

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA UNA URBANIZACION DE 100 CASAS CON FUENTE DE AGUA DE UN NACIMIENTO CON PROBLEMAS DE CONTAMINACION DEBIDO A EXCESO DE HIERRO Y MANGANESO.**

**Seminario de Graduación Presentado por:**

**BENEDICTO ALFREDO CASTILLO AZUCENA**

para optar al grado de

**INGENIERO QUIMICO** en el grado de Licenciado.

**OCTUBRE 1974.**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA UNA URBANIZACION DE 100 CASAS CON FUENTE DE AGUA DE UN NACIMIENTO CON PROBLEMAS DE CONTAMINACION DEBIDO A EXCESO DE HIERRO Y MANGANESO.**

**Seminario de Graduación Presentado por:**

**BENEDICTO ALFREDO CASTILLO AZUCENA**

**para optar al grado de**

**INGENIERO QUIMICO** en el grado de Licenciado.

**OCTUBRE 1974.**



**San Salvador,**

**El Salvador,**

**Centro America.**

028.1402  
C952d  
1974  
F. Iny. y Eng.  
aj. 2.

068736

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR EN FUNCIONES:

DR. CARLOS ALFARO CASTILLO.

SECRETARIO GENERAL:

DR. MANUEL ATILIO HASBUN.

FACULTAD DE INGENIERIA Y  
ARQUITECTURA :

DECANO:

ING. RODOLFO JENKINS.

SECRETARIO:

ING. WERNER HEYMANN.

JEFE DEL DEPARTAMENTO  
DE INGENIERIA QUIMICA:

DR. ANGEL RICARDO VILLAFUERTE.

TRABAJO DESARROLLADO POR:

BENEDICTO ALFREDO CASTILLO AZUCENA  
PREVIA OPCION AL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO.  
EN EL GRADO DE LICENCIADO.

DIRECTOR: DR. ANGEL RICARDO VILLAFUERTE.

(Diplomado Superior en Ingeniería  
Ambiental, Universidad Tecnológica  
de Delft, Holanda).

Profesor Titular de Termodinámica y  
Tratamiento de Aguas.

ASESORES: DR. EDUARDO BADIA SERRA

(Sub-Administrador del Ingenio  
San Francisco).

Profesor Titular de Corrosión  
y Materiales.

Lic. VICTOR MANUEL SEGURA LEMUS.

(Jefe de Control de Calidad de CENTA)  
Profesor Titular de Química Analítica.

## DEDICATORIA

A la memoria de mi padre  
Mayor Adolfo Castillo G.

A mi abnegada madre  
Oderlinda Azucena v. de Castillo

A mi amada esposa  
Leticia Argueta de Castillo

A mis adorados hijos  
Alma Verónica  
Jorge Alfredo  
Alejandro Benedicto

A mis queridos hermanos  
José Adolfo Castillo A.  
Dr. Jorge Benjamín Castillo A.

A mis queridas cuñadas  
Alicia Isabel I. de Castillo  
Margarita G. de Castillo

A mis demás familiares, amigos, profesores, compañeros  
y asesores.

BENEDICTO ALFREDO CASTILLO AZUCENA.

# I N D I C E

	N°Página
INTRODUCCION	
SECCION 1.- TOMA DE MUESTRAS Y ANALISIS FISICO-QUIMICOS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.-	1
1.1 Fuente de Agua.	1
1.2 Toma de muestras de agua y análisis Físico-químicos.	1
1.3 Pruebas de jarro para la precipitación del Hierro y Manganeso.	3
1.4 Dosificaciones de cloro para tratamiento de agua.	7
1.5 Equivalencia de Productos Clorinados.	8
SECCION 2.- DISEÑO DE LA PLANTA.	9
2.1 Fuente de Agua y su Capacidad.	9
2.2 Base de Cálculo.	9
2.3 Dosificador de Cal.	9
2.4 Mezclador.	10
2,4.1 Velocidad Lineal.	10
2.4.2 Volumen	11
2.4.3 Tiempo de Retención	11
2.5 Vertedero	11
2.5.1 Cálculo de la Carga del Vertedero.	11
2.6 Tanque de Reacción.	12
2.7 Tanque de Floculación.	13
2.8 Tanque de Agua Clarificada.	13
2.9 Cañerías.	14
2.10 Cisterna (Tanque de reserva).	15

	N°Página	
2.11	Casa de Bombas.	16
2.12	Cálculo del Sistema de Bombeo	16
2.13	Sistema de Limpieza de Lodos.	16
2.14	Tratamiento Químico.	17
2.14.1	Cal.	17
2.14.2	Hipoclorito de Calcio 70%.	17
2.15	Costo de Productos Químicos.	18
2.15.1	Cal.	18
2.15.2	Hipoclorito de Calcio 70%	18
2.15.3	Apéndice.- Planos.	19
B I B L I O G R A F I A.		26

## INTRODUCCION

El objetivo del presente trabajo es dimensionar una planta de tratamiento de agua para corregir los parámetros de Hierro, Manganeso y desinfección de una fuente de agua de nacimiento para proveer agua potable a una urbanización de 100 casas.

Como es sabido, se ha estudiado a fondo los problemas ocasionados por la presencia de Hierro y Manganeso en el agua - (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X), tanto en la industria como en el servicio doméstico.

Básicamente los problemas originados por la presencia de ambos elementos es la de su apariencia rojiza, su alta capacidad de tinción y formación de bacterias comúnmente llamadas "CRENOTHRIX" (I, X).

El Hierro y Manganeso en el agua puede estar presente en una o más de las siguientes formas: (X)

- 1- Bicarbonato
- 2- Hidróxido
- 3- Sulfato
- 4- Forma orgánica.

En nuestra agua problema los encontramos en forma de Bicarbonato.

Los métodos para la remoción de Hierro y Manganeso del agua son variados según la forma en que éstos se encuentran presentes, teniendo así, en el caso del Bicarbonato: (X)

- 1- Aereación, asentamiento y filtración.
- 2- Intercambio catiónico ciclo sódico.
- 3- Intercambio catiónico ciclo hidrógeno.

4- Procedimiento cal sodada.

5- Tratamiento en dos pasos cal e intercambio catiónico, y

6- Zeolitas al manganeso.

Por experiencias personales anteriores, opté por el método siguiente:

Ajuste del pH con cal Hidratada, clorinación, sedimentación y filtración.

Los otros métodos convencionales no serían los convenientes debido a que en caso enumerado 1), no se logra la oxidación completa y rápida del manganeso; en el N°2) no es conveniente ya que el principal objetivo de ese método es, de remover la dureza del agua, lo cual no es necesario aquí; en el caso N°3 se objeta lo mismo que en el N°2; el N°4 es un método un poco complicado en cuanto a la operación y eficiencia; el N°5 es objetable como en los casos Nos. 2, 3, y 4; y en el N°6 se descarta por el costo de operación.

En cuanto a la Desinfección de aguas para uso público, ésta se puede llevar a cabo por medio de: (X)

1- Cloro

2- Dióxido de cloro.

3- Cloraminas

4- Hipocloritos y

5- Ozono.

He escogido el uso de Hipoclorito de Calcio al 70% debido a que es fácil de manejar y se puede encontrar en el mercado, en cantidades y precios comerciales.

## SECCION 1.-

### TOMA DE MUESTRAS Y ANALISIS FISICO-QUIMICOS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

#### 1.1 Fuente de Agua

La fuente de abastecimiento es un nacimiento cuya agua es recolectada por un sistema de drenaje francés, recorriendo aproximadamente 2 kilómetros desde el lugar de nacimiento hasta el lugar de recolección.

#### 1.2 Toma de muestras de agua y análisis Físico-químicos.

Se tomaron 4 muestras de agua en distintas épocas del año; la primera en Agosto de 1973, la segunda en Abril de 1974 y la tercera y cuarta en Mayo de 1974.

Los análisis completos aparecen en el cuadro N°1; como podrá observarse hay variaciones bastante apreciables en algunos valores, pero en todos los casos nos encontramos dentro de las normas establecidas para agua potable por la Organización Mundial de la Salud, el Servicio de Salud Pública de Estados Unidos de Norte América, y Normas Nacionales de El Salvador, a excepción del Hierro, Manganeso y Cloro Residual .

En el cuadro N°1 aparecen las normas mencionadas.

Para nuestros cálculos de Diseño y Costeabilidad tomaremos como base los máximos valores encontrados de Hierro y Manganeso, o sea 2.2 ppm y 5.5 ppm respectivamente, con la procura de un valor de cloro residual de 1 ppm.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

DETERMINACIONES	Agosto/1973	Abril/1974	Mayo/1974	NORMAS (1)
	1	2	3	
PH	6.7	7.2	7.3	6.5-9.2
Turbiedad (Unidades)	5	8	3	10
Color Real (Unidades)	5	2	2	20
Color Aparente (Unidades)	23	5	22	
Hierro (Fe) Soluble.	0.15 ppm	0.15 ppm	0. ppm	0.1 ppm
Hierro (Fe) Total.	2.2 ppm	1.8 ppm	0 ppm	0.7 ppm
Manganeso (Mn) Soluble.	4.5 ppm	6.4 ppm	1.6 ppm	0.25 ppm
Manganeso (Mn) Total.	5.5 ppm	7 ppm	1.6 ppm	0.25 ppm
Sodio (Na)	ppm	ppm	ppm	ppm
Potasio (K)	ppm	ppm	ppm	ppm
Cloro Residual.	ppm	ppm	ppm	0.2-1.0
Fluoruros (F)	0.2 ppm	0.3 ppm	01 ppm	0,15 ppm
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	90 ppm	60 ppm	35 ppm	55 ppm
Alcalinidad Fenolft. (CaCO <sub>3</sub> )	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm
Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> )	148.7 ppm	150 ppm	112.5 ppm	99 ppm
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	101 ppm	116 ppm	112 ppm	84 ppm
Boro (Bo)	ppm	ppm	ppm	ppm
Anhídrido Carbónico (Co <sub>2</sub> )	50 ppm	16 ppm	9 ppm	22 ppm

( 1 ) Normas Establecidas en El Salvador.

### 1.3 Pruebas de jarro para la precipitación del Hierro y Manganeseo.

Las primeras pruebas realizadas fueron hechas con Soda Cáustica y luego con Soda Ash, para subir el pH a valores de 8- 8.5 con adición de Hipoclorito de Calcio hasta valores de 8.5 ppm de cloro residual.

Los resultados no fueron satisfactorios debido a que se emplea demasiado alcalinizante, siendo además productos escasos actualmente como también de precio ascendente continuamente; además no se obtiene la floculación suficiente ni tampoco remoción buena de Hierro y Manganeseo, ya que después de 2 horas únicamente logramos eliminar aproximadamente el 25% del contenido inicial.

Por investigación solamente, se continuaron las pruebas empleando los mismos reactivos, subiendo el pH a 9-9.5 con el mismo contenido de cloro, obteniéndose no muy buenos resultados, a pesar de grandes cantidades de alcalinizantes empleados, ya que sólo logramos reducir en un 60% el contenido inicial de Hierro y Manganeseo.

Además del problema de alto consumo de reactivos alcalinizantes encontramos otra consecuencia lógica del primero, que es la necesidad de dosificadores demasiado grandes y caros.

En vista de los resultados anteriores se hicieron pruebas empleando un alcalinizante más barato y de fácil adquisición, recurriendo a la CAL.

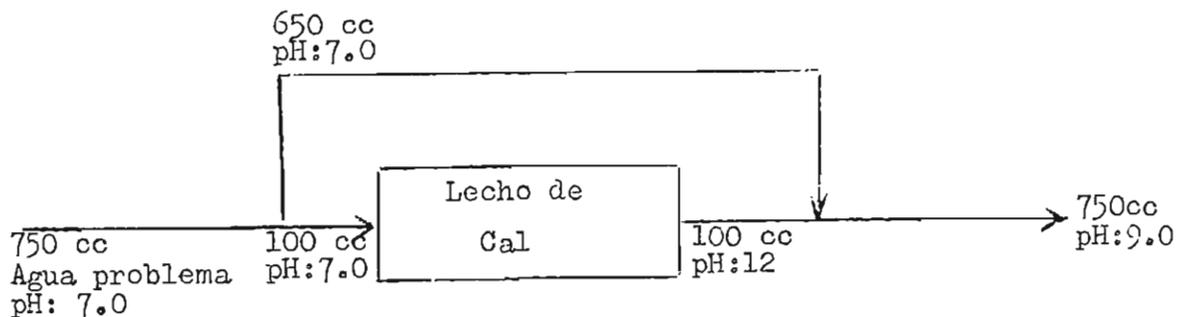
Se hicieron pruebas dosificando agua de cal a muestras de 100 cc hasta obtener distintos valores de pH de 8.5, 9.0 y 9.5, siempre con la adición de cloro a 8.5 ppm.

En el tercer caso observamos que después de 2 horas obteníamos flóculos excelentes con reducción de un 99% aproximadamente del Hierro y Manganeseo; el problema ahora encontrado fue de que para lograr un pH de 9.0 necesitamos 13.4 cc de agua de cal para 400 cc de agua problema, o sea 3.35% del agua total a tratar, llegando nuevamente al problema anterior de alta dosificación de agua de cal, empleando dosificadores grandes y caros.

Se pensó en otro sistema adecuado para subir el pH usando siempre cal y se llegó a otro método dando resultados excelentes.

Consiste este método en pasar parte del agua a tratar en un bypass a través de un lecho de cal, obteniéndose pH 12 en este efluente que luego al mezclarlo con la línea principal se obtiene un pH de 9.0. La relación actual es de 6.5 a 1.-

El método se ilustra en el siguiente diagrama:



Al hacer pruebas de floculación con pH de 9 y cloro a --- 8.5 ppm encontramos los siguientes resultados:

A los 15 minutos: Abundante flóculo fino de poca consistencia, de color entre rosado y amarillo

A los 60 minutos: Abundante flóculo de buena consistencia y del mismo color. Los resultados de los análisis fueron:

Fe = 0.0 ppm  
 Mn = 0.8 ppm  
 Cl<sub>2</sub> = 8.0 ppm  
 pH = 8.7

A los 120 minutos: Abundante flóculo de fuerte consistencia, del mismo color. Los resultados de los análisis fueron:

Fe = 0.0. ppm,  
 Mn = 0.01 ppm  
 Cl<sub>2</sub> = 7.8 ppm  
 pH = 8.5

Como puede observarse, el hierro no da ningún problema en su eliminación ya que en una hora se remueve totalmente, siendo únicamente el Manganeso nuestra limitante.

También se observa que el cloro prácticamente no disminuye en su contenido haciendo suponer que únicamente actúa como una especie de catalizador en la formación del Hidróxido Férrico y Mangánico.

En vista de ésto se fijaron los parámetros de pH = 9.0, tiempo - de retención = 2 horas y se varió el contenido de cloro de 8.0 a 2 ppm con rangos de 2 unidades.

Los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

	pH		Cloro (ppm)		Hierro (ppm)		Manganeso(ppm)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1	9.0	8.5	8.0	7.8	2.2	0.0	5.5	0.01
2	9.0	8.5	6.0	5.0	2.2	0.0	5.5	0.05
3	9.0	8.5	4.0	3.0	2.2	0.01	5.5	1.2
4	9.0	8.5	2.0	1.2	2.2	0.01	5.5	4.0

CUADRO N° 2.-

Por lo tanto, los valores recomendados para un buen tratamiento es el caso N°2, o sea, pH: 9.0; Cloro Residual: 6 ppm y tiempo de Retención de 2 horas.

A continuación adjunto una tabla de valores recomendados, de cloro para la remoción de minerales y equivalentes en concentración de distintos compuestos de cloro.

1.4 Dosificaciones de Cloro para Tratamiento de Agua (VII)

Propósito de la Clorinación.	Dosificación en Mg/lit (1)	Tiempo de Contacto en Min.	Residual Recomendado Tipo Mg/lit.
Desinfección: Con Residual Combinado (2) Con residual Libre (3)	1.0 - 5.0 1.0 - 10.0		Requerimientos determinados por autoridades de Salud - Locales.
Control de sabor y color.	10 x contenido de $\text{NH}_3\text{-N}$ más 1-5 mg/lit	20	Libre 1.0
Remoción de Hierro (Fe).	0.64 x contenido de Fe.	Instantánea.	Combinado. 0.1
Remoción de Manganeso (Mn)	1.3 x Contenido de Mn.	Variable	Libre 0.5
Control de Bacterias del Hierro.	1.0 - 10.0	Necesario un residual a través de todo el sistema.	Libre 1.0

CUADRO N°3.-

- 1) Miligramos por litro. 1 mg/lit. = 8.34 Lbs. por millón de galones. Es numéricamente igual a partes por millón (ppm).
- 2) El residual combinado se produce por la reacción del Cloro con el Amoníaco Natural o agregado al agua o con ciertos compuestos orgánicos nitrogenados.
- 3) El residual libre es el que se obtiene después de la destrucción con Cloro.

1.5 Equivalencia de Productos Clorinados

Para obtener una libra de Cloro Residual se necesitan:		
1	Libra	Gas Cloro.
1.43	Lbs.	Hipoclorito de Calcio al 70%
2.86	Lbs.	Hipoclorito de Calcio al 35%
0.6	Glns.	Solución al 20% de Hipoclorito de Sodio
0.8	Glns.	Solución al 15% de Hipoclorito de Sodio
1.2	Glns.	Solución al 10% de Hipoclorito de Sodio
2.4	Glns.	Solución al 5% de Hipoclorito de Sodio
12	Glns.	Solución al 1% de Hipoclorito de Sodio

CUADRO N°4.-

## SECCION 2.

DISEÑO DE LA PLANTA2.1 Fuente de Agua y su Capacidad

Como se explicó antes, la fuente de agua es un nacimiento, el cual tiene un flujo de 2.4 litros por segundo (38 galones por minuto) en la época más seca del año.

Total por día: 207.360 litros (54.784.68 galones), mínimo.

2.2 Base de Cálculo:

Se considera un consumo de agua de 50 galones por día por persona, (1) estimando un promedio de 5 personas por casa.

Con estos datos la demanda de agua será de:

$$50 \times 100 \times 5 = 25,000 \text{ galones por día.}$$

$$\text{o sea} = 1.095 \text{ Lts./Seg., aproximadamente a}$$

$$1.1 \text{ Lts./Seg. (0.0011 Mts.}^3\text{/Seg. = 17.44 GPM).}$$

2.3 Dosificador de Cal.

Será un tanque de lámina galvanizada (o fibra de vidrio) de forma cilíndrica con la parte inferior cónica y con su extremo plano.

Tendrá un rebalse lateral por donde el agua pasará por medio de un caño de PVC, al mezclador de la planta.

El agua de alimentación a este dosificador entrará tangencialmente por medio de un caño de PVC de 1" de diámetro. -  
Tendrá agitación constante por medio de un agitador eléctrico.

(1) Standard de la Organización Mundial de la Salud.-

Sus medidas serán:

- a- Parte cilíndrica: 0.60 metros de diámetro por  
1.00 metros de alto.
- b- Parte cónica : 0.50 metros de alto.  
0.15 metros de diámetro inferior.

El tubo de descarga será de PVC de 2" de diámetro y estará situado a 0.05 metros del borde superior.

## 2.4 Mezclador

Del tipo de canal con pantallas horizontales.

Vena de agua: Aproximadamente 0.08 mts. de altura.

### 2.4.1 Velocidad Lineal:

- a- En cada cubículo.

Ancho: 0.20 metros

Alto : 0.80 metros

Area :  $0.20 \times 0.08 = 0.016$  metros cuadrados.

Gasto: 1.10 Lts./Seg. =  $0.0011$  Mts<sup>3</sup> por segundo.

Velocidad lineal:  $\frac{0.0011 \text{ Mts}^3/\text{Seg.}}{0.016 \text{ Mts Cuadr.}} = 0.0625 \text{ Mts/seg.}$   
(6.25 cm/Seg.)

- b- En cada pasada

Ancho: 0.06 metros.

Alto : 0.08 metros.

Area :  $0.06 \times 0.08 = 0.0048$  metros cuadrados.

Velocidad lineal:  $\frac{0.0011 \text{ Mts}^3/\text{Seg.}}{0.0048 \text{ Mts.cuadr.}} = 0.229 \text{ Mts/seg.}$   
(22.9 cm./seg.)'

2.4.2 Volumen:

Largo : 1.50 metros  
 Ancho : 0.20 metros  
 Alto : 0.08 metros.  
 Volumen :  $1.50 \times 0.20 \times 0.08 = 0.024$  metros cúbicos.

2.4.3 Tiempo de Entremezcla:

$$\frac{0.024 \text{ Mts}^3}{0.0011 \text{ Mts}^3/\text{Seg.}} = 24 \text{ segundos.}$$

2.5 Vertedero

Será del tipo canal de escurrimiento por medio de vertedero en V, compuesto de 7 salidas con abertura a  $90^\circ$  y con una altura de abertura de 2 cms.

La altura de la cuchilla (o sea la placa con los vertederos) será de 12 cms.; 2 cms. enterrado en el concreto; de largo tendrá 1.34 metros.

La selección de 7 vertederos se hace con el objeto de obtener una distribución uniforme del caudal de agua; si se ponen más vertederos disminuirá la cabeza obteniéndose una disminución de la eficiencia de los mismos.

2.5.1 Cálculo de la Carga del Vertedero

$$Q = 1.34 h^{2.47} \text{ (para vertederos sin contracciones) (VI)}$$

Donde Q es caudal en lts./seg. y

h es la carga, en cms.

$$\text{Como tenemos: } 1.1 \text{ Lts./Seg.} \times \frac{1}{7 \text{ vertederos}} =$$

$$0.157 \text{ lts./seg./vertedero .}$$

Reemplazando la fórmula:

$$h^{2.47} = \frac{Q}{1.34} = \frac{0.157}{1.34} = 0.117$$

$$2.47 \ln h = \ln 0.117$$

$$\ln h = \frac{1}{2.47} \ln 0.117$$

$$\ln h = -\frac{2.15}{2.47} = -0.87$$

$$e^{-0.87} = h$$

$$h = 0.42 \text{ cm.} = 4.2 \text{ mm.}$$

El material de la lámina será de asbesto cemento de 1/4".

El grueso de la pared que sostendrá a la lámina con verederos será de espesor del ancho de ladrillo de obra común.

## 2.6 Tanque de Reacción

Será rectangular, de fondo plano, con alimentación de veredero y desahogo por el paso en la parte inferior hacia el tanque de floculación.

La limpieza se hará por sistema de aspiración con boquilla flexible (Flex-A-Vac). El paso al tanque de floculación será de una altura de 5 cms.

Tiempo de retención : 20 minutos.

Volumen : 1,320 Lts. = 1.32 Mts.<sup>3</sup>  
(0.59 x 1.50 x 1.50 Mts.)

$$\begin{aligned} \text{Area de paso} & : 1.5 \times 0.05 = 0.075 \text{ metros cuadrados} \\ \text{Velocidad Lineal: } & 0.0011 \frac{\text{Mts.}^3}{\text{Seg.}} \times \frac{1}{0.075 \text{ Mts.}^2} = \\ & 0.047 \text{ mts./seg.} = 1.47 \text{ cms./seg.} \end{aligned}$$

La pared divisoria con el tanque de floculación será del grosor normal de pared.

## 2.7 Tanque de Floculación

Será rectangular, de fondo plano, con alimentación de escurrimiento por la parte inferior de la pared divisoria con el tanque anterior de reacción.

La limpieza se hará por sistema de aspiración con Flex-A-Vac.

El tiempo de retención será de 2 horas.

Volumen = 7,920 Lts. = 7.92 metros cúbicos.  
(3.52 x 1.50 x 1.50 Mts.).

La pared divisoria con el tanque de agua clarificada será de la acostumbrada y de espesor de ladrillo de obra con afinado.

El desahogo será por escurrimiento por la parte superior de la pared divisoria con el tanque de agua clarificada.

## 2.8 Tanque de Agua Clarificada

Será de forma rectangular, de fondo plano, con alimentación por deslizamiento en la parte superior de la pared divisoria con el tanque anterior de floculación.

La limpieza se hará por sistema de aspiración con Flex-A-Vac.-

Tiempo de retención : 20 minutos.  
 Volumen : 1.320 Lts. = 1.32 Mts.<sup>3</sup>  
 (0.59 x 1.50 x 1.50 Mts.)

La succión se hará por medio de cañería de  $1 \frac{1}{2}$ " de diámetro situada a 20 cms. del fondo del tanque.

De esta sección de la planta se tomará el agua lo más clara posible para ser filtrada en un filtro a presión de lecho profundo, modelo HD-20 marca Culligan y pasará el agua a un tanque de reserva de 50 Mts.<sup>3</sup>.

En este tanque de agua clarificada habrá también un sistema de control de nivel que arrancará la bomba de succión cuando el nivel de agua en el tanque llegue a 1.40 metros del fondo y pasará la bomba cuando baje el nivel a 0.40 metros del fondo.

## 2.9

### Cañerías

#### a- Alimentación planta de tratamiento

Será de PVC de  $1 \frac{1}{2}$ " de diámetro, con una válvula de paso y control ubicada en la casa de bombas.

#### b- Línea de alimentación al tanque de reserva.

Será de PVC de  $1 \frac{1}{2}$ " de diámetro y tendrá un ramal de aspiración adicional en cañería de PVC también de  $1 \frac{1}{2}$ " de diámetro con válvula de corte y fitting de conexión con tapadera para poder conectar el sistema de aspiración de lodos del tanque de sedimentación y de los de reacción y clarificación si los hubiere.

La línea de impulsión tendrá una derivación justo a la salida de las bombas, en cañería de PVC de  $1 \frac{1}{2}$ " de

diámetro con sus válvulas de corte para descargar los lodos a la caja de desagüe ubicada al pie del filtro de lecho profundo. La alimentación al filtro será también en PVC de  $1\frac{1}{2}$ " de diámetro y tendrá sus respectivas válvulas de corte.

El agua de retrolavado del filtro de lecho profundo descargará a una pileta de desagüe ubicada a un lado del filtro, la que tendrá una tubería de desagüe de 3" de diámetro de PVC.

La línea de agua filtrada desde el filtro de lecho profundo hasta la cisterna será en cañería de PVC de  $1\frac{1}{2}$ " de diámetro, debiendo instalarse una válvula de corte justo antes de la salida del filtro.

c- Línea de distribución de agua

Tanto la aspiración como la impulsión del agua desde la cisterna hasta la red de distribución será de cañería de PVC de 3" de diámetro.

El constructor debe de preveer el golpe de ariete en el sistema de cañerías.

2.10 Cisterna (Tanque de Reserva)

Será rectangular, de fondo plano, con techo y tapadera de registro con escalera de acceso, con alimentación por medio de bomba, pasando el agua clarificada a través de un filtro de lecho profundo el que removerá toda turbidez.

Las medidas de la cisterna serán:

$$5.0 \times 4.0 \times 2.50 = 50 \text{ metros cúbicos.}$$

La tubería de entrada será de  $1 \frac{1}{2}$ " de diámetro.

La alimentación a este tanque será por medio de 2 motobombas (una de reserva).

La cañería de salida será de 3" de diámetro de PVC, la cual servirá de distribución a las 100 casas de la urbanización.

### 2.11 Casa de Bombas

Será tipo galera de sistema mixto, con suficiente ventilación con ventanales amplios con vista a la planta para buen control.

En esta casa de bombas se ubicarán los dosificadores de productos químicos para la sedimentación y purificación del agua, las bombas para la filtración como las de impulsión y distribución de agua a la urbanización.

Estará ubicado también el filtro de lecho profundo y el pánel de comando general.

### 2.12 Cálculo del Sistema de Bombeo

La demanda máxima se calcula para 4 horas, (1) o sea -- que teniendo una demanda total de 25,000 galones por día, necesitamos bombas de la siguiente capacidad.

$$25,000 \div 4 = 6,250 \quad \text{galones por hora} =$$

$$104.17 \quad \text{galones por minuto (mínimo).}$$

### 2.13 Sistema de Limpieza de Lodos

Será de operación manual y estará compuesto de una manguera flexible autoflotante (FLEX-A-VAC) de  $1 \frac{1}{2}$ " de diámetro, (2)

- (1) Standard Nacional de El Salvador.  
 (2) Sistema de Limpieza usado en Piscinas.

la que se conectará a una boquilla de aspiración montada sobre ruedas de altura constante y desplazamiento manual, accionada por un maneral telescópico. Este sistema permitirá limpiar el fondo de las 3 secciones de la planta de tratamiento.

## 2.14 Tratamiento Químico

Se dispondrá de un dosificador de cal por medio de arrastre y 2 eléctricos de desplazamiento positivo, uno en servicio dosificando solución de Hipoclorito de Calcio y otro en reserva, ambos de capacidad regulable. Este último puede servir para dosificar una solución ácida si al final es necesario corregir el pH.

Las cantidades de productos químicos a usarse por día son las siguientes:

### 2.14.1 Cal:

La cantidad requerida será de 1.6 gramos por litro de agua = 6.06 gramos por galón.

Volumen de agua a tratar con cal:

$$25,000 \div 6.5 = 3,846.15 \text{ galones.}$$

Cantidad de cal:

$$6.06 \times 3,846.15 = 23,307.67 \text{ gramos.}$$

$$23,307.67 \div 453.59 = 51.38 \text{ libras por día.}$$

### 2.14.2 Hipoclorito de Calcio 70%:

En base a pruebas de laboratorio efectuadas necesitamos dosificar 6 ppm de cloro residual, lo cual significa -- 567.75 gramos de cloro 100% para 25,000 galones de agua a tratar.

Libras de cloro 100% por día =  
 $567.75 \times 453.59 = 1.25$  libras.

Convertido a Hipoclorito de Calcio al 70% =  
 $1.25 \times 1.43 = 1.79$  libras por día (ver cuadro N°4).

2.15 Costo de Productos Químicos:

2.15.1 Cal:

¢ 8.00 las 100 libras =  
 $51.38 \times 0.08 = \text{¢ } 4.11$  por día  
 $\text{¢ } 123.30$  por mes.  
 $= \text{¢ } 1,479.60$  por año.

2.15.2 Hipoclorito de Calcio 70%:

¢300.00 las 100 libras =  
 $1.79 \times 3.00 = \text{¢ } 5.37$  por día.  
 $= \text{¢ } 161.10$  por mes.  
 $= \text{¢ } 1,933.20$  por año.

Costo total  $= \text{¢ } 9,48$  por día.  
 $= \text{¢ } 284.40$  por mes.  
 $= \text{¢ } 3,412.80$  por año.

Costo por metro cúbico = ¢ 0.10

Para control de tratamiento químico se recomienda un -  
 test-kit para determinación de pH, cloro residual, Hie  
 rro y Manganeso.-

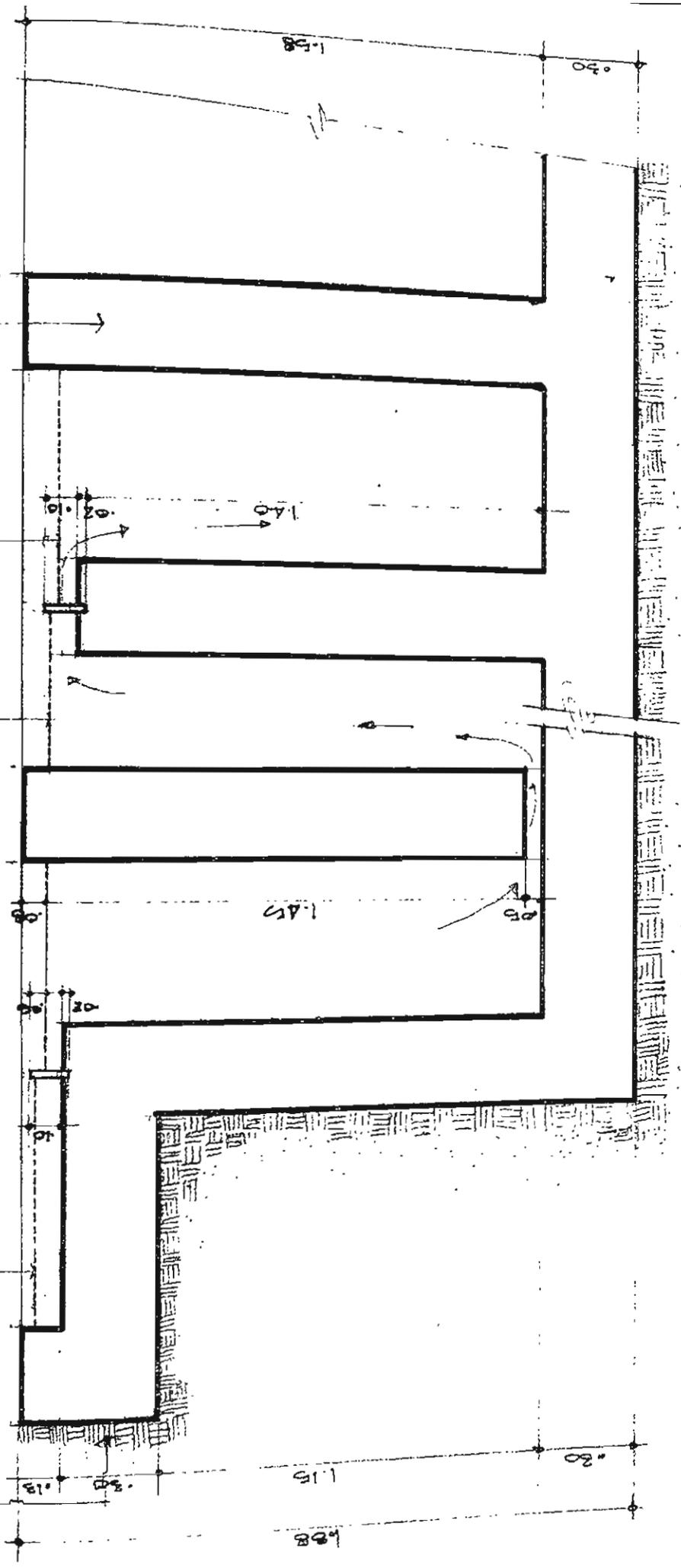


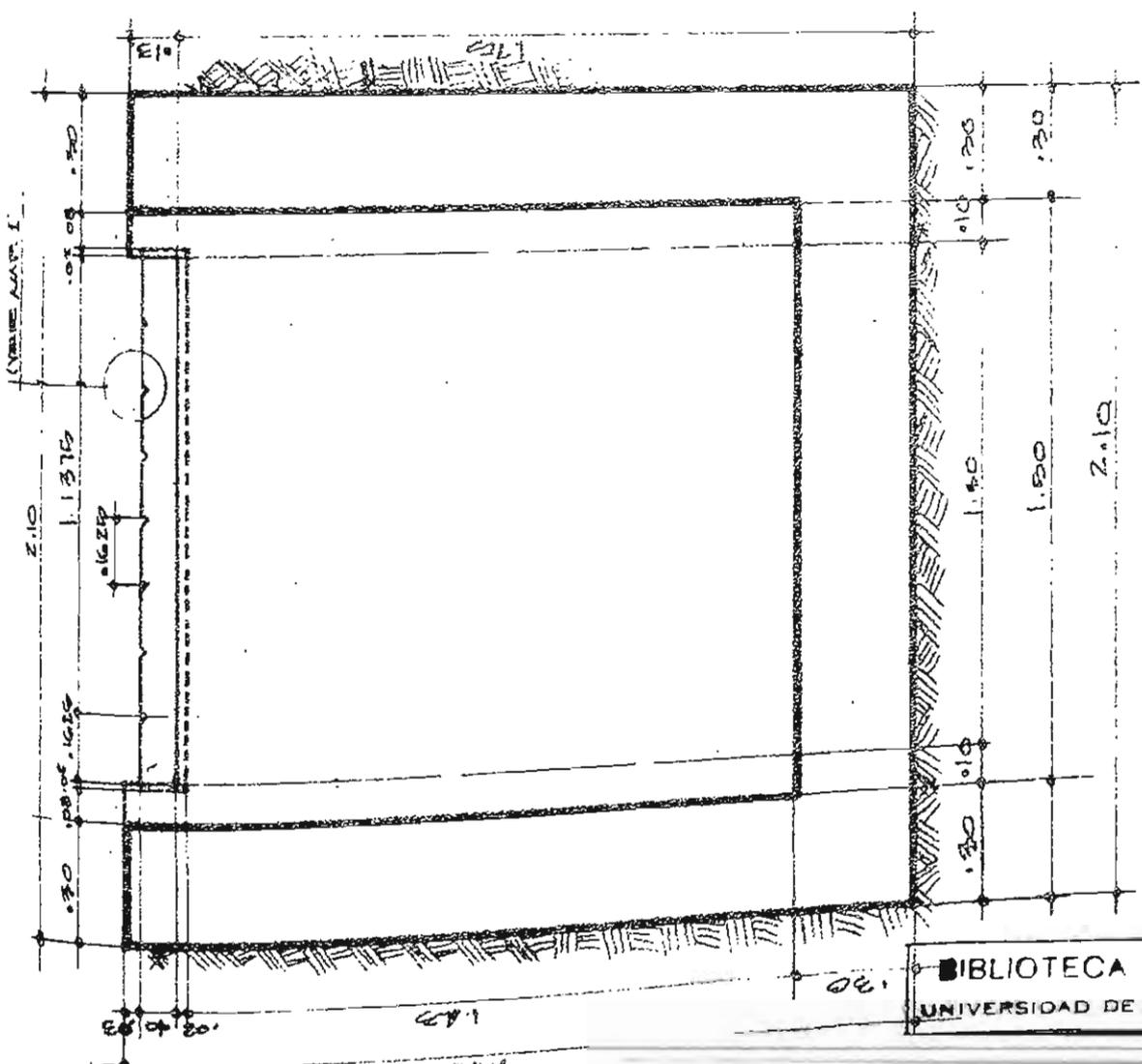
TERRENO NATURAL  
COMPACTADO

EL NIVEL DE AGUA  
APROXIMADAMENTE  
8 CM DE FONDO

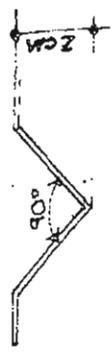
NIVEL DE AGUA

PARED DE MADRILLO  
PEL CALAVERA FUERA  
TO DE TONCERA  
IMPENOR DE 1.30 MTA

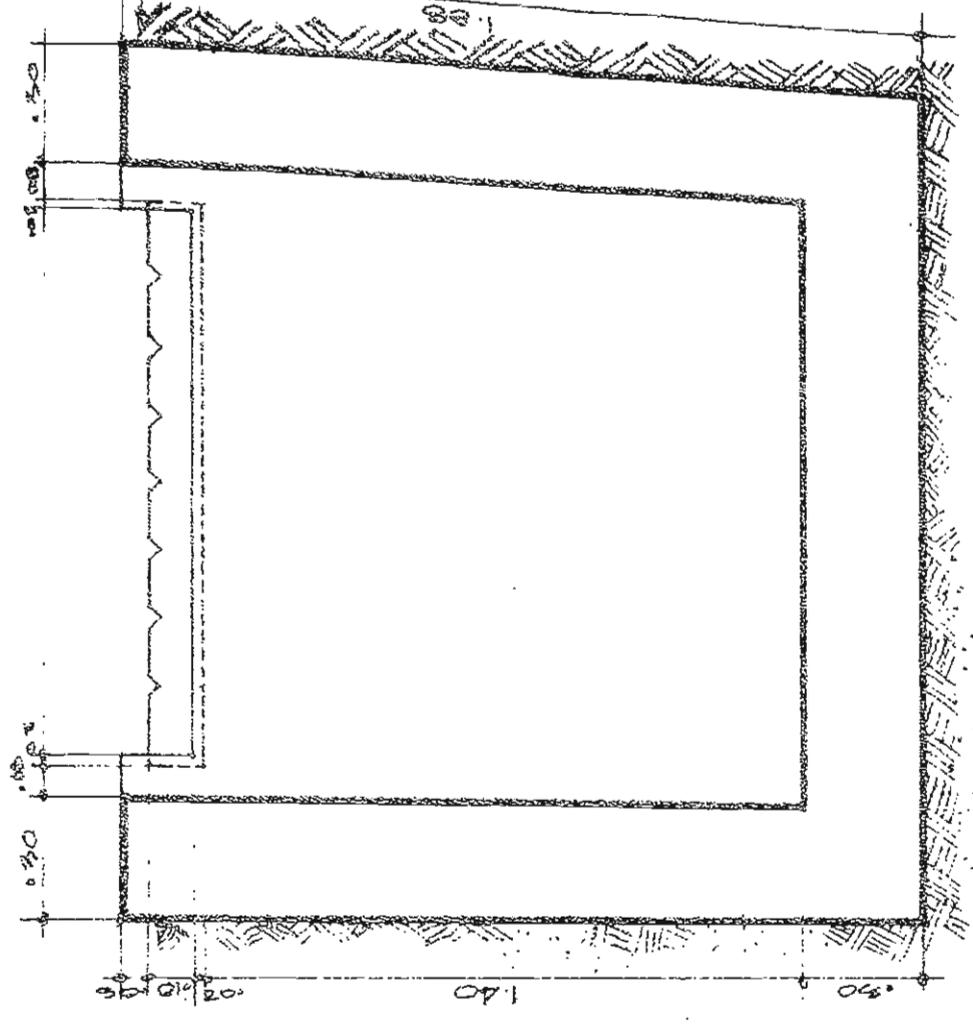




S E C C I O N B . B



AMPLIACION 1  
ESC. 1:2



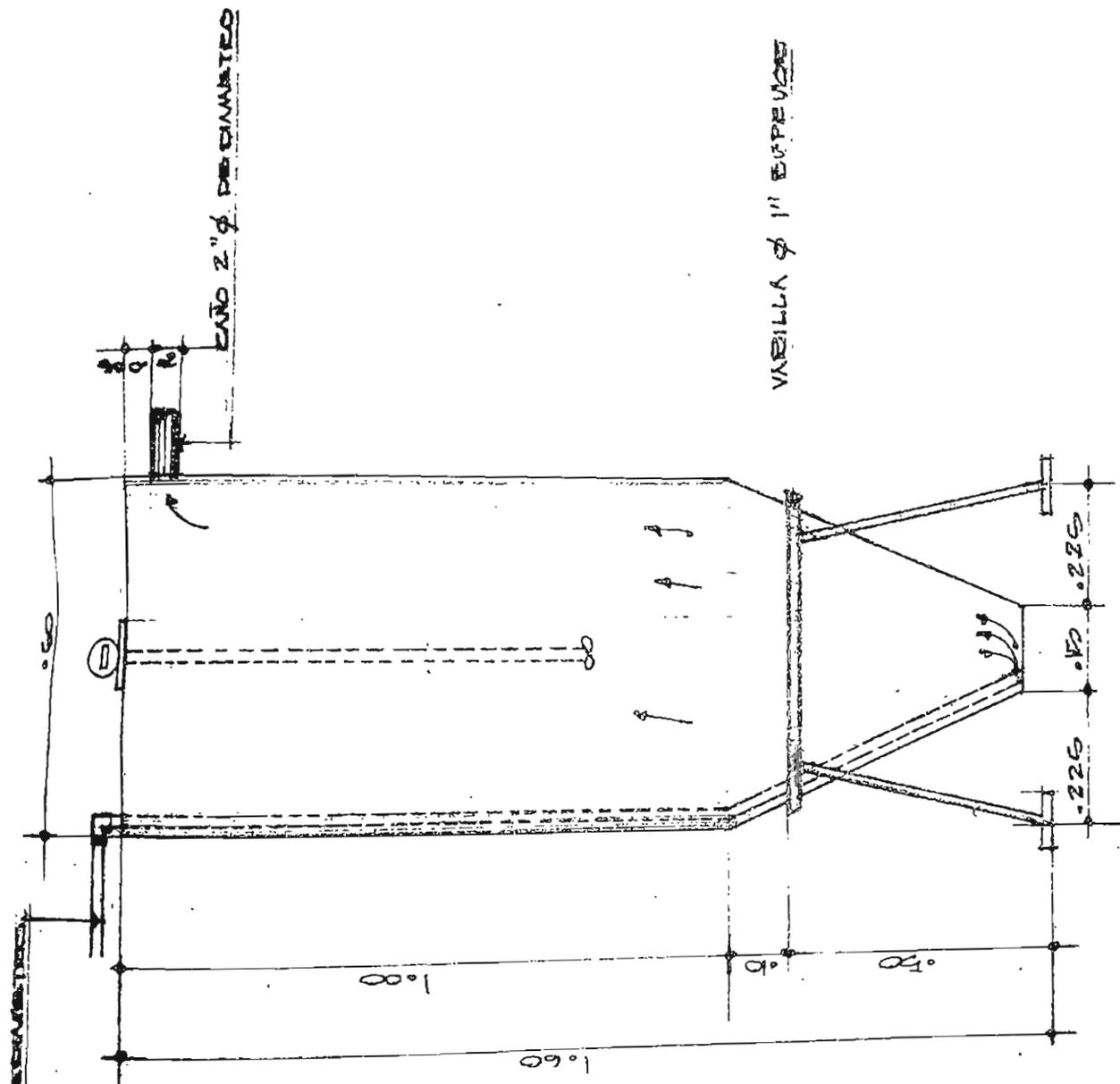
S E C C I O N C . C

BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA SECCIONES B-B Y C-C  
SEMINARIO DE GRADUACION OCTUBRE-1974 - ESC. 1:20





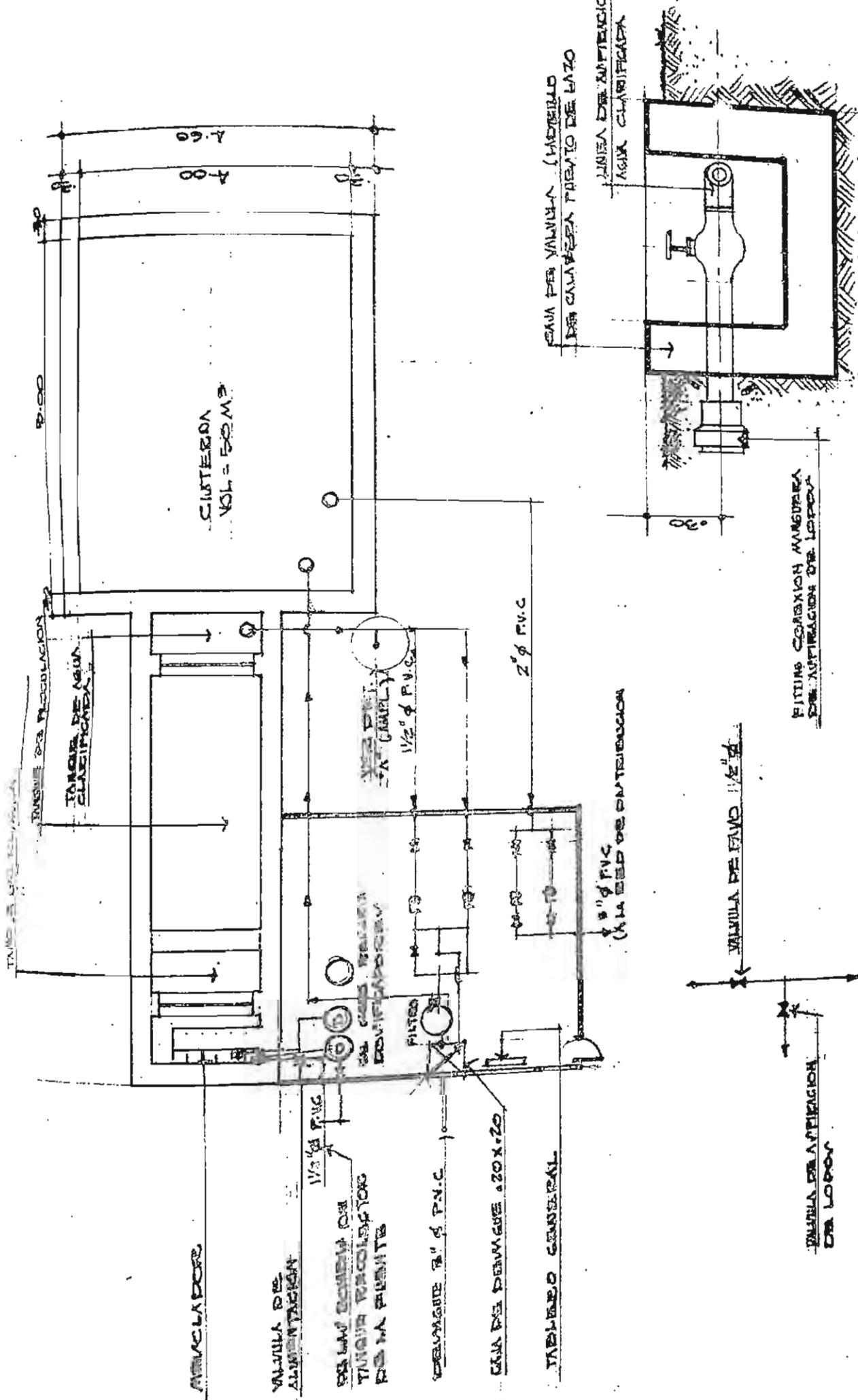


CANO 2" Ø DE DIAMETRO

VARILLA Ø 1" DE DIAMETRO

DOVIFICADOR DE CAL CUE: 11125

DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DOSIFICADOR DE CAL  
 SEMINARIO DE GRADUACION OCTUBRE-1974-ESC. 112.5



SECC.-DET: "A" esc: 1:5

DETALLE "A"

DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PLANTA DE DRENAJES  
 SEMINARIO DE GRADUACION OCTUBRE-1974 ESC.1:80

VII WALLACE & TIERNAN

CHLORINATION CATALOG.

Book N°1.

May, 1963.

VIII JOURNAL OF AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION

OCTOBER, 1973 - Vol. 65 - N° 10.

IX CHEMICAL ENGINEERING

April 15, 1974.

McGraw-Hill Publication.

X TRATAMIENTO DE AGUA PARA LA INDUSTRIA Y OTROS USOS.

Eskel Nordel

Traducción de la 2a. Edición

Compañía Editora Continental , S.A.,

1963.