

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL



**MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
DE IQUITOS**

INFORME DE INGENIERIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO SANITARIO

PRESENTADO POR

ANTONIO ROLANDO ROMERO PAJUELO

PROMOCION 90 - I

LIMA - PERU

1995

AGRADECIMIENTO

A mi Alma Mater, mis padres, hermanos y especialmente a todas aquellas personas que colaboraron en la realización del presente informe.

Así mismo, el reconocimiento a mi esposa por su comprensión.

INTRODUCCION.

CAPITULO 1. METODOLOGIA DE ESTUDIO REALIZADO.

- 1.1. Estudio Preliminar.
- 1.2. Desarrollo de Actividades a Nivel Anteproyecto.
- 1.3. Diseño de Proyecto Definitivo.
- 1.4. Resumen del procedimiento empleado.

CAPITULO 2. ANALISIS SITUACIONAL DEL SISTEMA EXISTENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO DE IQUITOS.

- 2.1. Generalidades.
- 2.2. Situación Actual del Sistema Existente de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado.

CAPITULO 3. DESCRIPCION DEL PROYECTO DE LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE IQUITOS.

- 3.1. Consideraciones Generales.
- 3.2. Parámetros de Diseño.
- 3.3. Estructuras que conforman la Nueva Planta de tratamiento de Agua Potable de Iquitos.
 - 3.3.1. Mezclador.
 - 3.3.2. Sala de Dosificación.

- 3.3.3. Flocculador
- 3.3.4. Canal de Distribución a los Decantadores.
- 3.3.5. Decantadores.
- 3.3.6. Filtros.
- 3.3.7. Sala de Cloración.

CAPITULO 4. CALCULOS DE DISEÑO DE LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE IQUITOS.

- 4.1. Diseño de la Unidad de Mezcla.
 - 4.1.1. Diseño del Canal Rectangular con cambio de Pendiente.
- 4.2. Diseño de la Sala de Dosificación.
 - 4.2.1. Selección del Dosificador a utilizar.
 - 4.2.2. Volumen del tanque de solución del Sulfato de Aluminio.
 - 4.2.3. Area de almacenamiento del coagulante.
 - 4.2.4. Cálculo de Diseño del Difusor.
 - 4.2.5. Volumen del tanque de agua suplementaria.
- 4.3. Diseño de la Unidad de Flocculación.
 - 4.3.1. Diseño del flocculador de placas paralelas de Flujo vertical.
 - 4.3.2. Diseño de pasos en el flocculador.
 - 4.3.3. Canal de Interconexión.
 - 4.3.4. Canal de Distribución a los Decantadores.

4.3.5. Comprobación del grado de desviación en la distribución del caudal.

4.4. Diseño de la Unidad de Decantación.

4.4.1. Canal de distribución del agua flocculada a las placas paralelas.

4.4.2. Diseño de los Decantadores de placas paralelas de Flujo ascendente.

4.4.3. Sistema de recolección del agua decantada.

4.4.4. Zona de lodos por decantador.

4.5. Diseño del Sistema de Filtración.

4.5.1. Diseño del Filtro Rápido de tasa declinante.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

5.2. Recomendaciones.

ANEXOS. **Graficos**
 Esquemas

CUADROS.

INTRODUCCION

INTRODUCCION.

El presente proyecto comprende el diseño de un sistema de filtración completa de 1000 litros/seg. de capacidad, tomando como base la infraestructura existente de la planta convencional, principalmente las tres unidades rectangulares de sedimentación de flujo horizontal.

Tiene como objetivo fundamental el de optimizar la eficiencia de la planta a través de:

- 1.- Adecuar parámetros operacionales y características hidráulicas de los procesos requeridos.
- 2.- Corregir las características de las unidades que producen problemas hidráulicos y afectan la eficiencia de la planta.
- 3.- Satisfacer la capacidad de producción con el fin de cubrir la demanda de agua para la próxima década.

En la concepción del proyecto se utilizó aportes importantes de los ingenieros Luis Di Bernardo, Carlos Richter, Jorge Arboleda y José Pérez Carrión.

Para la Obtención y Determinación final de los parámetros de diseño se utilizó las pruebas de Jarras, realizadas en el laboratorio de Control de Calidad de la Planta de Tratamiento de Agua de Iquitos.

Este estudio ha sido desarrollado con el objeto de mejorar y ampliar la capacidad de producción, asegurando un funcionamiento constante. Los decantadores de placas paralelas, de alta tasa, proporcionaran un caudal de 1000 litros/seg. , por lo que se han proyectado las estructuras restantes para esta misma capacidad. Esta nueva planta abastece las necesidades actuales y rehabilitando la planta patentada existente, se podrá satisfacer la demanda de la ciudad hasta el año 2003.

Este sistema funcionará íntegramente con energía hidráulica, característica importante, teniendo en cuenta que la ciudad de Iquitos padece una seria crisis energética.

Las necesidades de energía de la nueva planta se limitan al funcionamiento de los equipos de cloración y sus respectivas instalaciones complementarias, bombeo de agua filtrada a los tanques de preparación del sulfato, alumbrado interior de la sala de dosificación y cloración y el exterior de la planta.

CAPITULO 1

CAPITULO 1

METODODOLOGIA DE ESTUDIO REALIZADO.

1.1. ESTUDIO PRELIMINAR.

El presente estudio se inició con la obtención de la información histórica de los registros de la empresa que administra el agua potable y el alcantarillado de Iquitos (SEDALORETO), específicamente, del Área de Producción y Control de Calidad en cuanto a los aspectos cualitativos y cuantitativos del agua cruda que se capta del río Nanay y del agua que es tratada en la planta.

Luego, se realiza la respectiva inspección sanitaria de la planta al igual que el resto del sistema existente de abastecimiento de agua potable. Iniciándolo en el edificio de dosificación en el que se encuentra la sala de dosificación para el sistema patentado, el laboratorio de Control de Calidad y los almacenes.

A continuación se comprueba el estado y funcionamiento de las unidades de floculación, sedimentación, la caseta de dosificación del sistema convencional, las unidades compactas de patente americana y francesa, la caseta de bombeo del agua decantada a los filtros, la galería de filtros, la existencia del proceso de desinfección y finalmente, la red de

distribución.

Después de procesar la información obtenida y generada se elabora el respectivo informe situacional de la planta de tratamiento de agua potable de Iquitos.

1.2. DESARROLLO DE ACTIVIDADES A NIVEL ANTEPROYECTO.

Obtenido el diagnóstico situacional de la planta, se procede a determinar los parámetros de diseño con los cuales conseguimos una eficiencia aceptable en el tratamiento del agua. Ello, se logra mediante continuas pruebas de jarras en las que se simulan los procesos de coagulación, floculación y sedimentación de la planta de tratamiento de agua a nivel laboratorio.

Cabe indicar, que para tal fin el gradiente de velocidad debe variar en forma uniformemente decreciente, desde que la masa de agua ingresa al floculador hasta la salida del agua clarificada del decantador.

A continuación se realiza el levantamiento topográfico de las instalaciones de la planta, al igual que las probables áreas disponibles para las futuras ampliaciones.

Se analiza la información generada y se procesa de tal manera que sirva de base para la elaboración de las alternativas de solución en el tratamiento de agua y su eficiencia correspondiente.

Finalmente, se logra presentar tres alternativas, las cuales tienen como objetivo el incremento de la capacidad de producción desde 300 % hasta 500% del caudal actual de

tratamiento. Utilizando para ello, las estructuras existentes de la planta convencional, principalmente las tres unidades de sedimentación de flujo horizontal. (ver Esquemas a partir de la pag.89)

1.3. DISEÑO DEL PROYECTO DEFINITIVO.

Los parámetros hallados son optimizados demostrando su real eficiencia.

Posteriormente, se realiza un estudio detallado de la topografía del terreno, así como de los niveles de la estructuras existentes. Ajustando los cabos sueltos que en el proceso de desarrollo de actividades a nivel anteproyecto se hallan podido dejar.

Luego, se procesa analizando y verificando toda la información generada, recabada y calculada a efecto de elaborar el diseño definitivo del Mejoramiento y Ampliación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Iquitos.

En esta etapa del proyecto, se elaboró los respetivos planos tanto de ubicación general y de estructuras; como de pasarelas y niveles de operación; plano general de la planta y de fondos; planos de corte del mezclador, floculador, sedimentador y filtros, además, de los planos de la sala de dosificación, cloración y finalmente, el perfil hidráulico de la nueva planta de tratamiento.

Por último, con los planos terminados se procedió a realizar los toques definitivos de la memoria descriptiva y se confeccionó el expediente técnico del Proyecto Hidráulico de: Mejoramiento y Ampliación de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Iquitos.

1.4. RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO EMPLEADO.

1.4.1. ESTUDIO PRELIMINAR.

- i) Estudio Histórico de la calidad y cantidad de agua cruda y tratada.
- ii) Inspección de las instalaciones de la Planta.
- iii) Procesamiento y análisis de la información obtenida.
- iv) Presentación del informe situacional.

1.4.2. DESARROLLO DE ACTIVIDADES A NIVEL ANTEPROYECTO.

- i) Determinación de parámetros óptimos y eficiencia a nivel laboratorio.
- ii) Levantamiento Topográfico de las instalaciones de la planta y áreas disponibles para ampliación.
- iii) Procesamiento y análisis de la información obtenida.
- iv) Elaboración y entrega del anteproyecto de Mejoramiento y Ampliación de la Planta.

1.4.3. DISEÑO DEL PROYECTO DEFINITIVO.

- i) Verificación de los parámetros óptimos y eficiencia a nivel laboratorio.
- ii) Estudio detallado de la topografía del terreno y niveles reales de las estructuras existentes.
- iii) Procesamiento y análisis de la información obtenida.

- iv) Diseño del Proyecto definitivo de Mejoramiento y Ampliación de la planta de tratamiento de agua Potable de Iquitos.
- v) Entrega final del Proyecto Hidráulico de la nueva Planta.

CAPITULO 2

CAPITULO 2

ANALISIS SITUACIONAL DEL SISTEMA EXISTENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO DE IQUITOS.

2.1. Generalidades.

El área abastecida por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loreto - SEDALORETO, comprende la ciudad de Iquitos y la antigua villa de Punchana (actual distrito de Punchana).

El distrito de Iquitos, capital de la Provincia de Maynas, tiene una superficie de 5,932.25 Km² equivalente a 4.94 % de su provincia, se ubica a 106 m.s.n.m. y tiene 315,605 habitantes; el distrito de Punchana, de reciente creación, se ubica a 105 m.s.n.m., cuenta con un área de 711.25 Km² y tiene una población de 57,780 habitantes.

El clima de la Región presenta temperaturas extremadamente altas, lluvioso, húmedo y nuboso , con temperaturas que varían entre 25 y 32 grados siendo , la temperatura promedio normal 28 grados centígrados; las lluvias varían de 1,000 á 5,000 mm. de precipitación habiéndose presentado en promedio 2,645.4 mm. en 1,989 y 2,232.6 mm. en 1,990, con velocidades de 0.5 á 0.6 m/s.

Según estudios realizados por SEDALORETO, el suelo de la ciudad de Iquitos presenta una capa superficial formada por tierra vegetal luego, una capa de arcilla rojiza o amarillenta y de arcilla arenosa a continuación, una capa de arena cuarzosa y por último, una capa de arcilla gris compacta y arcilla mezclada con arena fina y láminas intermedias de carbón en formación.

En 1990 la población económicamente activa fue de 193,000 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

2.2. Situación Actual del Sistema Existente de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (Planta Actual).

El servicio de agua potable de la ciudad de Iquitos es administrado por SEDALORETO (Empresa Pública Municipal del Gobierno Local de Maynas). Los planos respectivos de las instalaciones del sistema de agua potable data de 1,949; pero el servicio empezó a funcionar de manera regular a partir del año 1,954 abasteciendo a una población de 47,364 habitantes.

2.2.1. LA CAPTACION.

La captación se ejecuta mediante dos (02) CAISSONS (estructura de concreto armado cilíndrico), hincados en el lecho del Río Nanay, ubicado a 500 m. aguas arriba de la descarga de aguas residuales de la ciudad; sin

embargo, se ubican 1,300 familias por las inmediaciones de la toma.

La captación antigua tiene dos (02) electrobombas de 150 HP y 250 l.p.s. cada uno con una línea de impulsión de 16" de diámetro y aproximadamente 1.3 Kms. de Fierro Fundido.

La captación nueva tiene tres (03) electrobombas, dos (02) de 150 HP y una (01) de 180 HP, las tres con capacidad de 250 l.p.s. cada una, con una línea de impulsión de 30" de diámetro y 1.3 Kms. de longitud.

2.2.2. EL TRATAMIENTO.

Se efectúa mediante un sistema compuesto de dos (02) plantas, una convencional y la otra patentada.

El edificio de control cuenta con tres (03) niveles comunicados por escaleras, un montacargas con acceso frontal, lateral y posterior a la sala de tuberías y de operación. Tiene un primer nivel de almacén general y área administrativa, un segundo nivel donde se ubican el laboratorio, la jefatura de producción, la sala de dosificación de reactivos y el tablero de control; el tercer nivel ocupado por el área administrativa. La caseta de dosificación, la cámara de mezcla con agitación mecánica, el floculador hidráulico de flujo vertical y tres (03) sedimentadores

convencionales que tratan un caudal de 250 l.p.s.

Se complementa con una estación de bombeo de agua sedimentada hacia los filtros con dos (02) electrobombas de 180 l.p.s. cada una.

* SISTEMA CONVENCIONAL: Es el más antiguo, data de 1,949 y consta de las siguientes partes:

- Sistema de Dosificación.

Cuenta con un (01) dosificador de tipo volumétrico de disco giratorio para la aplicación del sulfato de aluminio en seco y un (01) tanque para lechada de cal.

- Mezclador de tipo Mecánico.

- Cámara de Floculación.

De tipo hidráulico de pantallas y de flujo vertical de 26.35 m. de largo, 1.80 m. de ancho y 3.30 m. de alto. Sólo una porción de floculador tiene pantallas.

- Tres (03) Unidades de Decantación Rectangulares.

De flujo horizontal de 25 m. de longitud una capacidad de 62.5 l.p.s. cada uno. La estructura de ingreso no permite distribuir uniformemente el caudal. Tendiendo a concentrarlo en dos (02) orificios ocasionando la formación de espacios muertos.

- **La Estructura de Salida.**

Está constituida por canaletas metálicas de borde dentado; pero desniveladas.

- **Caseta de Bombeo.**

Del agua decantada a los filtros de la planta patentada, cuando el caso así se requiera.

* SISTEMA PATENTADO: Cuenta con las siguientes unidades:

- **Sistema de Dosificación.**

Se emplea el sulfato de aluminio en seco y la cal, los equipos de dosificación son tornillos giratorios.

- **Mezcla Rápida.**

Se realiza en dos (02) retromezcladoras tipo mecánico que operan en paralelo, distribuyéndose cada uno a un clarificador.

- **Clarificadores o Decantadores de Manto de Lodos.**

Tiene dos (02) unidades clarificadoras que se caracterizan por presentar una zona de reacción y una de decantación, los excesos de lodos son arrastrados a un concentrador.

- **Filtros.**

Están compuestos por seis (06) filtros dobles de 8.40 m. x 7.50 m., con lechos dobles de antracita y arena. El personal técnico del Servicio Nacional de Agua Potable y Alcantarillado (SENAPA) ha colaborado en la rehabilitación de dichas unidades que están previstas para recibir agua decantada de la planta patentada y convencional.

- **Laboratorio.**

La planta de tratamiento cuenta con un laboratorio que es a su vez fisico-químico y bacteriológico, el cual falta equipar e implementar.

2.2.3. EL SISTEMA DE DISTRIBUCION.

La Planta de Tratamiento de Agua Potable cuenta con dos (02) reservorios de almacenamiento de agua tratada de 3,860 m³ (reservorio antiguo) y 4,200 m³ (reservorio nuevo); a partir de los cuales se realiza la distribución a la ciudad mediante los siguientes equipos de bombeo:

- Una (01) electrobomba de 350 HP y 250 l.p.s. (distribución antigua).
- Cuatro (04) electrobombas, tres (03) de 300 c.v. y otra de 250 HP con 250 l.p.s.

cada una (distribución nueva).

Las redes de distribución están constituidas por alrededor de 24 Kms. de redes matrices y 70 Kms. de tuberías de relleno que equivalen a 65 % del Área de la ciudad .

Actualmente, SEDALORETO tiene 28,500 conexiones registradas de las cuales pagan con regularidad entre 11,500 y 13,000 usuarios.

Pero, a pesar de los inconvenientes económicos, se ha logrado instalar 22 Kms. de nuevas ampliaciones de tuberías de PVC y mejorar la distribución entre las 5:00 y 9:00 a.m.

Según los últimos datos de SEDALORETO tenemos:

TABLA NO 1:
POBLACION ABASTECIDA.

AGO	POBLACION TOTAL (hab)	POBLAC ABAST. (%)	AGUA PRODUCC l/p.s.	AGUA DISTRIB. (Oferta) l/p.s.	AGUA POR ABASTEC. (Demanda) l/p.s.
1,981	173,629	63.77	500	325	397
1,982	181,472	64.98	500	325	409
1,992	289,500	66.50	683	556	666

Además, cuenta con un Programa de Racionamiento Especial con el objeto de brindar servicio a las zonas llamadas "críticas" como Punchana (zona norte) y Belén (zona alta) los días

lunes, miércoles y viernes a partir de las 5:00 a.m. afectando la zona sur y oeste de la ciudad.

El sistema de alcantarillado consta de 31 % de redes y 69 % de canales abiertos conocidos como "caños", siendo el área total de drenaje de 1,340 Hás.

El 57 % de la descarga se realiza en el Lago Moronacocha y el resto, en nueve (09) puntos de descarga a los ríos Itaya y Amazonas, siendo la mayor descarga la del Emisor Sachachorro que desagua al Río Itaya.

CAPITULO 3

CAPITULO 3

DESCRIPCION DEL PROYECTO DE LA NUEVA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA DE IQUITOS
(FUTURA PLANTA).

3.1 Consideraciones Generales.

Las características de las aguas del río Nanay se han obtenido en base a los registros que tiene el laboratorio de la Planta. De los registros se han tomado los valores promedios mensuales de los parámetros de turbiedad, pH y color del agua cruda (ver anexos).

Además, en el estudio de calidad del agua cruda efectuado, se identificó la presencia de:

- . Hierro total de 0.6 a 1.4 mg/L
- . Hierro disuelto de 0.3 a 0.7 mg/L
- . Hierro en suspensión de 0.3 a 0.7 mg/L
- . Manganeseo = 0.05 mg/L

Por lo tanto, las aguas del río Nanay son:

Coloreadas, características que se incrementa con la turbiedad y en los períodos de crecida; de baja alcalinidad, encontrándose como valor máximo 18 mg/L de CaCO_3 ; el pH fluctúa en el rango ácido durante la mayor parte del año; con relación al contenido bacteriológico la información es muy escasa. Se observa un bajo contenido de bacterias coli fecal y rara vez se presentan picos en el contenido bacterial.

Según el INEI, SENAPA y el boletín "REGIONALIZACION" del Sr. Luis

Tafur (Iquitos-1990), así como del estudio de población efectuado, las proyecciones son las siguientes:

TABLA N^o 2

Proyecciones de Población y Caudales de Abastecimiento

SEGUN	1993		2003	
	Población	Caudal	Población	Caudal
INEI	270,000	---	360,000	---
SENAPA	330,000	---	520,000	---
Estudio efectuado	300,000	1041 lps	450,000	1562 lps

Como se puede apreciar en el Tabla N^o2 el caudal de abastecimiento para 1993 es de alrededor de 1000 lit/s, y dentro de 10 años se necesitarían aproximadamente 1500 lit/s. Por lo tanto el sistema proyectado proporcionará las necesidades actuales, mientras se rehabilita la planta patentada (ya sea bajo las mismas características actuales o transformándolas a un sistema de funcionamiento hidráulico).

3.2. Parámetros de Diseño.

Los parámetros que se utilizan en el diseño fueron determinados por medio de pruebas de jarras realizadas en el laboratorio de control de calidad de la planta de tratamiento de agua de Iquitos.

3.2.1 Parámetros de dosificación.

Se realizaron varias pruebas de jarras con dosis

variables de sulfato de aluminio de 7.5 a 20 ppm. a fin de determinar la dosis óptima: obteniéndose este valor en el rango de 10 - 15 ppm., como se indica en la Curva de Correlación del COLOR APARENTE Vs DOSIS OPTIMA de coagulante (Pagina N° 73).

3.2.2. Parámetros de Floculación.

La selección de éste parámetro se realizó en base al color por ser el parametro de importancia para esta agua. Asi es como basado en los análisis realizados observamos que prevalece el gradiente igual a 70 S-1 y un tiempo de retención de 15 minutos; es a partir de este valor que se realizó la reducción gradual de los gradientes de velocidad comprendidos entre el inicio del floculador y el ingreso a la zona de decantación. Además, en las Paginas N° 80 y 81 se presentan los respectivos gráficos para hallar la curva de correlación del Gradiente Versus Tiempo.

Al respecto, se utilizó un tiempo de 60 seg. para la mezcla rápida y para la mezcla lenta se utilizó los valores presentados en la siguiente pagina.

Gráficos N° 8 y 9

PHo = 5.8	Unid.	La curva elegida es la
To = 22	UNT	representada en el
Co = 60	UC	Gráfico N° 7 E y 7 F

Finalmente, la curva de correlación es igual a :

$$\underline{\underline{G^{1.206} T = 2.053 \times 10^3}} \quad (\text{Gráfico N° 10})$$

	G = 50 S-1	G = 60 S-1	G = 70 S-1
T = 5'	32 UC.	12 UC.	10 UC.
T = 10'	22	8	8
T = 15'	12	4	8
T = 20'	10	2	10

	T=5'	T=10'	T=15'	T=20'
G=50	32 UC.	22 UC.	12 UC.	10 UC.
G=60	12	8	4	2
G=70	10	8	8	10

3.2.3. Parámetro de sedimentación.

De acuerdo a la forma y tipo del decantador, al cuidado en el futuro control de operación, al sulfato de aluminio utilizado como coagulante, etc. se asumió una tasa de decantación aparente igual a 185 m³/m²/d. la cual corresponde a una velocidad de sedimentación de las partículas de 0.027 cm/s.

3.2.4. Parámetro de Filtración.

Considerando el nivel operacional de la planta, se eligió una tasa de filtración conservadora de 200 m³/m²/d para el diseño de los filtros rápidos de tasa declinante.

3.3. Estructuras que conforman la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable de Iquitos.

Las estructuras que componen la nueva planta son:

- 1 unidad de mezcla rápida
- 1 Sala de Dosificación.
- 2 unidades de floculación
- 3 unidades de decantación
- 2 baterías de filtro de tasa declinante y autolavado compuestas de 6 filtros cada una.
- 1 Sala de cloración y almacén respectivo.

3.3.1 Mezclador

Antes de entrar a la unidad de mezcla el agua captada ingresa a una caja de Reunión de 2.00 m. x 2.00 m. x 3.40 m , la cual es controlada por una caja de valvulas de 2.00 m. x 2.00 m. x 2.80 m mediante accesorios de 30 ".

La unidad de mezcla rápida seleccionada es un canal rectangular con cambio de pendiente que tiene 28 grados de inclinación con la horizontal, con un ancho igual a 3mt., funciona como mezclador y medidor de caudal mediante el vertedero de ingreso. El resalto hidráulico que se forma en el cambio de pendiente, produce un gradiente de velocidad de 1336 s^{-1} . En el lugar que se empieza a formar el resalto se coloca una tubería de 3" de diámetro con 66 orificios ^{de} 1/4" distribuyendo la solución de sulfato de aluminio.

3.3.2. Sala de dosificación.

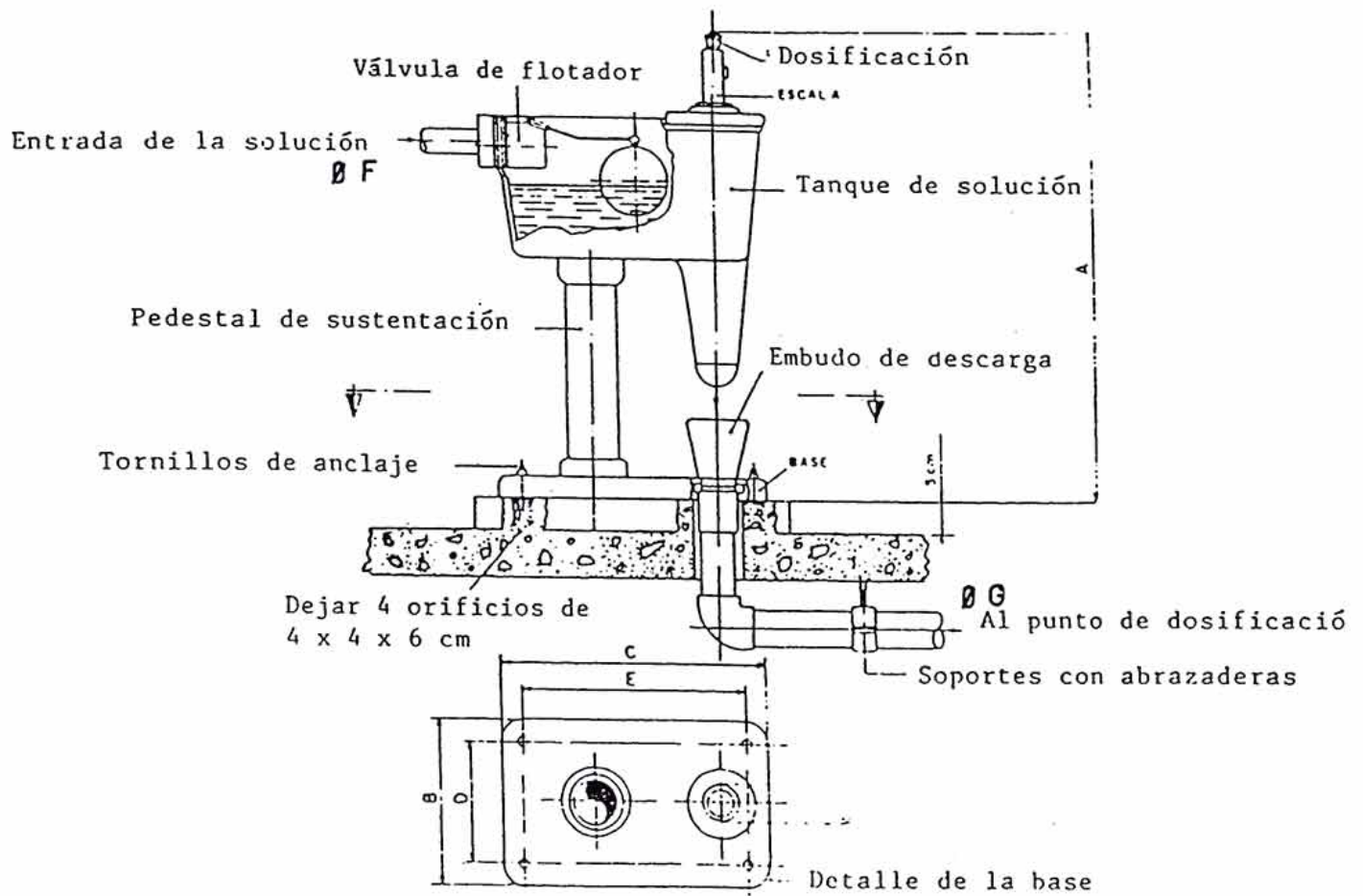
La sala de dosificación estará ubicada al lado de la unidad de mezcla rápida, constará de tres dosificadores tipo orificio, de nivel constante y tres tanques para preparación de la solución de las sustancias químicas, provisto cada uno de un agitador vertical del tipo turbina.

El sulfato de aluminio se aplicará en el inicio del resalto hidráulico. La lechada de cal después de la aplicación del cloro, en el punto de salida hacia el reservorio, por lo que los tanques de preparación de la lechada de cal se ubicarán contiguos al punto de aplicación.

Las dimensiones de cada uno de los tanques son: 1.90 m. x 1.90 m. y 1.00 m. de altura útil, para el caso de los tanques de sulfato de alúmina estos fueron diseñados para preparar una solución al 10 %, la dilución al 1 % se efectuará a la entrada del difusor en la unidad de mezcla rápida, mediante la aplicación de 1.125 l/s de agua filtrada. (ver Esquema N° 1A y 1B)

El tamaño de los dosificadores se eligió en base al estudio efectuado, el cual corresponde al tamaño N° 2 de la tabla que acompaña la Figura N° 1, cuya capacidad es de 0 - 1000 l/hr.

El almacenamiento de las bolsas de sulfato de aluminio y cal a utilizarse en el día, se ubicarán en el mezzanine frente a los tanques de preparación, y sobre tarimas de madera. El resto de las bolsas de sustancias químicas serán almacenadas en el almacén



Dimensiones (mm.)

Tamaño	Capacidad (LTS/H)	A	B	C	D	E	Ø F	Ø G
1	0-400	760	200	400	140	340	3/4"	1 1/2"
2	0-1000	760	200	400	140	340	1"	1 1/2"
3	0-2500	880	310	530	250	470	1 1/2"	2"
4	0-4000	880	310	530	250	470	2"	2 1/2"

Figura 1
DOSIFICADOR POR GRAVEDAD DE ORIFICIO DE CARGA CONSTANTE

general existente en la planta, de donde serán trasladadas a la sala de dosificación por medio de carretillas.

3.3.3. Floculador.

Las unidades de floculación proyectadas son del tipo de pantallas de flujo vertical, divididas en cinco tramos con gradientes decrecientes en el sentido del flujo que varían entre 70 y 30 S^{-1} , siendo el tiempo total de retención de 15 minutos. Las pantallas son de madera, con un espesor de 1.5".

El primer tramo se diseñó con una gradiente de velocidad de 71.9 1/s, tiempo de retención 2.06 minutos, consta de ocho compartimientos de 0.767 m. de ancho y 2.30 m. de largo, y la pérdida de carga en el tramo es de 0.051 m. Los pasos entre los canales tienen 1.15 m. de alto y 2.30 m. de ancho.

El segundo tramo se diseñó con gradiente de 53.6 , tiempo de retención de 2.51 minutos, consta de 8 compartimientos de 0.767 m. de ancho y 2.80 m de largo y la pérdida de carga en el tramo es de 0.035 m . Los pasos entre los canales tienen 1.15 m de alto y 2.80 m. de ancho.

El tercer tramo con gradiente de velocidad igual a 44.9 s^{-1} tiempo de retención de 2.82 m., consta de 8 compartimientos de 0.767 m de ancho y 3.15 de largo y tiene una pérdida de carga de 0.0227 m. Los pasos entre canales tiene 1.15 m. de alto y 3.15 m. de ancho.

El cuarto tramo se diseñó con un gradiente de velocidad de 29.7 s^{-1} , tiempo de retención de 3.72 min., consta de 8 compartimientos de 0.767 m. de ancho por 4.15 m. de largo y una pérdida de carga de 0.016 m. Los pasos entre canales tienen 1.15 m. de alto por 4.15 de ancho.

El quinto tramo se diseñó con un gradiente de velocidad igual a 26.3 s^{-1} , tiempo de retención de 4.03 minutos, 8 canales de 0.767m de ancho por 4.50 de m largo y una pérdida de carga igual a 0.013 m. Los pasos entre los canales tienen 1.15 m. de alto por 4.50 m. de ancho

Como se puede notar, todos los compartimientos tienen el mismo ancho = 0.767m. y los pasos el mismo alto = 1.15m. lo cual facilita la colocación de las pantallas.

3.3.4. Canal de distribución a los decantadores.

Este canal tiene la función de distribuir el caudal en forma equitativa a los tres decantadores, de tal modo que cada uno reciba 333 l/s de agua floculada, cuidando además de que el flóculo no sufra el efecto de fuertes cambios de gradientes de velocidad.

Para cumplir con este objetivo se ha diseñado un canal de sección variable, de manera que al ir distribuyendo a los decantadores, la sección va disminuyendo, manteniendo la velocidad constante, con lo cual se ha conseguido una desviación del caudal entregado de 3.6% entre el primer y último decantador.

El canal tiene una altura constante de 3.85 m., el ancho inicial es de 4.50m. y el final de 2.00m. y un borde libre de 0.30 m .

El ingreso al canal central de distribución en cada decantador se realiza por medio de una compuerta de 1.50m. por 1.70m² a cuyo paso se produce un gradiente de velocidad de 16-1 s⁻¹.

3.3.5. Decantadores.

Se diseñaron tres unidades de decantación de alta tasa con flujo laminar ascendente a través de placas paralelas inclinadas 60 grados con la horizontal, teniendo en cuenta las dimensiones de las tres estructuras de sedimentación existentes.

Dispositivos de entrada y salida.

El ingreso de agua floculada a cada unidad y la recolección del agua decantada, se efectuará mediante un canal central de dos niveles. El canal inferior distribuye el agua floculada y el superior recoge el agua decantada.

Este canal tiene una longitud de 28.10 m.y un ancho constante 1.70m.. El agua floculada se distribuye uniformemente a través de orificios en ambos lados del canal inferior. Para cumplir con esta función se ha diseñado el canal con alturas variables desde 2.20 m al inicio y 0,50 m. al final, consiguiéndose una

desviación de caudal entre el primer y último orificio de 5.3%.

Se han considerado 73 orificios de 6" de diámetro a cada lado del canal, espaciados a 0.38 m centro a centro y 0.37 m. de los extremos. El gradiente de velocidad que se produce en cada orificio es de 15.0 m^2/s^2 . En la parte superior de éste canal se ha ubicado el canal de agua decantada. Debido a las características del canal inferior, la sección de éste canal también es variable.

La recolección del agua decantada se efectuará mediante 24 tubos de 6" de diámetro y 3 m. de largo, espaciados 1.18 m. con 18 perforaciones de 3/4" distanciados 0.17 m. c/c cada uno, y ubicados a 1.00 m. de altura sobre las placas a cada lado del canal central, con lo cual la tasa de recolección es aceptable.

Zona de decantación laminar.

Cada decantador tiene dos zonas de decantación formadas por placas de 3m. de longitud por 1,20 m de ancho y 6 mm de espesor.

Las zonas de decantación tienen 3 m. de ancho y 28.30m de largo cada una y están constituidas por 870 placas inclinadas 60 grados con respecto a la horizontal y con una distancia normal de separación entre placas 6.5 cm.

Las zonas de decantación ubicadas a ambos lados del canal central, van a tener una altura de agua sobre

las placas de 1.00 m.. El sistema de montaje de las placas consiste en un perfil de aluminio en el extremo superior de las placas, con ranuras cada 0.063 m. para sostenerlas y vigas de hormigón en los extremos inferiores y punto medio, con ranuras para apoyar las placas.

Zona de lodos.

La zona de lodos está constituida por una tolva ubicada a todo lo largo de la longitud del decantador, en forma de tronco de pirámide. Las descargas se efectuarán cada 4 horas mediante un canal colector de sección transversal de 0.30 x 0.30.m. la parte superior de éste, tendrá pequeñas losas de 0.20 x 0.40 m. x 0.05m. con orificios de 2" de diámetro espaciados cada 0.60 m.c/c. (ver Esquema N° 2)

Este canal descarga a una tubería de drenaje de 12", las tolvas tienen capacidad para almacenar un poco mas de la producción diaria de lodos.

3.3.6. Filtros.

Las unidades de filtración están ubicadas en dos bacterías de 6 filtros cada una con una tasa de filtración de 200 m³/m²/d, cada unidad tiene un área útil de 7.20m. de largo por 5 metros de ancho y una altura total de 4.11 m. el falso fondo tiene 0.50 m. de altura. El drenaje está conformado por viguetas prefabricadas de 7.20 m de largo con sección triangular de 0.30 m en la base y 0.255 m. de alto con

orificio de 1/2" de diámetro espaciados a 0.10 m centro a centro a ambos lados de la vigueta, lo que hace un total de 144 orificios por vigueta.

La capa soporte tendrá la siguiente distribución:

CAPAS	ALTURA (Cm.)	TAMANO (Pulg.)
1	7	1/8" - 1/2"
2	7	1/2" - 3/4"
3	7	3/4" - 1 1/2"
4	9	1 1/2" - 2"
5	10	2" - 2 1/2"
TOTAL	40	

El lecho filtrante está constituido por dos medios filtrantes: arena y antracita, cuyas características son las siguientes :

	Arena seleccionada	Antracita seleccionada
Espesor	0.30 m	0.50
Diámetro efectivo	0.56 mm	0.84
Diámetro mínimo	0.42 mm	0.71
Diámetro máximo	1.41 mm	2.00
Coefficiente de uniformidad	1.5	1.5
Porosidad	0.42	0.47

El agua decantada es conducida a los filtros a través de un canal de ingreso de 1.00 m de ancho por 1.00 m. de altura y distribuyéndose mediante dos vertederos rectangulares a cada batería de filtros en un canal de 1.00 m. de ancho y provistos de compuertas manuales de igual ancho. Cada batería de filtro a su vez, tiene un canal común de distribución a las unidades mediante válvulas mariposa de 16" de diámetro que permite controlar el ingreso de agua decantada a cada filtro, éstas descargan en un canal central de 0.70 m de ancho por 7.20 m de largo que distribuye el agua decantada sobre la superficie del filtro.

Los filtros son de flujo descendentes, el agua filtrada de cada unidad pasa a un canal de aislamiento de 1.00 m. de ancho por 6.00 m. de longitud, y luego a un canal de interconexión por medio de un orificio de 0.70 m.x 0.70 m controlado por una compuerta. Al final del canal de interconexión hay un vertedero rectangular que permite controlar el nivel de agua a la salida de cada batería. Después del vertedero, se ha instalado un difusor de cloro aprovechando la caída del agua.

Finalmente, las aguas filtradas se reúnen en un canal de 1.00 m. de ancho y 21.50 de longitud, el cual sirve de cámara de contacto de donde salen hacia los reservorios.

Cada uno de los filtros se lava con el agua que producen los demás filtros de la batería, el agua del lavado se descarga a una canaleta de 0.70 m.x 7.20 m

controlandose la salida por medio de una válvula de mariposa de 24" y descargando en el canal de recolección de agua de lavado de 3.40 m de ancho. Cada filtro tiene en el fondo una válvula de compuerta de 8" de diámetro que permite desaguar completamente la unidad.

3.3.7. Sala de Cloración.

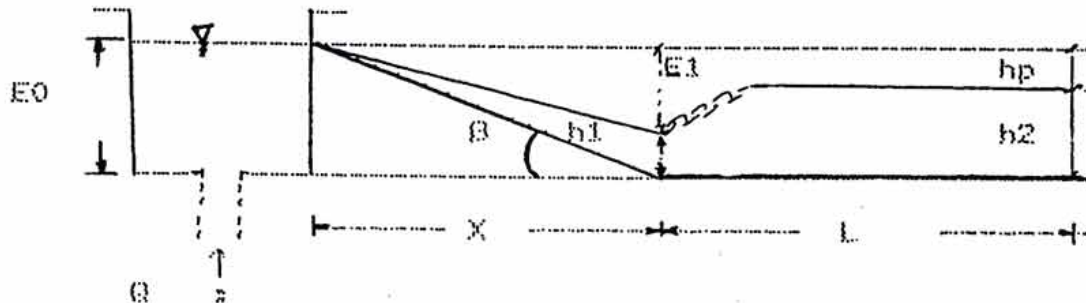
Se ha ubicado contigua a la salida de los filtros de la futura planta y la antigua. Se ha previsto una capacidad para desinfectar de 1.5 m³/s. necesitándose aplicar 390 Kg/d. de cloro (es decir, 3.0 mg/lit).

Idealmente, esto podría hacerse con cuatro (4) equipos de 130 Kg/d. , uno para aplicar a la salida de la planta antigua (Patentada), dos (2) para la futura planta y uno (1) alternativo para emergencia.

Los cuatro cloradores podrían ubicarse en una caseta de 2 x 7 m., contigua al almacén de cilindros de 2000 lbs. c/u, en el cual se mantendrán doce (12) llenos de reserva para un mes, tres (3) en uso con sus respectivas balanzas interconectadas con los cuatro (4) dosificadores de cloro de aplicación al vacío y tres (3) cilindros vacíos en viaje de reposición. Es decir, se necesitarán 18 envases en total. Las dimensiones del almacén será de 7 x 12 m. Cercano al almacén y a la caseta de cloración se ubicaran los sistemas de seguridad y las máscaras de protección para que el personal pueda atender una fuga sin poner en riesgo su salud.

CAPITULO 4

CAÑAL RECTANGULAR CON CAMBIO DE PENDIENTE
(Mezclador)



Datos :

$$Q = 1.00 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$E_0 = .80 \text{ m.}$$

$$X = 1.50 \text{ m.}$$

Tomando $B = 3.00 \text{ m.}$ y Número de Froude : $F_1 = 5.0$
El caudal por unidad de ancho será :

$$Q_1 = Q / B \quad , \quad Q_1 = .33 \text{ m}^3/\text{s/m}$$

$$h_1 = Q_1 / V_1 \quad \text{Siendo :}$$

$$V_1 = 2 * \sqrt{2 * g * E_0 / 3} * \cos \pi / 3$$

$$\cos \pi = -g * Q_1 / (2 * g * E_0 / 3)^{3/2}$$

$$\pi = \arccos (-g * Q_1 / (2 * g * E_0 / 3)^{3/2})$$

$$\pi = 105 \text{ } \underline{\text{ o }} \text{ } 51' \text{ } 26'' \quad , \quad V_1 = 3.73 \text{ m/s} \quad , \quad h_1 = .089 \text{ m.}$$

Luego : $\beta =$ Pendiente del plano inclinado

$$\beta = \arctan (E_0 / X) \quad \beta = 28 \text{ } \underline{\text{ o }}$$

$$h_2 = h_1 * (\sqrt{1 + 8 * F_1^2} - 1) / 2 \quad , \quad h_2 = .59 \text{ m}$$

$$V_2 = Q_1 / h_2 \quad , \quad V_2 = .57 \text{ m/s}$$

La longitud del resalto será :

$$L = 6 * (h_2 - h_1) \quad , \quad L = 2.99 \text{ m.}$$

La pérdida es :

$$h_p = E_0 - h_2 \quad , \quad h_p = .21 \text{ m}$$

El tiempo de Mezcla es :

$$T = 2 * L / (V_1 + V_2) \quad , \quad T = 1.39 \text{ Seg.}$$

La gradiente será :

$$G = \sqrt{J * h_p / (u * T)} \quad G = 1336 \text{ S}^{-1}$$

SALA DE DOSIFICACION

Tenemos un caudal a tratar igual a :

$$Q = 1.00 \text{ m}^3/\text{s} = 3600 \text{ m}^3/\text{hora} = 1000 \text{ lit/s}$$

Las respectivas dosis de coagulante a utilizar son :

Dosis Mínima : D1 = 10 mg/lit

Dosis Máxima : D2 = 25 mg/lit

Dosis Promedio : Dp = 12.5 mg/lit

La concentración de la solución a utilizar es :

$$Cs = 10 \%$$

Luego :

El Peso Mínimo de coagulante será :

$$P1 = Q \times D1 / 1000$$

$$P1 = 36 \text{ Kg/hora}$$

El caudal Mínimo es :

$$q1 = P1 \times 100 / Cs \quad , \quad q1 = 360 \text{ Lit/hora}$$

El Peso Máximo de Coagulante :

$$P2 = Q \times D2 / 1000$$

$$P2 = 90 \text{ Kg/hora}$$

El caudal Máximo es :

$$q2 = P2 \times 100 / Cs \quad , \quad q2 = 900 \text{ Lit/hora}$$

Por lo tanto :

El rango necesario es de 360 a 900 Lit/hora .

Luego, se elige el DOSIFICADOR de Orificio con nivel Constante Tipo 2 según la Fig. de la pagina N° 29

Es decir :

El dosificador a emplear tiene un rango de trabajo de 0 - 1000 lit
hr.

Volumen del Tanque de Solución :

Utilizando la dosis promedio hallado en el laboratorio :

Dp = 12.5 mg /lit , tendremos :

$$Pp = Q \times Dp / 1000$$

$$Pp = 45 \text{ Kg /hora}$$

El caudal de coagulante será :

$$qs = Pp \times 100 / Cs$$

$$qs = 450 \text{ Lit/hora}$$

$$qs = 0.125 \text{ Lit/seg.}$$

$$\text{Vol} = Pp \times T \times 100 / (1000 \times Cs)$$

$$\text{Vol} = 45 \text{ Kg/hora} \times 8 \text{ Horas/turno} \times 100 / (1000 \times 10)$$

$$\text{Vol} = 3.6 \text{ m}^3$$

Por lo tanto :

$$a = b = 1.90 \text{ mt.}$$

$$b \text{ util} = 1.00 \text{ mt.}$$

Peso del coagulante a necesitar :

$$G = 1000 \text{ Lit/seg}$$

$$Dp = 12.5 \text{ mg/lit}$$

$$\text{Peso} = G \times Dp \times 86400 / 10^6 \quad , \quad \text{Peso} = 1080 \text{ Kg / dia}$$

Luego:

Si cada bolsa pesa 50 Kg y sus dimensiones son : 0.80mt. x 0.50 m
Tendremos :

El número de bolsas igual a :

$$1080 / 50 = 22 \text{ Bolsas}$$

Cada Rama tendrá :

$$3.00 \times 1.30 = 3.90 \text{ m}^2$$

$$9 \times 11 = 99 \text{ bolsas / rama}$$

El área total para un caudal igual a 1.50 m³/s y un almacenamiento de 3 meses será : (Q1 = 1500 lps)

$$\text{Peso total} = 01 \times Dp \times 864000 / 10^6 \quad , \quad \text{Peso Total} = 1420 \text{ Kg/día}$$

$$\text{Peso} = 1420 \times 90 \quad , \quad \text{Peso} = 145800 \text{ Kg / 3 meses}$$

Número total de bolsas de sulfato de aluminio :

$$145800 / 50 = 2916 \text{ bolsas / 3 meses}$$

$$\text{Luego :} \quad 2916 / 99 = 30 \text{ ramas (aproximadamente)}$$

$$\text{Área total Neta :} \quad 30 \times 3.90 = 117.00 \text{ m}^2.$$

$$\text{Área con pasillos :} \quad A = 1.25 \times 117.00 = 146.25 \text{ m}^2$$

Calculo del Difusor :

Diámetro en la salida del dosificador :

$$D = 1 \frac{1}{2} " = 0.038 \text{ mt.}$$

El caudal calculado para el dosificador es : $q_s = 0.125 \text{ lps}$ a 10% de concentración. Pero, la solución que distribuye el difusor debe tener 1%. Entonces, el caudal de coagulación será :

$$Q \times 1 \% = q_s \times 10 \% \quad , \quad Q = q_s \times 10 / 1$$

$$Q = 1.25 \text{ lps}$$

Q: Caudal que pasa por la tubería que nos sirve de difusor.

Elegimos una tubería de 3 " (0.076 mt.) de diámetro .

$$De : \quad n \quad A_L / A_c = 0.50 \quad (1)$$

Siendo : A_c = Área de la tubería que sirve de difusor.

A_L = Área de los orificios en la tubería.

Tomando orificios de $1/4 "$:

$$A_L = 3.17 \times 10^{-5} \text{ m}^2.$$

$$A_c = 4.56 \times 10^{-3} \text{ m}^2.$$

Aplicando la expresión (1) :

$$n = 0.50 \times A_c / A_L \quad , \quad n = 71 \text{ orificios}$$

Luego :

Empleando 66 orificios de $1/4 "$ de diámetro , tendremos :

$$n \times A_L / A_c = 0.46 \quad (\text{ ver Cuadro N}^\circ 1)$$

El espaciamiento será :

$$3.00 / 66 = .045 \text{ mt.} = 4.5 \text{ cm}$$

Tanque de agua suplementaria :

* Caudal de dilución :

$$q_d = Q - q_s \quad , \quad q_d = 1.125 \text{ lps.}$$

* El volumen de dilución será :

$$Vol = q_d \times Q \times 3600 / 1000$$

$$Vol = 32.40 \text{ m}^3$$

* Dimensiones del tanque :

$$a = b = 4.00 \text{ mt.}$$

$$h \text{ útil} = 2.05 \text{ mt.}$$

FLOCULADOR DE PLACAS PARALELAS DE FLUJO VERTICAL

CAUDAL POR FLOCULADOR: $Q = .50 \text{ m}^3/\text{s} = 30.00 \text{ m}^3/\text{MIN.}$
 DIMENSIONES : $H = 4.20 \text{ m. } E = 6.40 \text{ m. } L = 16.90 \text{ m.}$
 VOLUMEN : $Vol = 4.20 * 6.40 * 16.90 = 454.27 \text{ m}^3$
 TIEMPO DE RETENCIÓN : $t = Vol / Q = 15.14 \text{ Minutos}$

EJEMPLO : Para el Tramo # 1

$Q = .50 \text{ m}^3 / \text{s}$ $H = 4.20 \text{ mt.}$
 $e = 0.038 \text{ mt.}$ $L = 16.90 \text{ mt.}$
 $G = 70 \text{ s}^{-1}$

Aplicando el procedimiento del manual del CEPIS
 para un ancho igual : $b = 2.30 \text{ m.}$

$t = Vol / (Q * 60)$, $t = H * b * L / (Q * 60)$

Tiempo de retención será igual a : $t = 2.06 \text{ Minutos}$

El Número de compartimentos es :

$$n = .045 * \sqrt[3]{(b * L * G / Q)^{2 * t}}$$

$n = 9.27$, utilizando $n = 8$ compartimentos obtendremos como
 resultado que el espaciamiento en Pantallas sea igual a :

$$a = (L - e * (n - 1)) / n \quad , \quad a = 0.767 \text{ m.}$$

La velocidad en los canales será : $V1 = Q / (b * a)$
 y en los pasajes igual a : $V2 = 2 * V1 / 3$

$$V1 = .284 \text{ m/s} \quad , \quad V2 = .189 \text{ m/s}$$

La altura de los pasos : $h = Q / (V2 * b)$, $h = 1.15 \text{ m.}$

Radio Hidráulico : $R = a * b / (2 * (a + b))$, $R = .288 \text{ m.}$

Gradiente en los canales : $G = 32 * R^{.70} * V1^{1.5}$
 $G = 11.56 \text{ s}^{-1}$

Perdida será : $hf = ((n + 1) * V1^2 + n * V2^2) / (2 * g)$, $hf = .051 \text{ m.}$

El volumen será : $Vol = H * b * (L - e * (n - 1))$, $Vol = 59.25 \text{ m}^3$

Finalmente la gradiente en el Tramo # 1 es :

$$G = 3451 * \sqrt[3]{Q * hf / Vol} \quad , \quad G = 71.9 \text{ s}^{-1}$$

En la pagina N° 98 , se presentan los resultados de todos los tramos

DISEÑO DE PASOS EN LOS FLOCULADORES

Empleamos para las Iteraciones la Siguiete Expresion :

$$G = 32 * R ^{-.70} * V ^{1.5}$$

INGRESO AL FLOCULADOR

$$Q = .50 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b_1 = 2.30$$

$$G = 70 \text{ S}^{-1}$$

$$V = Q / (b_1 * h)$$

Iterando :

$$h = .26 \text{ mt.}$$

$$G = 72.4 \text{ S}^{-1}$$

PASO 1

$$Q = .50 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b = 0.767$$

$$G = 60 \text{ S}^{-1}$$

Iterando :

$$h = .75 \text{ mt.}$$

$$G = 67.7 \text{ S}^{-1}$$

PASO 2

$$Q = .50 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b = 0.767$$

$$G = 50 \text{ S}^{-1}$$

Iterando :

$$H = .87 \text{ MT.}$$

$$G = 52.4 \text{ S}^{-1}$$

PASO 3

$$Q = .50 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b = 0.767$$

$$G = 40 \text{ S}^{-1}$$

Iterando :

$$h = .95 \text{ mt.}$$

$$G = 45.0 \text{ S}^{-1}$$

PASO 4

Q = .50 m³/s
b = 0.767
G = 30 S-1

Iterando :

h = 1.20 mt. G = 30.4 S-1

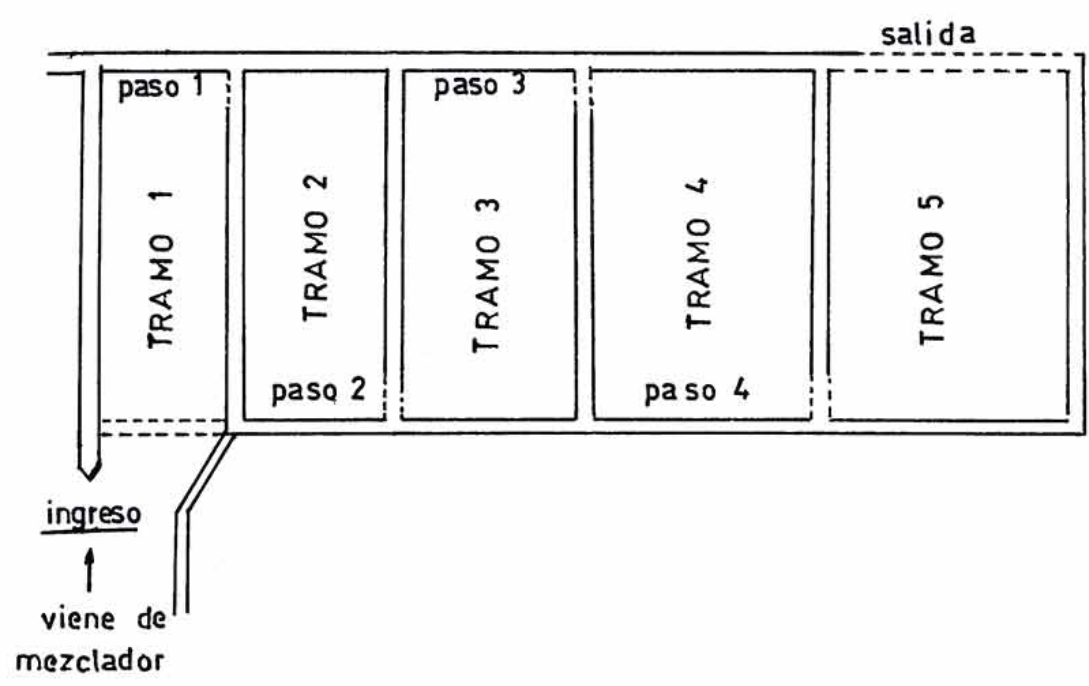
SALIDA DEL FLOCULADOR

Q = .50 m³/s
b = 4.50 m.
G = 30 S-1

Iterando :

h = .26 mt. G = 24.8 S-1

FLOCULADOR Y SUS PASOS



CANAL DE INTERCONEXION

(Floculador 1 al canal de distribución a Decantadores)

$$Q = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b = 1.00 \text{ m.}$$

$$V = Q / (b \cdot h)$$

$$L = 32 \text{ m}$$

$$n = 0.013$$



$$Q = 32 * R^{-.7} * V^{1.5}$$

Si $h = 1.00 \text{ mt.}$, entonces $Q = 24.6 \text{ S}^{-1}$

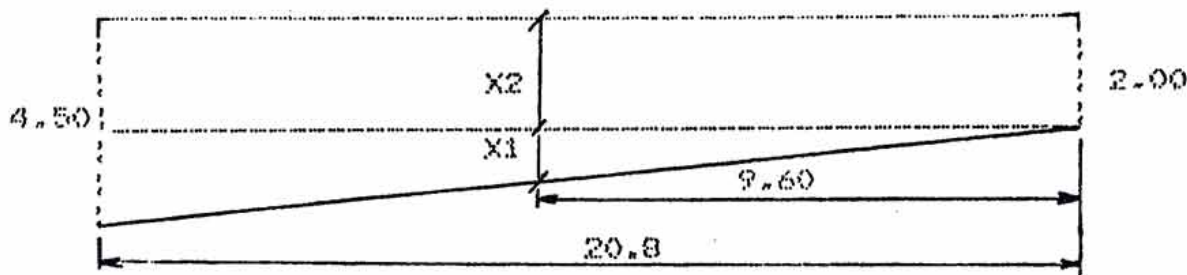
La pérdida será :

$$hf = L * (V^n / R^{(2/3)})^{1/2}$$

$hf = .00585 \text{ m}$, es decir : $hf = 6 \text{ mm.}$ (aproximadamente)

CANAL DE DISTRIBUCION A LOS DECANTADORES

Para conocer el área relativa a los orificios de ingreso del canal central de los decantadores hallamos el respectivo ancho mediante semejanza de triángulos.



$$X1 = (4.50 - 2.00) * (9.60 / 20.80) \quad \text{y} \quad X1 = 1.15 \text{ m}$$

$$X = X1 + X2 \quad \text{,} \quad X = 3.15 \text{ m}$$

Luego :

Para $Q1 = .333 \text{ m}^3/\text{s}$

El área de los orificios de ingreso al canal central es :

$$A = 1.5 * 1.7 \text{ mxm}$$

La velocidad en los laterales es

$$VL = .13 \text{ m/s}$$

Por lo tanto : $Ac = H * \text{Ancho Variable}$

(ver Fig. No 2)

COMPROBACION DEL GRADO DE DESVIACION EN LA DISTRIBUCION DEL CAUDAL

(VL = .13 m/s)

r/r_0	B (M/S)	Ac (M ²)	Vc (M/S)	Vc/VL	B	$\sqrt{1/B}$	VL (M/S)
1	1.00	17.325	.0577	.444	2.0292	.702	.1282
2	.666	12.128	.05492	.422	1.998	.707	.1291
3	.333	7.70	.0437	.332	1.8648	.7284	.133

$$\sqrt{1/B} = 2.1374$$

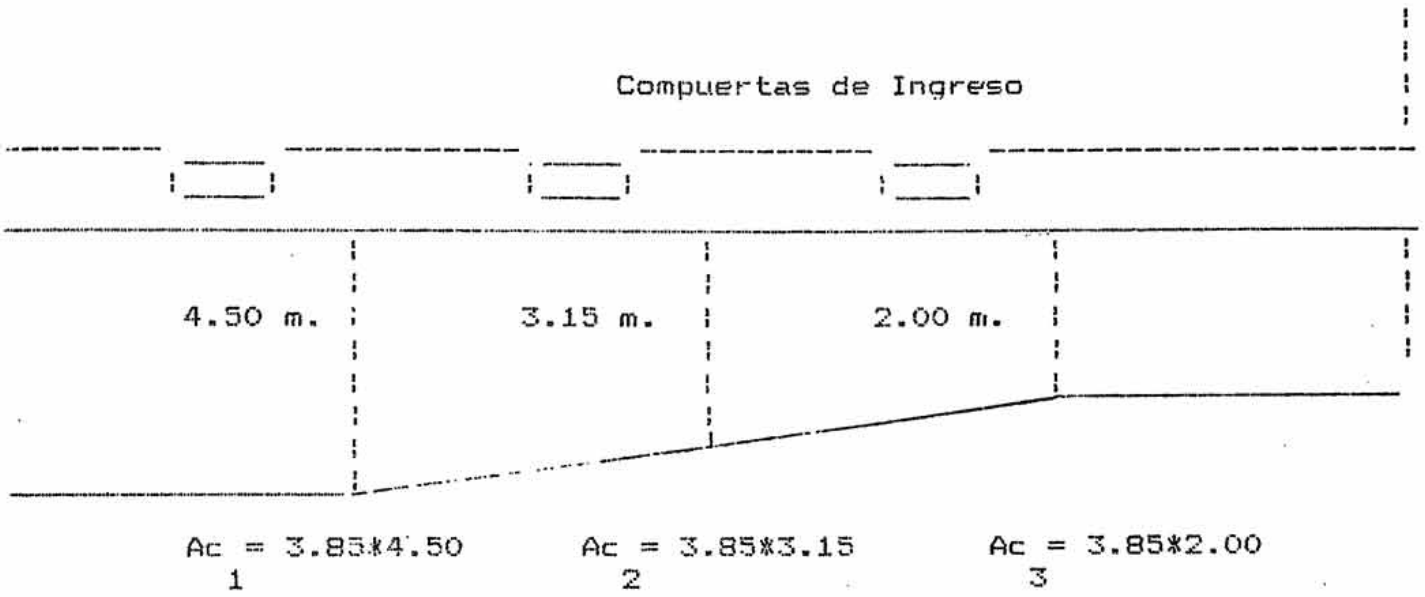
$$d = (.133 - .1282) * 100 \% / .133$$

$$d = 3.6 \%$$

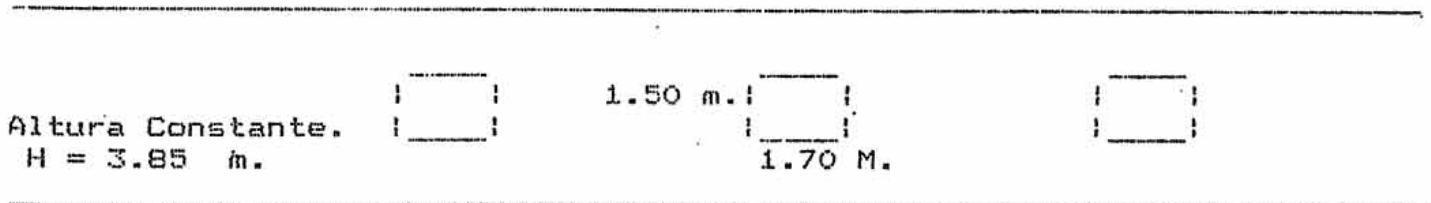
perdida será : $H_f = B * VL^2 / (2 * g)$, $H_f = 0.17$ cm.

Gradiente : $S = \sqrt{3/4} * \sqrt{H_f * VL}$, $S = 16.1$ S⁻¹

CANAL DE DISTRIBUCION LOS DECANTADORES
 (Fig. No 2)



VISTA DE PLANTA



VISTA DE CORTE

CANAL DE DISTRIBUCION DEL AGUA FLOCULADA A LAS PLACAS

$$Q = .333 \text{ M}^3/\text{S}$$

$$VL = .13 \text{ M/S} \quad (\text{Velocidad en los laterales})$$

$$E = 1.7 \text{ m.} \quad , \quad H1 = 2.20 \text{ m.} \quad , \quad H2 = .50 \text{ m.}$$

Número de Orificios : (usando tuberías de $D = 6''$)

$$Nt = Ac / A$$

Siendo :

Ac : Area total

A : Area en los laterales

$$Ac = Q / VL \quad , \quad Ac = 2.56 \text{ M}^2$$

$$A = \text{PI} * D^2 / 4 \quad , \quad A = 0.0177 \text{ M}^2$$

$$Nt = 146 \quad (\text{En los dos canales de recolección})$$

Luego :

Utilizamos el número de orificios en un modulo igual a :

$$N = 73 \text{ orificios (Cuadro Ng 3)}$$

Si tenemos :

$$L = 28.10 \text{ m.} \quad (\text{Longitud útil del Decantador})$$

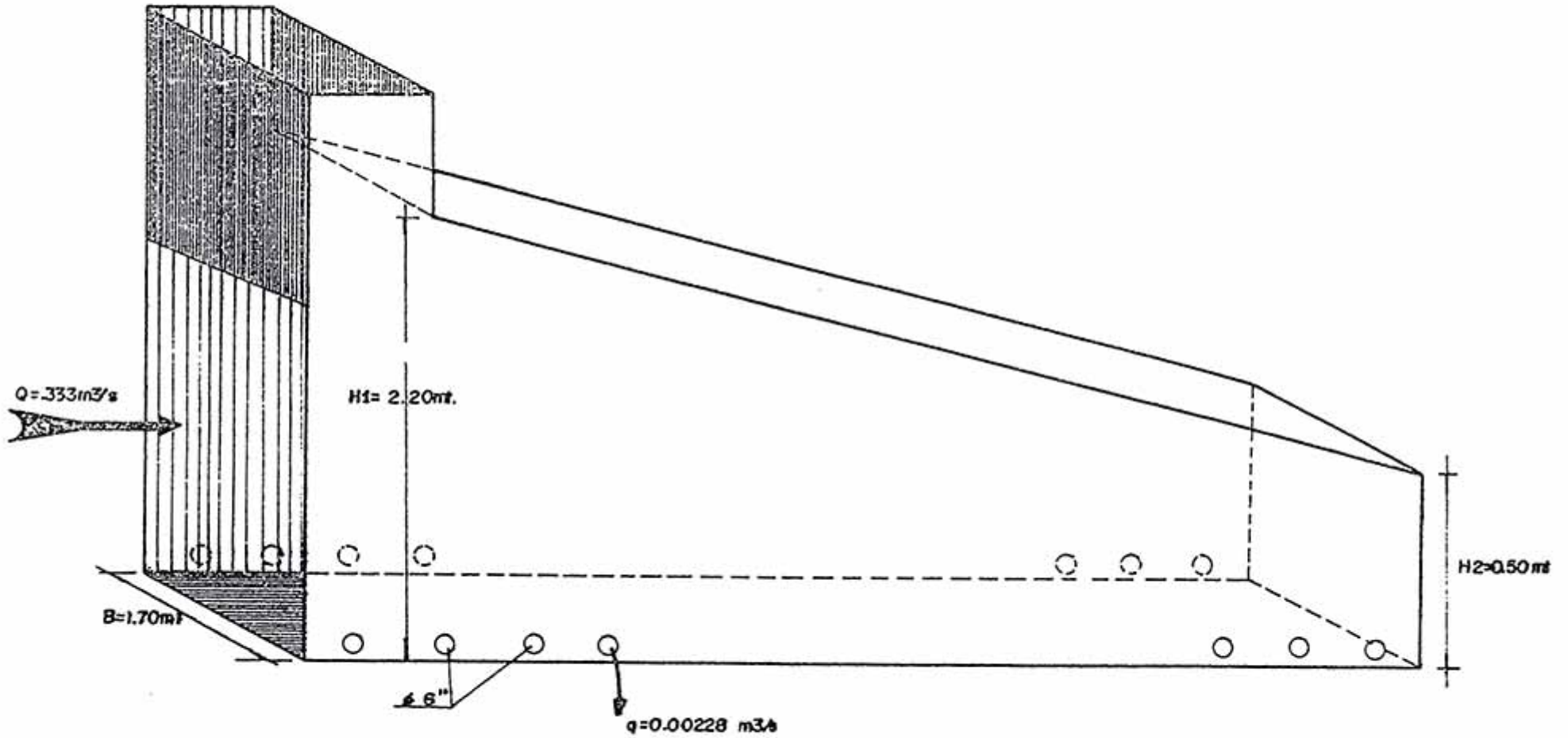
$$N = 73 \text{ Orificios}$$

$$\text{Por lo tanto :} \quad L/N = .38 \text{ m.}$$

Usamos 73 Orificios de $6''$ @ $.38 \text{ mt.}$ c/c
y a $.37 \text{ mt.}$ de los extremos.

FIGURA N° 3

CANAL CENTRAL DE DISTRIBUCION DEL AGUA FLOCULADA



DECANTADOR DE PLACAS DE FLUJO ASCENDENTE

Asumiendo una carga superficial de : $q = 185 \text{ M}^3/\text{M}^2/\text{DIA}$
 y una inclinación de las placas : $\theta = 60^\circ$

$$V_0 = q / \sin \theta \quad , \quad V_0 = 213.6 \text{ m/d} = .247 \text{ cm/s}$$

El factor del módulo de placas (E), eligiendo placas de 6 mm.
 espaciadas a 5 cm. es : $E = ep / (e + ep)$

$$E = .006 / (.05 + .006) \quad E = .107$$

Area a cubrirse con placas : $A_t = Q / (V_0 \sin \theta * (1-E))$

$$\text{Siendo } Q = .333 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Obtenemos :}$$

$$A_t = 174 \text{ M}^2$$

Longitud del módulo de placas, considerando dos filas de 3.00 m.
 de ancho, esto es 6.00 m. de ancho total por decantador :

$$L = A_t / 6.00 \quad L = 29 \text{ m.} \quad , \quad \text{tomando : } L_{\text{útil}} = 28.30 \text{ m.}$$

$$\text{Número de placas :} \quad (a = 3.00 \text{ m})$$

$$n = A_t * \sin \theta / (a * (e + ep)) \quad , \quad n = 870$$

Número de Reynolds (Nr) para $T = 20^\circ \text{ C}$, $\nu = 8.39 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

$$Nr = 2 * V_0 * e / \nu \quad , \quad Nr = 295$$

Luego, La velocidad de sedimentación crítica será :

$$V_{sc} = V_0 / (\sin \theta + (1/e - .013 * Nr) * \cos \theta)$$

siendo :

$$l = 1.20 \text{ m.} \quad , \quad \text{ancho de placas}$$

$$V_{sc} = 19.5 \text{ M}^3/\text{M}^2/\text{DIA} = .0226 \text{ cm/s}$$

El tiempo de Sedimentación es : (distancia que cruza el ancho
 de placas)

$$t = l / V_0 = 8.09 \text{ minutos}$$

Luego, tomamos 10 minutos de sedimentación.

Por lo tanto :

Utilizamos 870 Placas de 6 mm . de espesor espaciadas
 6.5 cm por decantador .

SISTEMA DE RECOLECCION DEL AGUA DECANTADA

Si tenemos :

$Q = .1665 \text{ M}^3/\text{S}$, Caudal que pasa por un canal del decantador.

$L = 28.35 \text{ m.}$, Longitud útil de recolección

$d = 1.18 \text{ m.}$, Distancia entre tuberías recolectoras

$L_i = 3.00 \text{ m.}$ longitud de tubería

Colocando una Tubería con perforaciones de 1 " cada 1.18 mt.

el caudal por tubo será :

$$Q_0 = (Q/L) * d \quad , \quad Q_0 = .00694 \text{ M}^3/\text{S}$$

Luego el Diámetro del tubo será :

$$D = Q_0^{.4} \quad , \quad D = .154 \text{ m.} \quad D = 6 \text{ "}$$

$A_c = \text{PI} * D^2 / 4$, Area total del tubo

$$A_c = .0177 \text{ M}^2$$

Si utilizamos perforaciones de 1" de diámetro

$$A = .000507 \text{ m}^2$$

Además :

$V_c/V = 0.5$ mantenemos una desviación aceptable.

Por lo tanto :

$$V_c = Q_0 / A_c \quad , \quad V_c = 0.39 \text{ m/s}$$

Luego : $V = 0.78 \text{ m/s}$

El area total de orificios será :

$$A_t = Q_0 / 0.78 \quad , \quad A_t = .0089 \text{ m}^2$$

Número de orificios : $N = A_t / A$

$$N = 18 \text{ orificios}$$

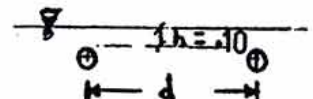
El espaciamento será : $e = 3.00 / N$, $e = 0.17 \text{ m}$

Finalmente y de acuerdo al gráfico del manual Ng V Filtración Rápida del CEPIS :

$$d_d = (Q_1^2 / (\text{factor} * h))^{.25} \quad , \quad Q_1 = Q_0 / N \quad , \quad Q_1 = .00039 \text{ lps}$$

$$d_d = (.00039^2 / (9.79 * 10))^{.25}$$

$$d_d = .0199 \text{ m} \quad , \quad d_d = 3/4 \text{ "}$$



Por lo tanto :

Utilizamos 24 tubos de 6" y de 3.00 metros de longitud espaciados 1.18 metros con 18 orificios de 3/4" por tubo @ 0.17 mt. C/C.

ZONA DE LODOS POR DECANTADOR

Area de la tolva :

$$A = 2 \times 3.5 \times (2+0.80)/2$$

$$A = 9.80 \text{ m}^2$$

Volumen de la zona de lodos :

$$Vol = A \times \text{Longitud Util de tolva}$$

$$Vol = 9.80 \times 28.30$$

$$Vol = 277.34 \text{ m}^3$$

Volumen de Lodos que se genera en la Unidad :

$$Vu = q \times \theta \times 86400 / 1000$$

Siendo :

$$q = 3 \text{ ml/Lit. (por las características del lugar)}$$

$$\theta = .333 \text{ m}^3/\text{s (caudal por decantador)}$$

$$Vu = 86.3 \text{ m}^3$$

Tiempo de almacenamiento :

$$T = Vol / Vu \quad , \quad T = 3.21 \text{ días}$$

Pero, realizando la limpieza cada 4 horas :

Volumen de lodo producido en 4 horas es :

$$V_4 = q \times \theta \times 3600 \times 4 / 1000 \quad , \quad V_4 = 14.4 \text{ m}^3$$

Area del canal de descarga de lodos : (ver Esquema N° 2)

$$Ac = 0.30 \times 0.30 \text{ mxm}$$

Suponemos orificios de 2 " :

$$AL = 1.96 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Si consideramos una desviación igual a 10 % :

$$n \times AL / Ac = 0.5 \quad (\text{Colector Multiple})$$

La longitud Util de recolección de lodos es : $Lu = 20.20 \text{ m}$
 espaciando los orificios cada .60 mt tendremos :

$$n = Lu / 0.60 \quad , \quad n = 33 \text{ orificios de 2"}$$

Luego :

$$n \times AL / Ac = 33 \times 1.96 \times 10^{-3} / 0.09$$

$$n \times AL / Ac = .72$$

De acuerdo al Manual N° V - Filtración Rápida del CEPIS :

Vemos que para $n \times AL / Ac = 0.72$ corresponde una desviación igual a

$$d = 12 \%$$

El caudal de descarga por orificio ($C_d = 0.61$)
siendo :

$h = 5.20$ mt. (altura del nivel de agua sobre el orificio)

$$Q_L = A_L \times C_d \times \sqrt{2 \times g \times h} \quad , \quad Q_L = 0.0121 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal total de lodos :

$$Q_t = 0.0121 \times 33 \quad , \quad Q_t = 0.40 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tiempo de descarga :

$$t = V_4 / Q_t \quad , \quad t = 36 \text{ seg}$$

Por lo tanto :

utilizamos 33 orificios de 2" de diametro @ 0.60mt
c/c y a 0.50 mt. de los extremos.

FILTRO RAPIDO DE TASA DECLINANTE Y FLUJO DESCENDENTE.

Para el cálculo correspondiente de esta unidad se tomó en cuenta los criterios de diseño para la selección de la Antracita, las cuales son :

- 1) T. 90 % Antracita ($D'90$ %) = 3 D 10%
- 2) T. Efectivo Antracita ($D'10$ %) = $D'90$ % / 2
- 3) T. 60 % Antracita ($D'60$ %) = $Cu \times D 10$ %

Siendo: D 10 % = Tamaño efectivo de la arena.

Cu = Coeficiente de uniformidad de la arena.

La curva Ideal de la granulometría de la arena se muestra en el Gráfico N° 11 , la cual nos indica un tamaño efectivo igual a 0.56 mm.

La tasa de filtración se eligió de acuerdo a las características del agua, los procesos previos y los hábitos y costumbres de los operadores del lugar. Dicha Tasa es igual a 200 m³/m²/d.

La velocidad de lavado elegida es 0.83 m/min. con el objeto de alcanzar un porcentaje de expansión en el lecho filtrante de 29 % aproximadamente. (ver Pagina N° 59)

La carga hidráulica disponible elegida es igual a 0.62 m. obtuyéndose una relación de la Tasa Máx/Tasa media igual a 1.272

DATOS DE FILTRO RAPIDO
DE TASA DECLINANTE.

Q. DISEÑO (m ³ /S)	0.5
V. LAV. (M/HTH)	0.83
V. FILT. (m ³ /m ² .d)	200
T. EFEC. ARENA (mm)	0.56
C.U. ARENA	1.5
C.U. ANTRACITA	1.5
SUM Xi/(1-Ei) AR.	
SUM Xi/(1-Ei) ANTR.	
POROS. ARENA I IMP.	0.42
POROS. ANTR. I IMP.	0.47
# CANALETAS	1
L. UT. CHULETA LAV. (M)	
H. TOT. CANAL. (M)	
H. FALSO FONDO (M)	0.5
H. DREN+GRAVA (M)	0.52
H. LECHO FIL. (M)	0.8
DENS. ARENA (gr/cm ³)	2.65
DENS. AGUA. (gr/cm ³)	1
H. CAPA ARENA (M)	0.3
POROS. ARENA	0.42
DENS. ANTR. (gr/cm ³)	1.7
POROS. ANTR.	0.47
H. CAPA ANTR. (M)	0.5
ANCH. FILTRO (M)	5
ANCH. VIG. (M)	0.3
DIST. ORIF. (M)	0.1
L. UNID. Y VIG. (M)	7.2
DIAM. ORIFIC. (PIG.)	0.5
Cd ORIFICIOS	0.65
AC. GRAVEDAD (M/s ²)	9.81
H. FALSO FONDO (M)	0.5
K FALSO FONDO	1
V. Comp. SAL. (M/S)	0.8
K CPTA SOLIDA	1
L. CANAL LAVADO (M)	7.2
Ce ARENA	0.8
SUM Xi/Di ² ARENA	
SUM Xi/Di ² ANTR.	
VISC. (M ² /Seg)	8.39E-07
K DRENAJE	1
V. TURBIA ENTR (M/S)	1
K COMP. SAL.	1
L. CRESTA VERT. (M)	1

METODO DE FILTRACION ARENA

P. ESP. AGUA (Kg/m ³)	996.26
P. ESP. ARENA (Kg/m ³)	2650
VISCOSIDAD 20g C	8.52E-05
MASA ESP.	101.66
COEF. ESFERIC.	0.8
Visc. Cinem. (M ² /S)	8.39E-07

M. DE FILTRACION ANTRACITA

P. ESP. AGUA (Kg/m ³)	996.26
P. ESP. ANTRAC (Kg/m ³)	1700
VISCOSIDAD 20g C	8.52E-05
MASA ESP.	101.66
COEF. ESFERIC.	0.6

DISEÑO DE UN FILTRO RAPIDO DE TASA DECLINANTE

=====

AREA FILTRO (m ²)	A.TOT.FILTRO (m ²)	#. DE FILTROS	T.90% ANTR.	T.EFEC. ANTR.	T.50% ANTR.	POR.EXP. ARENA
36.145	216	6	1.68	0.84	1.26	0.547

POROS.EXP. ANTR.	% EXP. ARENA	% EXP. ANTR.	L.FIL. EXP.(M)
0.592	0.282	0.299	1.034

VERT.CNLT FONDOS(M)	H1 ARENA LAV.(M)	H1 ANTR. LAV.(M)	H11 LEC.FIL LAV.(M)	# VIG. DRFH	# DRIF. /VIG.
2.290	0.287	0.1855	0.473	17	144

# DRIF. DRENAJE	d LAV./DRIF. (m ³ /S)	A.DRIF. DREN(m ²)	H12 DRIFIC. DREN.(M)	SEC.TRANS. F.FDD(m ²)	V.RETLV F.FDD(M/S)	H13 F.FDD RTL(V/M)	H14 TUBERIA SAL.RTLV(M)
2448	2.04E-04	1.27E-04	0.314	3.600	0.139	9.83E-04	3.10E-02

H15 CAN. REC.(M)	H1 TOT. RTL(V/M)	H VERT.CNLT LAV.(M)	H11 ARENA F(VF)	H12 ANT. (VF)	# DRIF.DREN. F(VF)
8.43E-02	0.903	3.193	7.20E-04 \sqrt{VF}	5.11E-04 \sqrt{VF}	1.71E-07 \sqrt{VF}

H13 DRIF. F(VF)	V.F.FDD F(VF)	H14 DREN. F(VF)
2.20E-07 \sqrt{VF}^2	1.16E-04 \sqrt{VF}	6.88E-10 \sqrt{VF}^2

SEC.TUBERIA ENT.(m ²)	H15 TUBERIA ENT.F(VF)	SEC. COMP. SAL.(m ²)	H16 CPTA SAL.F(VF)	H17 VERT. SAL.F(VF)
0.108	1.23E-06 \sqrt{VF}^2	0.013	2.19E-08 \sqrt{VF}^2	3.72E-03 $\sqrt{VF}^2/3$

CARGA HIDRAULICA DISPONIBLE PARA EL PROCESO F(VF)

1.23E-03 \sqrt{VF}^4	1.47E-06 \sqrt{VF}^2	3.72E-03 $\sqrt{VF}^2/3$
------------------------	------------------------	--------------------------

NOTA: SE RESUEVE LA ECUACION PROPONIENDO UNA CARGA HIDRAULICA DISPONIBLE DE TAL MANERA QUE LA RELACION EN EL FILTRADO T.MAX./T.PROM. OSCILE ALREDEDOR DE 1.3

=====

SISTEMAS DE FILTRACION
EXPANSION DE MEDIOS FILTRANTES

=====

EXPANSION DEL MEDIO FILTRANTE : ARENA ,

dmin	dmax	Ga	Re	e	X(%)	X/(1-e)
0.42	0.50	2,221	7.6	0.672	5.0	0.152
0.50	0.59	3,697	9.0	0.627	11.0	0.295
0.59	0.71	6,256	10.7	0.582	21.5	0.514
0.71	0.84	10,628	12.7	0.538	22.5	0.487
0.84	1.00	17,765	15.1	0.497	22.0	0.437
1.00	1.19	29,955	18.0	0.458	11.0	0.203
1.19	1.41	50,153	21.4	0.421	7.0	0.121

Velocidad de Lavado (m/min) : 0.83
 Porosidad Promedio : 0.547
 Expansion Promedio (%) : 28.2
 Longitud Expandida (m) : 0.085

EXPANSION DEL MEDIO FILTRANTE : ANTRACITA

dmin	dmax	Ga	Re	e	X(%)	X/(1-e)
0.71	0.84	4,509	12.7	0.698	10.0	0.331
0.84	1.19	9,784	16.5	0.631	31.0	0.841
1.19	1.41	21,277	21.4	0.566	28.0	0.645
1.41	1.68	35,691	25.4	0.524	21.0	0.441
1.68	2.00	60,294	30.2	0.483	10.0	0.193

Velocidad de Lavado (m/min) : 0.83
 Porosidad Promedio : 0.592
 Expansion Promedio (%) : 29.9
 Longitud Expandida (m) : 0.150

=====

=====

SISTEMAS DE FILTRACION CON TASA DECLINANTE
TASAS DE OPERACION DURANTE EL FILTRADO

=====

FILTRO No	TASAS (m ³ /m ² .d)	PERDIDA (m)	CAUDAL (lt/seg)
1	254.390	0.063	106.423
2	230.177	0.057	96.293
3	207.840	0.108	86.949
4	187.350	0.154	78.377
5	168.645	0.195	70.552
6	151.640	0.231	63.438

Tasa Media	200.000
Tasa Maxima	280.470
Tasa Promedio	200.007
Tasa Prom. - Tasa Media	0.007
Tasa Max. Oper./Tasa Media	1.272
Nivel 1	0.557
Nivel Maximo Operacion	0.620
Nivel Max. Oper. - Nivel 1	0.063

=====

=====

SISTEMAS DE FILTRACION CON TASA DECLINANTE
TASAS DE OPERACION DURANTE EL LAVADO

=====

FILTRO No	TASAS (m ³ /m ² .d)	PERDIDA (m)	CAUDAL (lt/seg)
1	289.828	0.063	121.248
2	263.023	0.057	110.034
3	238.098	0.108	99.607
4	215.076	0.154	89.976
5	193.933	0.195	81.131

Tasa Media	240.000
Tasa Maxima	290.470
Tasa Promedio	239.992
Tasa Prom. - Tasa Media	-0.008
Tasa Max. Oper./Tasa Media	1.208
Nivel l	0.620
Nivel Maximo Lavado	0.714
N.Max. Lav. - N.Max. Oper.	0.094

=====

CAPITULO 5

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- 1.- Debido al mal estado de conservacion de los equipos de laboratorio, el grado de ajuste obtenido en las correlaciones es muy bajo, sin embargo han permitido conocer el grado de tratabilidad del agua y definir el rango de parametros que proporcionan mejores resultados.
- 2.- Se ha proyectado una planta de tratamiento en la cual todos los procesos operan integramente mediante energia hidraulica.
- 3.- En los graficos de Dosis Optima tenemos lo siguiente:

Graf. A y E la remocion de turbiedad corresponde a 10 mg/lit .
Graf. B y D se observa que para la remocion de color la dosis optima es 15 mg/lit. ; y en el Graf.B la reduccion de color es 100% debido a que el PH del agua cruda se hallo en el rango optimo de coagulacion (4.5 - 6.5)
- 4.- En las curvas de Floculacion observamos lo siguiente:

El Graf. A,C,y E de turbiedad, los gradientes 'optimos son variables ; mientras que para los Graf. B,D y F de Color prevalece el gradiente optimo igual a 70 S-1 y el tiempo de floculacion de 15 minutos.
- 5.- Todos los pasos entre los tramos estan disenados con gradientes menores que el tramo que le antecede y mayores que el tramo siguiente.
- 6.- Es muy importante que en los tramos la pendiente de fondo sea igual a la perdida de carga, de tal forma que el nivel de agua en la superficie permanezca paralelo al fondo, manteniendo el gradiente de velocidad y evitar la ruptura de los floculos.
- 7.- Se recomienda que durante los cortes de energia el grupo electrogeno existente en la planta proporcione la energia electrica que demanden los equipos de bombeo para la captacion y distribucion de agua a la ciudad.
- 8.- Es recomendable que la limpieza de los floculadores se realizen mediante aberturas en la base de las pantallas asi como, en compuertas o valvulas con el objeto de desaguar la Unidad.