya que en aquella y en la de años pasados se funda la capacidad del proyecto, el que está íntimamente relacionado con el presupuesto total de la obra. Teniendo datos sobre los habitantes de una ciudad y su incremento anual pasado, es posible predecir con bastante aproximación la extensión y distribución del crecimiento futuro de una población durante los próximos 20 o 25 años para los cuales debe servir el acueducto.

El tiempo que debe durar un acueducto, desde el día de su instalación, sin que haya necesidad de extensiones, es otro asunto que afecta al presupuesto de la obra; pues, no me parece justo que la generación presente haga todos los gastos que demanda un proyecto de esta naturaleza; creo que los desembolsos deben ser proporcionados, distribuyendo el costo de un acueducto entre los consumidores de agua presentes y los venideros.

CONSUMO DIARIO POR PERSONA.—A este punto de la proporción del consumo diario de agua por persona se le ha estudiado intensamente y sin embargo es difícil sentar una regla general que abarque las diferentes costumbres de todos los pueblos. En la selección de una razón adecuada para un proyecto es necesario tomar en cuenta las características y normas de los habitantes, las industrias, las restricciones que se impondrán sobre despilfarros; el método de distribución del agua, la capacidad de la fuente abastecedora, etc. Además de esto, siempre es bueno aprovecharse de las informaciones que publican otras comunidades del mundo respecto a la cantidad de agua diaria que proveen por persona; estas pueden ayudar a la conclusión de que tal o cual proporción corresponde a las exigencias actuales de un pueblo, y al mismo tiempo, cubrir razonablemente los adelantos del mañana; pero no porque una ciudad en Europa batalla con 100 litros de agua por persona, nosotros también los ecuatorianos, debemos imponernos esa norma sin estudiar nuestras necesidades verdaderas.

En las ciudades de los Estados Unidos de Norte América y del Canadá el consumo diario por persona fluctúa entre 144 y 435 litros, con un término medio de 284 litros. En los países europeos el consumo diario por persona es mucho menor y así en 17 ciudades de Inglaterra, Alemania y Francia el término medio asciende a 140 litros. Solamente en Inglaterra y Escocia la proporción del consumo diario por persona, tomando en cuenta 31 ciudades, oscila entre 72 y 371 litros. Los países sur ame-

ricanos parece que tienden a calcular sus acueductos tomando 200 litros diarios por persona. Caracas, ciudad de 150,000 habitantes, proyectó su abastecimiento de agua potable tomando como norma diaria por persona 200 litros. La ciudad de Maracay, Venezuela, que solo tiene 6,787 habitantes, calculó su aprovisionamiento para 10,000 habitantes y a razón de 150 litros. Otra ciudad venezolana, Maracaibo, de 100,000 habitantes tiene un acueducto proyectado a razón de 173 litros diarios por persona; más, cuando ésta llegue a un número de 150,000 habitantes se dice que proveerá agua a razón de 230 litros diarios por persona. La capital del Perú, Lima, en 1916 suministraba agua diariamente a razón de 216 litros por persona. Rio de Janeiro y San Pablo, proveen a razón de 227 y 238 respectivamente. Las ciudades colombianas de Cali, Cartagena, Cúcuta y Medellín se han proyectado para suministrar 250 litros diarios por persona.

Basado en los datos anteriores respecto a población, consumo diario de agua por persona y el Informe de Mr. Heal, entonces Superintendente de la J. G. White & Co. Ltd., fechado en ésta el 15 de Agosto de 1930, vuelvo a tomar como ilustración el abasto de agua de esta ciudad para indicar la importancia económica que tienen los puntos en mención.

El Informe de Mr. Heal dice que la capacidad proyectada de la Planta de Purificación de Lolita es de 20,000,000 de litros diarios, de donde dedusco el siguiente cuadro que nos manifiesta que la Planta fué diseñada para

80,000 habitantes, si se supone el consumo de 250 l. d. p. psna.	
100,000	200
111,112	180
133,334	150

En la página 8 de este mismo informe, el Superintendente indica que a Guayaquil está llegando 23,000,000 de litros de agua, lo cual quiere decir, que los filtros entonces trabajaban a una proporción más elevada que la normal.

Ahora el mismo Informe dice: "El consumo aproximado es de 17'000,000 de litros y quedan 5'000,000 de litros para uso de las piscinas, con un pequeño sobrante que se rebosa al río".

La capacidad de la Planta de Purificación de Lolita es de 20'000,000 cuando la filtración es normal y por lo tanto solo quedaría 3'000,000 de litros de agua, los cuales podrían utilizarse como reserva para satisfacer el incremento del uso del agua y

el aumento de población futura después de la fecha en que se diseñó la Planta.

Solo tomando el consumo diario por persona de 150 litros, el cual considero bajo para Guayaquil, tenemos que la reserva es válida para

$$\frac{3'000,090}{150} = 20,000 \text{ personas}$$

Si consideramos que, cuando fué diseñada la Planta de Purificación de Lolita, Guayaquil tenía 133.334 habitantes, y que desde entonces su incremento anual sólo ha sido del 2% de su población, tenemos que la reserva durará para

$$\frac{20,000}{2667} = 7.5 \text{ años (aproximadamente).}$$

Esto implica que las extensiones de la Planta de Lolita deben hacerse después de SIETE AÑOS Y MEDIO de la fecha en que se proyectó la Planta, lo cual, en mi humilde parecer, creo que es un tiempo demasiado corto. Una Planta de purificación debe servir por lo menos para DIEZ años antes de que sea necesario construir extensiones de cualquier naturaleza.

FUENTE DE APROVISIONAMIENTO.

De la selección de una buena fuente de aprovisionamiento de agua depende en gran parte el costo de su purificación, desde luego que ciertas clases de agua requieren más procedimientos que otras. La tendencia del que diseña o proyecta un abasto de agua para una ciudad debe ser la de elegir una fuente que esté lo más cerca posible a la ciudad para evitar el costoso expendio de su transporte, por supuesto, siempre que ésta' esté libre de la polución que ofrecen los centros de población; su caudal debe ser adecuado para abastecer a la población actual de la ciudad en todas las épocas del año, además de permitir un margen amplio para el desarrollo y engrandecimiento futuro del abasto; física y químicamente hablando debe ser la más clara, transparente, sin sabores ni olores desagradables, suave y fácil de producir vapor cuando se la hierve; debe contener la menor cantidad posible de bacteria dañina al organismo humano. La ubicación de la fuente debe ser tal que evite, si es posible, el bombeo del agua a la planta de purificación, salvándose de esta manera la instalación y mantención de una planta de bombeo en su punto de origen. Naturalmente, casi nunca se encuentra en la práctica una fuente que llene todos estos requisitos al mismo tiempo y por lo tanto es necesario emplear ex-

peritos en el asunto de agua potable, para que estos con su experiencia midan cual de estos puntos tienen mayor peso en la selección y economía de la obra y recomienden la fuente más adecuada para el desarrollo de un abastecimiento de agua pura.

Entre las cualidades físicas y químicas enumero la suavidad o dureza del agua como un requisito de su potabilidad para abastos de ciudades y sería interesante mencionar aquí el efecto que ésta tiene en la vida del hombre.

La dureza del agua casi exclusivamente se debe a la presencia de sales de calcio y magnesio que las asimila de las rocas y del suelo. Las durezas son temporales y permanentes, las cuales se clasifican así:

		TEMPORAL	
DUREZA	Alcalinidad	Bicarbonatos de	Calcio (Ca) Magnesio (Mg) Hierro (Fe)
		Carbonatos e hidratos de	Calcio (Ca) Magnesio (Mg)
	PERMANENTE		
	Incrustantes	Sulfatos Cloruros Nitratos de Silicatos	Calcio (Ca) Magnesio (Mg) Calcio (Ca) Magnesio (Mg)
Acidez mineral	Acido Sulfúrico Sulfato de	Hierro (Fe) Alumbre (Al)	

La dureza temporal es la que se deriva de los bicarbonatos, que al hervir se precipitan por la evaporación de anhídrido carbónico libre y forman un asentado blanco o plumizo en el fondo del receptáculo en que se hace hervir el agua. La permanente se debe a la presencia de los sulfatos, cloruros y silicatos de calcio y magnesio.

Por lo general los habitantes de una ciudad califican el agua de dura o de suave por su acción sobre el jabón al lavarse las manos. Si después de jabonarse bien las manos se introducen en el agua y el jabón desaparece completamente en vez de permanecer sobre las manos en forma de capa suave, y hubiere

necesidad de varias jabonadas antes de que queden las manos completamente limpias, el agua se califica de dura. El agua adquiere un aspecto pegajoso, y sobre la superficie se observa una nata como de grasa, la cual, al vaciarse el agua, se pega a la vasija que se use. Esa nata y esos coágulos son causados por la combinación de los ácidos grasos del jabón con los bicarbonatos de calcio y magnesio que contiene el agua. Cuando se usa una agua suave, el jabón se divide en álcali libre y ácidos grasos que forman una emulsión y abundante espuma y permanecen en las manos hasta que disuelven la suciedad.

Para el lavado de ropas el empleo de aguas duras es inadecuado por cuanto gasta mayor cantidad de jabón que aumenta su costo. Además si el agua contiene hierro en combinación con el jabón dejará unas manchas amarillentas sobre la ropa.

En el arte culinario el uso de aguas gruesas o duras es inconveniente, ya que sobre la superficie de las carnes y verduras se forman depósitos de sales de cal, que endurezen los tejidos de los alimentos; además las verduras también cambian de color por la acción del carbonato de cal que las torna más oscuras. En la panificación también es malo su uso; con agua suave el pan es más esponjoso, claro y agradable.

En lo referente a la dureza del agua para abastecimientos de ciudades, estas se pueden clasificar de la manera siguiente:

Dureza de	25 partes o menos por millón.....	Agua Suave.
.. ..	50 a 100 partes por millón.....	Moderadamente suave o dura.
.. ..	100 a 200	Dura.
.. ..	200 a 300	Muy dura.
.. ..	300 partes o más	Extremadamente dura.

La cantidad de 100 partes por millón puede considerarse como el máximo de dureza permisible en un abasto público. Esta manera de indicar la dureza del agua en partes por millón es arbitraria y quiere decir que, cuando la dureza del agua es de 100, por cada metro cúbico hay 99 gramos de sales que causan su dureza.

TRANSPORTE DEL AGUA.

Evidentemente, la ruta que debe tomar el agua hasta llegar a su destino es la más corta, pero, desgraciadamente, este punto está íntimamente ligado a la topografía del terreno, la cual

no siempre ofrece la oportunidad de llevarla económicamente en línea recta, que sería la más corta entre dos puntos. Sólo tomando en cuenta la economía de la conducción del agua, muchas veces hay que optar un nivel constante del terreno, aunque su recorrido sea más largo, con el objeto de evitar cortes profundos en la tierra y la construcción de sifones, túneles o soportes del conducto. Por regla general, en un proyecto completo de abastecimiento de agua la partida más considerable del presupuesto total, es la que se refiere al transporte del agua desde el punto de origen hasta el consumidor; por eso se recomienda el estudio de diferentes rutas del conducto para poder llegar a una conclusión satisfactoria.

El agua para un abasto puede conducirse por medio de cecquias excavadas en el terreno, pero la pérdida del agua por coladura y evaporación es tan grande que no llega a su destino sino mas o menos la mitad de su volumen. Para evitar estas pérdidas y la polución del líquido en su trayecto, se usan canales cerrados de concreto y aún más comunmente tuberías de acero, hierro fundido, madera o cemento. La selección del tipo de conducto que se debe utilizar depende de muchos factores entre ellos uno de los principales es el asunto del desnivel, ya que en ciertos casos se avalúa muy altamente la pérdida de nivel en el trayecto del conducto.

METODOS DE PURIFICACION DEL AGUA.

Los métodos modernos de la purificación del agua han hecho grandes progresos en los últimos treinta años por medio de la química y mecanización del funcionamiento de cada una de las unidades de que se compone una planta de purificación. La química nos ha dado los coagulantes y los desinfectantes, que han revolucionado el diseño de las plantas de purificación; la mecánica, consecuente con la época de la velocidad en que vivimos, ha acelerado su producción tomando a su cargo la regularización de su funcionamiento y evitando así el factor humano de las equivocaciones.

La purificación del agua comprende:

- (1) Un tratamiento del agua antes de la filtración.
- (2) Filtración propiamente dicha.
- (3) Tratamiento después de la filtración.

TRATAMIENTO DEL AGUA ANTES DE LA FILTRACION.

Al primero se le puede llamar un procedimiento que tiene por objeto eliminar del agua la mayor parte de la materia en suspensión por medio de la sedimentación. Este proceso supone que el agua que se desea purificar es turbia y por lo tanto es necesario hacer un estudio de la clase de materia en suspensión tomando en cuenta su tamaño y la temperatura del ambiente. Si las partículas flotantes en el agua son bien pequeñas y el clima es frío, tomarán mucho tiempo en asentarse debido al grado de viscosidad del agua y la resistencia de fricción entre ellas mismas. El Ingeniero sanitario Allen Hazen dice que en cierta temperatura una partícula de 0.0001 de milímetros de diámetro se asentaría a razón de 45 centímetros por año. Desde el punto de vista de utilidad práctica la sedimentación entonces sería inservible. Para acelerar la velocidad de descenso de estas partículas, antes de la sedimentación se ha adoptado la introducción en el agua de un coagulante, el cual forma precipitados que les reúne a muchas de estas partículas y les arrastra consigo hacia el fondo del estanque con velocidad relativamente grande. El tamaño de estos precipitados—hidratos de aluminio—juntamente con la materia orgánica, lodo, bacteria, etc., es tal que fácilmente se les puede quitar del agua por medio de la sedimentación y filtración.

Los coagulantes más comunmente usados son los sulfatos de aluminio y hierro. Cuando se emplea el primero, éste es descompuesto por la alcalinidad del agua y se une para formar el hidrato de aluminio que son los precipitados insolubles que ya se mencionó con anterioridad.

El requisito indispensable para la buena coagulación es de que, el mezclado del coagulante con el agua se haga al principio rápidamente, agitándola y volteándola con frecuencia, para entonces gradualmente disminuir la energía del mezclado hasta que el agua entre en los estanques de sedimentación en la mayor quietud posible. Así se desarrolló una variedad de diseños de tanques de mezcla, los cuales están de acuerdo con la idea y experiencia del ingeniero sanitario especialista en la materia.

Voy a enumerarlos aquí aquellos que están en uso común en diferentes partes del mundo; para indicar sus características y ventajas particulares de cada uno de ellos.

(a) Tanques de mezcla mecánica.

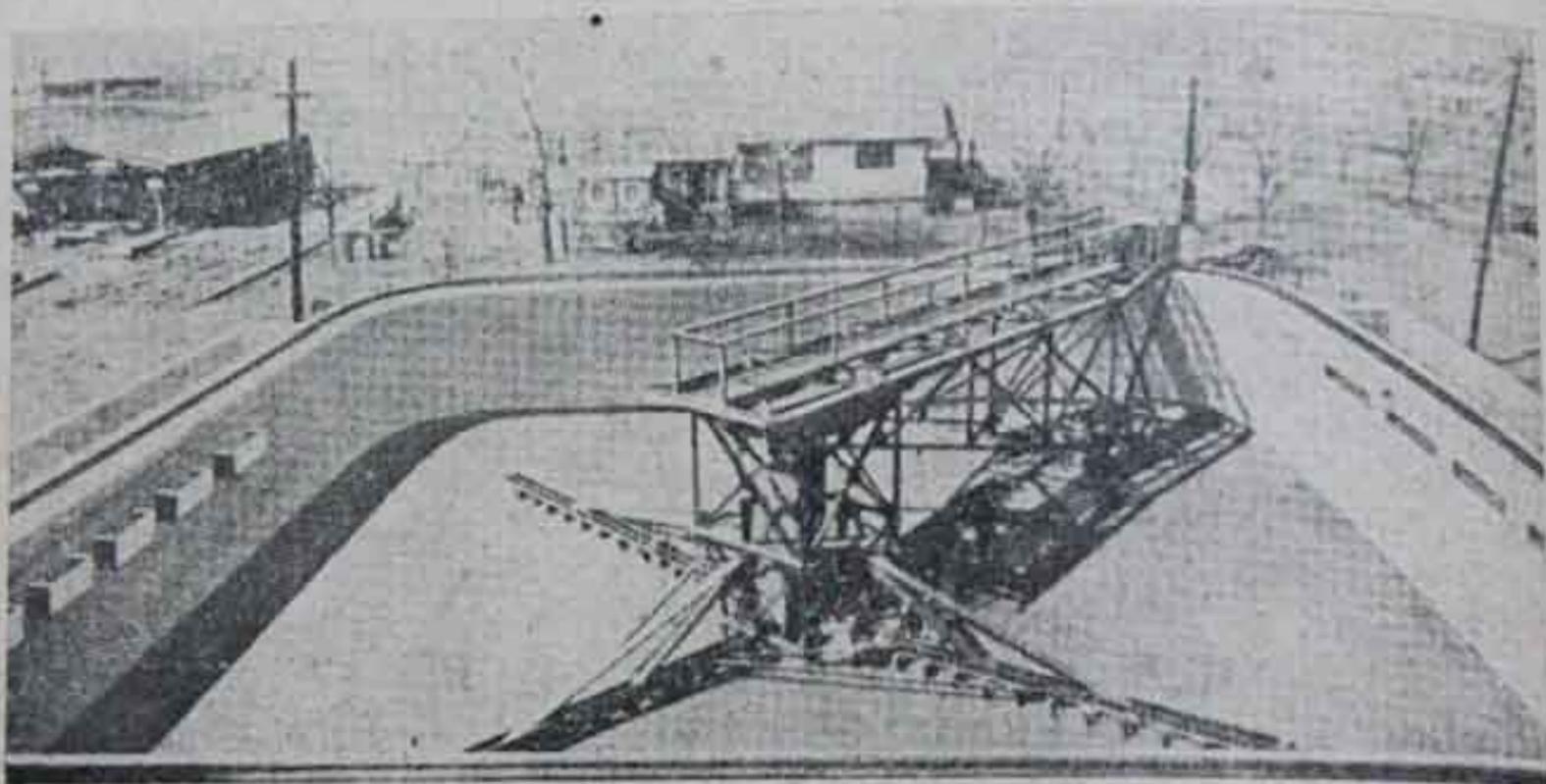
(b) Tanques de mezcla por medio de los cuales el agua corre por encima y debajo de una pared, formando un zig-zag vertical.

(c) Tanques de mezcla por medio de los cuales el agua corre de lado a lado del tanque, formando un zig-zag horizontal y saliendo en el extremo opuesto donde entra.

(d) Tanques circulares en los cuales el agua entra tangencialmente a su circunferencia, circula al rededor de éste formando un espiral que termina en su centro y sale ya mezclada con el coagulante.

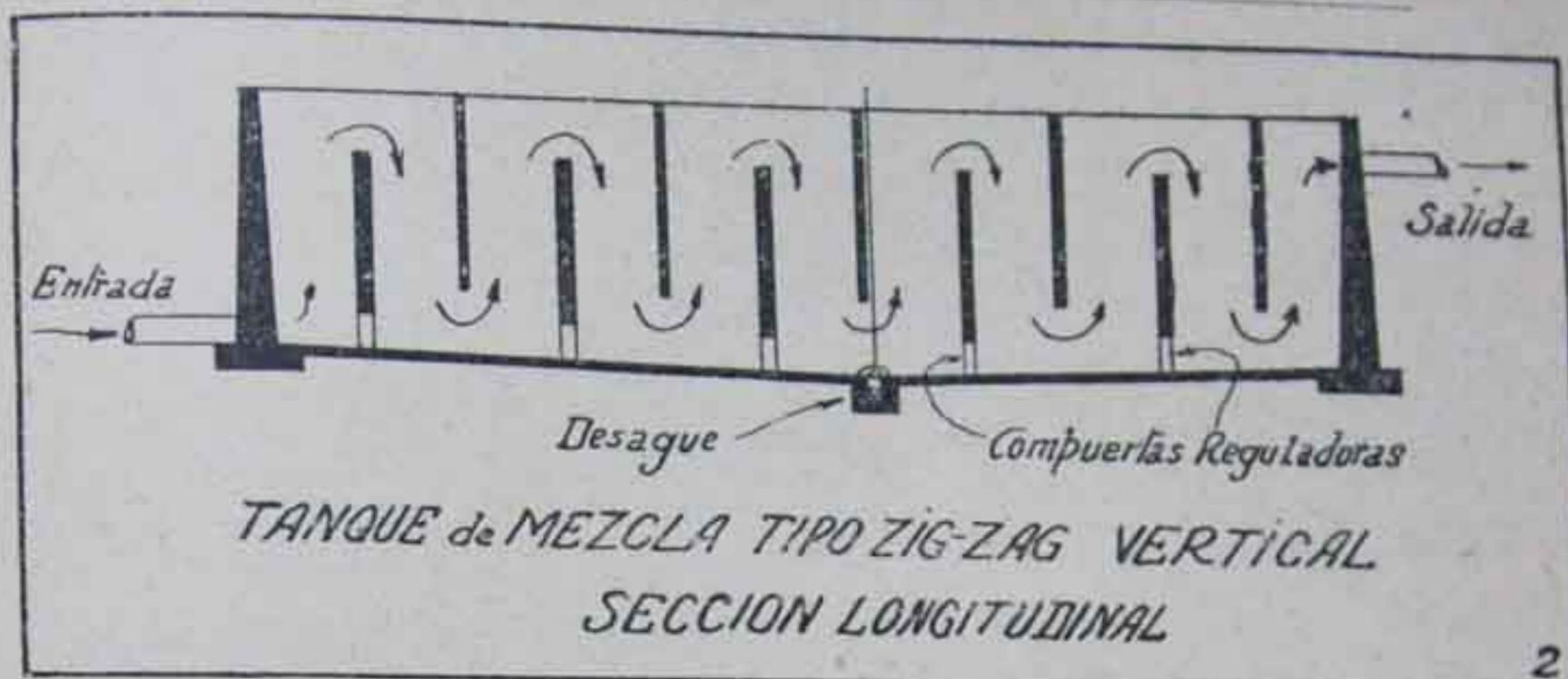
(e) Mezcla del coagulante por medio de saltos hidráulicos.

(f) " " " " " " " " agitadores de aire.

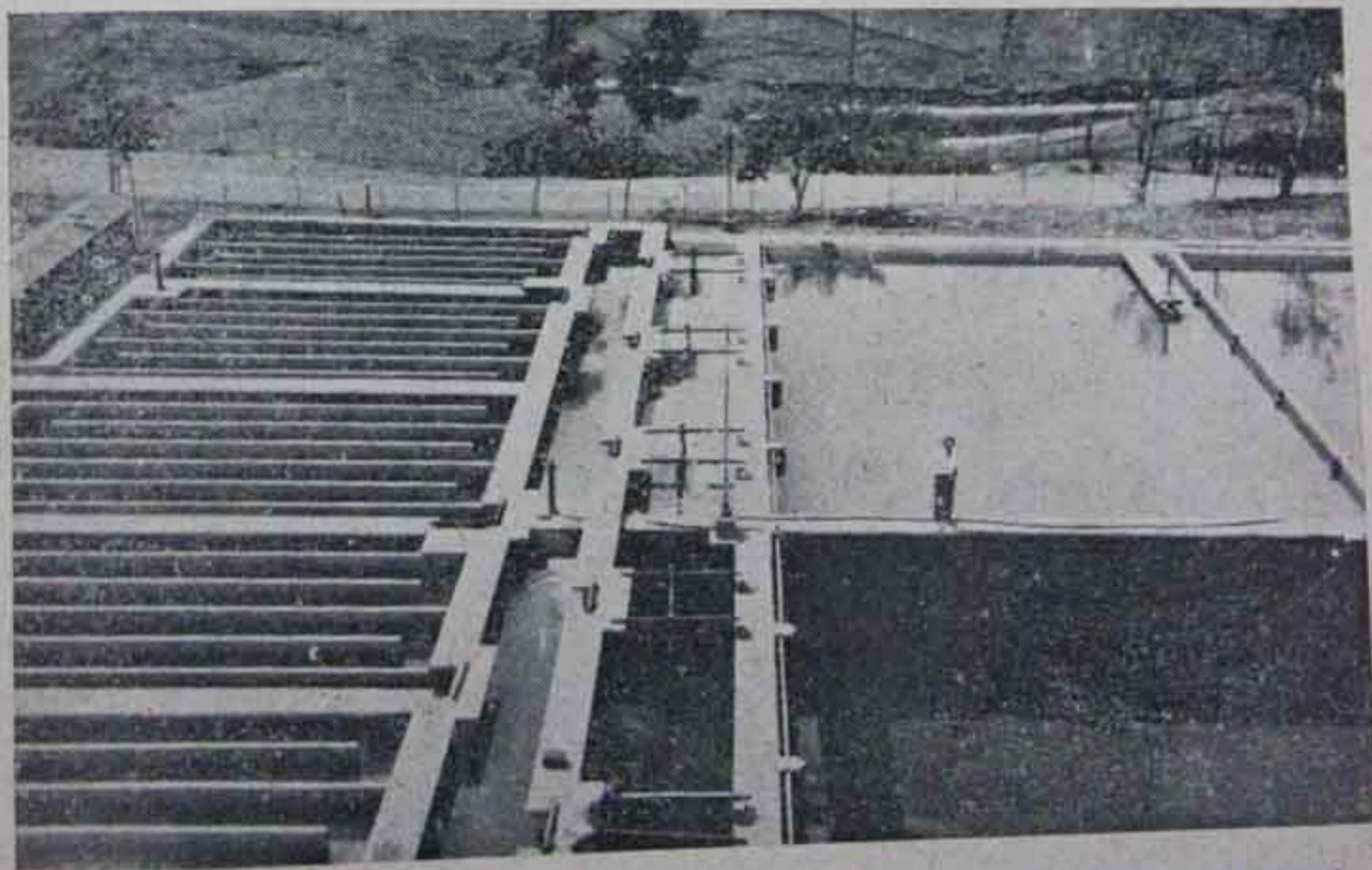


TANQUE DE MEZCLA MECANICA.

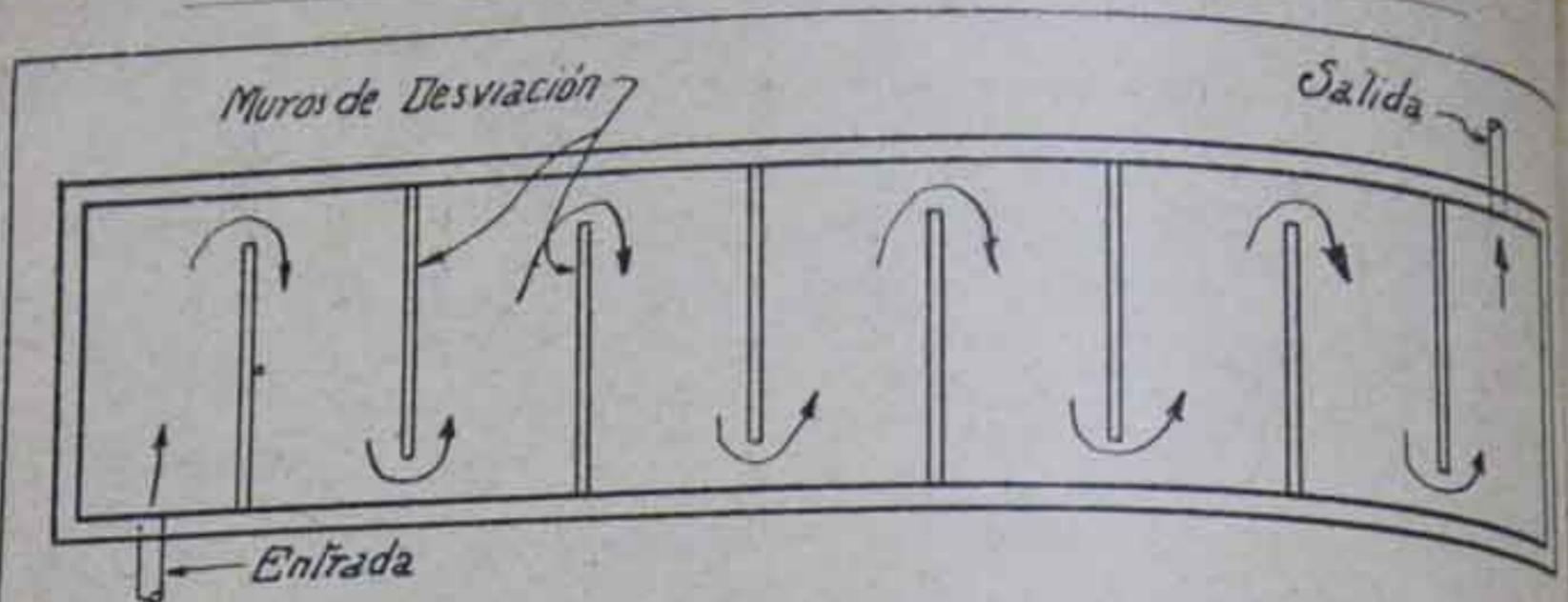
Los tanques de mezcla mecánica tienen la gran ventaja sobre los demás de que puede regularse la velocidad del agua variándose la velocidad del motor que impulsan las paletas. Además, con el uso de estos aparatos se reduce el volumen del lodo que tiene que conservarse en el tanque hasta el día de su lavado, ya que su extracción es continua. Reduciendo su volumen se reduce también su costo inicial. El funcionamiento de estos aparatos cuesta menos que limpiar los otros tipos de tanques, si se toma en consideración el valor del agua filtrada que se emplea en esa operación.



Los tanques de zig-zag vertical son menos usados que los del tipo horizontal, debido, principalmente, a la pérdida de carga o desnivel que ocurre en el paso del agua por esta clase de tanques; más, como consecuencia de la tendencia que existe en la práctica moderna de aumentar el tiempo del mezclado entre el agua y el coagulante, es probable que esta clase de tanques se popularizen más, en el futuro. Respecto a la profundidad de estos tanques la práctica ha demostrado de que, para que sean económicamente construidos, no deben pasar de 7.5 a 9 metros.



Cámara de mezcla del tipo horizontal; canal de distribución entre los tanques de mezcla y sedimentación. El del frente está fuera de comisión para lavárselo.



TANQUE de MEZCLA. TIPO ZIG-ZAG. HORIZONTAL
PLANTA

Los tanques del tipo zig-zag horizontal son los que hasta la presente se han utilizado más; así, el suscrito diseñó los tanques de la planta de purificación de las ciudades de Cali, Cartagena, Cúcuta y Buenaventura, en Colombia. Su diseño es bastante laborioso debido a que es necesario calcular, cuidadosamente, la velocidad del agua al rededor de cada muro de desviación; pero su construcción puede hacerse económicamente. En las plantas arriba mencionadas la velocidad del agua se fijó en 60 cm. por segundo, a pesar de que ciertos ingenieros sanitarios recomiendan que ésta sea de 40 cm. por segundo para aguas turbias y de 24 cm. para aguas claras. El autor opina de que estas velocidades sólo deben fijarse después de un conocimiento profundo de la clase de agua que se trata de purificar.

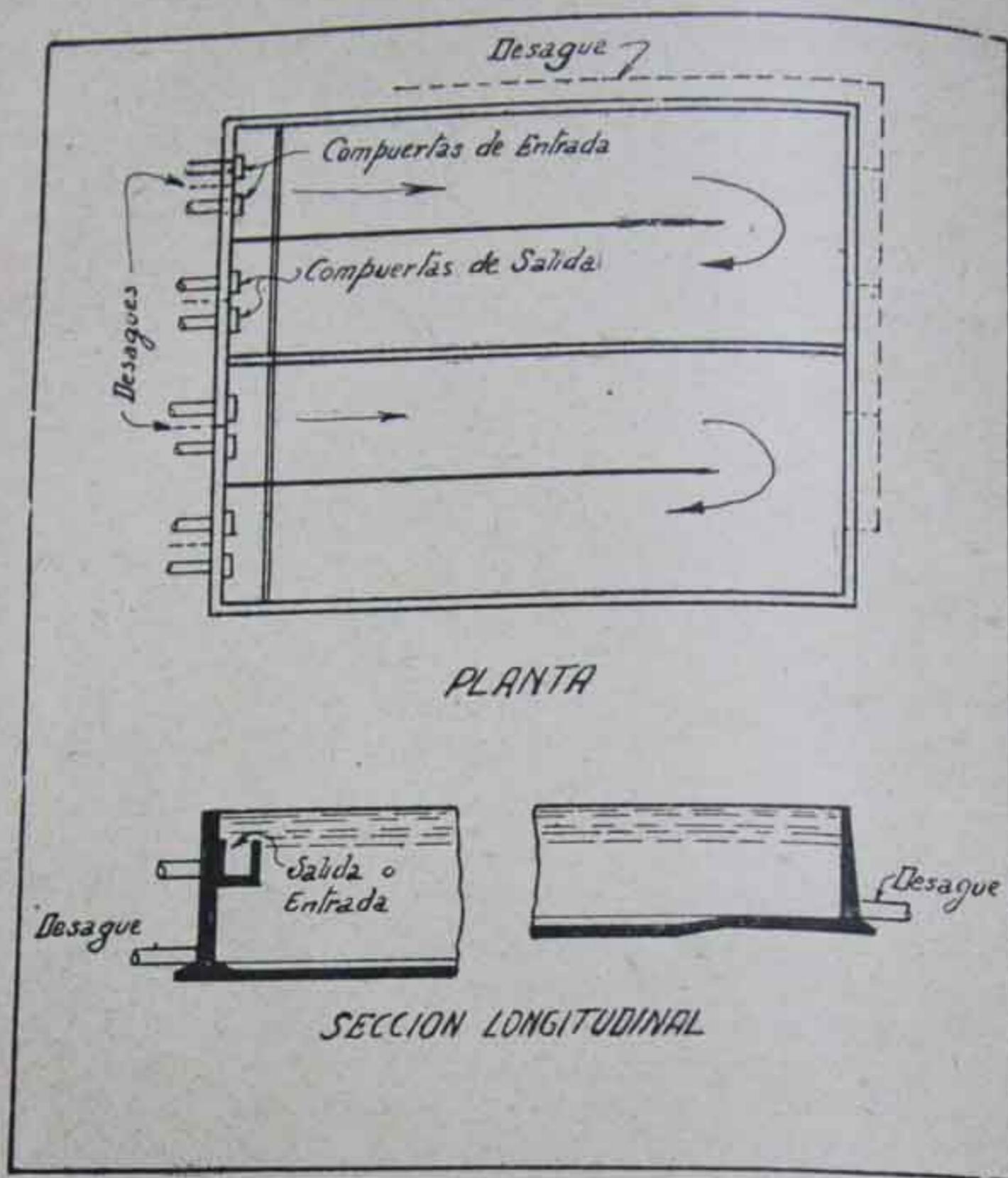


El tanque redondo de circulación espiral en el pasado ha sido muy poco usado, ni tampoco ofrece posibilidades para el futuro. Si por medio de un tubo o ranuras adecuadas se introduce agua tangencialmente en un tanque de sección circular, ésta correrá formando un espiral que terminará en su centro. Evidentemente que la velocidad del agua en su trayecto aumentará conforme se acerca a su punto de éxito y de una manera inversamente proporcional a la distancia de su eje, lo cual está en contraproducción con el requisito para la formación de un buen precipitado, que es el único objeto de los tanques de mezcla. La velocidad del agua en su trayectoria especial no debe ser mayor de 90 cm.

Respecto a la mezcla de coagulantes por medio de saltos hidráulicos y agitadores de aire, parece que no han tenido gran aceptación, el primero por ser un poco costosa la construcción inicial de la estructura necesaria, como también porque ocasiona la pérdida de carga o desnivel de por lo menos 30 cm. para obtener un buen precipitado; el segundo no ofrece ninguna ventaja con respecto a los otros métodos de mezcla que se han descrito anteriormente.

Tanques de Sedimentación.—Después de que el agua ha sido debidamente mezclada con el coagulante, es necesario asentarla en tanques especiales, donde la velocidad de su recorrido y turbulencia son pequeñas.

Hay dos clases de tanques de sedimentación, que se han caracterizado por su buen funcionamiento en la práctica. Estos son: uno que se denomina de vuelta horizontal, porque el agua entra y sale en el mismo lado del tanque después de haber dado una vuelta de 180 grados, y el otro de recorrido lineal, en el que el agua entra en un extremo del tanque y sale en el lado opuesto. Ambos son, igualmente, populares en el mundo sanitario y su selección sólo depende del mejor arreglo y acomodo al conjunto general de la planta de purificación.



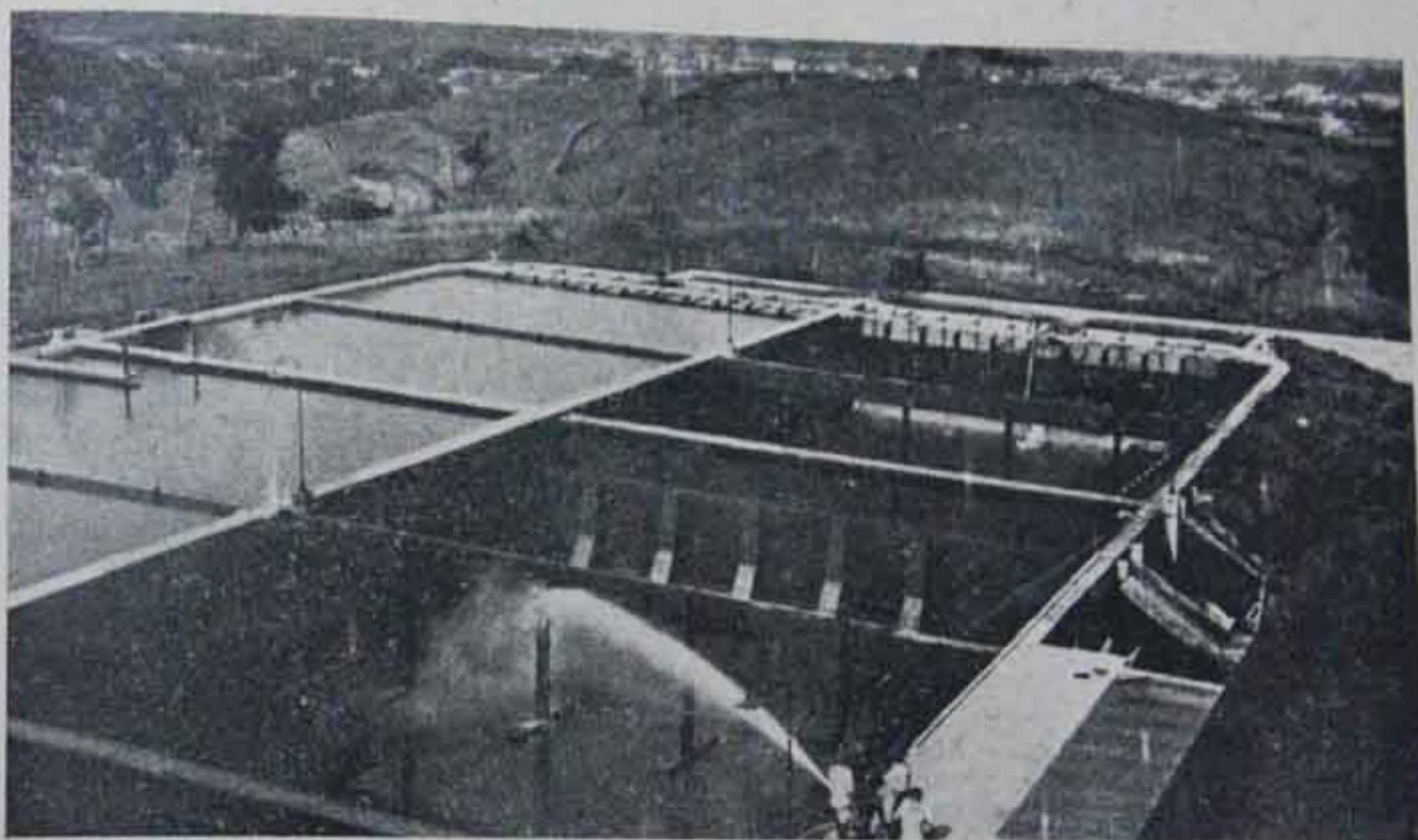
TANQUE DE SEDIMENTACION DE VUELTA HORIZONTAL.

Son de forma rectangular, el primero dividido en dos o más compartimentos según el volumen del agua que se desea asentar y el período de retención que necesita este proceso. La desviación se hace por medio de un muro delgado, construido de madera, ladrillo u hormigón armado, y el cual cambia 180 grados la dirección de su recorrido, como se indicó anteriormente; en el segundo el agua corre en masa en el mismo sentido, desviándose verticalmente por medio de muros de desviación y obstrucción.

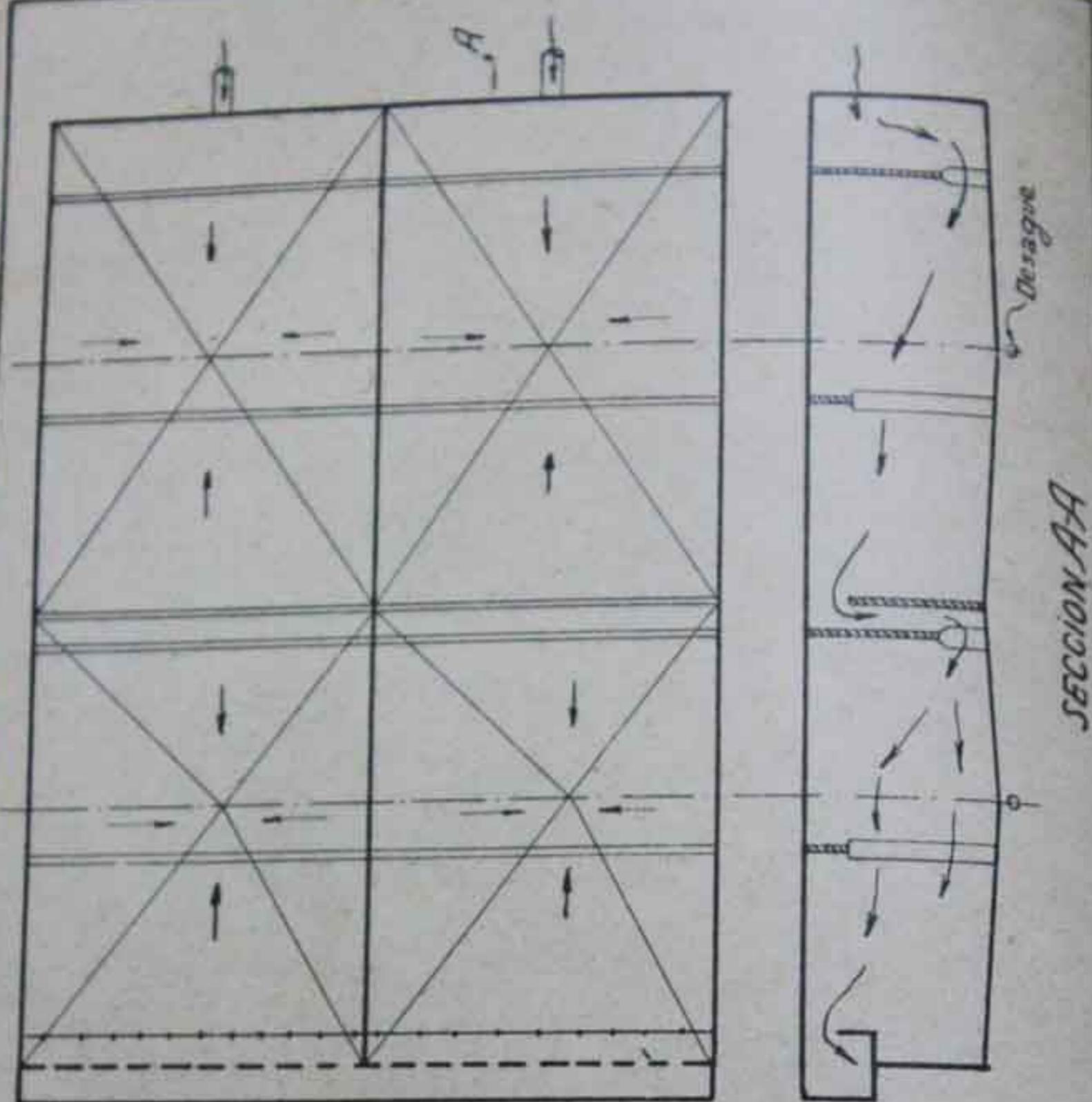
El suscrito ha tenido la oportunidad de diseñar los tanques de sedimentación para los proyectos de las plantas de purifica-

ción de las ciudades de Cartagena, Cúcuta y Colombia, los cuales han sido aprobados por sus respectivos municipios. Como constituyen un ejemplo típico de los segundos, describimos brevemente a continuación.

Esta unidad para las plantas mencionadas arriba consiste de dos tanques de sedimentación colocados paralelamente uno al lado del otro, teniendo un muro central común entre los dos. Cada uno tiene 34.48 m. de largo, 12.25 m. de ancho y 3.35 m. de profundidad en la parte que el piso une a la pared.



La operación de lavar los estanques de sedimentación, con su duplicado en servicio. El agua está descargándose contra el "muro-rompe-olas"; al otro lado de éste se ve el "muro de obstrucción", sobre el cual el agua tiene que pasar antes de llegar a la otra sección del estanque. Después se ve el "muro de deflección", al cual le da el agua un movimiento hacia abajo.



TANQUES de SEDIMENTACION
(CALI, CARTAGENA, CUCUTA Y BUENAVENTURA)

El agua entra primero a un caño de distribución, donde como su nombre lo indica distribuye el agua a lo ancho del tanque de sedimentación. Entonces el agua choca con un muro de desviación, que impulsa el agua hacia abajo con el objeto de que las partículas pesadas en suspensión se asienten en su piso. Este muro está construido de tablonces de madera, sostenido entre pilares de hormigón armado, lo cual permite variar la apertura inferior por donde pasa el agua. De ahí ésta corre en masa, lentamente hacia el muro de obstrucción, el

cual lo pasa por encima con una velocidad de 60 cm. por minuto cuando su nivel es normal y con una velocidad de 90 cm. cuando su nivel es mínimo. Entonces el agua vuelve a desviarse por medio de otro muro de desviación, que tiene el mismo objeto que el anterior y de ahí sigue a derramarse, al otro extremo del tanque por encima de un vertedero de desviación. Este tiene por objeto recoger el agua de la superficie del tanque de sedimentación para entonces conducírsela a los filtros. La velocidad con que se derrama el agua por encima del vertedero es de 1.7 m. por minuto cuando el nivel del agua en el tanque es normal y de 6.45 m. por minuto cuando el nivel del agua es mínimo. Entre el primer muro de desviación y el de obstrucción hay otro llamado rompe olas que sirve para impedir la formación de olas en el agua, lo cual retardaría la decantación de la materia en suspensión. Entre el muro de obstrucción y el vertedero hay otro rompe olas con el mismo objeto. Haré notar que tanto en los muros como en la tubería y desagües se han hecho provisiones especiales para el buen empalme de extensiones futuras, las cuales se construirán cuando el incremento de población lo exija.

FILTRACION PROPIAMENTE DICHA.

La filtración propiamente dicha es el proceso principal de un tratamiento completo para la purificación de agua para ciudades, ya que en ella se termina la eliminación de la materia en suspensión y en solución en el agua que se principió en los tanques de sedimentación.

Dada la importancia que tiene esta unidad en un abasto de agua potable, los ingenieros sanitarios han desarrollado varios tipos de filtros, los cuales voy a describirlos aquí, indicando su uso especial para ciertas clases de aguas y las ventajas comparativas que cada uno tiene con respecto a los otros.

Hay tres clases de filtros:

- (a) Lentos.
- (b) Rápidos.
- (c) De presión.

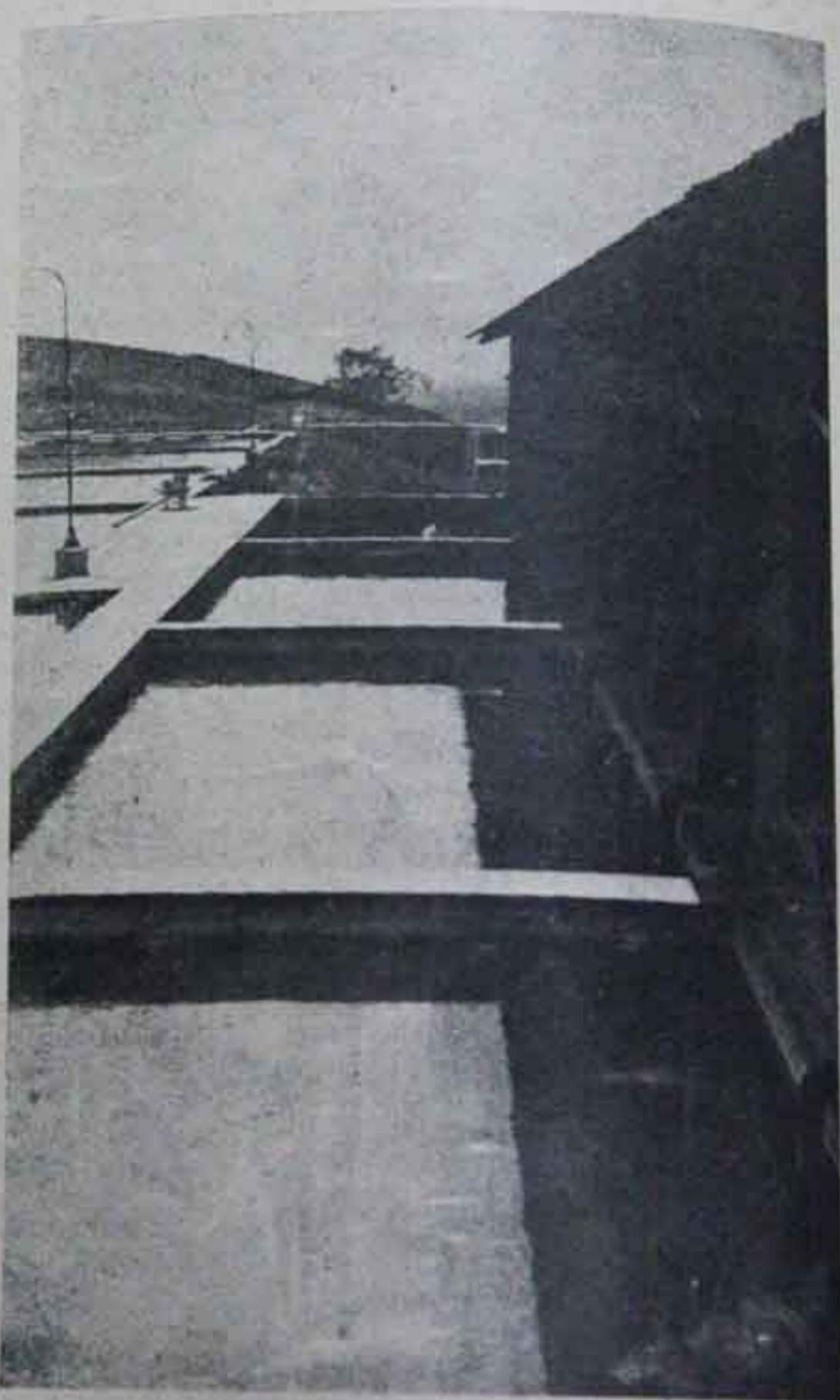
Los filtros del tipo lento se usan por lo general para la filtración de aguas claras y transparentes, que no necesitan el uso de coagulantes y de sedimentación antes de ser filtradas. Cuando se quiere utilizarlos para aguas turbias y coloradas, es preciso usar un coagulante químico que la clarifique en parte antes de pasarla por los filtros. Este último se llama el sistema inglés modificado, el cual es más difícil de operarlo y más costoso de mantenerlo.

En esta clase de filtros la materia en suspensión se deposita en la superficie de la arena y además se forma una especie de gelatina proveniente de bacteria, la cual envuelve a los granos de arena de 1. a 2.5 cm. de profundidad de la capa filtrante. El 85 a 90% de la materia en suspensión queda presa en esta

capa y después se profundiza en la arena donde se efectúa su oxidación convirtiéndose en nitratos. Para llevar acabo esta oxidación se necesita tiempo, de donde han derivado su nombre de lentos estos filtros.

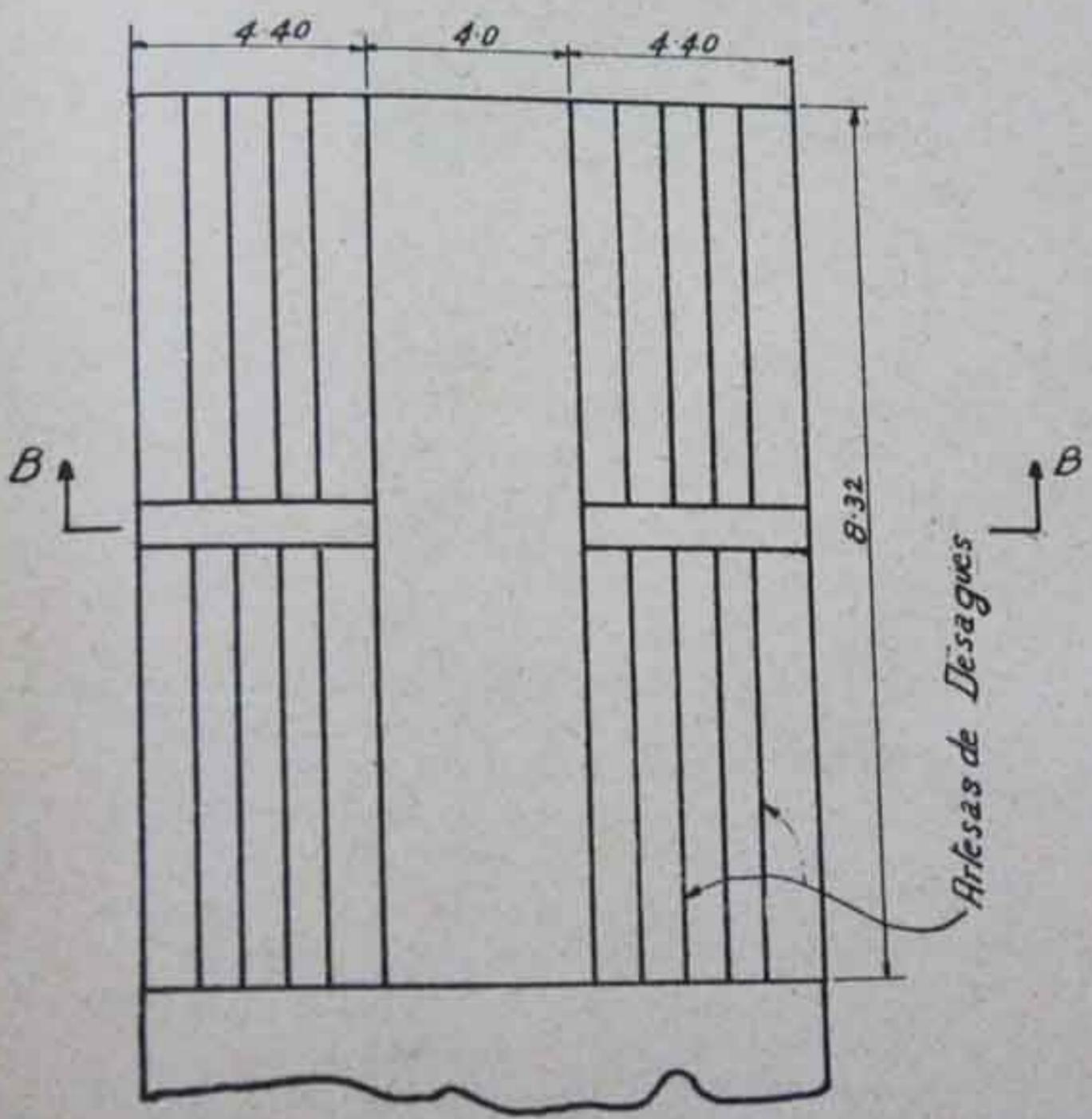
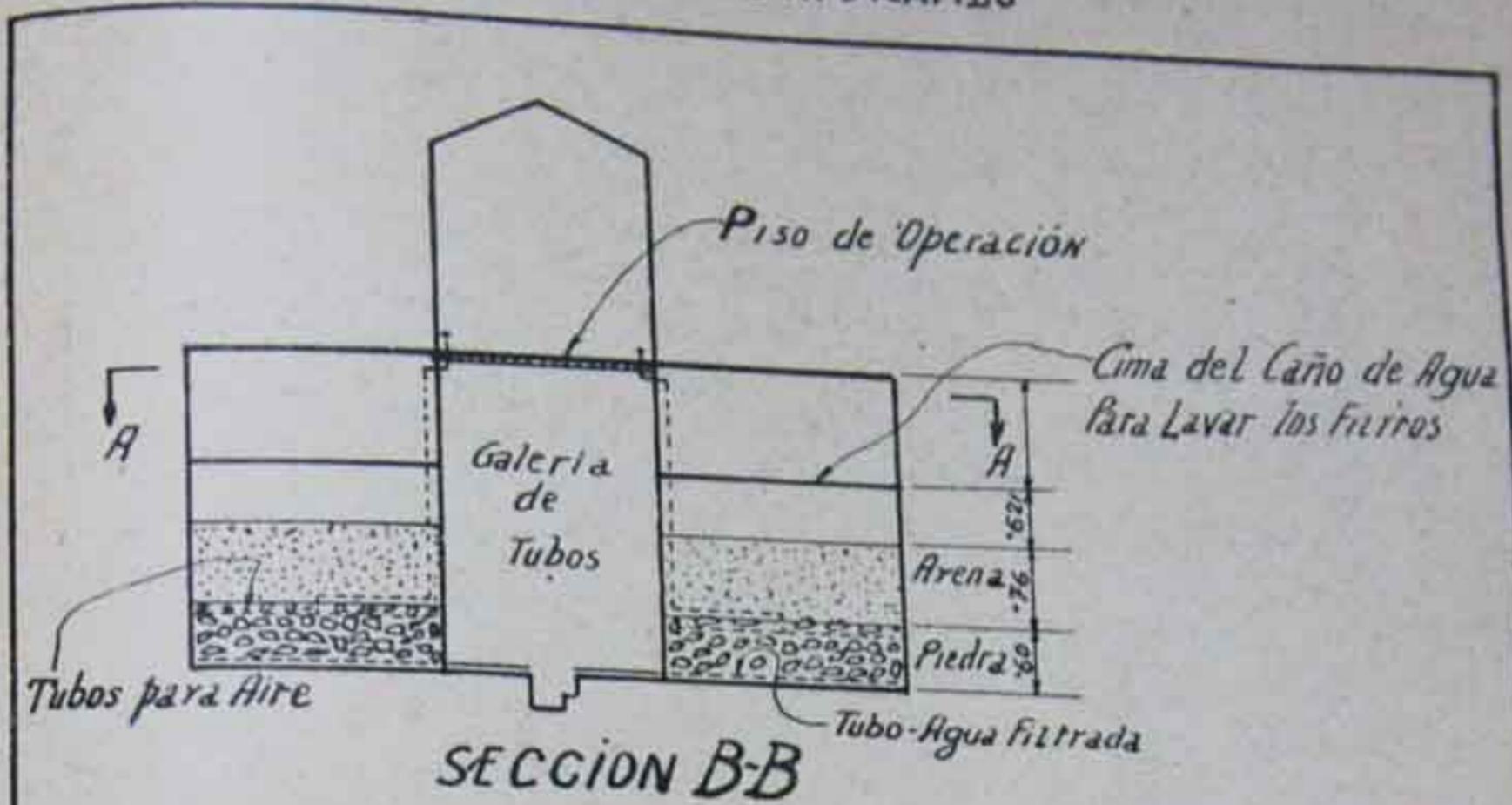
La proporción de agua filtrada es de 3 metros cúbicos por cada metro cuadrado de superficie filtrante. Los granos de arena tienen un tamaño 0.2 a 0.4 milímetros de diámetro. El tamaño regular de estos filtros varia entre 1,000 a 4,000 metros cuadrados de superficie; se les limpia raspando la capa superior de la arena cuando los filtros han llegado al máximo de su entorpecimiento, que es dentro de 10 a 20 días. A esta clase de filtros se les atribuye que rinden agua casi pura, bacteriológicamente hablando.

Una batería de cuatro filtros adjuntos a los estanques de sedimentación. Nótese el tipo de reflectores que se usan para alumbrar los filtros cuando se los lava por la noche.



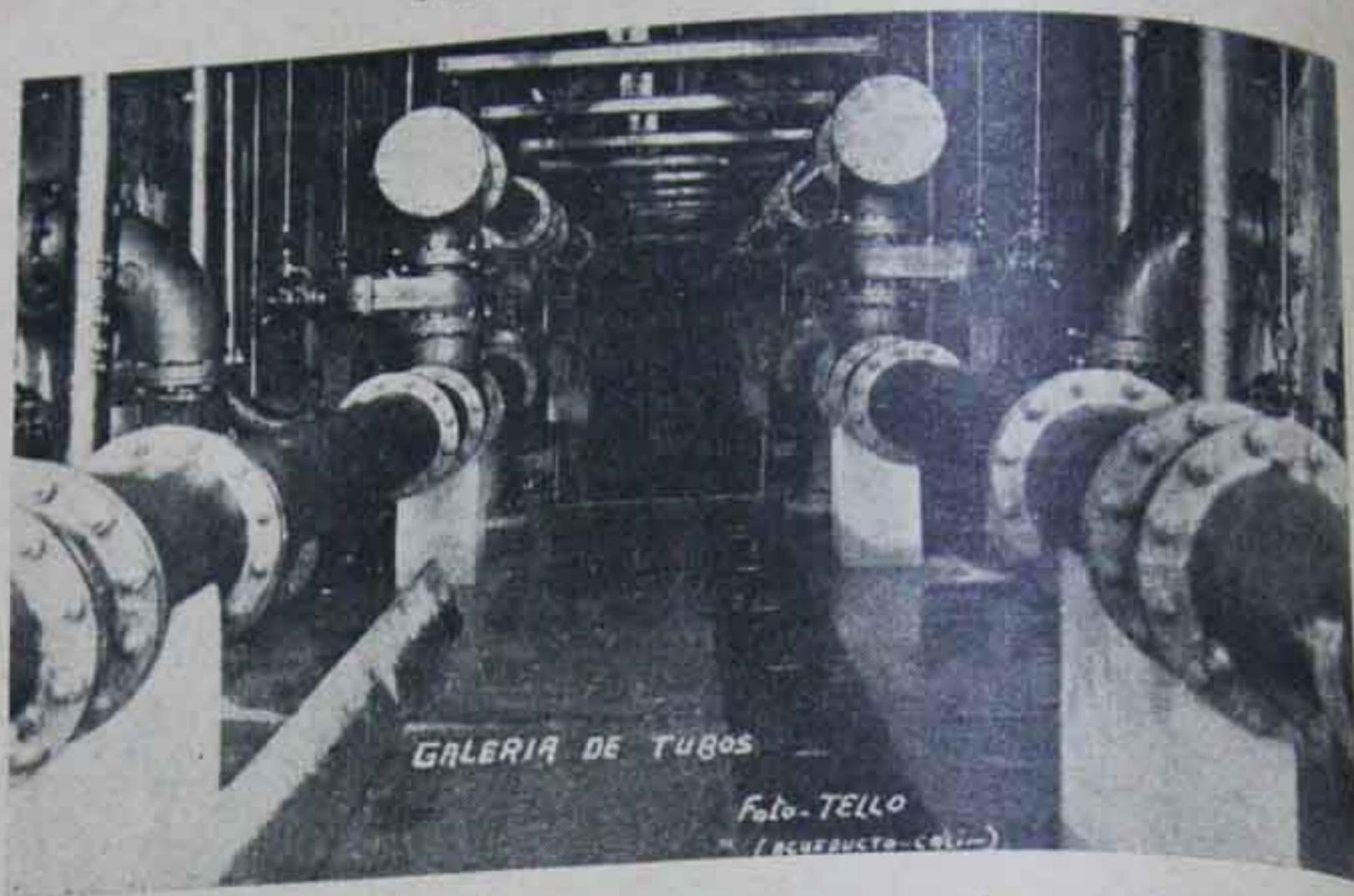
FILTROS DEL TIPO RAPIDO.

FILTROS DEL TIPO RAPIDO



PLANTA A-A (Cali, Cartagena, Cúcuta, Buenaventura)

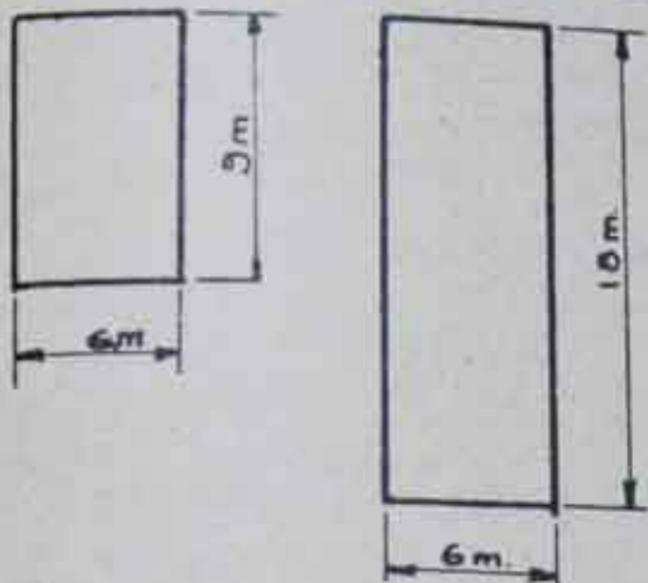
FILTROS DEL TIPO RAPIDO.



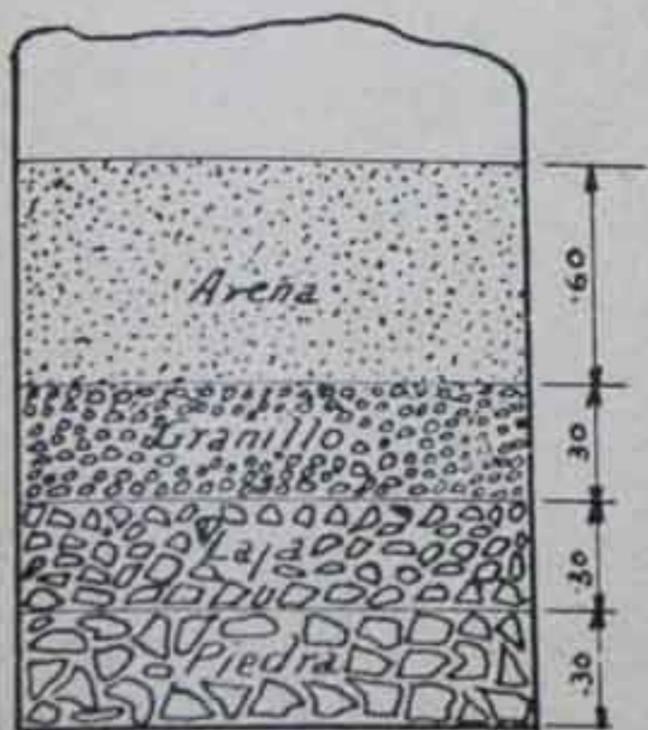
Galería de tubos. Nótese el espacio libre de paso que se tiene entre los dos grupos duplicados de tubos y válvulas.

Los filtros del tipo rápido no forman la substancia gelatinosa proveniente de bacteria, sino que el precipitado o hidróxido de aluminio se asienta sobre la superficie de la arena, formando lo que se llama una esterilla que retiene la materia en suspensión.

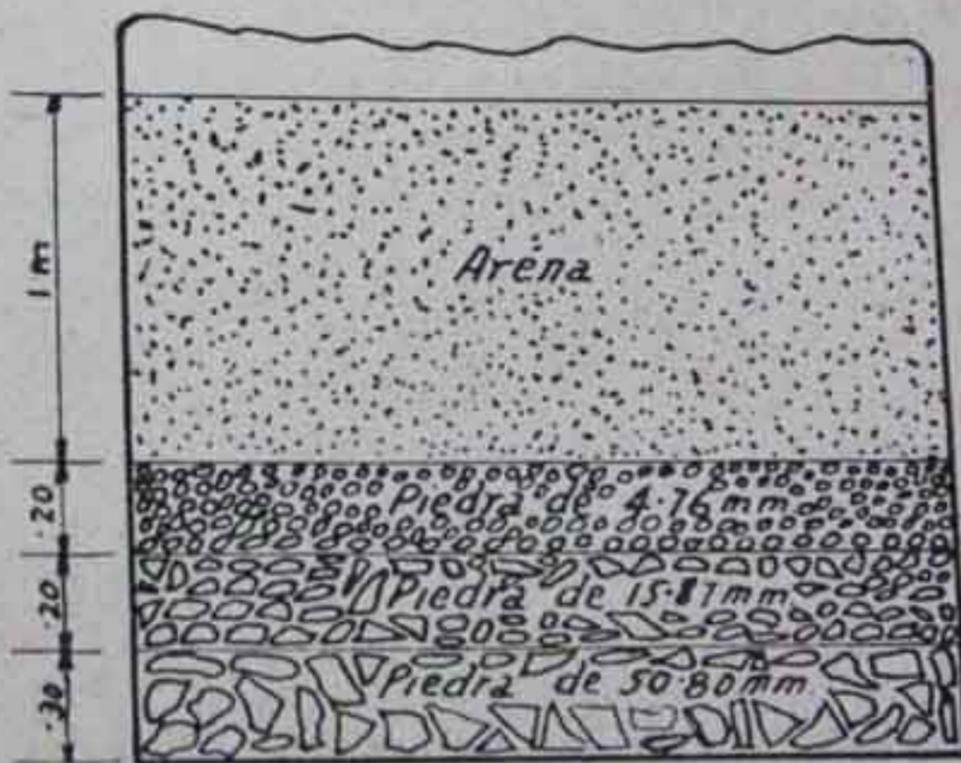
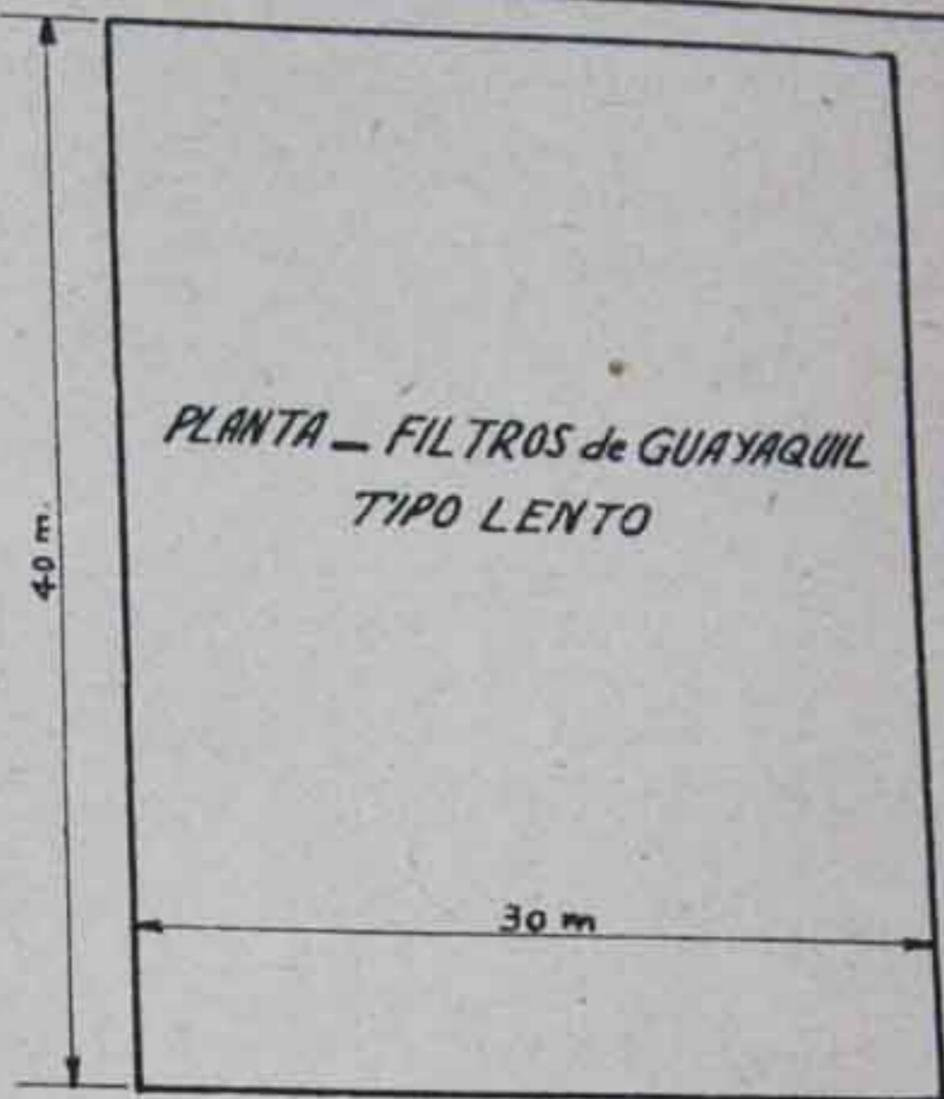
A este segundo tipo de filtros se les utiliza para cualquier clase de aguas sea clara y transparente o turbia y colora y con una carga considerable de gérmenes patógenos. Para utilizar esta clase de filtros es necesario un tratamiento preliminar de sedimentación ayudada por un coagulante. La proporción de agua filtrada es de 117 metros cúbicos por cada metro cuadrado de superficie filtrante. El tamaño de los granos de arena varía entre 0.35 y 0.60 milímetros. El tamaño de los filtros varía entre 5 y 64 metros cuadrados de superficie; se los limpia por medio de una corriente de agua de gran velocidad, que fluye en dirección opuesta a la filtración propiamente dicha; a veces se utiliza, además de estas corrientes de agua, otras de aire para romper la capa de sedimentación depositada sobre la arena.



PLANTA - FILTROS de QUITO
TIPO RAPIDO



SECCION de los FILTROS de QUITO



SECCION de los FILTROS de GUAYAQUIL

COMPARACION de las AREAS de los FILTROS del TIPO RAPIDO y LENTO

Ya he mencionado las características principales de los dos primeros tipos de filtros, ahora anotaré sus diferencias y utilidad para ciertas condiciones. La eficiencia bacteriológica de ambos tipos parece que se acerca al ideal, aventajándole tal vez en esto los del tipo lento, pero en cambio se notará que su uso es limitado para aguas claras y transparentes, salvo que se emplee un tratamiento preliminar que afecte desfavorablemente a la economía de la mantención de la planta. La proporción de agua filtrada es más o menos 40 veces mayor en los filtros del tipo rápido que en los lentos, lo cual influye para que aquellos requieran un área de territorio 40 veces menor que éstos. Naturalmente, este particular hace que el costo inicial de la construcción de los filtros del tipo lento sea mayor. El lavado del medio filtrante es mucho más costoso en los del tipo lento que en el rápido, desde luego que en aquel hay necesidad de sacar la arena de los filtros para lavarla por medio de maquinarias especiales, mientras que en estos la limpieza se hace dentro de ellos mismos y en el lapso de diez a quince minutos. La principal desventaja que se le atribuye a una planta de purificación con filtros de arena del tipo rápido, es de que requiere un cuidadoso y hábil manejo por peritos en la materia, junto con un servicio adecuado de laboratorio; más a pesar de esto, se nota en todo el mundo un progreso notable en el uso de estos filtros en plantas modernas de purificación de agua, lo que prueba su superioridad, especialmente, tratándose de ciertas aguas. Además, con el desarrollo de medidores automáticos que regulan bien su funcionamiento en todos sus detalles, el empleo de peritos de primera clase ha bajado considerablemente y ahora sólo se necesita cierto grado de inteligencia para manejarlos a satisfacción.

Los filtros de presión actúan bajo el mismo principio que los del tipo rápido, salvo que estos operan bajo presión hidráulica, distintivo especial que les da su nombre.

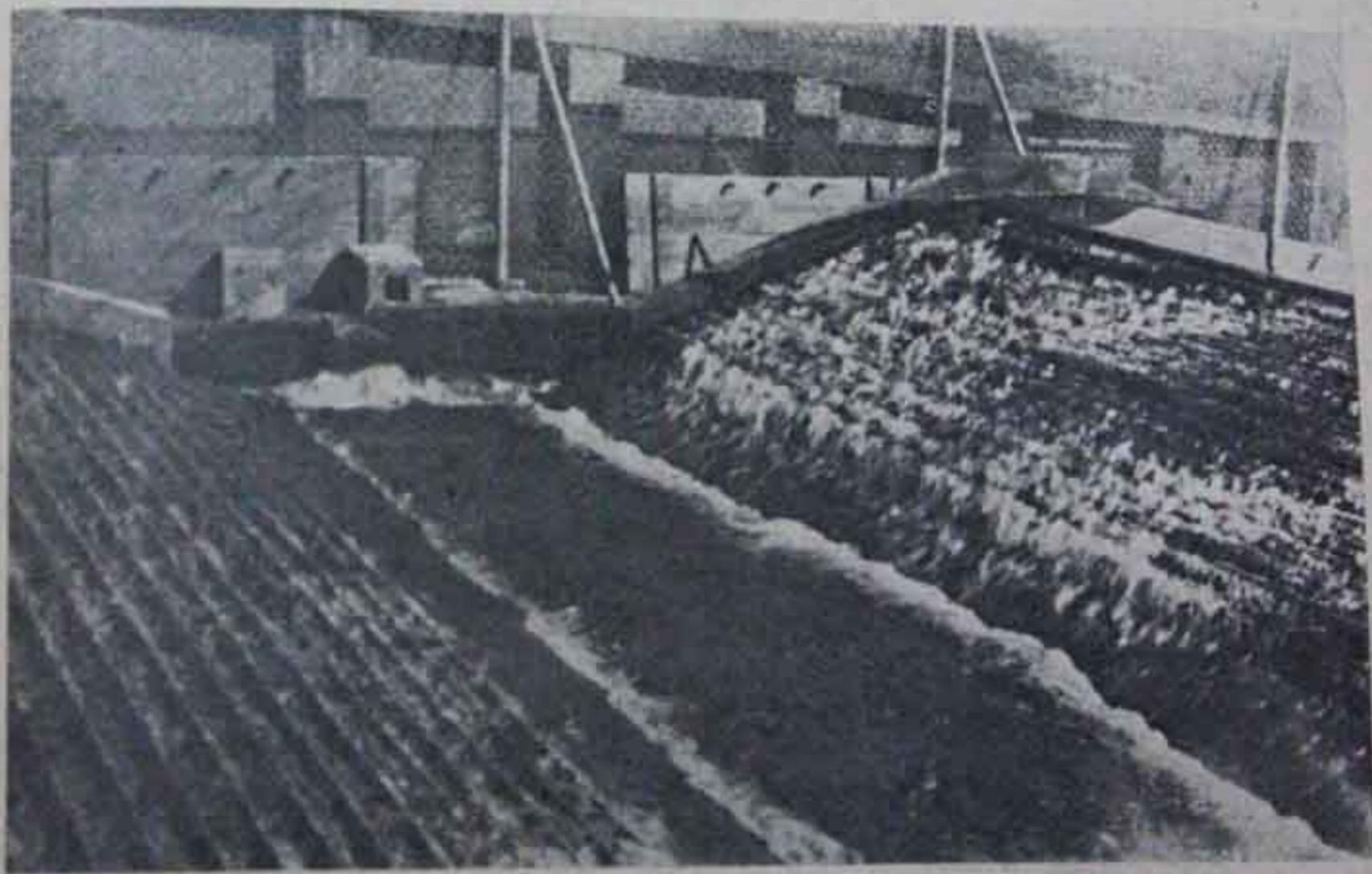
Este último tipo tiene ciertas ventajas aparentes sobre los filtros lentos y rápidos, y son los que el Dr. Eric K. Rideal, eminente ingeniero sanitario inglés, recomendó para la planta de purificación de Guayaquil, en el año de 1914. Las principales ventajas son: instalación fácil, quedan libremente a cierta altura del suelo, el espacio que ocupan en el cuarto de operación es pequeño; los tanques de sedimentación y agua filtrada pueden eliminarse; el agua puede suministrarse directamente de los filtros al sistema de distribución; no requieren mucha

atención en su manejo, el costo de instalación es pequeño y la proporción de agua filtrada puede aumentarse de la ordinaria de 117 metros cúbicos por metro cuadrado de superficie.

Esta clase de filtros son adaptables satisfactoriamente a la purificación de agua para las ciudades pequeñas.

TRATAMIENTO DESPUES DE LA FILTRACION.

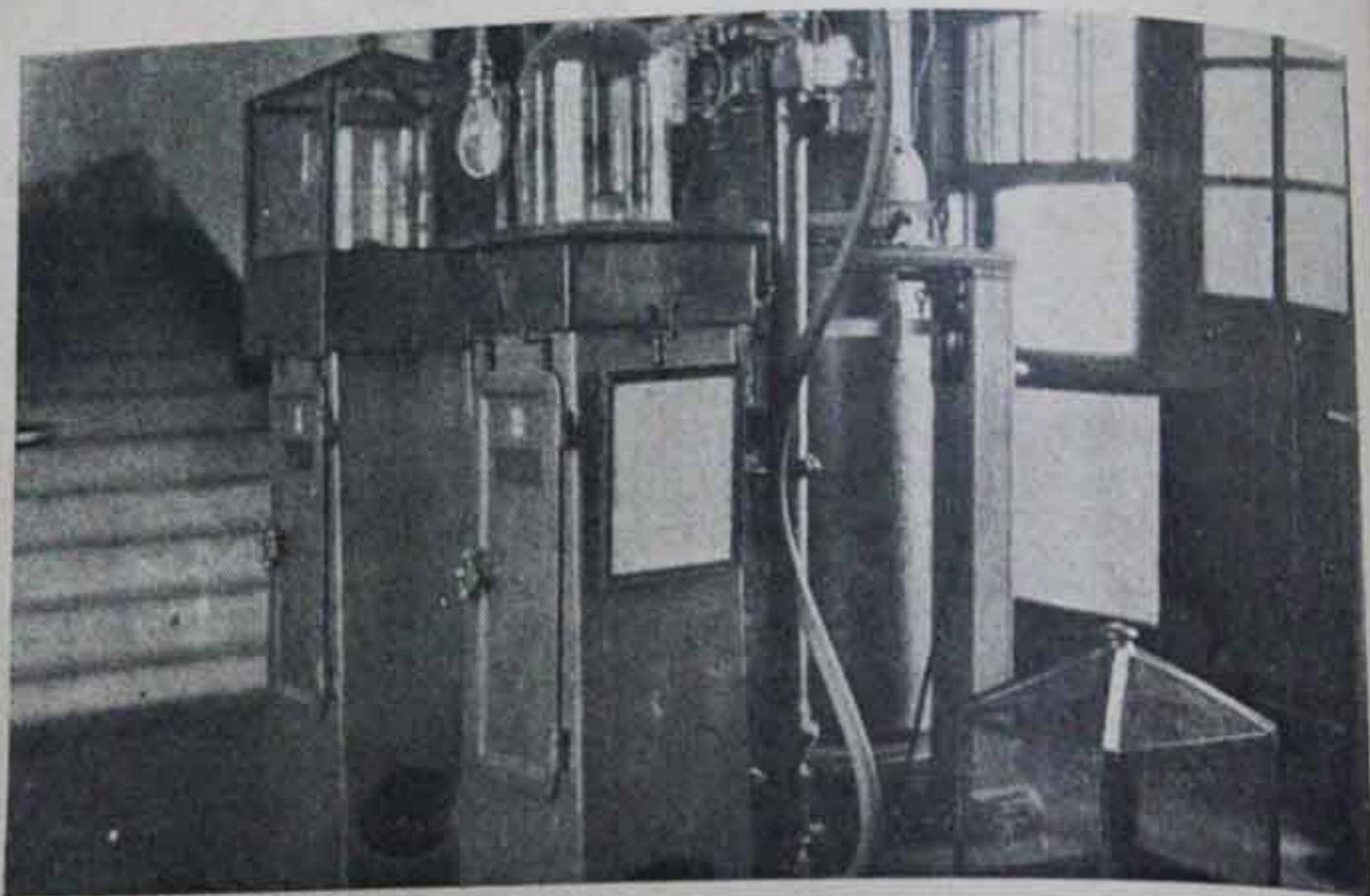
El tratamiento después de la filtración puede ser que contenga la aereación, pero esto no quiere decir que por regla general, aereadores se han de colocar después de los filtros, lo cual depende puramente de la clase de agua que se desea purificar. Hay casos en los que la aereación se emplea antes y después de la filtración. La aereación se emplea no como un desinfectante, sino como un medio de poner en contacto a las partículas del agua con el oxígeno o para soltar a los gases que pueden estar como enredados en el agua. Los gases que más comunmente se desean poner en libertad son los sulfatos de hidrógenos y carbón dióxido. Si el agua contiene hierro, esto es como carbonatos, la aereación los convierte en insolubles, pudiendo entonces retenerlos en el proceso de la filtración. A la aereación también se le usa para evitar olores y sabores desagradables en el agua.



La aereación del agua por medio de un aereador de cascada

Hay varios tipos de aereadores, entre los cuales hay que anotar los siguientes: los del tipo fuente, el de gradas o planos inclinados, el de planchas perforadas, el de cascadas, el tipo pitón spraci, etc. Cada uno de estas clases de aereadores tienen ventajas particulares para ciertos tipos de plantas de purificación y por lo tanto es recomendable hacer estudios adecuados antes de decidir la conveniencia de uno de ellos.

Desinfección. — La desinfección del agua es ahora una parte integral indispensable de toda planta de purificación, cuyo objeto es la destrucción de toda o casi toda la bacteria patógena que ha escapado detención en los procedimientos anteriores.



Glorinadores en duplicado con sus cilindros sobre balanzas. Un tubo de goma-laca conduce el agua mezclada con el cloro. Este tubo corre a lo largo de la tubería principal y termina en la Cámara-Vertedero del agua filtrada.

Este procedimiento está también sentado debido a sus agradables resultados de protección que ofrece al ser humano, que tiende a caer en el error de que la desinfección del agua la convierte en potable, cuando sólo es un procedimiento germicida que destruye la bacteria patogénica, pero no altera de ninguna manera las características físicas y químicas del agua.

esto es, por ejemplo, el cloro líquido no cambia su turbidez, color o sabor. El empleo del cloro líquido ha dado tan buenos resultados en la desinfección de aguas municipales, que muchos inexpertos en la materia de abastos de agua, indiscretamente recomiendan su uso, como sustituto de las plantas de purificación. Este es un gran error condenable bajo todo punto de vista y entonces manifestaré que la desinfección, sea que se utilice el cloro líquido, el ozono, los rayos ultra-violetas o el proceso electro-usmosis, no puede jamás reemplazar a las plantas de purificación; así como estas tampoco pueden tomar el puesto de la desinfección. Estos son procedimientos complementarios que se necesitan unos a otros para producir agua buena, pura en todo sentido.

Para terminar el asunto de plantas de purificación, me falta hablar algo sobre el almacenamiento del agua filtrada. Ahora es un axioma bien sentado de que su almacenamiento debe hacerse en un reservoir impermeable cerrado, que tenga su respectivo techo, evite toda clase de polución externa y mantenga el agua en completa oscuridad.

SISTEMA DE DISTRIBUCION.

El sistema de distribución consiste de una red de tubos que están bajo presión y son colocados en las calles para facilitar la conexión de estos con las casas de la ciudad y ofrecer, al mismo tiempo, protección contra incendios y ayudar el hermo-seo y limpieza de la ciudad.

Un sistema de distribución completo debe reunir las siguientes condiciones:

1.— Los tubos deben ser de materia durable y contruidos bajo normas de una autoridad reconocida.

2.— Debe ser de capacidad suficiente para suministrar toda el agua necesaria.

3.— Debe tener un número suficiente de tuberías principales de igual tamaño, colocadas en sitios apropiados, que sean capaces de alimentar el sistema central de distribución con un considerable volumen de agua.

4.— Debe tener conexión recíproca entre todas las tuberías, ser provistas de válvulas necesarias, para que en caso de cualquier daño o ruptura, pueda suspenderse el servicio sólo en una pequeña sección del sistema, mientras se hace la reparación correspondiente.

5. — Debe haber medidores Venturi para medir los volúmenes de agua que se distribuyen entre las varias secciones de la ciudad.

6. — Debe tener presión suficiente para abastecer cumplidamente los servicios domésticos e industriales, aún en los últimos pisos de edificios relativamente altos.

7. — Debe haber un plano en el que conste la ubicación, el tamaño y la clase de todas las tuberías, así como también la ubicación y tamaño de cada medidor, válvula y demás accesorios.

COMENTARIOS SOBRE EL ABASTO DE AGUA DE GUAYAQUIL.

Muchas ocasiones he oído decir que la ciudad de Guayaquil actualmente no tiene agua suficiente para llenar sus necesidades, lo cual parece un comentario justo, si se considera la deficiencia de suministro diario a esta ciudad. Los 20'000.000 de litros que se dice llegan a Guayaquil sólo nos proporciona agua a razón de 167 litros por día por persona esto es tomando la población actual en 120.000 habitantes. Esta cantidad es demasíadamente pequeña para una ciudad tropical como ésta.

Uno de los remedios para utilizar mejor la pequeña cantidad de agua disponible sería reparar definitivamente las filtraciones a lo largo de la tubería de 22 pulgadas que viene de la planta de purificación y la instalación de medidores en toda la ciudad, lo cual evitaría los enormes desperdicios de este elemento tan deseado.

Las razones más convincentes para la instalación de medidores en esta ciudad son las siguientes:

1. — Se implantaría un método justo de vender agua a los consumidores de acuerdo con la proporción gastada;

2. — El Departamento Municipal de agua contaría con un medio seguro de controlar pérdidas y filtraciones en todo el sistema;

3. — Las filtraciones se podrían localizar más fácilmente en las líneas de servicio;

4. — El Departamento Municipal de agua obtendría información de la variedad de consumo en la ciudad y así podría imponer impuestos equitativos a los ciudadanos;

5. — La instalación de medidores restringería el desperdicio

excesivo del agua en las casas; reduciría el volumen necesario de purificación, y por lo tanto, el costo de operación en la planta de Lolita;

6. — Como las necesidades actuales de la ciudad se conservarían dentro de un límite mínimo, adecuado, la construcción de las extensiones que ya son necesarias en la planta de Lolita, podrían posponerse por un tiempo determinado;

7. — Tarde o temprano Guayaquil tendrá que instalar una planta depuradora de aguas de albañal, y si el volumen de estas es grande el costo inicial y mantención de esta planta será excesivo.

Con todas estas razones en favor, lo único en contra de la instalación de medidores en la ciudad de Guayaquil, es el desmedido egoísmo y avaricia de ciertos interesados de querer utilizar este elemento sin pagar por ello adecuadamente de acuerdo con la cantidad gastada. Todas las otras comodidades como la luz eléctrica, gas, etc., se pagan por lo que se consume. ¿Por qué no el agua?

Antes de terminar dejo constancia de que creo firmemente que tanto el pueblo, como el Municipio, beneficiaría con la instalación de medidores, en esta ciudad.