

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería

ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA
DE PURIFICACION DE AGUA LA BRIGADA

TESIS

*Presentada a la Junta Directiva de la
Facultad de Ingeniería de la
Universidad de San Carlos de Guatemala*

Por

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
RENE ALEJANDRO GIRON BRAGHIROLI

Al conferírsele el Título de

INGENIERO CIVIL

Guatemala, Julio de 1976

**TESIS DE REFERENCIA
NO**

**SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE
LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Decano:	Ing. Hugo Quan Má
Vocal Primero:	Ing. Julio Campos Bonilla
Vocal Segundo:	Ing. Roberto Barrios M.
Vocal Tercero:	Ing. Leonel Aguilar Girón
Vocal Cuarto:	Br. Jorge Guzmán B.
Vocal Quinto:	Br. Alejandro Berganza R.
Secretario:	Ing. Manuel A. Castillo García

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO**

Decano:	Ing. Hugo Quan Má.
Examinador:	Ing. Guillermo Guzmán Ch.
Examinador:	Ing. Roberto Mayorga R.
Examinador:	Ing. Rafael Santiago M.
Secretario:	Ing. Hugo Romeo Masaya M.

ACTO QUE DEDICO

A Dios

A

*Hugo Girón Ramírez y Olga Braghirolli de Girón.
mi padre y mi madre, mis mejores maestros en la escuela de la
vida.*

A mis Hermanas:

Belinda e Irasema

A mis Sobrinos:

Juan Francisco y Anna Belinda

A mis Compañeros de Estudio y Amigos

Al Colegio "Liceo Guatemala"

A la Facultad de Ingeniería

A la Municipalidad de la Ciudad de Guatemala

AGRADECIMIENTO

- *A la Licenciada Sonia Flores P. Jefe del Laboratorio Químico Sanitario de Obras Públicas por sus valiosas enseñanzas para la realización de las Pruebas de Laboratorio hechas en este trabajo.*
- *Al Ingeniero Francisco Campos Quintana, Catedrático de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria por su acertada orientación en los inicios de este trabajo.*
- *Al Ingeniero Guillermo Guzmán Chinchilla por sus oportunos consejos y apoyo cuando los necesité.*
- *Al Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos por la colaboración prestada al efectuar las Pruebas de Laboratorio.*

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por las leyes y Reglamentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración el presente trabajo de Tesis titulado:

**ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA
DE PURIFICACION DE AGUA LA BRIGADA**

Tema que me fuera asignado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

1.6	Instrumentación en la Planta: Medidores de Caudal. Indicadores o Registradores.	35
1.7	Estaciones de Bombeo y Pozos dentro de la Planta	36
1.8	Tanque de Aguas Claras: Parámetros de Diseño. Dimensiones.	40
1.9	Tanque elevado para lavado de Filtros: Parámetros de Diseño. Dimensiones.	41

CAPITULO II

2.	Parámetros de Diseño recomendados en la Literatura y cuadros comparativos con las condiciones actuales de funcionamiento de "La Brigada".	54
----	---	----

CAPITULO III

3.	Calidad del Agua.	61
----	-------------------	----

CAPITULO IV

4.	Uso de Coagulantes.	72
----	---------------------	----

4.1	Pruebas de Jarras: Resultado e interpretación de las mismas.	72
4.2	Relación entre las cantidades de coagulante aplicadas y las características físico-químicas del agua tratada.	101
4.3	Costo del Coagulante y Químicos utilizados.	105
4.4	Costos Unitarios.	111

CAPITULO V

5.	Conclusiones y Recomendaciones.	113
----	---------------------------------	-----

CAPITULO VI

6.	Glosario de Términos y Bibliografía.	116
----	--------------------------------------	-----

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1.1	Caudales promedio anuales 1971-1975 sujetos al proceso coagulación-sedimentación.	20
1.2	Cantidades y porcentajes de aportación de cada uno de los afluentes.	21
1.3	Cantidades y porcentajes de aportación de los afluentes por gravedad más los pozos.	22
1.4	Gasto Parshall-Flume en la Presa "La Brigada".	53
2.1	Parámetros de Diseño recomendados en la Literatura y los usados en "La Brigada" (para tanques de Sedimentación).	58
2.2	Parámetros de Diseño recomendados en la Literatura y los usados en "La Brigada" (para Filtros Rápidos de Gravedad).	59
3.1	Examen Bacteriológico. Agua Cruda. Vertedero Presa "La Brigada".	62
3.2	Examen Bacteriológico. Agua Cruda. Vertedero Xayá-Pixcayá.	63
3.3	Examen Bacteriológico. Agua Cruda. Tanques de Sedimentación.	64
3.4	Examen Bacteriológico. Agua Cruda. Tanque de Distribución.	65

Cuadro No.	Página
3.5 Examen Químico-Sanitario. Agua Cruda. Vertedero Presa "La Brigada".	66
3.6 Examen Químico-Sanitario. Agua Cruda. Vertedero Xayá-Pixcayá.	67
3.7 Examen Químico-Sanitario. Agua Cruda. Tanques de Sedimentación.	68
3.8 Examen Químico-Sanitario. Agua Tratada. Tanque de Distribución.	69
3.9 Informe diario de Exámenes parciales Químico-Sanitarios.	70
3.10 Informe diario de Exámenes parciales Bacteriológicos.	71
4.1 Prueba de Jarras Convencional (No. 1).	79
4.2 Cálculo del floc removido. Prueba de Jarras Modificada (No. 2).	80
4.3 Cálculo del floc removido. Prueba de Jarras Modificada (No. 2).	81
4.4 Cálculo del floc removido. Prueba de Jarras Modificada (No. 2).	82
4.5 Características del Agua Sedimentada. Prueba de Jarras Modificada (No. 2).	83
4.6 Cálculo del floc removido. Prueba de Jarras Modificada (No. 5).	85
4.7 Cálculo del floc removido. Prueba de Jarras Modificada (No. 5).	86

Cuadro No.		Página
4.8	Cálculo del floc removido. Prueba de Jarras Modificada (No. 5).	87
4.9	Características del Agua Sedimentada. Prueba de Jarras Modificada (No. 5).	88
4.10	Cálculo del floc removido. Prueba de Jarras Modificada (No. 6).	90
4.11	Cálculo del floc removido. Prueba de Jarras Modificada (No. 6).	91
4.12	Cálculo del floc removido. Prueba de Jarras Modificada (No. 6).	92
4.13	Características del Agua Sedimentada. Prueba de Jarras Modificada (No. 6).	93
4.14	Cálculo del floc removido. Prueba de Jarras Modificada (No. 7).	95
4.15	Cálculo del floc removido. Prueba de Jarras Modificada (No. 7).	96
4.16	Cálculo del floc removido. Prueba de Jarras Modificada (No. 7).	97
4.17	Características del Agua Sedimentada. Pruebas de Jarras Modificada (No. 7).	98
4.18	Cuadro resumen de las Pruebas de Jarras realizadas.	100
4.19	Consumos mensuales y por año de Sulfato de Aluminio.	102

Cuadro No.	Página
4.20 Turbideces, pH y dosis más frecuentes de Alumbre aplicadas en el año modelo verano-invierno considerado.	103
4.21 Consumos mensuales y costo del Sulfato de Aluminio, Cal y Sulfato de Cobre, 1975.	106
4.22 Consumos mensuales y costo del Cloro, Hipoclorito y Flúor, 1975.	107
4.23 Costos de funcionamiento de la Planta "La Brigada", por renglones.	109
4.24 Costos Unitarios	111

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica No.		Página
1.1	Diagrama de Bloques del funcionamiento de la Planta.	11
1.2	Curva de Calibración Vertedero entrada afluentes por gravedad a la Planta.	49
1.3	Gráficas típicas de los niveles en los Tanques de Aguas Claras.	52
4.1	Curva floc removido versus tiempo de sedimentación, Prueba de Jarras Modificada (No. 2).	84
4.2	Curva floc removido versus tiempo de sedimentación, Prueba de Jarras Modificada (No. 5).	89
4.3	Curva floc removido versus tiempo de sedimentación, Prueba de Jarras Modificada (No. 6).	94
4.4	Curva flor removido versus tiempo de sedimentación, Prueba de Jarras Modificada (No. 7).	99
4.5	Dosis de Sulfato de Aluminio aplicadas para diferentes turbideces en la Planta "La Brigada". Año Modelo verano-invierno.	104

INDICE DE PLANOS

Plano No.	Página
1.1 Area de la Cuenca de la Presa "La Brigada".	43
1.2 Nacimientos y ríos que abastecen a la Planta "La Brigada".	44
1.3 Distribución general Planta "La Brigada".	45
1.4 Varilla Turbidímetro.	46

INTRODUCCION

Una de las inquietudes que me motivó para la elaboración de este modesto trabajo, fue la necesidad de tener a la mano recopilada toda o casi toda la información posible acerca del funcionamiento de una de las Plantas de Purificación Municipales con el propósito de utilizarla en un futuro no muy lejano en la elaboración de un Manual de Operación y Mantenimiento de los Sistemas Municipales de Abastecimiento.

Así mismo, implícitamente están involucradas la gran cantidad de factores que debe tener en mente el ingeniero jefe de plantas en el desarrollo de sus actividades y las limitaciones a las cuales se ve sujeto cuando dirige la producción del recurso agua potable en nuestro medio, a nivel municipal.

En el caso concreto de la Planta "La Brigada", la lectura de estas líneas puede llevar a visualizar la complejidad de su funcionamiento, operación y mantenimiento y las cantidades de recurso humano y económico que son necesarios invertir para que la Planta cumpla con su objetivo principal: producir agua potable en condiciones sanitariamente seguras para el consumo humano.

CAPITULO I

DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA

MUNICIPAL DE PURIFICACION DE AGUA "LA BRIGADA"

CAPITULO I

1. Descripción y funcionamiento de la Planta Municipal de Purificación de Agua "La Brigada".

A) HISTORIA:

El Cronista de la Ciudad de Guatemala, don Pedro Pérez Valenzuela, dice en su opúsculo "Nueva Guatemala de la Asunción" que: "el río de la Brigada" conocido también como el de Mixco, fue el primero que se introdujo en la Ciudad, figurando en el proyecto presentado por la Audiencia de Guatemala al Rey de España el 20 de Junio de 1774".

El 2 de Enero de 1976 se instaló el Primer Cabildo en la nueva Ciudad. 157 años después, el 15 de Septiembre de 1933, el Ingeniero Luis Schlessinger Carrera inauguró la primera Planta Municipal de Purificación de Agua. Estaba situada en la 19 calle Poniente entre 2a. y 3a. avenidas. Fue diseñada para tratar únicamente el agua de Mixco y Pinula. Desde esa fecha se puede decir que comenzó a tecnificarse el servicio de agua potable para la ciudad de Guatemala.

B) ABASTECIMIENTO ACTUAL A LA CIUDAD DE GUATEMALA:

La ciudad de Guatemala está ubicada sobre una depresión del altiplano central que es la divisoria entre las zonas pacífica y atlántica; está limitada al Este y Oeste por macizos montañosos de mayor elevación que es donde se encuentran las fuentes de abastecimiento de agua por gravedad a la ciudad.

Los Sistemas Municipales de Abastecimiento de Agua son a Diciembre de 1975 los siguientes:

- a) Sistema "Ojo de Agua".
Producción de las captaciones denominadas Nacimiento Ojo de Agua, Pozos El Diamante, las cuales son reunidas en la Planta de Bombeo "Ojo de Agua" y de allí son impulsadas hacia el Tanque de El Guarda.
- b) Sistema "Santa Luisa".
Producción de la Presa El Teocinte, Acatán, Canalitos y Santa Rosita. Estos caudales son tratados en la Planta de Purificación de Agua "Santa Luisa".
- c) Sistema "Pozos".
Producción de varios pozos situados en puntos claves de la Ciudad y distribuidos directamente a la Red de Distribución.
- d) Sistema "El Cambray".
Producción de la Presa Pinula, Las Minas, Agua Bonita y Planta de Bombeo "Hincapié" (en la estación estival). Estos caudales son tratados en la Planta de Purificación de Agua "El Cambray".
- e) Sistema "Atlántico".
Producción de la Planta de Bombeo "Atlántico". Estos caudales son tratados en la Planta de Purificación de Agua "Las Ilusiones".
- f) Sistema "La Brigada".
El sistema comprende producción de la Presa La Brigada, El Milagro, Las Limas, El Sifón; afluente de las filtraciones del proyecto Xaya-Pixcayá,

pozos situados en el área física que ocupa la Planta; pozos Belén, nacimiento Bethania, pozos Filtros Brigada y Planta de Bombeo El Molino.

Nota Importante: para efectos de producción de la Planta de Purificación de Agua "La Brigada", sólo he considerado en el presente trabajo, el afluente que sale directamente de la Planta; es decir, que la producción de El Molino, Belén, Bethania y Filtros Brigada aunque están geográficamente localizados en el sector de influencia del Sistema "La Brigada" sus caudales están incluidos dentro del Sistema "Pozos".

C) DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO:

La Planta de Purificación de Agua "La Brigada" está situada al Noroeste de la Ciudad, Calzada San Juan y 47 Avenida zona 7. El terreno donde se asienta la Planta tiene un área de 33,412.07 metros cuadrados y está registrado como Finca 35,842, Folio 81, Libro 860 de Guatemala.

La Planta fue inaugurada el 15 de Mayo de 1945. Trata, entre otros, los caudales del río Mixco o La Brigada introducidos a la ciudad de Guatemala en el año de 1780.

El sistema de cloración en la Planta empezó a funcionar hasta el mes de Abril de 1949. Fue remodelada en 1959 y en 1965. El 14 de Marzo de 1974 se introdujeron a la Planta los caudales provenientes de las filtraciones del Proyecto Xayá-Pixcayá.

La Planta "La Brigada" presta servicio a sectores de las zonas 7, 11 y 19 las cuales tienen una densidad promedio entre 51 y 75 habitantes por Hectárea.

La descripción y funcionamiento de la Planta de Purificación de Agua "La Brigada" se hará siguiendo el concepto de Abastecimiento de Agua visto en conjunto, así:

- i) Obras de Captación y Recolección.
- ii) Obras de Conducción.
- iii) Estaciones y Sistemas de Bombeo. Pozos.
- iv) Planta de Purificación.
- v) Salida a la Red de Distribución.

Es decir; el resultado del proceso de llevar el agua cruda desde las fuentes de abastecimiento a la **Planta de Purificación** y de allí distribuirla en forma sanitariamente segura a la población.

i) **Obras de Captación y Recolección:**

Los caudales que abastecen a la Planta "La Brigada" provienen de cuatro fuentes principales:

Sector I: (ver Plano 1.2 al final del Capítulo). Nacimientos varios que se unen y forman el río La Brigada, el cual entra en el embalse llamado Presa La Brigada.

Sector II: (ver plano 1.2 al final del Capítulo). Nacimientos varios que se unen y forman los ríos Las Limas-El Milagro-El Sifón y entran posteriormente a la Planta previa reunión con las aguas del inciso anterior.

Sector III: afluentes del Proyecto Xayá-Pixcayá.

Sector IV: afluentes del Sistema Pozos dentro de la Planta.

Sector I:

Ramal 1: Nacimientos El Murciélagos: ocupan un área de 7079.50 metros cuadrados. Formado por las vertientes Magdalena, Carrizal, Santa Cruz, Buena Vista y San

Miguel; Chipac, Pachili, San Rafael, Pansalic, Las Hortencias, Panchal y otras que no tienen nombre especificado. Todas estas vertientes forman el río Pansalic el cual es retenido en la Presa San Miguel.

Presa San Miguel: Presa de mampostería de 10 metros de largo; 4.00 m. de alto; 0.75 m. en coronamiento y 2.00 m. en base con diques de protección. De esta presa salen las aguas en un acueducto de mampostería (400 m.) que bordea barranco y penetra en un túnel de 300 m. de largo y luego en otro acueducto hasta la Presa Pancochá.

Ramal 2: formado por los nacimientos y vertientes siguientes: nacimiento Puente Viejo (9769.73 m²z), Nacimiento La Ciénaga (12,302.81 m²), Nacimiento Mano de León (8057.54 m²), los cuales con las vertientes Pancochá: Membrillo, Los Turuy, San Nicolás, Cancrejo, Buena Vista I y II, San Nicolás, San José Pacal y otras que no tienen nombre propio forman el Río Las Flores el cual es retenido en la Presa Pancochá.

Presa Pancochá:

Presa de mampostería similar a la Presa San Miguel. Las aguas recolectadas aquí o sean las de la Presa San Miguel más Presa Pancochá se conducen en tubería de cemento de 18" hasta el lugar denominado La Chorrera. Longitud 1050 metros.

Ramal 3: Es el resultado de la unión de los Ramales 1 y 2, después de La Chorrera, con el río La Brigada el cual entra directamente en la Presa La Brigada.

Presa La Brigada:

Fue construída en tiempo de la Colonia, iniciándose los trabajos en 1776 y en 1796 se inauguró el servicio. Es una presa de mampostería de sección trapezoidal de 47 metros de largo y 12 metros de alto. Tiene capacidad de un volúmen útil de 53,378 metros cúbicos.

El embalse ocupa una superficie de 15,954.44 metros cuadrados. Este terreno no se encuentra inscrito a favor de la Municipalidad de la Ciudad de Guatemala.

Cota Geodésica 1615.900 M.S.N.M.

En la Presa La Brigada, se tienen además del embalse:

- Vivienda del Encargado.
- Guardianía.
- Diques de Protección.
- By-Pass (paso paralelo) y Medición.
- Equipo de Bombeo, accesorios y tableros.
- Implementos.
- Una bomba Berkeley Modelo 3 W No. 101/510 de una etapa, motor Century Modelo Sc-215Cz-FCA-6311684-01 serie 11F de 5 H.P.

La Presa La Brigada se opera de la siguiente manera:

El agua cruda del río La Brigada pasa por el Parshall-Flume donde se mide el caudal. Antes de entrar al embalse hay una compuerta que permite enviar el agua a la Planta sin entrar al embalse, por medio de un By-Pass en tubería de cemento de 12" pasando por un desarenador y de allí en tubería de 18" de H.F. hasta una válvula de 18" (dextrógira) y luego finalmente en tubería de 12" H.F.

Si se levanta la compuerta el agua entra al embalse y puede salir de éste previo el paso de una válvula de 18" hacia la Planta en tubería de 12" H.F.

De la Presa a la Planta hay una distancia de 1,865 metros.

En consecuencia, se puede tener lleno el embalse y pasar directamente el agua del río La Brigada a la Planta.

De observaciones empíricas hechas en la Presa, se ha podido apreciar que se evaporan aproximadamente 6 centímetros de agua en 24 horas.

SECTOR II:

Ramal a: formado por los nacimientos El Granadillo (4064.27 metros cuadrados), Tierra Colorada (5724.73 metros cuadrados), El Frijolillo (5117.40 metros cuadrados), los cuales forman el río El Milagro y se embalsan en la Presa del mismo nombre.

Presa El Milagro:

Presa de mampostería, sección trapezoidal. De aquí salen las aguas hacia Las Limas en acueducto de ladrillo de 180 metros de longitud en tubo de 18" de cemento.

Cota Geodésica: 1631.200 M.S.N.M.

Pendiente del Terreno: 2^o/o.

Ramal b: formado por los nacimientos Laguna Seca (11,904.53 metros cuadrados) y Nacimientos Piedra de Fuego, los cuales forman el río Las Limas y se embalsan en la Presa del mismo nombre.

Presa Las Limas:

Presa de mampostería, sección trapezoidal. Ocupa un área de 1 Ha. 45 Acres, 81.70 centiáreas. En 1889 se acuerda la introducción de estas aguas hacia la ciudad de Guatemala.

Cota Geodésica: 1630.000 M.S.N.M.

Ramal c: formado por los ríos Yumar y El Sifón. Estos caudales se operan en la época de verano.

El Sifón es una presa de mampostería de sección trapezoidal de 7.00 m. de largo y 1.50 m. de alto en la cual hay una pequeña estación de Bombeo. La captación ocupa un área de 3330 metros cuadrados.

En El Sifón se tienen además del embalse:

- Desarenador.
- Tanque de compensación de 18 m. x 10 m. x 3 m.
- Guardianía.
- Motor Lister Diesel, bomba y accesorios.
- Conducción presa-tanque de compensación de 150 m. de largo.
- Línea de impulsión a caja de mampostería de 150 m. de H. G.
- Tanque metálico de combustible y línea de alimentación.
- Una bomba Goulds modelo 3405 de una etapa, serie 53674, motor Lister Diesel modelo HR6, Serie 95 A 617 de 66 H.P.

Estos tres ramales, aguas de los ríos Las Limas-El Milagro-El Sifón se unen en una caja de mampostería que está situada a 4870 metros de la Presa Las Limas, en el sentido de la corriente.

Cota Geodésica de la Caja de Reunión 1616.800 M.S.N.M.

El caudal reunido y producido por los Sectores I y II puede llegar a la Planta La Brigada por medio de las siguientes líneas y tuberías de Conducción:

El Sifón-Presa Brigada: El Sifón en Quebrada Yumar tiene 300 metros de longitud de tubería de hierro forjado; de la caja de reunión con las aguas de El Milagro-Las Limas-Sifón parte acueducto de mampostería de 1700 metros pasando por las colonias San Francisco y San José Las Rosas y de aquí a la Planta o bien a la Presa (Caja de reunión cercana a entrada túnel hacia la Planta).

Se tienen 1000 metros de tubería de 12", 14" y 16" todas de H.F. La tubería atraviesa las colonias San Francisco, San José las Rosas y el Boulevard El Caminero.

Antes de que estas aguas lleguen a la Presa La Brigada hay una válvula de 12" (dextrógira) para regular el paso de estas aguas ya sea hacia la Presa o hacia la Caja de Reunión del caudal que sale de la Presa con el anteriormente descrito.

Las aguas de la cuenca La Brigada, provenientes de los ríos La Brigada y de los ríos Las Limas-El Milgaro-El Sifón se unen en otra caja de mampostería en la entrada del túnel de la tubería de conducción y juntas salen de esta caja en tubería de 14" H.F. hacia la planta.

Cota Geodésica Caja de Reunión 1617.000 M.S.N.M.

Los vertederos de entrada en la Planta están en la cota Geodésica 1611.810 M.S.N.M.

Sector III:

Caudales provenientes de las filtraciones del Proyecto Nacional Xayá-Pixcayá. Estos caudales son conducidos desde las captaciones propias del proyecto hasta la Planta "La Brigada" llegando a la entrada del vertedero en tubería de 18" H.F.

Sector IV:

Caudales producidos dentro del área de la Planta por medio de pozos. Esta producción de pozos sale directamente de la Planta, como se explica más adelante.

ii) Obras de Conducción:

El agua cruda recolectada en las distintas fuentes de abastecimiento es llevada hacia la Planta "La Brigada" por distintos medios de conducción: acueductos coloniales de mampostería, canales, túneles y tuberías de Hierro Fundido.

Las distintas formas de conducción de cada fuente están explicadas en cada uno de los sectores y ramales enumerados en el inciso anterior.

iii) Estaciones y Sistemas de Bombeo. Pozos.

La forma en que éstas ayudan a la producción de la Planta está explicada posteriormente.

iv) Planta de Purificación:

En la Planta "La Brigada" se tienen en la actualidad los siguientes edificios y equipos varios:

- Edificio de Dosificación y Medición.
- Canal de Mezcla y Flocculación.
- Sedimentadores (2 unidades).*
- Filtros Rápidos de Gravedad (2 unidades).
- Estanque de Recuperación agua lavado Filtros.

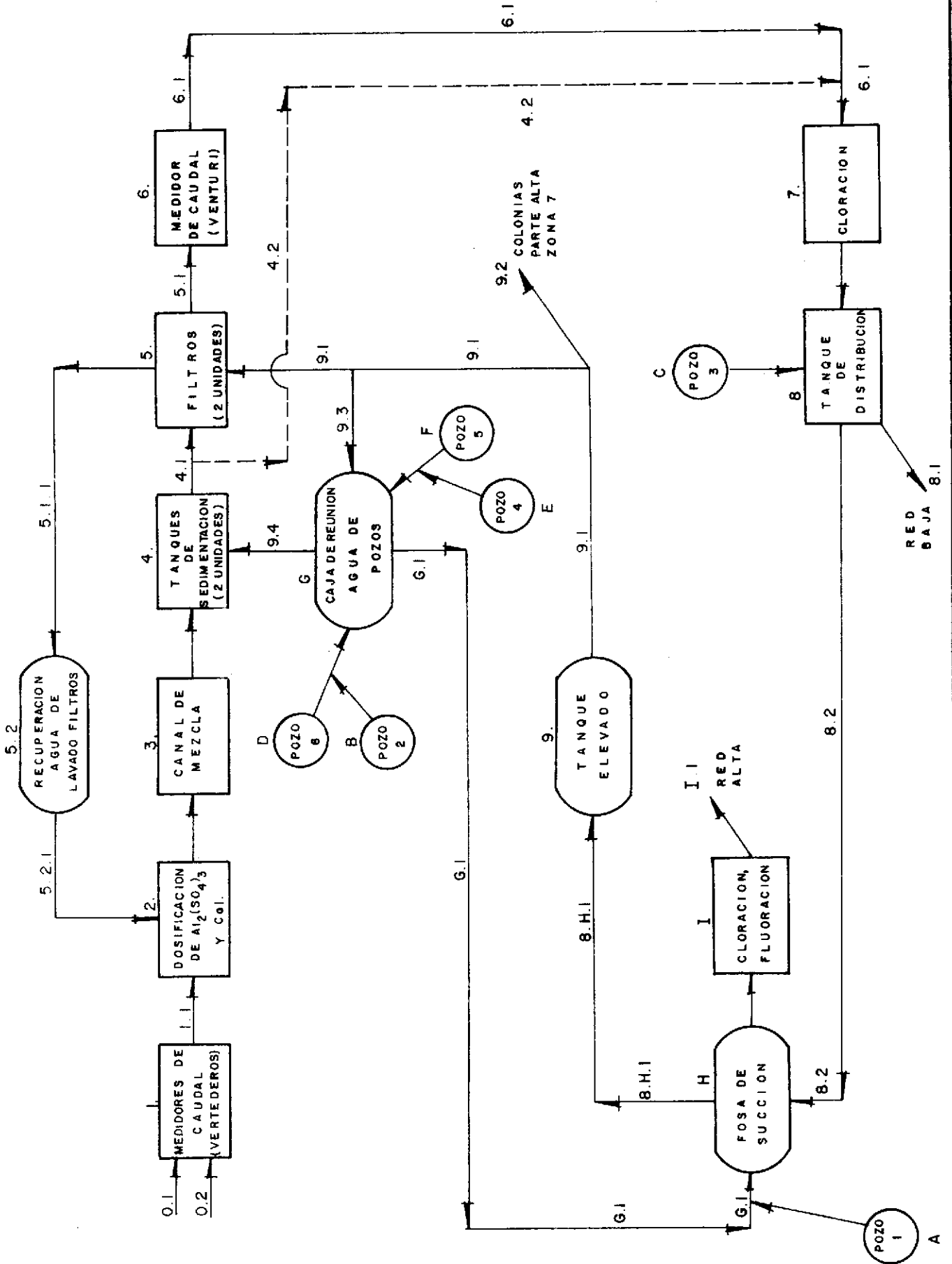
- Edificio de Máquinas de Sistemas de Bombeo.
- Edificio de Laboratorio.
- Vivienda encargado
- Guardianía.
- Tanques de Aguas Claras (rectangular y elevado).
- Bodegas.
- Sistemas de Cloración.
- Equipo electro-mecánico.
- Paneles y Comandos.
- Equipo de Laboratorio.
- Equipos varios.

* Con el Terremoto del 4 de Febrero de 1976 se redujeron a una sola unidad.

v) **Salidas a la Red de Distribución:**

Explicadas posteriormente.

GRAFICA 1.1
D) DIAGRAMA DE BLOQUES



D) DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DE BLOQUES:

— Afluente por Gravedad a la Planta:

Proceso Cero:

0.1 Afluente presas "La Brigada".

Tubería de 14" H.F.

Pasa antes por válvula de 14" que cierra con 80 vueltas en sentido dextrógiro.

0.2 Afluente filtraciones del Proyecto Xayá-Pixcayá.

Tubería de 18" H.F.

Pasa antes por válvula de 18" que cierra con 102 vueltas en sentido dextrógiro.

La separación entre ambas entradas es de 1.60 metros, a centro de tubos.

Las dos válvulas están a 4.15 metros del rostro Oeste de la pared del edificio de Dosificación y Medición.

Separación entre centro válvulas = 1.80 metros.

Existen además, dos tubos de limpieza de 4" H.F. que están a una altura de 2.05 metros del suelo y separados 1.55 metros entre sí. Ambas referencias, a centro de tubos.

Proceso 1:

1. Medidores de Caudal.

Vertederos rectangulares.

$$Q = 0.159 \quad L \quad H^{3/2} \quad \text{en M.L.D.}$$

1.1 Luego se juntan ambos afluentes y mezclados entre sí, pasan por un pequeño canal de 7 metros de largo x 0.60 m. de ancho x 0.80 m. de profundidad a

recibir la dosificación de algunas sustancias químicas.

Proceso 2:

1. Dosificación de Sulfato de Aluminio.
Dosificación de Cal Hidratada.

Proceso 3:

3. Canal de Mezcla.
Floculación.

Proceso 4:

4. Sedimentación con coagulantes.
(dos tanques de sedimentación en paralelo).
- 4.1 Sale de los sedimentadores por un canal de recolección hacia fosa y de ahí, a una profundidad de 4.20 metros entra un tubo de 16" H.F.; recorre 4.50 metros y pasa por codo de 90°, sigue en 16" H.F. 95 metros y pasa por válvula de 16" (dextrógira) que está a 6.50 metros del rostro Sur de la pared de los Filtros; pasa por codo de 45° y entra a los Filtros.
- 4.2 By-Pass de emergencia para mandar agua sedimentada al Tanque de Distribución (rectangular) en caso que los Filtros estuvieran dañados o fuera de uso.
La intersección de la tubería de 16" H.F. que sale de los sedimentadores con la tubería de emergencia está hecha por medio de una Te.
Antes de poder entrar al Tanque de Distribución hay una válvula de 12" (dextrógira, normalmente cerrada), codo, reductor y Te.
Diámetro By-Pass = 12" H.F.
Longitud = 55 metros.
Profundidad = 4.50 metros.

Proceso 5:

5. Filtros Rápidos de Gravedad.

Dos unidades en paralelo.

5.1 Sale de los Filtros por una Te de 16" y en tubo de 16" H.F. Pasa previamente por dos válvulas hidroneumáticas de 16" que están a 2.35 metros de los rostros Este y Oeste, respectivamente, de las paredes de los Filtros.

5.1.1 Tubería de Desagüe Filtros.

Tubo de Cemento de 14".

Longitud = 60 metros.

5.2 Estanque de recuperación agua lavado de Filtros.

5.2.1 Bomba.

Tubería de 4" H.G.

Longitud = 130 metros.

Proceso 6:

6. Medidor de Caudal (Venturi).

El Venturi hace de reductor de 16" H.F. (salida Filtros) a 12" H.F. Inmediatamente después del Venturi hay una válvula hidroneumática de 12".

En este complejo, hay válvulas hidroneumáticas de 16" para regular el lavado de los Filtros. Además, hay tubería de 4" H.G. para los agitadores de lavado de Filtros.

6.1 Después de pasar por el Venturi recorre 55 metros en 12" H.F. y llega a codo de 90°. Sigue 51 metros más en 12" H.F. hasta llegar a reductor de

12" a 14" (longitud tubería de 14" = 15 metros) y entra al Tanque de Distribución previa cloración.

Proceso 7:

7. Desinfección: Cloración.

Proceso 8:

8. Tanque de Distribución (almacenamiento agua potable).

- 8.1 Hacia Red Baja.

Tubería de Distribución de 20" H.F. (saliendo de la Planta).

Sirve parte Zonas 7 y 11.

- 8.2 By-Pass hacia la Fosa de Succión en la Casa de Máquinas.

Tubería de 14" H.F. Hay una válvula de 14" para regular el flujo a la salida del Tanque de Distribución.

Longitud hasta fosa = 70 metros.

Profundidad 5.00 metros.

Proceso 9:

9. Tanque de Aguas Claras.

Tanque Elevado.

- 9.1 Tubo de 12" H.F. hacia los Filtros.

Codo de 90° a la salida del Tanque Elevado.

Codo de 90° para entrar a los Filtros. Te.

Válvula de 12".

Longitud tubería = 45 metros.

9.2 Tubería de Distribución de 8" H.F.

Presta servicio a algunas colonias situadas en la parte alta de la Zona 7.

9.3 Rebalse del Tanque Elevado.

Tubo de 8" H.F.

Antes de llegar a la Caja de Reunión Agua de Pozos hay una válvula de 8" para controlar el flujo.

9.4 Rebose de las aguas que llegan a la Caja de Reunión Agua de Pozos. Al

estar llena la Caja las aguas caen en el sedimentador del lado Este y nuevamente vuelven a pasar por parte del ciclo de la Planta.

— **AFLUENTE POR BOMBEO EN LA PLANTA:**

Proceso A:

Pozo No. 1.

Válvula de 4".

Tubería de 4" H.G.

Longitud = 50 metros.

El caudal producido por este pozo se une al proveniente de la Caja de Reunión Agua de Pozos y juntos entran a la Fosa de Succión.

Proceso B:

Pozo No. 2.

Válvula de 4".

Tubería de 4" H.G.

Longitud = 100 metros.

El caudal producido por este pozo se une al caudal que produce el pozo No. 6 y juntos llegan a la Caja de Reunión Agua de Pozos.

Proceso C:

Pozo No. 3

Válvula de 6".

Tubería de 6" H.G.

Longitud = 90 metros.

Bombea directamente al Tanque de Distribución (rectangular).

Proceso D:

Pozo No. 6.

Válvula de 6".

Tubería de 6".

Longitud = 40 metros.

Esta tubería lleva la producción del Pozo No. 2.

Proceso E:

Pozo No. 4.

Válvula de 4".

Tubería de 4" H.G.

Longitud = 75 metros.

El caudal producido por este pozo se une al caudal que produce el Pozo No. 5 y

Válvula de 4".

Tubería de 4" H.G.

Longitud = 100 metros.

El caudal producido por este pozo se une al caudal que produce el pozo No. 6 y juntos llegan a la Caja de Reunión Agua de Pozos.

Proceso C:

Pozo No. 3

Válvula de 6".

Tubería de 6" H.G.

Longitud = 90 metros.

Bombea directamente al Tanque de Distribución (rectangular).

Proceso D:

Pozo No. 6.

Válvula de 6".

Tubería de 6".

Longitud = 40 metros.

Esta tubería lleva la producción del Pozo No. 2.

Proceso E:

Pozo No. 4.

Válvula de 4".

Tubería de 4" H.G.

Longitud = 75 metros.

El caudal producido por este pozo se une al caudal que produce el Pozo No. 5 y

juntos llegan a la Caja de Reunión Agua de Pozos.

Proceso F:

Pozo No. 5.

Válvula de 6".

Tubería de 6" H.G.

Longitud = 95 metros.

Esta tubería lleva la producción del Pozo No. 4.

Proceso G:

G. Caja de Reunión Agua de Pozos 2, 4, 5 y 6.

G.1 Tubería de 8" H.G.

Codo de 90° antes de entrar a la Fosa de Succión.

Longitud = 80 metros.

Proceso H:

H. Fosa de Succión (Brigada 60).

Bombas elevadoras para la tubería de Impulsión.

8.H.1 Tubería de 12" H.F.

Bombeo hacia el Tanque Elevado.

Válvula de 12".

Longitud = 35 metros.

Proceso I:

- I. Desinfección:
Cloración, Fluoración.

I.1 Hacia Red Alta.

Tubería de Impulsión de 14" H.F. hacia las Colonias Belén y La Florida. Esta tubería sale de la Planta, por bombeo, hasta la 54 avenida de la zona 19. Tiene una longitud de 1445 metros desde la Planta hasta la conexión con la tubería de 14" H.F. que viene del Tanque de Belén.

I.1 Caudales sujetos al proceso coagulación-Sedimentación:

En este punto, se incluyen caudales promedio anuales por gravedad, con el objeto de visualizar la forma como se distribuyeron en:

año 1971	--	7.11	M.L.D.
año 1972	---	7.51	M.L.D.
año 1973	---	6.56	M.L.D.
año 1974	---	10.67	M.L.D.
año 1975	---	11.72	M.L.D.

Los años 1974 y 1975, incluyen la aducción de los caudales provenientes de las Filtraciones del Proyecto Xayá-Pixcayá.

En el período 1971-1975, los caudales promedio anuales sujetos al proceso

coagulación-sedimentación, dentro de la Planta se distribuyeron en la siguiente forma:

CUADRO 1.1
CAUDALES PROMEDIO ANUALES 1971-1975 SUJETOS AL
PROCESO COAGULACION-SEDIMENTACION

Año	Afluente Presas "La Brigada"	Afluente de Xayá-Pixcayá	Total
1971	7.11 M.L.D.	-----	7.11 M.L.D.
1972	7.51 M.L.D.	-----	7.51 M.L.D.
1973	6.56 M.L.D.	-----	6.56 M.L.D.
1974	6.13 M.L.D.	4.54 M.L.D.	10.67 M.L.D.
1975	5.35 M.L.D.	6.37 M.L.D.	11.72 M.L.D.

Como puede verse en el cuadro anterior, el incremento de la producción es debido al afluente de Xayá-Pixcayá.

CUADRO 1.2
CANTIDADES Y PORCENTAJES DE APORTACION DE
CADA UNO DE LOS AFLUENTES

Cuadro Comparativo de Promedios Mensuales del año 1975, que muestra que cantidades y en que porcentajes aporfo cada uno de los afluentes por Gravedad a la Planta la Brigada:

Mes	Caudal diario en M L D.			°/o de Caudal de cada Afluente en M L D.		
	Presas	X P	Total	Presas	X P	Total
Enero	6.66	1.88	8.54	78.0	22.0	100
Febrero	4.72	7.92	12.64	37.3	62.7	100
Marzo	4.06	8.13	12.18	33.3	66.7	100
Abril	3.28	7.88	11.16	29.4	70.6	100
Mayo	3.45	6.67	10.12	34.1	65.9	100
Junio	3.99	7.04	11.03	36.2	63.8	100
Julio	4.30	7.04	11.34	37.9	62.1	100
Agosto	5.46	5.59	11.05	49.4	50.6	100
Septiembre	6.24	7.00	13.24	47.1	52.9	100
Octubre	7.65	6.09	13.74	55.7	44.3	100
Noviembre	7.37	5.40	12.77	57.7	42.3	100
Diciembre	7.02	5.85	12.87	54.5	45.5	100
Promedio	5.35	6.37	11.72	45.9	54.1	100

CUADRO 1.3
CANTIDADES Y PORCENTAJES DE APORTACION DE LOS
AFLUENTES POR GRAVEDAD MAS LOS POZOS

Cuadro Comparativo del año 1975, que muestra qué cantidades y en que porcentajes, aportó cada uno de los afluentes por gravedad más la producción de los Pozos dentro del área que ocupa la Planta La Brigada:

Mes	E fluente que sale purificado a la Red en M.L.D.				%o de Caudal que produce cada uno de los Sistemas dentro de la Planta			
	Presas	X-P	Pozos*	Total	Presas	X-P	Pozos	Total
Enero	6.66	1.88	4.79	13.33	50.0	14.1	35.9	100
Febrero	4.72	7.92	4.79	17.43	27.1	45.4	27.5	100
Marzo	4.06	8.12	4.79	16.97	24.0	47.9	28.1	100
Abril	3.28	7.88	5.05	16.21	20.2	48.6	31.2	100
Mayo	3.45	6.67	3.94	14.06	24.5	47.4	28.1	100
Junio	3.99	7.04	3.20	14.23	28.0	49.5	22.5	100
Julio	4.30	7.04	3.20	14.54	29.6	48.4	22.0	100
Agosto	5.46	5.59	3.20	14.25	38.3	39.2	22.5	100
Septiembre	6.24	7.00	3.20	16.44	38.0	42.6	19.4	100
Octubre	7.65	6.09	3.20	16.94	45.2	36.0	18.8	100
Noviembre	7.37	5.40	3.20	15.97	46.1	33.8	20.1	100
Diciembre	7.02	5.85	3.20	16.07	43.6	36.4	20.0	100
Promedio	5.35	6.37	3.81	15.53	34.6	40.8	24.6	100

*En base a aforos iniciales de Pozos y a horas de bombeo actual.
 Se ignora la producción real actual.

La producción aproximada de Agua Potable en la Ciudad de Guatemala, durante el año de 1975 fue proporcionada así:

Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA)	150.51 M.L.D.	---	82.4°/o
Compañía de Agua del Mariscal	20.00 M.L.D.	---	11.0°/o
Pozos Particulares	12.00 M.L.D.	---	6.6°/o
<hr/>			
TOTAL	182.21 M.L.D.	---	100 °/o

La producción de Agua Potable de la Empresa Municipal de Agua en sus diferentes sistemas se distribuyó así:

Sistema "Ojo de Agua" ¹	50.69 M.L.D.	---	33.7°/o
Sistema "Santa Luisa"	39.65 M.L.D.	---	26.4°/o
Sistema "Pozos" ²	16.40 M.L.D.	---	10.9°/o
Planta "La Brigada" ³	15.53 M.L.D.	---	10.3°/o
Sistema "El Cambray"	14.42 M.L.D.	---	9.7°/o
Sistema "Atlántico"	13.52 M.L.D.	---	9.0°/o
<hr/>			
TOTAL	150.21 M.L.D.	---	100.0°/o

1. Pozos en el Diamante más manantial Ojo de Agua.
2. Pozos varios en la Ciudad + Pozos (Belén, Molino, Bethania y Filtros Brigada).
3. 5.35 M.L.D. (presas) + 6.37 M.L.D. (Xayá-Pixcayá) + 3.81 M.L.D. (pozos dentro de la Planta) = 15.53 M.L.D.

— Anteproyectos relacionados con el incremento de nuevos caudales a la Planta "La Brigada":

- 1) "Planta de Bombeo El Aguacate".
Proyecto año 1952.

Estaría situada a 5100 metros de la Planta La Brigada, en el camino que une la Colonia La Florida con San Raymundo. El punto de captación estaría en la cota 1460.000 M.S.N.M.

Hay una diferencia de nivel de 151.00 metros con la Planta. Produciría un caudal de 3450 pajas = 6.9 M.L.D.

- 2) "Proyecto de Introducción del agua de las Guacamayas a la Planta La Brigada".

Enero de 1952.

Proyecto. Ing. Héctor Quezada.

Estaría situada en el fondo del barranco del mismo nombre. El punto de captación en la cota 1505.000 M.S.N.M. Habría un embalse de 6532 metros cúbicos.

Hay una diferencia de nivel de 123.017 metros con la Planta. Se necesitaría 2210.80 metros de tubería.

Produciría un Caudal de 1370 pajas = 2.74 M.L.D.

- 3) "Proyecto de Construcción de nuevas presas en el río La Brigada".
Marzo 29/1954.
Proyecto. Ing. Hector Quezada

Evaluado según tres posibilidades:

Posibilidad A = embalse de 494,571 metros cúbicos.

Posibilidad B = embalse de 282,517 metros cúbicos.

Posibilidad C = embalse de 686,020 metros cúbicos.

- 4) "Anteproyecto Planta de Tratamiento El Naranjo".
Febrero/1951
Proyecto: A. Figueroa L.

- 5) "Anteproyecto introducción Río San Lucas".
Abril/1961

Es posible punto de captación estaría en la cota 1800.000 M.S.N.M. El caudal aforado para la época de verano 2580 pajas = 5.16 M.L.D.

- 6) "Mejoras Planta La Brigada".
Mayo/1961
Proyecto. Ing. Luis Movil.
- a) Construcción de 6 nuevos tanques de sedimentación, en paralelo a los que a la fecha del proyecto funcionan.
 - b) Otro canal de Mezcla en serie con el que a la fecha funciona.
 - c) Nuevo Tanque de Aguas Claras de 68.00 m x 64.50 m. paralelo al lado Norte del tanque actual.
 - d) Tanque Elevado Filtros. Volumen = 150 metros cúbicos.

1.2 Dosificadores:

- a) Dosificador de Sulfato de Aluminio. marca BIF, modelo 25.12 (en seco).
- b) Dosificador de Cal Hidratada. Marca Wallace and Tiernan (W E T) modelo A 690. (En seco).

Ambos dosificadores están colocados inmediatamente después de los vertederos de entrada.

- c) Cloro:

Clorador W E T, No. 741018 serie RR 24794 V-Nocht.

Dosificador de Cloro: W E T A 334-00-8801.

Colocados en caseta antes de la entrada del agua en el Tanque de Distribución rectangular.

- e) Silicofluoruro de Sodio.
Marca W E T, Serie A 690522-RR24880.

Situado en la Casa de Máquinas; dosifica a la salida de la Fosa de Succión.

1.3 Flocladores:

Parámetros de Diseño Canal de Mezcla antiguo

Caudal de Diseño = 7 00 M L D

Periodo de Mezcla = 6.-7 minutos.

Canal antiguo de 0 79 m de ancho x 80.00 m. de largo x 0.90 m. de profundidad.

75 Baffles de 0.40 m de largo x 0.60 m. de alto.

Longitud media que recorría el agua = 109.00 metros.

Esta situación se presentó de 1945 a 1958. Es de hacer notar que en esa época, el flujo circulaba de Sur a Norte.

— Condiciones actuales de funcionamiento:

Canal de Mezcla construido en 1959.

Caudal de Diseño= 25 M.L.D.

Período de Mezcla = 12 minutos.

Período de Agitación = 1 minuto.

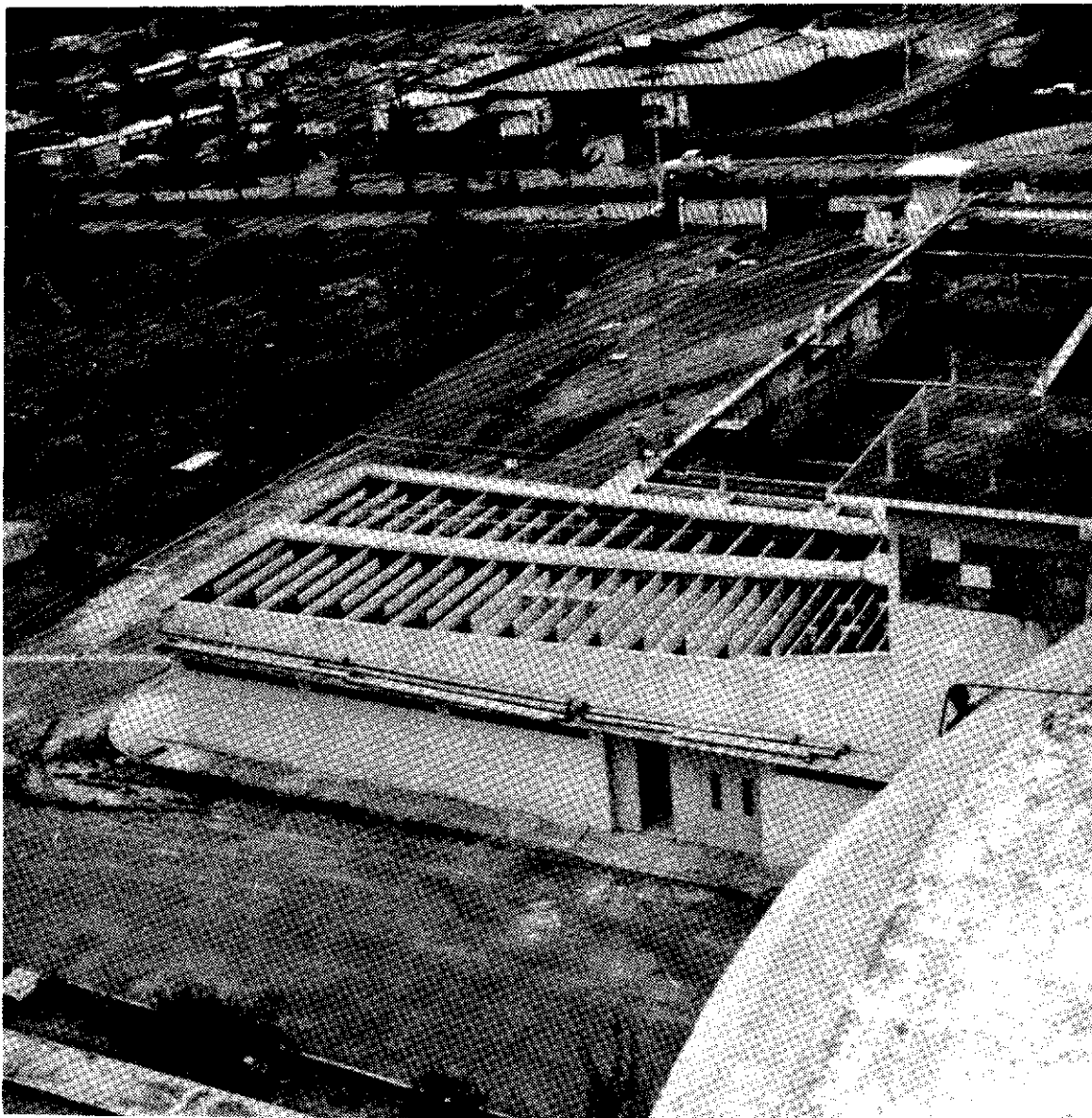
Período de Retención = 30 minutos.

Mide 60.00 m. de largo x 5.15 m. de ancho.

El Canal de Mezcla está compuesto por dos secciones. La primera con 31 tabiques. Los primeros cinco tabiques con una separación promedio de 0.50 m. entre sí y en los restantes esta separación va aumentando gradualmente. Canal de 20 m. de largo por 5.15 m. de ancho. En esta sección el flujo circula de Oeste a Este.

La segunda sección del Canal de Mezcla tiene 40 m. de largo por 5.15 m. de ancho. En esta sección hay 29 tabiques en los cuales la separación máxima es de 1.00 metros. Esta sección termina en otro canal previo a la entrada a los Tanques de Sedimentación.

El flujo circula de Este a Oeste.



Fotografía No.1

"Vista parcial del Canal de Mezcla"

1.4 Sedimentadores:

- Parámetros de Diseño: sedimentador antiguo.

Sedimentador de flujo horizontal.

Caudal de Diseño = 7.00 M.L.D.

Período de Retención = 5.5 horas.

Cota fondo sedimentador = 1606.100 M.S.N.M.

- Condiciones actuales de funcionamiento:

Sedimentadores de flujo horizontal. Dos unidades conectadas en paralelo.

Caudal de los dos sedimentadores = 22.5 M.L.D.

Cada unidad de 40.00 m. de largo x 11.00 m. de ancho x 4.20 m. de profundidad.

Período de Retención = 4 horas.

Superficie construída = 43.5 m. x 29.0 m = 1261.5 m²

Cota entrada tabiques difusores = 16611.000 M.S.N.M.

Cota fondo tanques = 1606.1000 M.S.N.M.

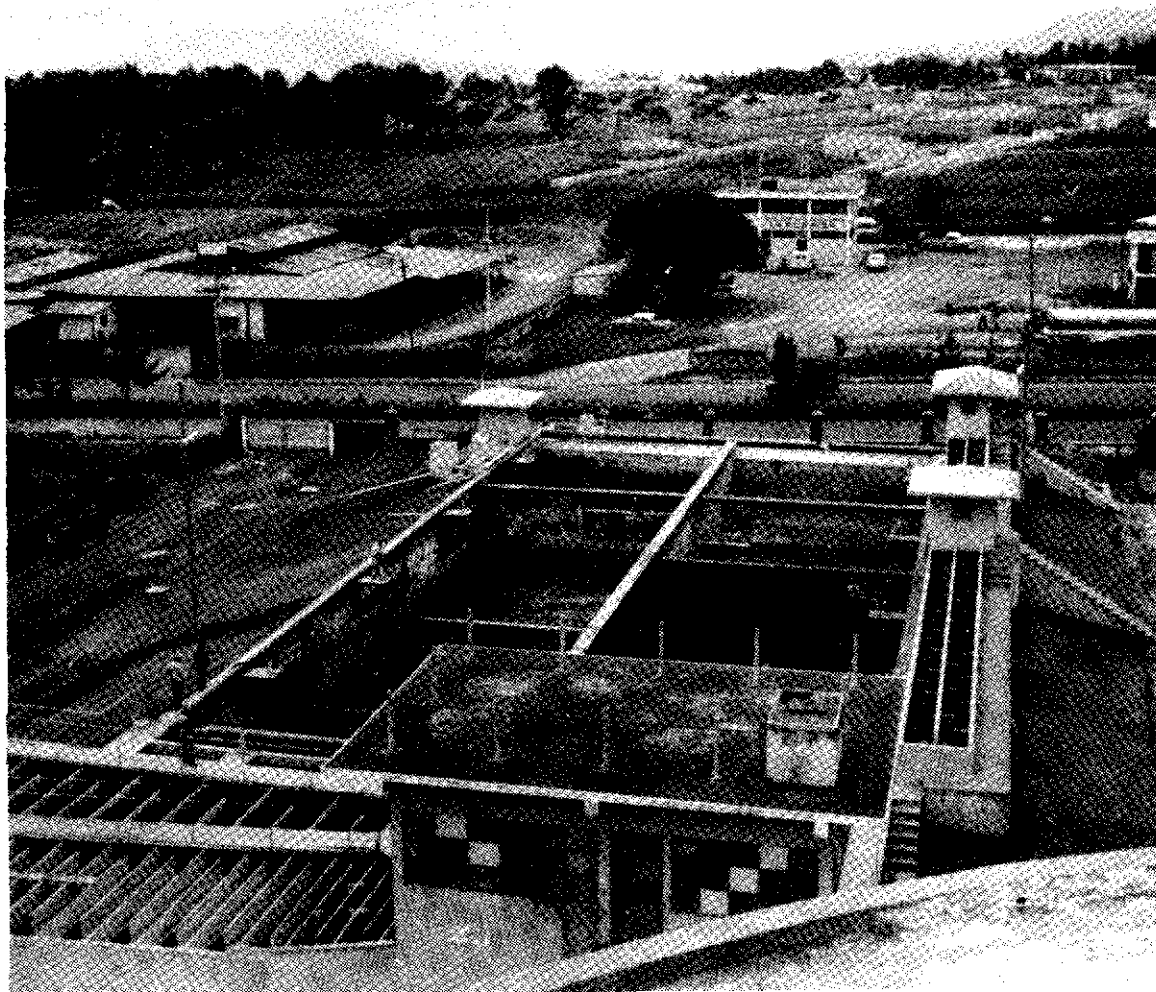
Cota nivel máximo = 1610.1000 M.S.N.M.

El flujo en los dos sedimentadores circula de Norte a Sur. Hay cuatro válvulas de lodos de 8" H.F. (dextrógiras) en cada unidad.

La primera válvula en el rostro Este del respectivo sedimentador y a 4.95 m. del rostro de la pared de los tabiques difusores y las restantes separadas 10 metros cada una en el sentido de las agujas del reloj.

Las dos unidades están divididas por una pared (al 31/12/75) de 0.50 m. de ancho por 40.00 m. de largo con comunicación entre sí como puede apreciarse en las fotografías siguientes

El agua sale de los Tanques de sedimentación recolectada por un canal de 0.61 m. de ancho x 4.50 m. de largo hacia una fosa de reunión de 2.00 m. de largo x 1.25 m. de ancho y 4.50 m. de profundidad y sale en tubo de 16" H.F., previo al paso por un codo de 90° hacia los Filtros. Este tubo pasa a 0.80 m. del centro de la válvula que regula la entrada del afluente que viene de las presas La Brigada (hacia el Este).



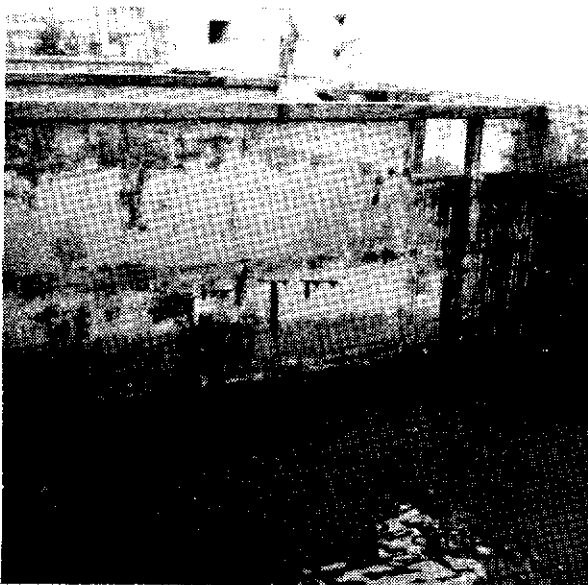
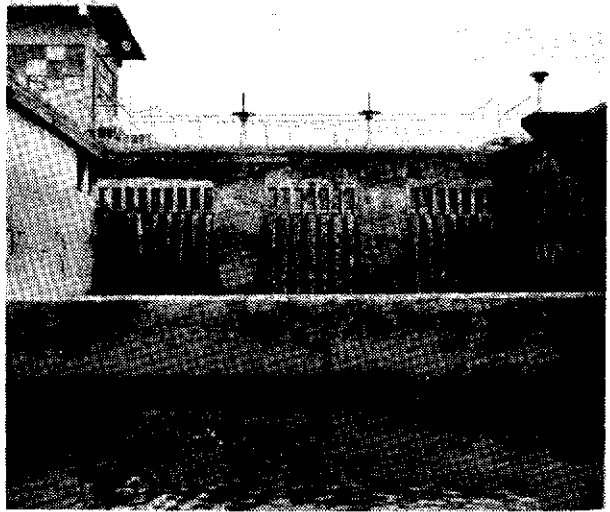
Fotografía No. 2

“Tanques de Sedimentación y parte del Canal de Mezcla Nuevo.

Vista del Canal de Mezcla antiguo”.

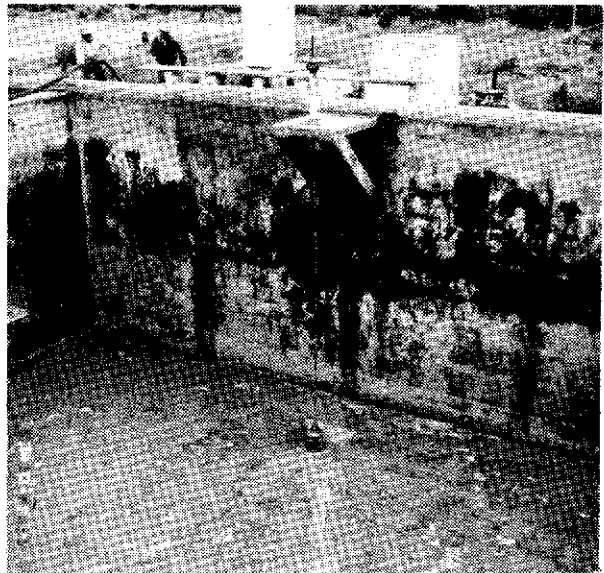
(antes del Terremoto del 4 DE Febrero de 1976).

Fotografía No. 3
"Tabiques difusores"



"Fotografía No. 4
"Pared entre compartimientos.
Puede apreciarse una antigua grieta"

Fotografía No. 5
"Válvula de lodos"



1.5 Filtros:

Batería de Filtros Rápidos de Gravedad.

Dos unidades conectadas en paralelo, cada una de 12.4 m. de largo por 3.80 m. de ancho.

Fondo Wheeler.

Caudal Máximo = 15 M.L.D.

Tasa de Filtración = $150 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{día}$.

Arena con Coeficiente de Uniformidad = 1.5

Diámetro efectivo = 0.60 mm.

Espesor Grava = 0.305 metros.

La primer capa de 1/2" a 3/4".

La segunda capa de 1/2" a 1/4".

La tercera capa de 1/4" a 1/8".

Espesor Arena = 0.305 m.

Con Caseta de Mandos.

El agua proveniente de los sedimentadores entra a los filtros en tubo de 16" H.F. previo al paso de una válvula de 16" que está a 3.85 metros de la entrada.

Los filtros están apoyados en un fondo de arena y talpetate hasta una profundidad de 5.05 metros.

Este cimiento fue modificado en Abril de 1964 por los Ingenieros Mayorga y Tejada.

En los filtros cabe distinguir las siguientes características:

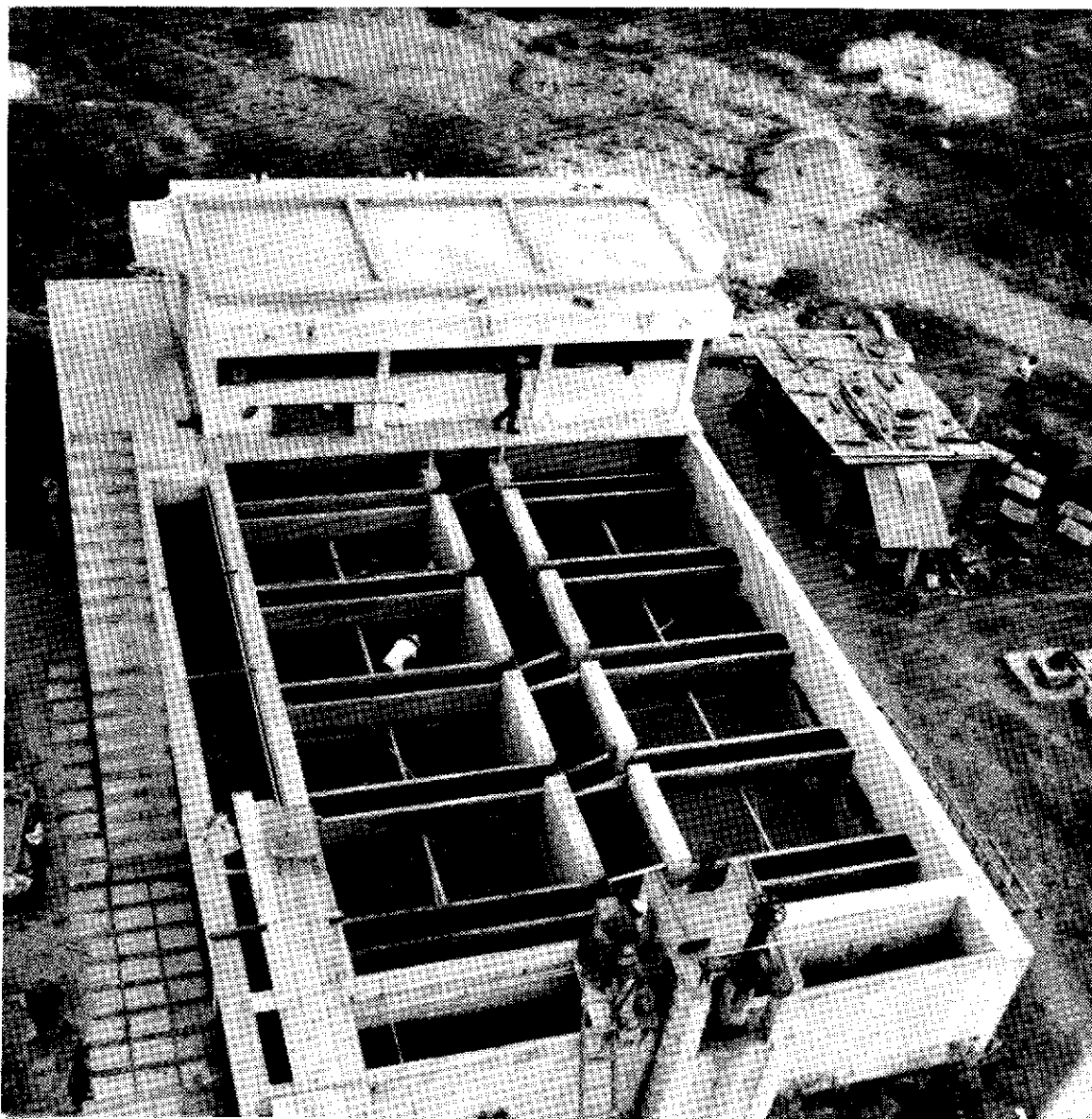
- 1) Tubería de acero con extremos en Flange.

- 2) Válvulas Mariposa (papillon vanne = butterfly valves) con mandos hidroneumáticos y mando manual auxiliar.
- 3) Regulador de Caudal tipo Venturi con indicador en la Consola
- 4) La consola está colocada directamente sobre la galería de tubos con mando para las 5 válvulas y 2 compuertas.
- 5) Indicador de Caudal e indicador de la Pérdida de carga de lavado.
- 6) Válvula de Rewash (8") tiene sólo mando manual.
- 7) El agua de lavado se regula por medio de la válvula de compuerta de 36".

Cota compuerta entrada = 1611.050 M.S.N.M.

Cota fondo filtros = 1606.850 M.S.N.M.

Cota fondo válvulas, Venturi = 1606.10 M.S.N.M.



Fotografía No. 6

"Batería de Filtros rápidos de Gravedad"

1.6 Instrumentación en la Planta:

— Medidores de Caudal:

- 1) Dos vertederos a la entrada del edificio de Dosificación.
Miden el agua que viene de las Presas La Brigada (L = 1.400 m.) y la proveniente de Xayá-Pixcayá (L = 1.380 m)
Cota de ambos vertederos de entrada 1611.810 M.S.N.M.
Ecuación General de los vertederos:

$$Q = 1.84 \frac{86.4}{1000} L H^{3/2}$$

Q = caudal en M.L.D.

L = seccion del vertedero.

H = altura medida de agua.

Ver Tablas de Conversión y Gráfica 1.2 al final del Capítulo.

- 2) Medidor Venturi a la salida de los Filtros.

— Indicadores o Registradores.

- 1) Varillas Turbidímetro para medir turbideces del agua cruda, del agua sedimentada, del agua filtrada.
Ver plano 1.4 al final del Capítulo.
- 2) Indicador de la Pérdida de Carga para el lavado de los Filtros.
- 3) Indicadores (varillas metálicas reguladas) del nivel en el Tanque Elevado y en el Tanque de Distribución.
- 4) Transformadores: tres marca Westinghouse tipo A 7722A 54AA3 de 333 KVA serie 69G5370
- 5) Un Delta Star tipo 0°/o Serie C400 10 de 25 KVA.

- 6) Radio Tipo Consolette Serie MA 463 J con potencia de 30 watts.
- 7) Teléfono.

1.7 Estaciones de Bombeo y Pozos dentro de la Planta.

Dentro del área física que ocupa la Planta La Brigada, se localizan 6 pozos con una producción inicial promedio de 4.54 M.L.D. Los nombres y características principales de cada uno se enumeran a continuación:

Pozo Brigada 1:

Año de 1967. Pozo de 627 pies (191.16 m.) de profundidad. 8" de Diámetro. Nivel estático = 258 pies (78.66 m.) con 340 pies (103.66 m.) ranurados.

El caudal que produce por 24 horas de trabajo = 1.74 M.L.D.

Manda el caudal que produce directamente a la Fosa de Succión, situada en la Casa de Máquinas.

Tiene una Bomba Wade Rain Modelo 8JC4 de 15 etapas vertical, motor US serie 120 1820 Frame 405 Up de 75 H.P., tablero.

Pozo Brigada 2:

año de 1968. Pozo de 593 pies (180.79 m.) de profundidad. 8" de Diámetro. Nivel estático = 266 pies (81.10 m.) con 288 pies (87.80 m.) ranurados

El caudal que produce por 24 horas de trabajo = 1.58 M.L.D.

Bombeo hacia la Caja de Reunión de Agua de Pozos

Tiene una Bomba Boulds US UG 66 PM 34 sumergible motor Franklin modelo 2361 162 900 de 25 H O , tablero

Pozo Brigada 3:

año 1965. Pozo de 500 pies (152.44 m) de profundidad. 8" de Diámetro. Nivel estático = 260 pies (79.27 m).

El caudal que produce por 24 horas de trabajo = 0.81 M.L.D.

Bombea hacia el Tanque de Distribución (rectangular).

Tiene una Bomba Johnston modelo 8 AC serie GA 17215 de 15 etapas, vertical, motor US motor serie Hr 1022 188 marca A.364 uph de 40 H P ; tablero.

Pozo Brigada 4:

Pozo de 600 pies (182.93 m) de profundidad. Nivel estático = 156 pies. (47.56 m).

El caudal que produce por 24 horas de trabajo = 0.81 M.L.D.

Bombea hacia la Caja de Reunión de agua de Pozos.

Pozo Brigada 5:

Pozo de 600 pies (182.93 m) de profundidad. Nivel estático = 156 pies (47.56 m)

El caudal que produce por 24 horas de trabajo = 0.81 M.L.D.

Bombee hacia la Caja de Reunión de Agua de Pozos.

Tiene una Bomba Gould US modelo UG 66 PM 34 vertical, motor de 25 H.P.; tablero.

Pozo Brigada 6:

Nivel estático = 156 pies (47.56 m.). 8" de Diámetro.

El caudal que produce por 24 horas de trabajo = 0.81 M.L.D.

Bombee hacia la Caja de Reunión de Agua de Pozos.

Tiene una bomba Fairbanks Morse Modelo WETSCO sumergible, motor de 25 H.P.; tablero.

Bomba para recuperar Agua Lavado Filtros de la Planta:

Bomba Berkeley Modelo 3 WP No. 101/510 serie C 3098 W de 1 etapa horizontal, motor Century modelo SC-215 CZ-FCA-6-311684-01 Serie 11 F. de 5 H.P., tablero.

Bomba Brigada 60:

Localizada en la Fosa de Succión. Elevadora hacia las Colonias Belén y Florida.

Bomba Ruhpumpen GMBH modelo GH- 125/300/2 Serie 1347 horizontal de 2

etapas, motor Siemens - S. Serie 796.358 VDE 0530 de 60 KW (81 H.P.); tablero.

Bomba Brigada Auxiliar:

Bomba Johnston modelo 10 EC serie GA 18412 de una etapa, vertical, motor Westinghouse modelo TBDP Serie 6801 de 10 H.P.; tablero.

Bomba Brigada Pato:

Bomba KSB, modelo ETA 80-30 K Serie 6-101-245-60 5/0, horizontal, de dos etapas, motor Brown Bovers Modelo MQU 18024 d Serie A 570330 de 30 H.P.

Pozos Filtros Brigada:

En esta descripción, se incluyen además los equipos de bombeo situados en el lugar llamado Filtros Brigada. Aunque el bombeo es directamente a la Red, están sólo a 775 metros de la Planta.

Pozo Filtros Brigada I:

Año 1970. Pozo de 1036 pies (315.85 m.). 8" de Diámetro. con 500 (152.44 m.) ranurados. Nivel estático = 142 pies (43.29 m.).

Bombea directamente a la Red.

El caudal que produce por 24 horas de trabajo = 2.73 M L D

Tiene una Bomba Johnston modelo 8 EC Serie GC 17504 de 16 etapas. motor General Electric, Modelo 5K6257 x h 12a. Serie Dfj 415475 de 60 H.P. con

transformador y tablero G.E. CR 130 E5203 AG.

Pozo Filtros Brigada II:

Año 1970. Pozo de 950 pies (289.63 m.). 8" de Diámetro con 460 pies (140.24 m.) ranurados. Nivel estático = 124 pies (43.29 m.).

Bombea directamente hacia la Red.

El caudal por 24 horas de trabajo = 2.73 M.L.D.

Tiene una Bomba Johnston modelo 8 EC Seria GC 17505 de 16 etapas, motor General Electric, Modelo 5K 6257 x h 12a. Serie Dfj 415474 de 60 H.P. con transformador y tablero G.E. CR 13 OE 520 3 Ag.

1.8 Tanque de Aguas Claras:

- Parametros de Diseño.
- Dimensiones.

Capacidad util = 7500 metros cúbicos.

Pendiente del desagüe = 1^o/o.

- Dimensiones:

Es un tanque rectangular de 45 m. x 40 m. x 5.49 m. Fue construido en 1963. Ocupa un área construida de 1800 metros cuadrados.

El agua proveniente de los Filtros entra al Tanque de Distribución, previa

cloración, en tubo de 14" H.F. y sale del mismo en tubo de 20" H.F. hacia La Red Baja (parte zonas 7 y 11).

Cota promedio = 1610.000 M.S.N.M.

Cota fondo tanque = 1600.980 M.S.N.M.

Cota nivel máximo = 1595.900 M.S.N.M.

Cota nivel superior agua tanque = 1605.980 M.S.N.M.

Ver gráfica 1.3 al final del Capítulo la cual ilustra el movimiento del nivel del agua en el tanque en un día cualquiera.

1.9 Tanque Elevado para Lavado de Filtros:

- Parámetros de Diseño.
- Dimensiones.

Tanque de Aguas Claras que cumple dos funciones:

- 1) Proveer de agua para el lavado de Filtros.
- 2) Tanque de Distribución para colonias situadas en la parte alta de la zona 7.

Fue construido en 1965.

Capacidad útil = 450 metros cúbicos.

- Dimensiones:

Es un tanque de concreto reforzado de forma trococonica de 5.73 metros de profundidad.

Altura desde la Cimentación = 21.00 metros.

Cota de Rebose = 1627.000 M.S.N.M.

Ver grafica 1.3 al final del Capitulo la cual ilustra el movimiento del nivel del agua en el tanque elevado en un dia cualquiera.

Tanque Brigada Filtros:

Se incluye tambien, por su cercanía con las instalaciones de la Planta.

Existe desde antes de 1947. Es un tanque circular de planchas de acero remachado.

Diametro interior = 13.21 metros.

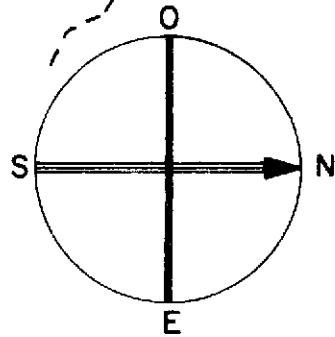
Profundidad = 7.03 metros.

Capacidad = 950 metros cubicos.

CAMINO A ANTIGUA (VIEJO)

ACUEDUCTO DE PANCOCHA

CAMINO A SAN JUAN



AREA DE LA CUENCA DE LA BRIGADA = 7.7 Km.²
 AREA DE LA CUENCA DE PANCOCHA = 5.9 Km.²
 AREA TOTAL = 13.6 Km.²



ESCALA GRAFICA METROS

ESCALA = 1:36364 APROX

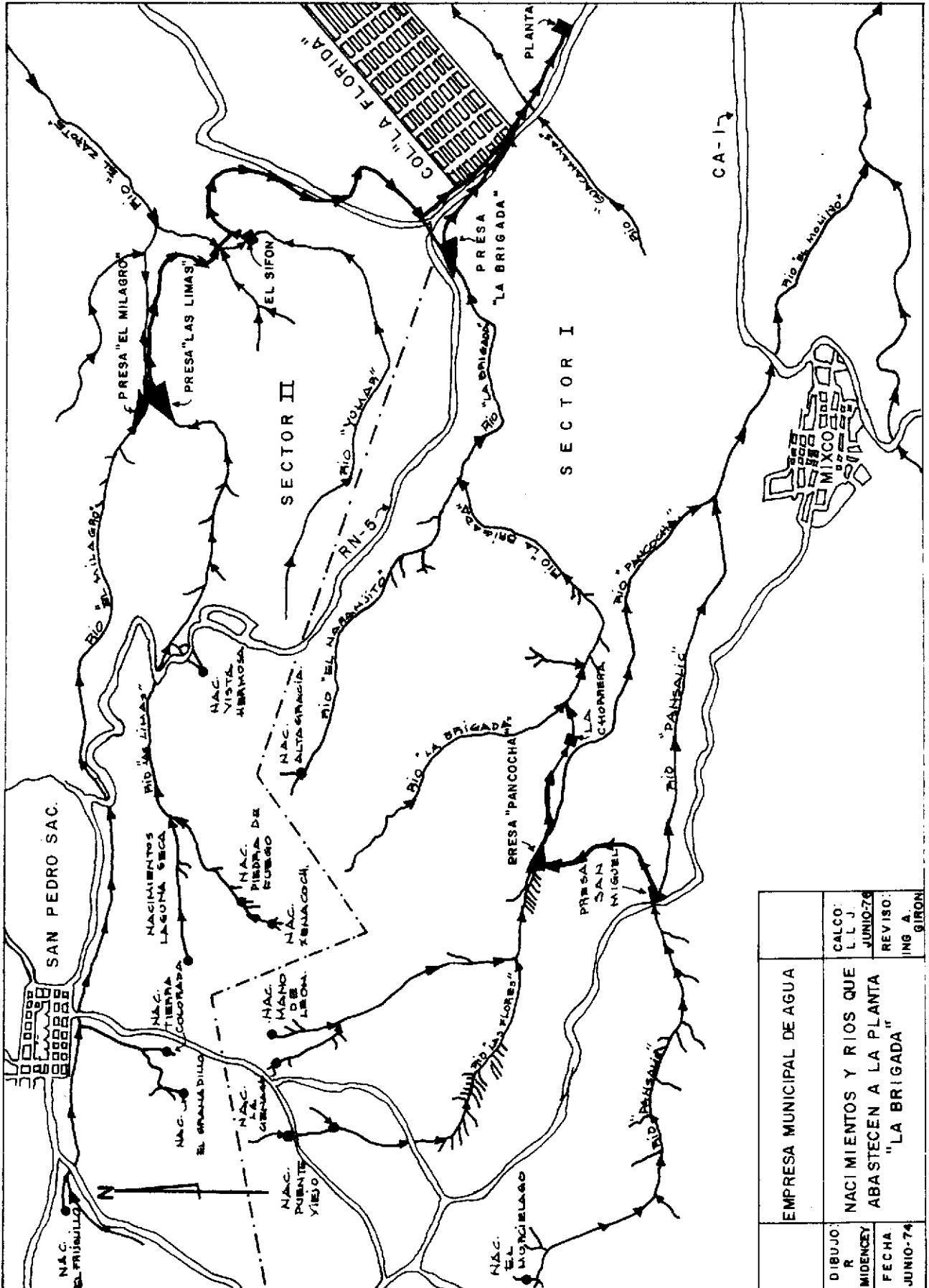
POSIBILIDAD "B"

POSIBILIDAD "A"

PRESA DE "LA BRIGADA"

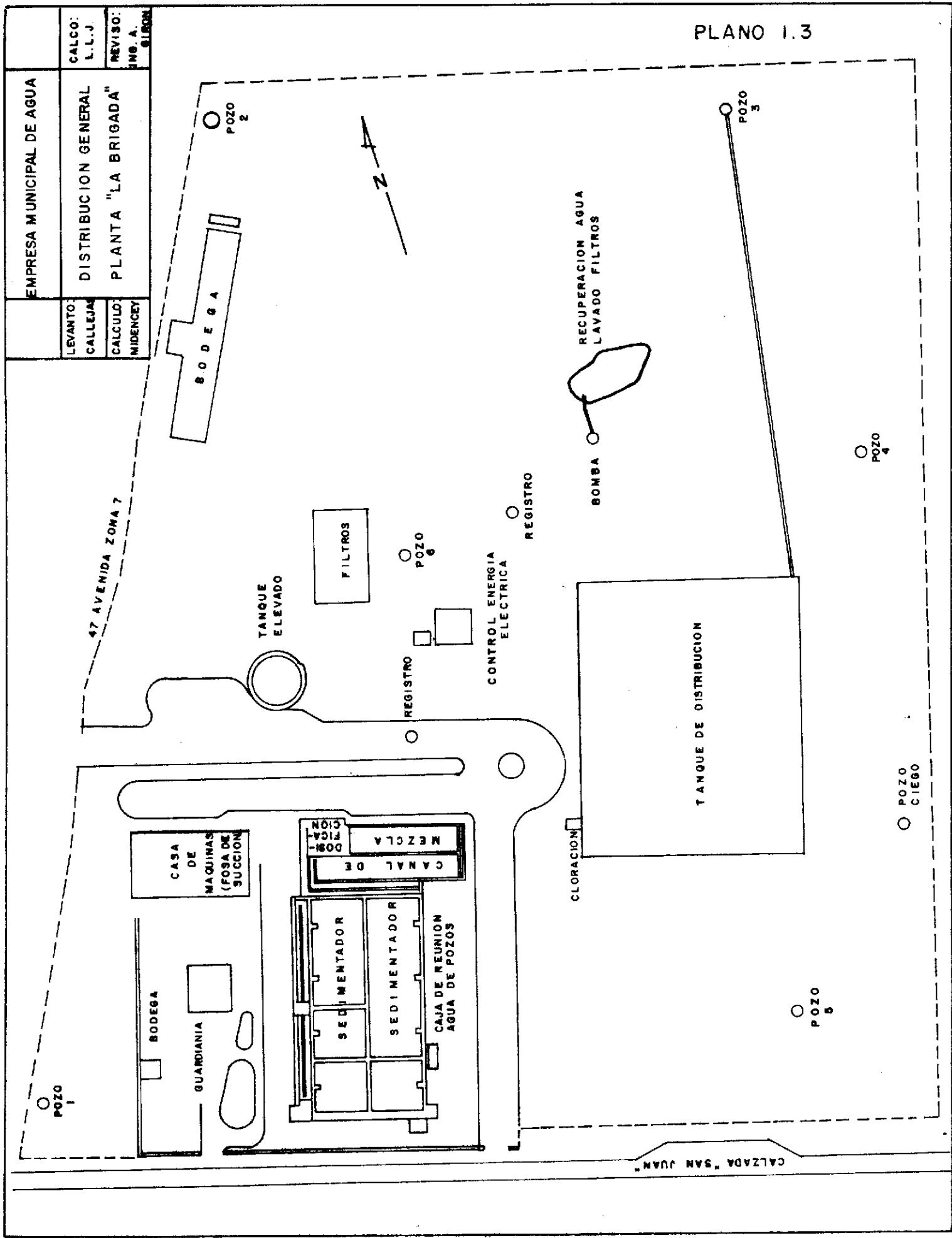
TOMADO DE FOTOGRAFIAS AEREAS

DIBUJO: COHN P.	EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA	CALCO: LUIS LEON
CALCO: MIDERCEY		FECHA: JUNIO-76
FECHA: 29-VI-55	AREA DE LA CUENCA DE LA PRESA DE LA BRIGADA	REVISO: ING. A. GIRON



EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA		CALCO: L.L.J. JUNIO-74 REVISO: ING. A. GIRON
DIBUJO: R. MIDENCEY JUNIO-74	NACIMIENTOS Y RIOS QUE ABASTECEN A LA PLANTA "LA BRIGADA"	

PLANO 1.3



EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA		LEVANTO: CALLEJA	CALCO: L.L.J
DISTRIBUCION GENERAL PLANTA "LA BRIGADA"		CALCULO: MIDENCEY	REVISO: ING. A. SIRON

CALZADA "SAN JUAN"

PLANOS, GRAFICOS Y TABLAS

CAPITULO I

— Tabla de Conversión de Lecturas "altura de vertederos" a M.L.D. en el vertedero de entrada Planta La Brigada.

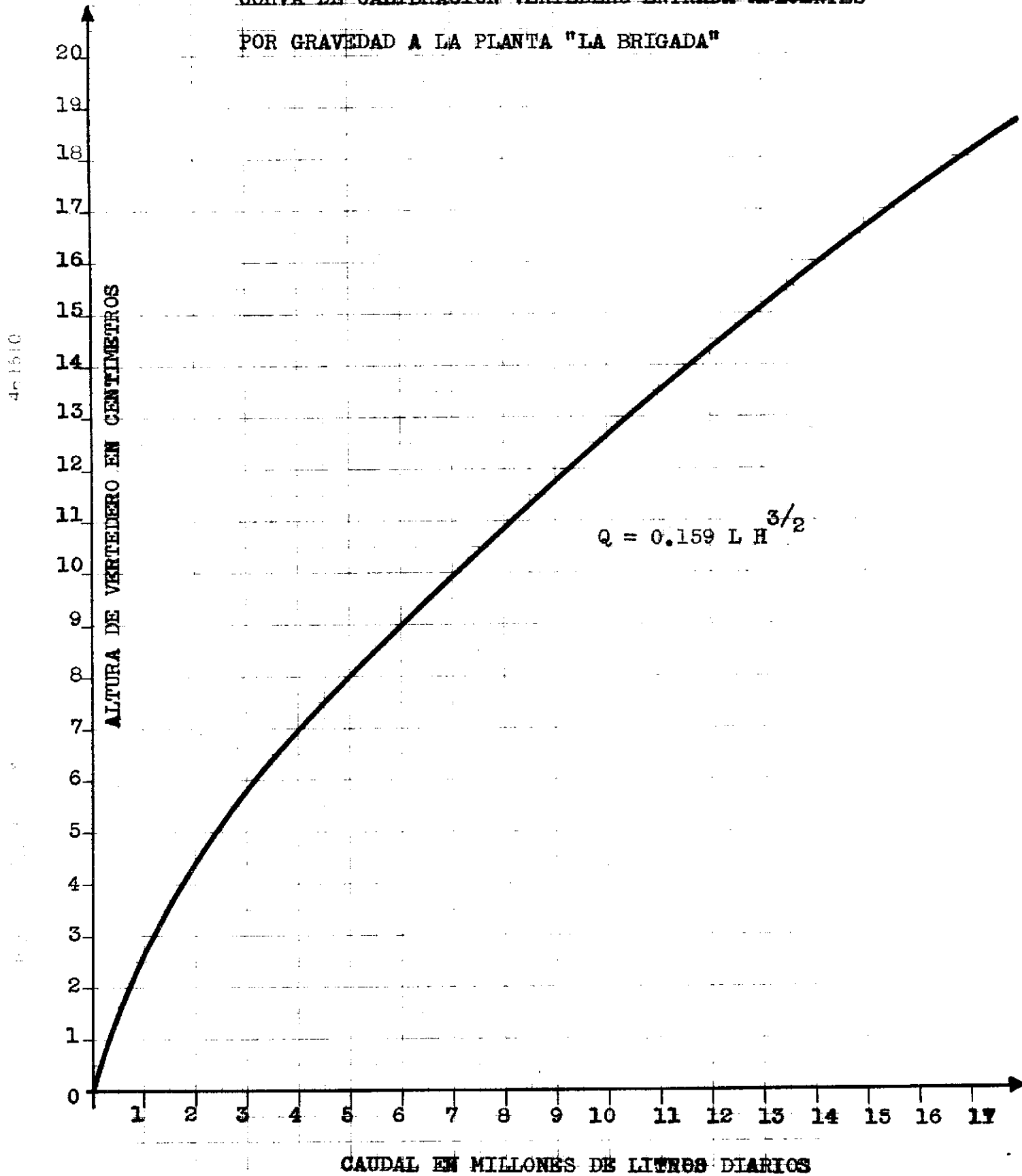
L = 1.400 metros.

Altura en centímetros	Caudal en M.L.D.	$Q = 0.159 L H^{3/2}$
0.5	0.08	
1.0	0.22	
1.5	0.41	
2.0	0.63	
2.5	0.88	
3.0	1.16	
3.5	1.46	
4.0	1.78	
4.5	2.13	
5.0	2.49	
5.5	2.87	
6.0	3.28	
6.5	3.68	
7.0	4.12	
7.5	4.56	
8.0	5.15	
8.5	5.52	
9.0	6.01	
9.5	6.51	
10.0	7.04	

Continuación de Tabla de Conversión:

Altura en centímetros	Caudal en M.L.D.	$Q = 0.159 L H^{3/2}$
10.5	7.57	
11.0	8.12	
11.5	8.68	
12.0	9.25	
12.5	9.83	
13.0	10.43	
13.5	11.03	
14.0	11.66	
14.5	12.29	
15.0	12.94	
15.5	13.58	
16.0	14.24	
16.5	14.91	
17.0	15.60	
17.5	16.27	
18.0	17.00	
18.5	17.71	
19.0	18.44	
19.5	19.17	
20.00	19.91	
etc.	etc.	
etc.	etc.	

**CURVA DE CALIBRACION VERTEDERO ENTRADA AFLUENTES
POR GRAVEDAD A LA PLANTA "LA BRIGADA"**



— Tabla de Conversión de Lecturas "altura de vertedero" a M.L.D. en el vertedero de entrada a la Planta La Brigada.

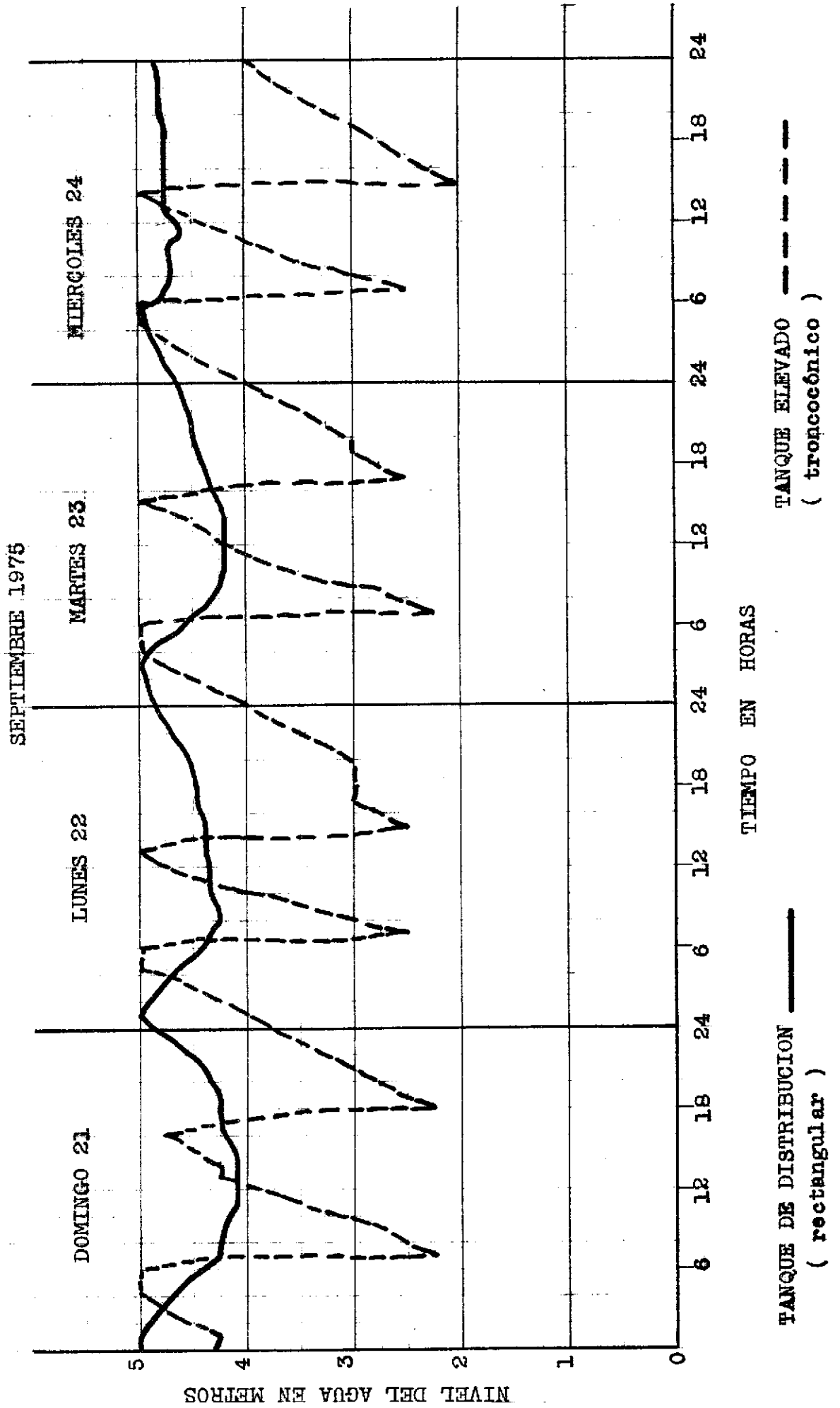
L = 1.380 metros.

Altura en centímetros	Caudal en M.L.D.	$Q. = 0.159 L H^{3/2}$
0.5	0.08	
1.0	0.22	
1.5	0.40	
2.0	0.62	
2.5	0.87	
3.0	1.14	
3.5	1.44	
4.0	1.75	
4.5	2.09	
5.0	2.45	
5.5	2.83	
6.0	3.22	
6.5	3.63	
7.0	4.06	
7.5	4.51	
8.0	4.96	
8.5	5.44	
9.0	5.92	
9.5	6.42	
10.0	6.94	

Continuación de Tabla de Conversión:

Altura en centímetros	Caudal en M.L.D.	$Q = 0.159 L H^{3/2}$
10.5	7.46	
11.0	8.00	
11.5	8.56	
12.0	9.12	
12.5	9.69	
13.0	10.28	
13.5	10.88	
14.0	11.49	
14.5	12.11	
15.0	12.74	
15.5	13.39	
16.0	14.04	
16.5	14.70	
17.0	15.37	
17.5	16.06	
18.0	16.75	
18.5	17.46	
19.0	18.17	
19.5	18.89	
20.0	19.62	
etc.	etc.	
etc.	etc.	

GRAFICAS TÍPICAS DE LOS NIVELES EN LOS TANQUES DE AGUAS CLARAS DE LA
 PLANTA " LA BRIGADA "



CUADRO 1.4

GASTO PARSHALL-FLUME EN LA PRESA "LA BRIGADA"

H. en Cms.	Q. L/Seg	Q. (m.l.d.)
3	3.1	0.26
4	4.6	0.39
5	7.0	0.60
6	9.9	0.85
7	12.5	1.08
8	14.5	1.25
9	17.7	1.52
10	20.9	1.80
11	23.8	2.05
12	27.4	2.36
13	31.0	2.67
14	34.8	3.00
15	38.4	3.31
16	42.5	3.67
17	46.8	4.04
18	51.0	4.66
19	55.2	4.76
20	59.8	5.16
25	83.8	7.24
30	111.0	9.59
35	139.0	12.00
40	170.0	14.68
45	203.0	17.53
50	240.0	20.73
55	277.0	23.93
60	314.0	27.12
65	356.0	30.75
70	402.0	34.73

CAPITULO II

**PARAMETROS DE DISEÑO RECOMENDADOS EN LA
LITERATURA Y CUADROS COMPARATIVOS CON LAS
CONDICIONES ACTUALES DE FUNCIONAMIENTO
DE "LA BRIGADA".**

CAPITULO II:

2. Parametros de Diseño recomendados en la Literatura y cuadros comparativos con las condiciones actuales de funcionamiento de "La Brigada".

Nota aclaratoria:

En el presente Capítulo como en los anteriores y posteriores, la inclusión de algunos parámetros de Diseño de Plantas de Purificación de Agua con Filtros Rápidos de Gravedad, se hace en forma breve y general ya que el presente trabajo de Tesis no pretende, de ninguna manera, llegar a ser un manual de diseño de plantas de purificación, sino que uno de los objetivos principales del mismo, es que el lector tenga algunas ideas básicas sobre cómo se hace funcionar una Planta de Purificación en nuestro medio.

A continuación, algunas ideas generales en referencia al punto considerado:

— Diseño funcional en Plantas de Purificación de Agua:

Algunas veces las plantas de purificación de agua son diseñadas en un exceso de capacidad, en base a las necesidades probables en el futuro y previendo la instalación de unidades adicionales según aumente la demanda. Es conveniente que la predicción de las necesidades futuras sea moderada ya que debe tomarse muy en cuenta la nivelación hacia una población estable. La inversión de recursos económicos debe ser mesurada para poder aprovechar así los rápidos y constantes progresos en la ciencia del Tratamiento.

Debido a que la planta funciona a base de flujo continuo, la capacidad en el Diseño debe dividirse entre dos unidades por lo menos, con el propósito de poder hacer funcionar temporalmente una en caso de arreglo rotura o desperfecto de la otra.

Sedimentación simple:

Se le ha dado muy poca importancia a la eliminación del sedimento mediante la sedimentación simple, lo cual ayudaría a reducir la carga de plantas de filtración rápida con arena que tratan aguas de altas turbideces, o para justificar el uso de plantas de filtración lenta con arena, o usar solamente tratamiento por cloración produciendo aguas de turbidez reducida.

Otra alternativa interesante sería la de utilizar pozos cercanos a las márgenes de los ríos para que sirvan como galerías filtrantes y que la filtración natural del agua filtrada provea una clarificación suficiente, aún cuando frecuentemente será necesario la cloración.

Parece ser que hay una tendencia a simplificar en demasía el diseño de los tanques de sedimentación, dando mucha importancia a la estructura de hormigón y a su capacidad y en consecuencia al período calculado de retención.

Se ha comprobado experimentalmente que muchos sedimentadores son muy poco eficientes debido al escaso, o a ningún control que los deflectores de admisión y las paredes amortiguadoras ejercen sobre el agua entrante y al uso de vertederos de salida de insuficiente longitud. Como resultado, el período de flujo a través del depósito sedimentador es mucho más corto que el período de retención calculado.

Aun cuando los tanques de sedimentación sean razonablemente eficientes, no deben tener períodos de retención cortos, ya que es muy posible de que la floculación sea insuficiente, ya sea por cambios súbitos en las características del agua cruda o por negligencia periódica del operador.

Debe proveerse y es muy recomendable, de un "factor de seguridad" utilizando

periodos de retención de por lo menos cuatro horas, con deflectores y estructuras de salida adecuadas.

Lo anterior enfoca nuestra atención sobre el "flujo ascendente" o "tanques de contacto solido" patentados, ofrecidos por muchos de los fabricantes de equipos de tratamiento en varios países.

— **Floculación:**

Aunque se han hecho extensas investigaciones y desarrollos durante años, se ha prestado muy poca atención a la necesidad y conveniencia de agitar suavemente las aguas tratadas con coagulantes a fin de obtener una floculación eficaz.

La dosis de coagulantes está inversamente relacionada con el grado y período de agitación para la floculación, y también porque el grado de filtración permisible y la economía en la operación de filtrado dependen directamente de la efectividad del tratamiento.

2.1 Parámetros de Diseño recomendados por A.I.D.I.S. (1961):

Período de Diseño Fuentes de Abastecimiento = 30 años.

Período de Diseño Plantas de Purificación = 20 años.

Período de Diseño Sistema completo = 30 años.

Para Floculadores:

Período de retención promedio = 10-20 minutos.

Período de Diseño = 20 años.

Para Tanques de Sedimentación:

Velocidad máxima = 0.30 metros/seg.

Velocidad mínima = 0.10 metros/seg.

C.U.S. = caudal por unidad de superficie = $20.25 \text{ M}^3 / \text{m}^2 / \text{día}$

Período de retención = 4 horas.

Profundidad = 3.000 - 5.00 metros con depósito de lodos.

Relación ancho a largo = 1:4 1:6

Número mínimo de unidades = dos.

CUADRO 2.1
PARAMETROS DE DISEÑO RECOMENDADOS EN LA LITERATURA
Y LOS USADOS EN "LA BRIGADA"
(PARA TANQUES DE SEDIMENTACION)

Cuadro Comparativo de Parámetros de Diseño recomendados y los usados en "La Brigada"

Tanques de Sedimentación	ALGUNOS AUTORES						Funcionando en la Planta "La Brigada"
	Fair & Geyer	A.I.D. I.S.	Babbitt & Donald	Ing. Octavio Cordon	A.W.W. A.	Cepis	
Número mínimo de unidades	2	2	2	2	2	2	2 *
Periodo de Retención en horas	7	4-5	2-6	3-4	2-4	4-5	6
Profundidad en metros	3.05	3-5	3.05-5.50	3.75-5.00	4.98	3.5-	4.20
C.U.S. en $m^3/m^2/dia$ con coagulantes	36.5	20-30	40.6-	20-	14.6-	20-30	18.0

* Como consecuencia del Terremoto del 4 de Febrero de 1976, los dos tanques sedimentadores se convirtieron en uno.

CUADRO 2.2
PARAMETROS DE DISEÑO RECOMENDADOS EN LA LITERATURA
Y LOS USADOS EN "LA BRIGADA" (PARA FILTROS RAPIDOS DE GRAVEDAD)

Cuadro Comparativo de Parámetros de Diseño recomendados y los usados en "La Brigada".

Filtros Parametro	ALGUNOS AUTORES		Funcionando en la Planta "La Brigada"
	Fair & Geyer	CEPIS	
Carga Superficial C.U.S. m ³ /m ² /día	93.5- 117-280	87.5- 117.5-	150
Profundidad del Lecho Filtrante	18" grava 30" arena	12-18" grava 24-30 arena	12" grava 30" arena
Tamaño Efectivo Arena	0.45 mm	0.48 mm	0.60 mm
Coefficiente de Uniformidad	1.5	1.37	1.5
Distribución del tamaño de los granos de arena	Estrati- ficado	Estrati- ficado	Estrati- ficado
Sistema de Drenaje	Placas porosas, fondos, flasos, etc.	Placas porosas, boquillas etc.	Fondo Wheeler

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Biblioteca Central

CAPITULO III
CALIDAD DEL AGUA

CAPITULO III

3. Calidad del Agua

Para dar una idea sobre este punto, se incluyen en el presente capítulo algunos resultados de los análisis de los Exámenes Bacteriológico y Químico-Sanitario del agua, de los que corrientemente se ejecutan en la planta.

Los resultados de los exámenes indicados, están colocados en forma tal, que el lector pueda ver el proceso de purificación en sus distintas etapas. Es decir; el resultado del avance del tratamiento en los diferentes procesos de Sedimentación, Filtración y Desinfección.

Como resultado final del proceso de purificación, el efluente que sale de la Planta de Purificación de Agua "La Brigada" es sanitariamente seguro para el consumo humano; en otras palabras, bacteriológicamente agua potable, grado "A".

Se ha podido comprobar que el afluente proveniente de las filtraciones del Proyecto Xayá-Pixcayá tiene algunas características físico-químicas mejores que las que tiene el afluente de la Presa "La Brigada".

Actualmente se mezclan los dos afluentes y a ambos se les aplica todo el proceso de tratamiento aunque se piensa en otra solución con el objeto de ahorrar químicos, etc.

Finalmente de la calidad del agua servida a la población se realiza en muestreo diario en varios puntos claves de la Ciudad, puntos en los que se toman muestras de agua para efectuarles análisis Bacteriológicos y Químico-Sanitario parciales, de los cuales se adjuntan los resultados de los que están en el área de influencia de "La Brigada".

CUADRO 3.1

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA			
DIVISION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO - DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS			
O.T. No. _____		EXAMEN BACTERIOLOGICO	
		INF No. _____	
MUESTRA DE: <u>AGUA CRUDA</u>	FECHA Y HORA de CAPTACION: <u>5/9/75 8:20 h</u>		
CAPTADA POR: <u>Alfonso Izás</u>	FECHA DE INICIO DEL EXAMEN: <u>6/9/75</u>		
LUGAR: <u>Planta "La Brigada"</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>En Refrigeración</u>		
FUENTE: <u>Vertedero Derecho "La Brigada"</u>			
SABOR: <u>-----</u>		SUSTANCIAS EN SUSPENSION: <u>Gran Cantidad</u>	
ASPECTO: <u>Turbia</u>	CLORO RESIDUAL: <u>-----</u>		
OLOR: <u>A Tierra</u>			
NUMERACION TOTAL DE GERMENES			
a) SIEMBRA EN AGAR NUTRITIVO, INCUBACION A 35 °C			
CANTIDAD SEMBRADA	10.0 cc	1.0 cc	0.1 cc
NUMERO DE COLONIAS DESARROLLADAS	-----	INNUMERABLES	
b) SIEMBRA EN AGAR NUTRITIVO, INCUBACION A TEMPERATURA AMBIENTE			
CANTIDAD SEMBRADA	10.0 cc	1.0 cc	0.1 cc
NUMERO DE COLONIAS DESARROLLADAS	-----	INNUMERABLES	
RESULTADO: NUMERO DE BACTERIAS POR CC			
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI-AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
CANTIDAD SEMBRADA:	FORMACION DE GAS:	FORMACION DE GAS:	
10.0 cc			
1.0 cc	+++++	+++++	
0.1 cc	+++++	+++++	
0.01 cc	-----		
0.001 cc			
0.0001 cc			
RESULTADO: NUMERO DE COLIFORMES POR 100 CC		2,400 N. M. P.	
CONCLUSION: <u>Bacteriológicamente el agua no es potable, Grado "D".</u>			
SELLO		JEFE DEL LABORATORIO	

CUADRO 3.2

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA			
DIVISION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO - DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS			
OT No. _____		EXAMEN BACTERIOLOGICO	
		INF No. _____	
MUESTRA DE: <u>AGUA CRUDA</u>	FECHA Y HORA de CAPTACION: <u>5/9/75 8:40 h</u>		
CAPTADA POR: <u>Alfonso Izás</u>	FECHA DE INICIO DEL EXAMEN: <u>6/9/75</u>		
LUGAR: <u>Planta "La Brigada"</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>En Refrigeración</u>		
FUENTE: <u>Vertedero Izquierdo</u> <u>"Xayá - Pixcayá"</u>			
SABOR: <u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSION: <u>Ligera Cantidad</u>		
ASPECTO: <u>Clara</u>	CLORO RESIDUAL: <u>-----</u>		
OLOR: <u>Inodora</u>			
NUMERACION TOTAL DE GERMENES			
a) SIEMBRA EN AGAR NUTRITIVO, INCUBACION A 35 °C			
CANTIDAD SEMBRADA	10.0 cc	1.0 cc	0.1 cc
NUMERO DE COLONIAS DESARROLLADAS	-----	I N N U M E R A B L E S	
b) SIEMBRA EN AGAR NUTRITIVO, INCUBACION A TEMPERATURA AMBIENTE			
CANTIDAD SEMBRADA	10.0 cc	1.0 cc	0.1 cc
NUMERO DE COLONIAS DESARROLLADAS	-----	I N N U M E R A B L E S	
RESULTADO: NUMERO DE BACTERIAS POR CC	Innumerables		
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI-AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
CANTIDAD SEMBRADA.	FORMACION DE GAS	FORMACION DE GAS.	
10.0 cc			
1.0 cc	+++++	+++++	
0.1 cc	+++++	+++++	
0.01 cc	+++ -	+++	
0.001 cc			
0.0001 cc			
RESULTADO: NUMERO DE COLIFORMES POR 100 CC	9,200 N. M. P.		
CONCLUSION: <u>Bacteriológicamente el agua no es potable, Grado "D".</u>			
SELLO		JEFE DEL LABORATORIO	

CUADRO 3.3

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA				
DIVISION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO - DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS				
OT No. _____		EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF No. _____
MUESTRA DE: <u>AGUA CRUDA</u>	FECHA Y HORA de CAPTACION <u>5/9/75 8:55</u>			
CAPTADA POR: <u>Alfonso Izás</u>	FECHA DE INICIO DEL EXAMEN: <u>6/9/75</u>			
LUGAR: <u>Planta "La Brigada"</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>En Refrigeración</u>			
FUENTE: <u>Tanques Sedimentadores</u>	_____			
SABOR: <u>-----</u>		SUSTANCIAS EN SUSPENSION: <u>Ligera Cantidad</u>		
ASPECTO: <u>Clara</u>	CLORO RESIDUAL: <u>-----</u>			
OLOR: <u>Inodora</u>	_____			
NUMERACION TOTAL DE GERMENES				
a) SIEMBRA EN AGAR NUTRITIVO, INCUBACION A 35 °C				
CANTIDAD SEMBRADA	10.0 cc	1.0 cc	0.1 cc	0.01 cc
NUMERO DE COLONIAS DESARROLLADAS	-----	I N N U M E R A B L E S		
b) SIEMBRA EN AGAR NUTRITIVO, INCUBACION A TEMPERATURA AMBIENTE				
CANTIDAD SEMBRADA	10.0 cc	1.0 cc	0.1 cc	0.01 cc
NUMERO DE COLONIAS DESARROLLADAS		I N N U M E R A B L E S		
RESULTADO: NUMERO DE BACTERIAS POR CC			Innumerables	
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI-AEROGENES)				
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA		
CANTIDAD SEMBRADA:	FORMACION DE GAS	FORMACION DE GAS		
100 cc				
10 cc	+++++	+++++		
0.1 cc	+++++	+++++		
0.01 cc	+++ . .	+++		
0.001 cc				
0.0001 cc				
RESULTADO: NUMERO DE COLIFORMES POR 100 CC		9,200 N. M. P.		
CONCLUSION: <u>Bacteriológicamente el agua no es potable, Grado "D".</u>				

SELLO			JEFE DEL LABORATORIO	

CUADRO 3.4

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA		
DIVISION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO - DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS		
EXAMEN BACTERIOLOGICO		
O.T. No. _____	INF No. _____	
MUESTRA DE: <u>AGUA CRUDA</u>	FECHA Y HORA de CAPTACION: <u>5/9/75 9:10 h</u>	
CAPTADA POR: <u>Alfonso Izás</u>	FECHA DE INICIO DEL EXAMEN: <u>6/9/75</u>	
LUGAR: <u>Planta "La Brigada"</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con Declorador y Refrigeración</u>	
FUENTE: <u>Tanque Distribución</u>		
SABOR: <u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSION: <u>Ligera Cantidad</u>	
ASPECTO: <u>Clara</u>	COLOR RESIDUAL: <u>1.0 p.p.m.</u>	
OLOR: <u>Fuerte a Cloro</u>		
NUMERACION TOTAL DE GERMESES		
a) SIEMBRA EN AGAR NUTRITIVO, INCUBACION A 36 °C		
CANTIDAD SEMBRADA	10.0 cc 1.0 cc 0.1 cc 0.01 cc	
NUMERO DE COLONIAS DESARROLLADAS	----- 0 0 0	
b) SIEMBRA EN AGAR NUTRITIVO, INCUBACION A TEMPERATURA AMBIENTE		
CANTIDAD SEMBRADA	10.0 cc 1.0 cc 0.1 cc 0.01 cc	
NUMERO DE COLONIAS DESARROLLADAS	----- 0 0 0	
RESULTADO: NUMERO DE BACTERIAS POR CC	0	
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI-AEROGENES)		
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA
CANTIDAD SEMBRADA:	FORMACION DE GAS:	FORMACION DE GAS:
100 cc	-----	INNECESARIA
1.0 cc	-----	
0.1 cc	-----	
0.01 cc		
0.001 cc		
0.0001 cc		0 N. M. P.
RESULTADO: NUMERO DE COLIFORMES POR 100 CC		
CONCLUSION: <u>Bacteriológicamente el agua es potable, Grado "A"</u>		
SELLO	JEFE DEL LABORATORIO	

CUADRO 3.5

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA					
DIVISION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO - DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS					
O.T. No. _____		EXAMEN QUIMICO SANITARIO		INF. No. _____	
MUESTRA DE: <u>AGUA CRUDA</u>			FECHA Y HORA de CAPTACION <u>5/9/75 8:30</u>		
CAPTADA POR: <u>Alfonso Izás</u>			FECHA DE INICIO DEL EXAMEN: <u>5/9/75</u>		
LUGAR: <u>Planta "La Brigada"</u>			CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Sin Refrige-</u>		
FUENTE: <u>Vertedero Derecho</u>			<u>ración</u>		
<u>"La Brigada"</u>			_____		
RESULTADOS					
1 ASPECTO <u>Turbia</u>		4 OLOR <u>A Tierra</u>		7 TEMPERATURA: <u>15</u> °C	
2 COLOR: <u>2400.0 Unid.</u>		5 SABOR: <u>-----</u>		(EN EL MOMENTO DE CAP)	
3 TURBIDEZ: <u>1500.0</u>		6 pH: <u>8.0 Unid.</u>		8 DUREZA <u>86.0 mg/l.</u>	
SUSTANCIAS	MG / l	SUSTANCIAS	MG / l	SUSTANCIAS	MG / l
1 NITROGENO ALBUMINOIDEO	0.145	6 CLORUROS Cl	17.50	11 SULFATOS SO4	-----
2 AMONIACO NH3	0.050	7 FLUORUROS F	0.08	12 SOLIDOS TOTALES	2863.0
3 NITRITOS NO2	0.390	8 HIERRO TOTAL Fe	25.00	13 PERDIDA POR IGNICION	1562.0
4 NITRATOS NO3	17.000	9 MANGANESO Mn	-----	14 SUST. MINERAL FIJA	1301.0
5 OXIGENO CONSUMIDO	-----	10 CLORO RESIDUAL	-----	15 SOLIDOS EN SUSPENSION	2634.0
ALCALINIDAD (CLASIFICACION)					
HIDROXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS	ALCALINIDAD TOTAL		
0.0	0.0	64.0	64.0		
OTRAS DETERMINACIONES: _____					

OBSERVACIONES:					
SELLO			_____ JEFE DEL LABORATORIO		

CUADRO 3.6

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA					
DIVISION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO- DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS					
O.T. No. _____		EXAMEN QUIMICO SANITARIO		INF. No. _____	
MUESTRA DE <u>AGUA CRUDA</u>			FECHA Y HORA de CAPTACION <u>5/9/75 8:40</u>		
CAPTADA POR <u>Alfonso Izás</u>			FECHA DE INICIO DEL EXAMEN <u>5/9/75</u>		
LUGAR <u>Planta "La Brigada"</u>			CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Sin Refri-</u>		
FUENTE <u>Vertedero Izquierdo</u>			<u>geración</u>		
<u>"Xayá-Pixcayá"</u>					
RESULTADOS					
1 ASPECTO <u>Clara</u>		4 OLOR <u>Inodora</u>		7 TEMPERATURA <u>26 °C</u>	
2 COLOR: <u>4.0 Unid.</u>		5 SABOR: <u>-----</u>		(EN EL MOMENTO DE CAP.)	
3 TURBIDEZ: <u>2.4 Unid.</u>		6 pH: <u>8.2 Unid.</u>		8 DUREZA: <u>58.0 mg/L</u>	
SUSTANCIAS	MG / l	SUSTANCIAS	MG / l	SUSTANCIAS	MG / l
1 NITROGENO ALBUMINOIDEO	0.118	6 CLORUROS Cl	7.50	11 SULFATOS SO4	-----
2 AMONIACO NH3	0.035	7 FLUORUROS F	0.12	12 SOLIDOS TOTALES	189.0
3 NITRITOS NO2	0.060	8 HIERRO TOTAL Fe	0.10	13 PERDIDA POR IGNICION	93.0
4 NITRATOS NO3	4.200	9 MANGANESO Mn	-----	14 SUST. MINERAL FIJA	96.0
5 OXIGENO CONSUMIDO	-----	10 CLORO RESIDUAL	-----	15 SOLIDOS EN SUSPENSION	4.0
ALCALINIDAD (CLASIFICACION)					
HIDROXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS	ALCALINIDAD TOTAL		
0.0	0.0	78.0	78.0		
OTRAS DETERMINACIONES: _____					

OBSERVACIONES:					
SELLO			_____ JEFE DEL LABORATORIO		

CUADRO 3.7

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA					
DIVISION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO-DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS					
O.T. No. _____		EXAMEN QUIMICO SANITARIO		INF. No. _____	
MUESTRA DE: <u>AGUA CRUDA</u>		FECHA Y HORA de CAPTACION: <u>5/9/75 8:55</u>			
CAPTADA POR: <u>Alfonso Izás</u>		FECHA DE INICIO DEL EXAMEN: <u>5/9/75</u>			
LUGAR: <u>Planta "La Brigada"</u>		CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Sin Refri-</u>			
FUENTE: <u>Tanques Sedimentadores</u>		<u>geración</u>			
RESULTADOS					
1. ASPECTO: <u>Clara</u>		4. OLOR: <u>Inodora</u>		7. TEMPERATURA: <u>24</u> °C	
2. COLOR: <u>12.0 Unid.</u>		5. SABOR: <u>-----</u>		(EN EL MOMENTO DE CAP.)	
3. TURBIDEZ: <u>9.10</u>		6. pH: <u>6.6 Unid.</u>		8. DUREZA: <u>800 mg/l.</u>	
SUSTANCIAS	MG / l	SUSTANCIAS	MG / l	SUSTANCIAS	MG / l
1 NITROGENO ALBUMINOIDEO	0.085	6. CLORUROS Cl	8.00	11. SULFATOS SO4	-----
2 AMONIACO NH3	0.028	7. FLUORUROS F	0.12	12. SOLIDOS TOTALES	211.0
3 NITRITOS NO2	0.000	8. HIERRO TOTAL Fe	0.30	13. PERDIDA POR IGNICION	107.0
4 NITRATOS NO3	5.100	9. MANGANESO Mn	-----	14. SUST. MINERAL FIJA	104.0
5 OXIGENO CONSUMIDO	-----	10. CLORO RESIDUAL	-----	15. SOLIDOS EN SUSPENSION	13.0
ALCALINIDAD (CLASIFICACION)					
HIDROXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS	ALCALINIDAD TOTAL		
0.0	0.0	24.0	24.0		
OTRAS DETERMINACIONES: _____					

OBSERVACIONES:					
SELLO			_____ JEFE DEL LABORATORIO		

CUADRO 3.8

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA					
DIVISION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO- DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS					
O.T. No. _____		EXAMEN QUIMICO SANITARIO		INF. No. _____	
MUESTRA DE: <u>AGUA TRATADA</u>			FECHA Y HORA de CAPTACION: <u>5/9/75 9:10</u>		
CAPTADA POR: <u>Alfonso Izás</u>			FECHA DE INICIO DEL EXAMEN: <u>5/9/75</u>		
LUGAR: <u>Planta "La Brigada"</u>			CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Sin Refri-</u>		
FUENTE: <u>Tanque Distribución</u>			<u>geración</u>		
RESULTADOS					
1. ASPECTO: <u>Clara</u>		4. OLOR: <u>Fuerte a Cloro</u>		7. TEMPERATURA: <u>24</u> °C	
2. COLOR: <u>7.0 Unid.</u>		5. SABOR: <u>-----</u>		(EN EL MOMENTO DE CAP.)	
3. TURBIDEZ: <u>5.4 Unid.</u>		6 pH: <u>7.0 Unid.</u>		8. DUREZA: <u>80.0 mg/L</u>	
SUSTANCIAS	MG / l	SUSTANCIAS	MG / l	SUSTANCIAS	MG / l
1 NITROGENO ALBUMINOIDEO	0.077	6. CLORUROS Cl	12.50	11. SULFATOS SO4	-----
2. AMONIACO NH3	0.025	7. FLUORUROS F	0.68	12. SOLIDOS TOTALES	143.0
3. NITRITOS NO2	0.000	8. HIERRO TOTAL Fe	0.20	13. PERDIDA POR IGNICION	62.0
4. NITRATOS NO3	4.400	9. MANGANESO Mn	-----	14. SUST. MINERAL FIJA	81.0
5. OXIGENO CONSUMIDO	-----	10. CLORO RESIDUAL	1.00	15. SOLIDOS EN SUSPENSION	8.0
ALCALINIDAD (CLASIFICACION)					
HIDROXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS	ALCALINIDAD TOTAL		
0.0	0.0	28.0	28.0		
OTRAS DETERMINACIONES: _____					

OBSERVACIONES:					
SELLO			_____ JEFE DEL LABORATORIO		

CUADRO 3.9

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA
 DIVISION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
 LABORATORIO BACTERIOLOGICO

INFORME DIARIO DE EXAMENES PARCIALES QUIMICO - SANITARIOS
 FECHA 5/9/75 N° _____

PTO.	LUGAR DE TOMA DE LA MUESTRA	FECHA DE TOMA	HORA	FUENTE	MUESTRA TOMADA	INICIO DEL EXAMEN	TEMPERATURA °F	TURBIDEZ EN P.P.M.	OLOR		COLOR P.P.M.	PH	CLORO RESIDUAL PP M	FI P.P.M.
									FRIO	CALIENTE				
3	28 C. 7-15 Z. 11		7.50	G.J.			22°	1.3	L.C.	L.C.	2.0	7.7	0.5	0.46
5	17 Av. 11-71 Z. 11		8.05	G.P.			23°	3.5	F.C.	F.C.	6.0	6.7	0.7	0.73
15	15 Av. 13-95 Z. 11		8:50	G.J.			23°	2.2	F.C.	F.C.	5.0	6.8	0.7	0.81

TECNICA "STANDARD METHODS" DE LA ASOCIACION AMERICANA DE SALUD PUBLICA

 JEFE DE LABORATORIO

CUADRO 3.10

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA
 DIVISION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
 LABORATORIO QUIMICO - BACTERIOLOGICO

INFORME DIARIO DE EXÁMENES BACTERIOLOGICOS. FECHA 5/9/75 N° _____

N°	LUGAR TOMA MUESTRA	FECHA DE TOMA	HORA	FUENTE	MUESTRA TOMADA POR	CONDICIONES DE TRANSPORTE	FECHA DE INICIO DEL EXAMEN	HORA DE INICIO DEL EXAMEN	CLORO RESIDUAL	CARACTERES GENERALES			NUMERACION DE GERMENES EN GELOSA. N° DE COLONIAS				INVESTIGACION DE COLI											
										SABOR	OLOR	ASPECTO	EN SUSPENSION	N° DE COLONIAS DESARROLL.		TEMPERATURA AMBIENTE		PRESUNTIVA	CONFIRMATIVA	CANTIDAD SEMBRADA		FORMACION DE GAS						
										INCUBACION 35°	CANTIDAD SEMBRADA EN C.C.	CANTIDAD SEMBRADA EN C.C.	10	1.0	0.1	0.01	10	1.0	0.1	10	1.0	0.1	20	1.0	0.1	20		
3	28 C. 7-15 Zona 11		8:00	G.J.					1.0	C	C	A		-	2	0	0	-	1	0	0							0
5	17 Av. 11-71 Z. 11		5:20	G.P.					1.5	C	C	A		-	0	0	0	-	0	0	0							0
15	15 Av. 13-06 Z. 7		9:05	G.J.	Alfonso Izás y Oscar Díaz	Con Declorador	3/9/75		1.5	C	C	A		-	0	0	0	-	0	0	0							0

TECNICA "STANDARD METHODS" DE LA ASOCIACION AMERICANA DE SALUD PUBLICA

JEFE DE LABORATORIO

CAPITULO IV

USO DE COAGULANTES

IV. USO DE COAGULANTES:

4.1 Pruebas de Jarras:

Resultado e interpretación de las mismas.

La prueba de Jarras fue desarrollada inicialmente en los Estados Unidos por Langelier y Baylis, separadamente, entre los años de 1918 y 1921. Constituye una de las principales técnicas de control del proceso coagulación-floculación para la mejor operación de las Plantas de Purificación de Agua ya que es básicamente un sistema de simulación entre el modelo (Laboratorio) y el prototipo (Planta) del proceso coagulación-sedimentación del agua cruda.

Para el presente trabajo de Tesis se efectuaron dos tipos de ensayos de Laboratorio:

- 1o.) Prueba de Jarras Convencional (Jar Test).
- 2o.) Prueba de Jarras Modificada.

de las cuales se explican al detalle la técnica seguida en cada una de ellas con el objeto que el lector fije en su mente las diferencias cuantitativas y cualitativas existentes entre los dos y a la vez pueda llegar a manejar ambas técnicas de control en la forma que mejor se adecúe a sus intereses.

4.1.1 Prueba de Jarras Convencional (Jar Test):

a) Dosificación:

a.1) Solución del Coagulante: se preparó una solución de Sulfato de Aluminio que contiene 1.714 gramos del coagulante en 100 mililitros de agua destilada la cual

equivale a un *grano* por Galón o sean 17.14 mg/litro.

a.2) Solución de Cal: esta se preparó tomando en consideración que por cada mg/litro agregado de Cal, la alcalinidad aumenta 1.35 mg/litro. Por ejemplo, teniendo una alcalinidad inicial de 50 mg/litro si se quiere elevar ésta hasta 70 mg/litro, entonces se procede a hacer lo siguiente:

$$70 - 50 = 20 \text{ mg/litro}$$

Para aumentar la Alcalinidad	1.35 mg/litro se agrega 1 mg/litro de Cal
20.0 mg/litro -----	X de Cal

Luego, $X = 14.81$ mg/litro y como un mililitro de solución tiene un miligramo de Cal, en este caso se agregarían 14.81 centímetros cúbicos (mililitros) de Cal en solución a cada una de las Jarras.

b) Descripción de la Prueba:

b.1) Equipo usado:

- Aparato de Jar Test (dispositivo de agitación).
- Seis Jarras de vidrio de boca ancha.
- Reactivos que se usan para lograr la coagulación.
- Aparatos varios que se usan para la determinación de:
 - Turbiedad (se usó un Turbidímetro HACH, modelo 1860 A);
 - Color; pH (potenciómetro); alcalinidad y sólidos disueltos.

b.2) Se midieron las características iniciales del agua cruda: turbiedad, color,

pH, alcalinidad y sólidos disueltos. Además se tomó la temperatura del agua cruda en el Laboratorio.

b.3) La Prueba de Jarras se ejecutó colocando en seis vasos de boca ancha de un litro de capacidad la muestra de agua cruda y procediendo a continuación así;

b.4) A cada Jarra, se le agregaron las dosis de coagulante en cantidades variables empezando con la primera jarra de la izquierda. La dosificación se hizo de manera que la primera jarra representara una dosis insuficiente y, en orden ascendente hasta la última, para que ésta representara una sobredosificación.

b.5) Después de que cada Jarra tiene agregada su respectiva dosis de coagulante y Cal (si se estima necesario), se inicia la agitación con el Aparato de Jar Test de manera que se produzca la mezcla rápida e íntima de los reactivos con el agua cruda.

b.6) A continuación, se suspende la agitación violenta y se dejan las muestras a 40 R.P.M. durante 15 minutos y se va observando la formación del flóculo durante este período. Se anotan las Jarras que presentan buena formación de flóculo y flóculo óptimo.

b.7) Después de este período de tiempo se dejan reposar las muestras durante 30 minutos y se hacen varias lecturas por medio de las cuales se observa visualmente el aspecto y tamaño del flóculo formado en cada Jarra.

Estas lecturas visuales pueden hacerse: inmediatamente después de suspendida la agitación lenta, al 1/4 de hora, a la 1/2 hora, a la hora, a 1 1/4 de hora, etc.

b.8) Al final del período de sedimentación, se tomaron 200 ml. de muestra de cada Jarra para analizar inmediatamente las características físico-químicas en cada una de

ellas y para poder compararlas en el gabinete con las características iniciales del agua cruda (turbiedad, color, pH, alcalinidad y sólidos disueltos).

De esta clase de Prueba de Jarras (Jar Test) se hicieron dos ensayos cuyos resultados aparecen al final del Capítulo.

Nota:

Para la clasificación cualitativa del flóculo formado se usó el siguiente criterio:

- A = flóculo bueno.
- A+ = flóculo de óptima calidad.
- B = flóculo bueno pero de menor calidad que el A.
- C = flóculo pobre.

4.1.2 Prueba de Jarras Modificada:

El grado de floculación puede expresarse como la relación entre N_t/N_0 donde N_0 es la concentración de partículas iniciales y N_t , la concentración de partículas sin flocular después de transcurrido el tiempo t .

Si medimos la turbiedad residual a través del tiempo durante un ensayo de coagulación se puede llegar a tener N_t/N_0 en diferentes intervalos de tiempo, así:

$$\frac{N_t}{N_0} = \frac{\text{Turbiedad del agua en el momento "t"}}{\text{Turbiedad del agua cruda}}$$

Este ensayo se realizó en la forma siguiente, utilizando un agitador convencional para Prueba de Jarras:

- 1.) Se determinó la turbiedad del agua cruda No.
- 2.) Se le aplican los coagulantes a cada Jarra haciendo girar a continuación el agitador a 100 R.P.M.
- 3.) Después de 30 segundos de mezcla rápida e íntima, se cambia la velocidad del aparato a 40 R.P.M. (o a la que se crea apropiada) durante 30 minutos.
- 4.) Se suspende la agitación lenta, se levantan las paletas, y se comienzan a tomar muestras del sobrenadante a intervalos predeterminados de tiempo, por ejemplo en $t = 1$ minuto, $t = 3$ minutos, $t = 5$ minutos, $t = 10$ minutos, $t = 60$ minutos, etc. Para extraer las muestras se aconseja usar una pipeta volumétrica (transfer pippette) introduciéndola 4 ó 5 centímetros dentro de cada jarra o cualquier otro dispositivo semejante (sifón por ejemplo).

Con los resultados del ensayo se dibuja la curva: floc removido versus tiempo de sedimentación. De la grafica se puede deducir que la dosis de coagulante de X mg/litro fue mucho más efectiva que la de Y mg/litro, ya que la velocidad de remoción del floc fue mayor y, por lo tanto, también la velocidad de asentamiento. Es decir; que una dosis de coagulante removió más floc en menos tiempo y dejó un sobrenadante más claro (de menos U.J. contra más U.J.) aún cuando al observar el floc en las Jarras su apariencia visual podría ser muy similar.

Como puede verse, este ensayo puede servir:

- a) Para comparar el trabajo de varias dosis de coagulante.
- b) Para comparar el trabajo de coagulantes distintos.
- c) Para comparar el trabajo de los coagulantes actuando en las Jarras y en la Planta de Purificación.

Para esta última situación puede compararse los resultados obtenidos con una muestra de agua cruda y una muestra proveniente del final de la cámara de floculación. Al tomar la muestra debe tenerse sumo cuidado en evitar romper el floc y luego se les determina, a ambas, la turbiedad residual y se dibujan curvas floc removido contra tiempos de sedimentación.

Si se presenta una eficiencia muy superior en las Jarras con relación al floculador, está indicando la existencia de cortocircuitos en éste, hidrólisis de los coagulantes u otras causas que deberán ser fehacientemente investigadas y comprobadas.

Cohen, J.M. en "Improved Jar Test Procedure" describe un ingenioso mecanismo para obtener muestras de seis jarras simultáneamente. Se conectan todos los frascos a un sistema de vacío que opera automáticamente o manualmente cada cierto tiempo y extrae a la vez las muestras de determinado volumen.

Cuando se opera con seis jarras a la vez se tiene la ventaja de poder hacer un mayor número de determinaciones en menor tiempo. Debe tomarse en cuenta que si se toman cinco muestras en seis jarras se obtienen 30 muestras por analizar.

Para que este tipo de ensayo sea válido se recomienda observar las siguientes precauciones:

- a) Debe extraerse el agua con la misma velocidad para todos los ensayos ya que la fuerza con que se succiona el flujo con el sifón o pipeta, influencia el número de partículas arrastradas; es decir, a mayor velocidad de entrada, mayor cantidad de floc es atrapado.
- b) La muestra debe tomarse a una profundidad constante (aconsejable 4-5 centímetros).
- c) El nivel del agua en las Jarras debe bajar el mínimo indispensable durante el

ensayo con el objeto de evitar una modificación sustancial del volumen de agua analizado. Esto limita a un máximo de 400 ml. de muestras que se obtienen de una jarra de 2000 ml. lo que produciría en consecuencia, una reducción del 20% del volumen.

- d) La temperatura debe ser la misma para todas las Jarras durante todo el tiempo que dure el ensayo e igual a la del agua en la Planta de Purificación.

Del tipo de Prueba de Jarras Modificada se hicieron cinco:

La primera, siguiendo la técnica descrita anteriormente.

La segunda, variando el tiempo de sedimentación a sólo 30 minutos.

La tercera, usando 65 R.P.M. para la mezcla rápida.

La cuarta, usando 50 R.P.M. para la mezcla rápida.

La quinta, usando 55 R.P.M. para la mezcla rápida.

La introducción de las variaciones indicadas se hizo con el objeto de aprender a manejar la nueva técnica y observar los resultados obtenidos en cada circunstancia.

Además se hizo la prueba agregándole Cal, sin usarla y variando las diferentes combinaciones de soluciones del coagulante con las de cal o sin ella.

Los resultados e interpretación de las Pruebas de Laboratorio llevadas a cabo para el presente trabajo de Tesis pueden verse al final del Capítulo.

PRUEBA No. 1

Resultados de la "Prueba de Jarras Convencional" efectuada en agua cruda procedente de la Planta "La Brigada".

Muestra tomada en el vertedero que viene de la Presa.

Fecha: 29/ octubre / 1975

Características del Agua Cruda:

Duración de la Prueba = 3 horas 10 minutos

Turbidez = 30 U.J.

No se usó Cal.

Color = 70 unidades de color.

p.H = 7.3

Temperatura en el Laboratorio = 22 °C

Alcalinidad = 52 mg/litro

Temperatura en la Planta = 22 °C

Sólidos Disueltos = 80

CUADRO 4.1

PRUEBA DE JARRAS CONVENCIONAL

Muestra	Dosis de Sulfato de Aluminio mg/litro	Resultado de la Floculación			Análisis del Agua Sedimentada				
		In- me- diata	1/4 hora	1/2 hora	Turbidez U. J.	Color Unid.	pH	Alcalinidad mg/litro	Sólidos Disueltos
Jarra 1	17	C	C	C	25	78	7.3	56	90
Jarra 2	34	C	C	C	22	48	6.9	50	90
Jarra 3	51	A	A+	A+	4	8	6.6	42	90
Jarra 4	69	B	A	A	5	10	6.4	34	90
Jarra 5	86	B	B	A	5	18	6.3	34	95
Jarra 6	103	C	C	C	15	30	6.0	22	100

PRUEBA No. 2

Cálculo del FLOC REMOVIDO de la "Prueba de Jarras Modificada" efectuada en agua cruda procedente de la Planta "La Brigada". Muestra tomada en el vertedero que viene de la Presa.

Fecha: 30/ octubre / 1975.

Mezcla Rápida: a 100 R.P.M.

Duración de la Prueba = 4 horas 6 minutos.

Mezcla Lenta: a 40 R.P.M.

No se usó Cal.

No = turbiedad del agua cruda = 225 U.J.

Nt = turbiedad del agua en el momento "t".

CUADRO 4.2

CALCULO DEL FLOC REMOVIDO. PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

Tiempo (minutos)	JARRA 1 51 mg/litro		JARRA 2 69 mg/litro	
	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No, x 100
1	215	95.5	220	97.8
3	58	25.8	43	19.1
5	35	15.5	23	10.2
10	32	14.2	16	7.1
60	23	10.2	7.2	3.2

PRUEBA No. 2

Cálculo del FLOC REMOVIDO de la "Prueba de Jarras Modificada" efectuada en agua cruda procedente de la Planta "La Brigada". Muestra tomada en el vertedero que viene de la Presa.

Fecha: 30/ octubre / 1975.

Mezcla Rápida: a 100 R.P.M.

Duración de la Prueba = 4 horas 6 minutos.

Mezcla Lenta : a 40 R.P.M.

No se usó Cal.

No = turbiedad del agua cruda = 225 U.J.

Nt = turbiedad del agua en el momento "t".

CUADRO 4.3

CALCULO DEL FLOC REMOVIDO. PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

Tiempo (minutos)	JARRA 3 86 mg/litro		JARRA 4 103 mg/litro	
	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No. x 100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No. x 100
1	130	57.8	220	97.8
3	28	12.4	24	10.7
5	13	5.8	13	5.8
10	7.8	3.5	9.0	4.0
60	3.4	1.5	2.7	1.2
		Floc Removido (1 - Nt/No)100		Floc Removido (1-Nt/No) 100
		42.2		2.2
		87.6		89.3
		94.2		94.2
		96.5		96.0
		98.5		98.8

PRUEBA No. 2

Cálculo del FLOC REMOVIDO de la "Prueba de Jarras Modificada" efectuada en agua cruda procedente de la Planta "La Brigada". Muestra tomada en el vertedero que viene de la Presa.

Fecha: 30/ octubre / 1975.

Mezcla Rápida: a 100 R.P.M.

Duración de la Prueba = 4 horas 6 minutos.

Mezcla Lenta: a 40 R.P.M.

No se uso Cal.

No = turbiedad del agua cruda = 225 U.J.

Nt = turbiedad del agua en el momento "t".

CUADRO 4.4

CALCULO DEL FLOC REMOVIDO. PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

Tiempo (minutos)	JARRA 5		JARRA 6	
	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100
1	180	80.0	90	40.0
3	14	6.2	16	7.1
5	12	5.3	14	6.2
10	7.9	3.5	8.5	3.8
60	2.9	1.3	3.4	1.5
		Floc Removido (1 - Nt/No)100		Floc Removido (1 - Nt/No)100
		20.0		60.0
		93.8		92.9
		94.7		93.8
		96.5		96.2
		98.7		98.5

PRUEBA No. 2**CARACTERISTICAS DEL AGUA CRUDA:**

Turbiedad del Agua Cruda = No. = 225 U.J.

Color = 450 unidades de color.

pH = 7.2

Alcalinidad = 78 mg/litro

Sólidos Disueltos = 75.0

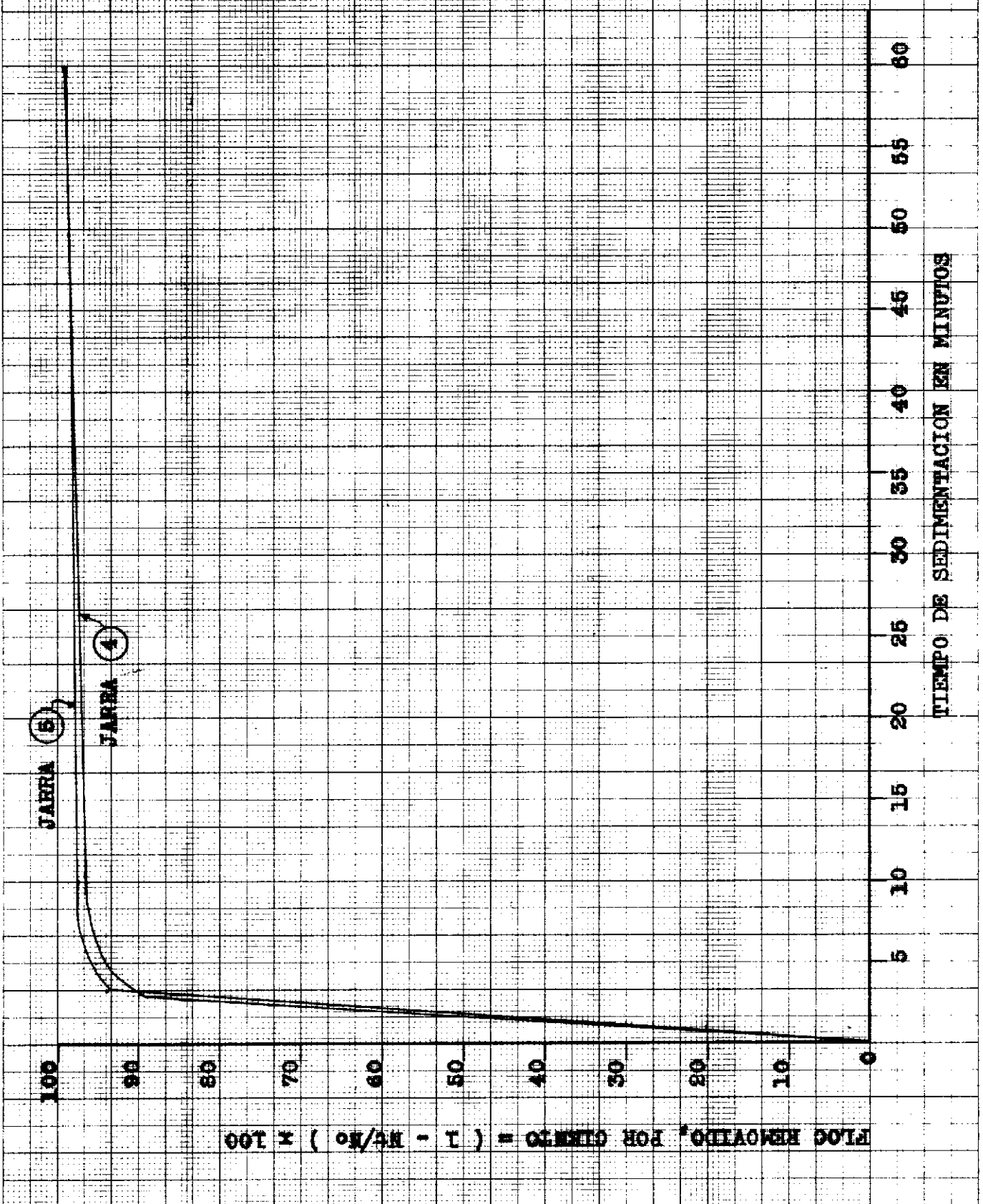
Temperatura en la Planta = 22 °C

CUADRO 4.5**CARACTERISTICAS DEL AGUA SEDIMENTADA
PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA**

	Jarra 1 /51/	Jarra 2 /69/	Jarra 3 /86/	Jarra 4 /103/	Jarra 5 /120/	Jarra 6 /137/
Turbiedad	23	7.2	3.4	2.7	2.9	3.4
Color	45	18	5.0	3.0	4.0	4.0
pH	7.3	7.2	7.2	7.1	6.8	6.7
Alcalinidad	38	32	28	20	18	14
Sólidos Disueltos	90	90	96	100	104	109
Temperatura en el Laboratorio	22	22	22	22	22	22

// dosificación del coagulante en mg/litro

Curvas resultado de la "PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA" (# 2)
(las dos mejores jarras)



PRUEBA No. 5

Calculo del FLOC REMOVIDO de la "Prueba de Jarras Modificada" efectuada en agua cruda procedente de la Presa "La Brigada".

Fecha: 19/ noviembre /1975

Mezcla rápida: a 100 R.P.M.

Duración de la Prueba = 3 horas 30 minutos.

Mezcla lenta: a 65 R.P.M.

Se agregaron 45 mg/litro de Cal a cada Jarra.

No= turbiedad del agua cruda = 100 U.J.

Nt = turbiedad del agua en el momento "t"

CUADRO 4.6

CALCULO DEL FLOC REMOVIDO. PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

Tiempo (minutos)	JARRA 1		51 mg/litro		JARRA 2		69 mg/litro	
	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1 - Nt/No)100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1 - Nt/No)100		
1	96	96	4	85	85	15		
3	89	89	11	24	24	76		
5	87	87	13	16	16	84		
10	84	84	16	15	15	85		
60	89	89	11	17	17	83		

PRUEBA No. 5

Calculo del FLOC REMOVIDO de la "Prueba de Jarras Modificada" efectuada en agua cruda procedente de la Presa "La Brigada".

Fecha: 19/ noviembre / 1975.

Duración de la Prueba = 3 horas 30 minutos.

Se agregaron 45 mg/litro de Cal a cada Jarra.

No = turbiedad del agua cruda = 100 U.J.

Nt = turbiedad del agua en el momento "t"

Mezcla Rápida: a 100 R.P.M.

Mezcla Lenta: a 65 R.P.M.

CUADRO 4.7

CALCULO DEL FLOC REMOVIDO. PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

Tiempo (minutos)	JARRA 3 86 mg/litro		JARRA 4 103 mg/litro	
	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No. x 100
1	84	84	65	65
3	15	15	19	19
5	4.4	4.4	5.6	5.6
10	3.5	3.5	1.9	1.9
60	3.4	3.4	2.1	2.1
				Floc Removido (1-Nt/No) 100
				35
				81
				94.4
				98.1
				97.9

PRUEBA No. 5

Cálculo del FLOC REMOVIDO de la "Prueba de Jarras Modificada" efectuada en agua cruda procedente de la Presa "La Brigada".

Fecha: 19/ noviembre / 1975.

Mezcla Rápida: a 100 R.P.M.

Duración de la Prueba = 3 horas 30 minutos.

Mezcla Lenta: a 65 R.P.M.

Se agregaron 45 mg/litro de Cal a cada Jarra.

No= turbiedad del agua cruda = 100 U.J.

Nt = turbiedad del agua en el momento "t"

CUADRO 4.8

CALCULO DEL FLOC REMOVIDO. PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

Tiempo (minutos)	JARRA 5		120 mg/litro		JARRA 6		137 mg/litro	
	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1-Nt/No)100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1-Nt/No)100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100
1	86	86	14	98	98	2.0		
3	34	34	66	62	62	38		
5	7.7	7.7	92.3	25	25	75		
10	3.0	3.0	97.0	12	12	88		
60	1.8	1.8	98.2	7.0	7.0	93		

PRUEBA No. 5

19 / noviembre / 1975

Agua Cruda procedente de la Presa "La Brigada".

CARACTERISTICAS DEL AGUA CRUDA:

Turbiedad del Agua Cruda = No. = 100 U.J.

Color = 350 unidades de color.

p H = 7.6

Alcalinidad = 60.0 mg/litro.

Sólidos Disueltos = 75

Temperatura del Agua en la Presa = 22 °C

CUADRO 4.9

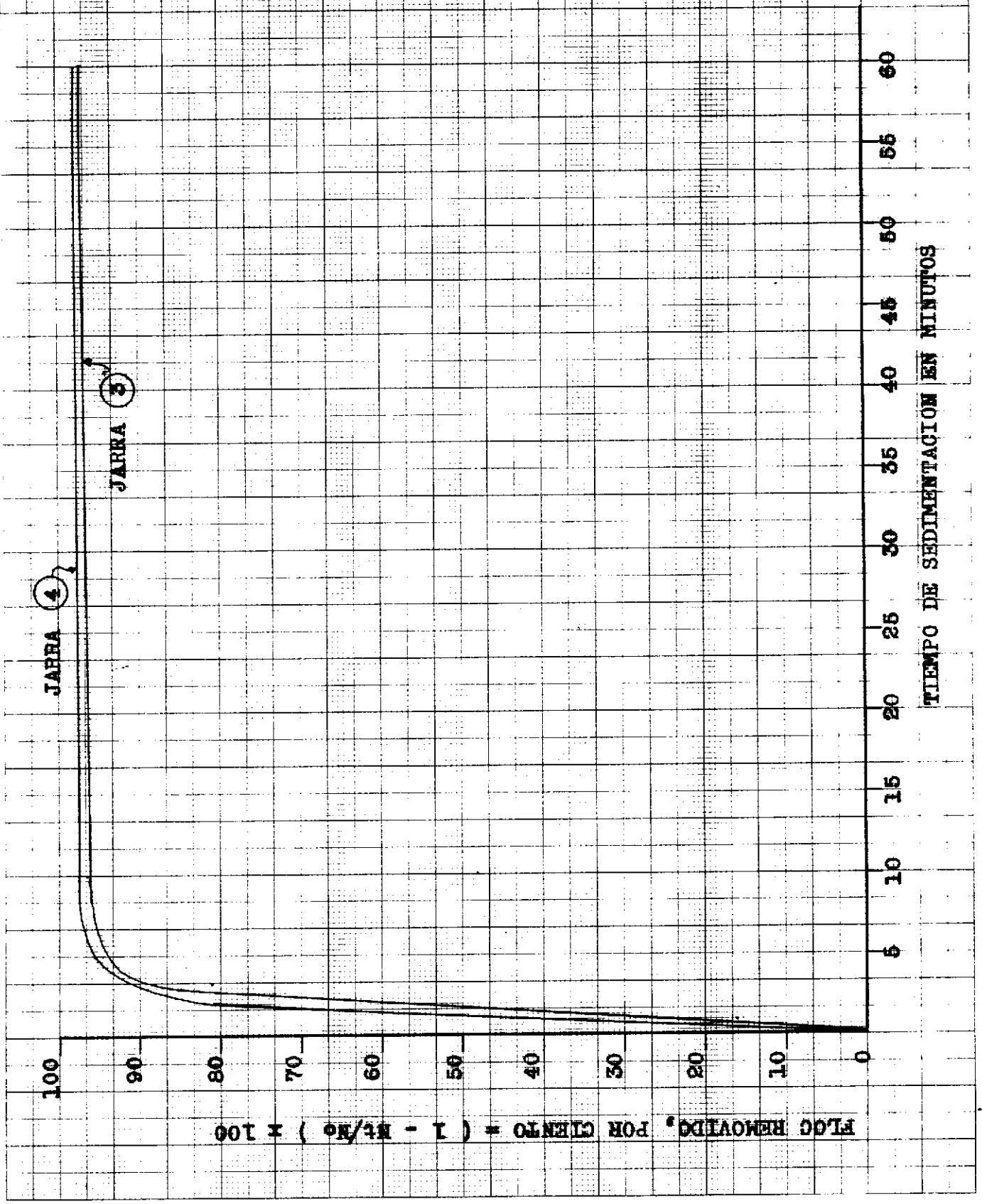
CARACTERISTICAS DEL AGUA SEDIMENTADA.

PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

	Jarra 1 /51/	Jarra 2 /69/	Jarra 3 /86/	Jarra 4 /103/	Jarra 5 /120/	Jarra 6 /137/
Turbiedad	89	17	3.4	2.1	1.8	7.0
Color	250	25	5.0	3.0	3.0	18
p H	7.3	7.2	7.0	6.8	6.6	6.4
Alcalinidad	50	36	32	26	20	18
Sólidos Disueltos	105	95	95	110	112	110
Temperatura en el Laboratorio	22	22	22	22	22	22

// dosificación del coagulante en mg/litro

Curvas resultado de la "PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA" (# 5)
(las dos mejores jarras)



PRUEBA No. 6

Cálculo del FLOC REMOVIDO de la "Prueba de Jarras Modificada" efectuada en agua cruda procedente de la Presa "La Brigada"

Fecha: 24/ noviembre / 1975.

Mezcla Rápida: a 100 R.P.M.

Duración de la Prueba = 4 horas 10 minutos.

Mezcla Lenta: a 50 R.P.M.

Se agregaron 50 mg/litro de Cal a cada Jarra

Nota: esta prueba se efectuó usando dos

No = turbiedad del agua cruda = 125 U.J.

clases de Sulfato de Aluminio.

Nt = turbiedad del agua en el momento "t".

Jarras: 1, 3 y 5 Sulfato "A"

Jarras: 2, 4 y 6 Sulfato "B"

CUADRO 4.10

CALCULO DEL FLOC REMOVIDO. PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

Tiempo (minutos)	JARRA 1		JARRA 2	
	Sulfato "A" Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Sulfato "B" Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100
1	70	56	105	84
3	68	54.4	76	60.8
5	66	52.8	74	59.2
10	64	51.2	72	57.6
60	62	49.6	70	56.0
				69 mg/ litro Floc Removido (1-Nt/No)x100

PRUEBA No. 6

Calculo del FLOC REMOVIDO de la "Prueba de Jarras Modificada" efectuada en agua cruda procedente de la Presa "La Brigada"

Fecha: 24/ noviembre / 1975.

Duracion de la Prueba = 4 horas 10 minutos.

Se agregaron 50 mg/litro de Cal a cada Jarra

No = turbiedad del agua cruda 125 U J.

Nt = turbiedad del agua en el momento "t".

Mezcla Rapida: a 100 R.P.M.

Mezcla Lenta: a 50 R.P.M.

Nota: esta prueba se efectuó usando dos

clases de Sulfato de Aluminio

Jarras: 1, 3 y 5 Sulfato "A"

Jarras: 2, 4 y 6 Sulfato "B"

CUADRO 4.11

CALCULO DEL FLOC REMOVIDO. PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

Tiempo (minutos)	Sulfato "A"		JARRA 3		Sulfato "B"		JARRA 4	
	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1-Nt/No)x100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1-Nt/No)x100	
1	55	44	56	71	56.8	43.2		
3	52	41.4	57.6	67	53.6	46.4		
5	52	41.6	58.4	64	51.2	48.8		
10	50	40.0	60.0	62	49.6	50.4		
60	48	38.4	61.6	60	48.0	52.0		

PRUEBA No. 6

Calculo del FLOC REMOVIDO de la "Prueba de Jarras Modificada" efectuada en agua cruda procedente de la Presa "La Brigada".

Fecha: 24 / noviembre / 1975.

Duración de la Prueba = 4 horas 10 minutos.

Se agregaron 50 mg/litro de Cal a cada Jarra.

No = turbiedad del agua cruda = 125 U.J.

Nt = turbiedad del agua en el momento "t".

Mezcla Rápida: a 100 R.P.M.

Mezcla Lenta: a 50 R.P.M.

Nota: esta prueba se efectuó usando dos clases de Sulfato de Aluminio.

Jarras: 1, 3 y 5 Sulfato "A"

Jarras: 2, 4 y 6 Sulfato "B"

CUADRO 4.12

CALCULO DEL FLOC REMOVIDO. PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

Tiempo (minutos)	Sulfato "A"		JARRA 5		Sulfato "B"		JARRA 6	
	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1-Nt/No)x100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1-Nt/No)x100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100
1	58	46.4	53.6	115	92	8.0		
3	55	44.0	56.0	68	54.4	45.6		
5	53	42.4	57.6	63	50.4	49.6		
10	52	41.6	58.4	61	48.8	51.2		
60	50	40.0	60.0	59	47.2	52.8		

PRUEBA No. 6

24 / noviembre / 1975

Agua cruda procedente de la Presa "La Brigada".

CARACTERISTICAS DEL AGUA CRUDA:

Turbiedad del agua cruda = No = 125 U.J.

Color = 250 unidades de color.

p H = 7.7

Alcalinidad = 52 mg/litro

Sólidos Disueltos = 75

Temperatura del Agua en la Presa = 19 °C

CUADRO 4.13

CARACTERISTICAS DEL AGUA SEDIMENTADA.

PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

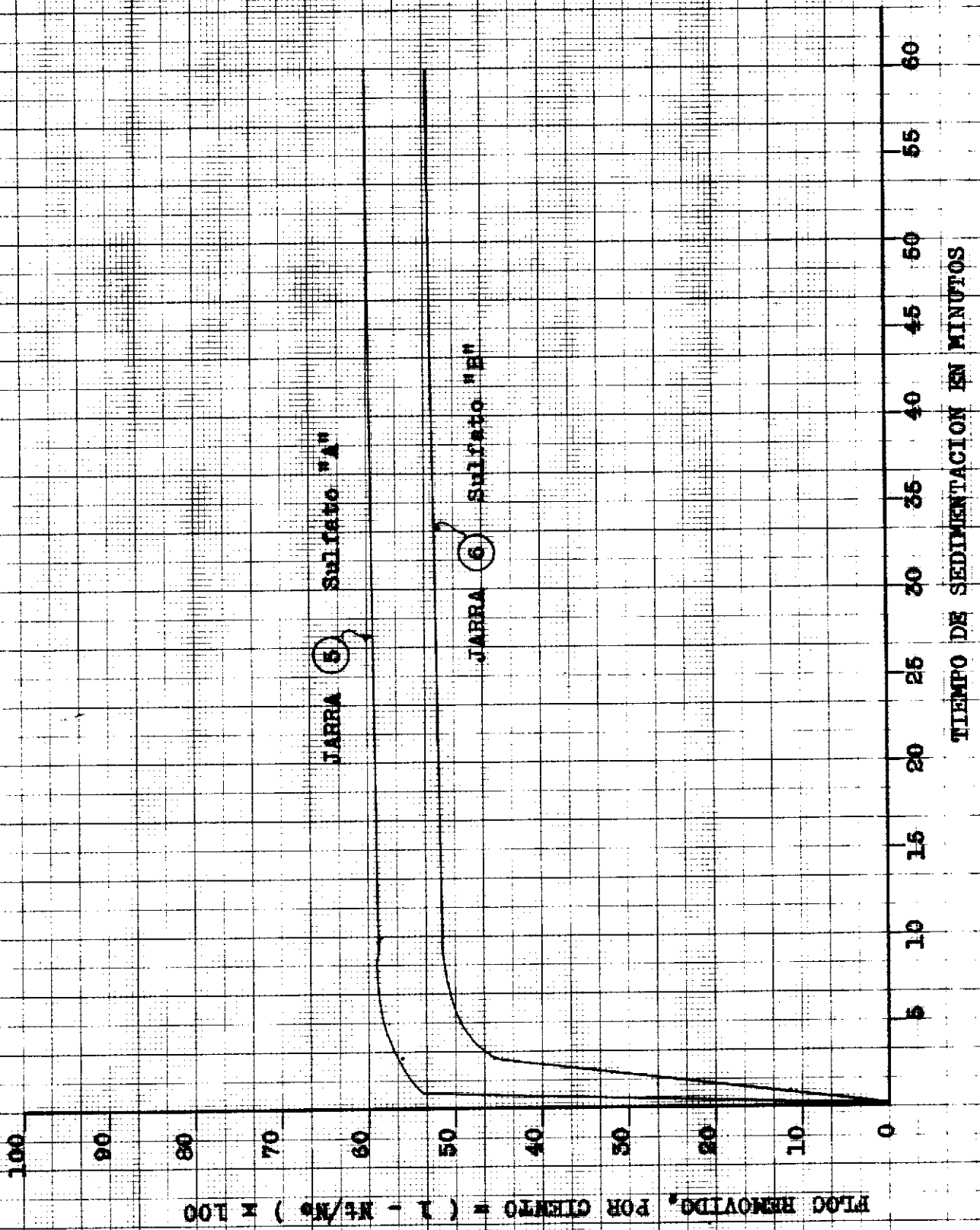
	Jarra 1 /69/	Jarra 2 /69/	Jarra 3 /86/	Jarra 4 /86/	Jarra 5 /103/	Jarra 6 /103/
Turbiedad	69	74	54	64	53	59
Color	150	170	110	115	105	130
p H	8.7	8.9	8.5	8.7	8.4	8.4
Alcalinidad	76	74	66	20	56	60
Sólidos Disueltos	129	130	131	137	139	140
Temperatura en el Laboratorio	19	19	19	19	19	19

// dosificación del coagulante en mg/litro

Jarras: 1, 3 y 5 Sulfato "A"

Jarras: 2, 4 y 6 Sulfato "B"

Curvas resultado de la "PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA" (# 6)
(las dos mejores jarras)



PRUEBA No. 7

Calculo del FLOC REMOVIDO de la "Prueba de Jarras Modificada" efectuada en agua cruda procedente de la Presa "La Brigada".

Fecha: 27 / noviembre / 1975.

Mezcla Rapida: a 100 R.P.M.

Duracion de la Prueba: 4 horas 25 minutos.

Mezcla Lenta: a 55 R.P.M.

Se agregaron 22 mg/litro de Cal a cada Jarra.

Nota: esta prueba se efectuó usando dos clases de Sulfato de Aluminio.

No=turbiedad del agua cruda = 125 U.J.

Nt = turbiedad del agua en el momento "t".

Jarras: 1, 3 y 5 Sulfato "A"

Jarras: 2, 4 y 6 Sulfato "B"

CUADRO 4.14

CALCULO DEL FLOC REMOVIDO. PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

Tiempo (minutos)	Sulfato "A"		JARRA 1		69 mg/litro		Sulfato "B"		JARRA 2		69 mg/litro	
	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1-Nt/no)x100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1-Nt/No) 100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1-Nt/No) 100	Floc Removido (1-Nt/No) 100	
1	123	98.4	98.4	1.6	119	95.2	4.8	119	95.2	4.8	4.8	
3	97	77.6	77.6	22.4	85	68.0	32.0	85	68.0	32.0	32.0	
5	92	73.6	73.6	26.4	81	64.8	35.2	81	64.8	35.2	35.2	
10	89	71.2	71.2	28.8	80	64.0	36.0	80	64.0	36.0	36.0	
60	84	67.2	67.2	32.8	79	63.2	36.8	79	63.2	36.8	36.8	

PRUEBA No. 7

Calculo del FLOC REMOVIDO de la "prueba de Jarras Modificada" efectuada en agua cruda procedente de la Presa "La Brigada".

Fecha: 27 / noviembre / 1975

Duración de la Prueba: 4 horas 25 minutos

Se agregaron 22 mg/litro de Cal a cada Jarra.

No = turbiedad del agua cruda = 125 U.J.

Nt = turbiedad del agua en el momento "t".

Mezcla Rapida: a 100 R.P.M.

Mezcla Lenta: a 55 R.P.M.

Nota: esta prueba se efectuó usando dos clases de Sulfato de Aluminio.

Jarras: 1, 3 y 5 Sulfato "A"

Jarras: 2, 4 y 6 Sulfato "B"

CUADRO 4.15

CALCULO DEL FLOC REMOVIDO. PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

Tiempo (minutos)	Sulfato "A"		JARRA 3		Sulfato "B"		JARRA 4		
	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Remanente Nt/No x 100	86 mg/litro		Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	86 mg/litro	
				Floc Removido (1-Nt/No)x100	Floc Removido (1-Nt/No)100			Floc Removido (1-Nt/No)100	Floc Removido (1-Nt/No)100
1	99	79.2	79.2	20.8	64	51.2	51.2	58.8	
3	46	36.8	36.8	63.2	42	25.6	25.6	74.4	
5	35	28.0	28.0	72.0	27	21.6	21.6	78.4	
10	31	24.8	24.8	75.0	21	16.8	16.8	83.2	
60	29	23.2	23.2	76.8	20	16.0	16.0	84.0	

PRUEBA No. 7

Calculo del FLOC REMOVIDO de la "Prueba de Jarras Modificada" efectuada en agua cruda procedente de la Presa "La Brigada"

Fecha: 27 / noviembre / 1975.

Mezcla Rapida: a 100 R.P.M.

Duracion de la Prueba: 4 horas 25 minutos'

Mezcla Lenta: a 55 R.P.M.

Se agregaron 22 mg/litro de Cal a cada Jarra.

Nota: esta prueba se efectuo usando dos clases de Sulfato de Aluminio.

No = turbiedad del agua cruda = 125 U.J.

Nt = turbiedad del agua en el momento "t".

Jarras: 1, 3 y 5 Sulfato "A"

Jarras: 2, 4 y 6 Sulfato "B"

CUADRO 4.16

CALCULO DEL FLOC REMOVIDO. PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA

Tiempo (minutos)	Sulfato "A"		JARRA 5		103 mg/litro		Sulfato "B"		JARRA 6	
	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1.Nt/no)x100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1-Nt/No) 100	Turbiedad Nt	Floc Remanente Nt/No x 100	Floc Removido (1-Nt/No) 100
1	56	44.8	44.8	55.2	96	76.8	23.2	96	76.8	23.2
3	15	12.0	12.0	88.0	21	16.8	83.2	21	16.8	83.2
5	13	10.4	10.4	89.6	14	11.2	88.8	14	11.2	88.8
10	11	8.8	8.8	91.2	7.8	6.2	93.8	7.8	6.2	93.8
60	9.1	7.3	7.3	92.7	6.3	5.0	95.0	6.3	5.0	95.0

PRUEBA No. 7

27 / noviembre / 1975

Agua cruda procedente de la Presa "La Brigada".

CARACTERISTICAS DEL AGUA CRUDA:

Turbiedad del agua cruda = No. = 125 U.J.

Color = 250 unidades de color.

p H = 7.7

Alcalinidad = 60 mg/litro

Solidos Disueltos = 75 mg/litro

Temperatura del agua en la presa = 23 °C

CUADRO 4.17**CARACTERISTICAS DEL AGUA SEDIMENTADA.****PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA**

	Jarra 1 /69/	Jarra 2 /69/	Jarra 3 /86/	Jarra 4 /86/	Jarra 5 /103/	Jarra 6 /103/
Turbiedad	84	60	29	21	9.1	6.3
Color	250	220	80	45	25	8.0
p H	7.3	7.4	7.2	7.0	7.1	6.9
Alcalinidad	60	54	46	42	40	36
Solidos Disueltos	115	112	116	118	120	122
Temperatura en el Laboratorio	23	23	23	23	23	23

// dosificación del coagulante en mg/litro

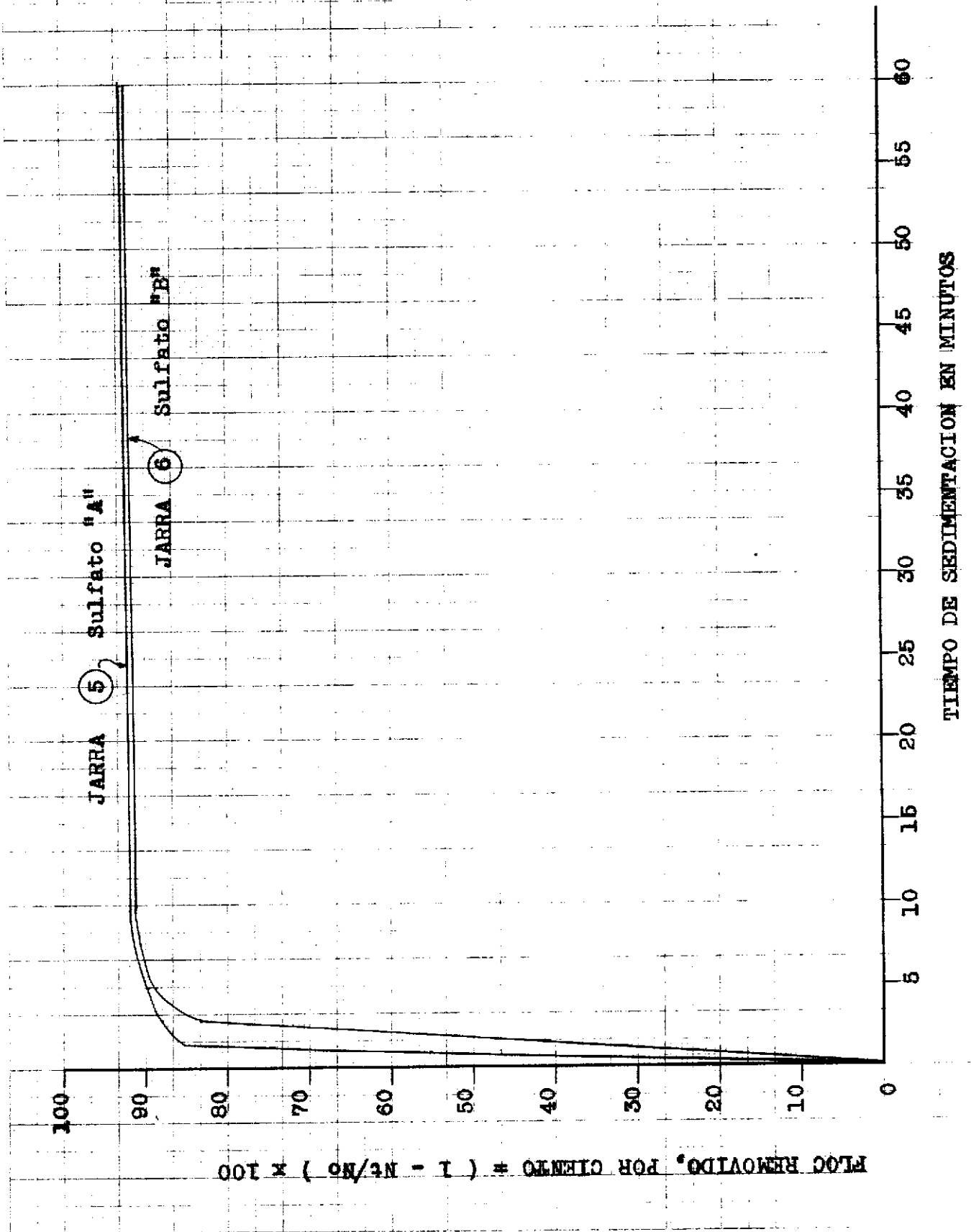
Jarras: 1, 3 y 5 Sulfato "A"

Jarras: 2, 4 y 6 Sulfato "B"

Curvas resultado de la "PRUEBA DE JARRAS MODIFICADA" (# 7)
(las dos mejores jarras)

461510

INSTRUMENTOS DE LABORATORIO



CUADRO 4.18

CUADRO RESUMEN DE LAS PRUEBAS DE JARRAS REALIZADAS

Prueba	Fecha 1975	AGUA CRUDA			Dosis de Sulfato de Alum / Cal que dieron la mejor Jarr a mg/litro	AGUA SEDIMENTADA			Temperatura oC	
		Turbidez U.J.	Color Unid.	pH		Alcalinidad mg/litro	Turbidez U.J.	Color Unid.		pH
No 1	29/oct	30	70	7.3	51/00	4.0	8.0	6.6	42	22
No 2	30/oct	225	450	7.2	103/00	2.7	3.0	7.1	20	22
No 3	11/nov	135	350	7.6	120/27	7.8	15	6.9	38	26
No 4	11/nov	135	350	7.6	137/27	4.8	7.0	6.5	32	26
No 5	19/nov	100	350	7.6	86/45	3.4	5.0	7.0	32	22
No 6	24/nov	125	250	7.7	103/50	53.0	105	8.4	56	19
No 7	27/nov	125	250	7.7	103/22	6.3	8.0	6.9	36	23

OBSERVACIONES:

Pruebas No. 1 y No. 3, "Prueba de Jarras Convencional".

Pruebas No. 2, No. 4, No. 5, No. 6 y No. 7, "Prueba de Jarras Modificada".

Prueba No. 2, Mezcla Lenta a 40 R.P.M. y 60 minutos de Sedimentación.

Prueba No. 4, Mezcla Lenta a 40 R.P.M. y solo 30 minutos de Sedimentación.

Prueba No. 5, Mezcla Lenta a 65 R.P.M. y 60 minutos de Sedimentación.

Prueba No. 6, Mezcla Lenta a 50 R.P.M. y 60' de Sedimentación. Se aplicaron dos clases de Sulfato.

Prueba No. 7, Mezcla Lenta de 55 R.P.M. y 60' de Sedimentación. Se aplicaron dos clases de Sulfato.

4.2 Relación entre las cantidades de coagulante aplicadas y las características físico-químicas del agua tratada.

Se ha llegado a la conclusión de que la cantidad de Sulfato de Aluminio necesaria para el proceso coagulación-sedimentación del agua a tratar, no guarda una relación estequiométrica bien definida con las características físico-químicas del agua cruda aunque es evidente que existe un incremento entre la cantidad de coagulante a usar a medida que aumenta la turbidez del agua cruda.

En este Capítulo, incluyo el Cuadro 4.19 que muestra los consumos mensuales y por año de Sulfato de Aluminio en la Planta "La Brigada" y el Cuadro 4.20 en el que se indica la cantidad de alumbre agregada contra algunas características físico-químicas del agua cruda. Así mismo, del Cuadro 4.20 se obtuvo la gráfica 4.5 como complemento a la información proporcionada por el cuadro.

Como referencia, se incluyen además las dosificaciones promedio recomendadas para las aguas de la cuenca de los ríos del Proyecto Xaya-Pixcayá, las cuales son recibidas parcialmente en la Planta "La Brigada" y sometidas al proceso de purificación.

Sulfato de Aluminio = 43 mg/litro

Cal = 6.40 mg/litro

Cloro (estimada) = 0.13 mg/litro

Sulfato de Cobre = 0.13 mg/litro

Fluor = 1.70 mg/litro

CUADRO 4.19

CONSUMOS MENSUALES Y POR AÑO
DE SULFATO DE ALUMINIO

Mes (1975)	Consumo Promedio Mensual $Al_2(SO_4)_3$ libras	Caudal Promedio Mensual 10^6 litros	Consumo Promedio Mensual mg/litro
Noviembre	56,000	353.24	71.91
Diciembre	47,400	224.53	95.75
Enero	38,200	264.81	65.43
Febrero	38,100	353.82	48.84
Marzo	46,500	377.48	55.87
Abril	38,100	334.76	51.62
Mayo	58,900	313.83	85.13
Junio	68,300	330.91	93.62
Julio	63,300	331.48	86.62
Agosto	64,600	258.71	113.26
Septiembre	73,000	279.20	118.59
Octubre	58,900	325.06	82.19
Promedio del promedio	54,275	312.32	80.73

CUADRO 4.20

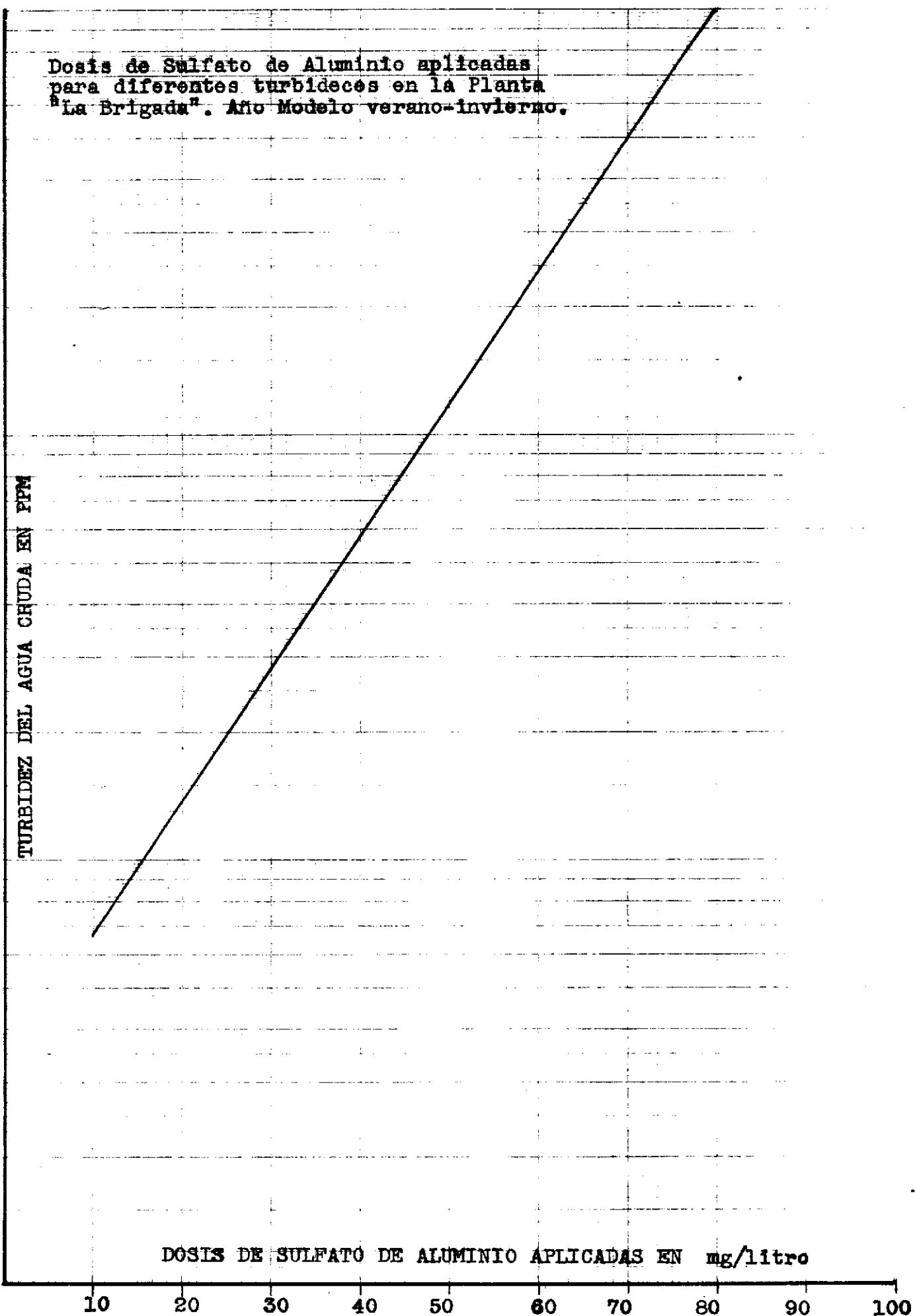
**TURBIDECES, PH Y DOSIS MAS FRECUENTES
DE ALUMBRE APLICADAS EN EL
AÑO MODELO VERANO-INVIERNO
CONSIDERADO**

Turbideces más frecuentes (promedio) PPM	pH (promedio)	Consumos diarios de Sulfato de Aluminio - quintales	Dosis de Alumbre aplicadas mg/litro.
10	7.6	10	6.67
20	6.8	12	18.33
30	7.6	15	25.00
40	7.4	18	30.00
50	7.6	20	33.35
60	7.6	21	35.83
70	7.4	21	38.35
80	7.5	22	40.00
100	7.5	22	44.17
200	6.9	25	55.00
300	7.6	26	61.67
500	6.7	31	70.00
1000	7.6	38	80.00

Dosis de Sulfato de Aluminio aplicadas para diferentes turbideces en la Planta "La Brigada". Año Modelo verano-invierno.

TURBIDEZ DEL AGUA CHUDA EN FPM

DOSIS DE SULFATO DE ALUMINIO APLICADAS EN mg/litro



4.3 Costo del Coagulante y Químicos utilizados:

Se recopiló la información en forma de cuadros para efectos de visualización. Se incluyen, además en este renglón, otros químicos necesarios para producir agua sanitariamente segura.

CUADRO 4.21
CONSUMOS MENSUALES Y COSTO DEL SULFATO DE ALUMINIO,
CAL Y SULFATO DE COBRE, 1975

Mes	Sulfato de Aluminio		Cal		Sulfato de Cobre	
	Unid. qq	Costo Q.	Unid. qq	Costo Q.	Unid. qq	Costo Q.
Enero	506	2530.00	169	185.90	350	140.00
Febrero	452	2260.00	127	139.70	280	112.00
Marzo	822	4932.00	378	415.80	360	144.00
Abril	788	4334.00	189	378.00	448	179.20
Mayo	702	3861.00	152	304.00	260	104.00
Junio	683	13756.50	63	126.00	135	67.50
Julio	633	2381.50	204	408.00	10	5.00
Agosto	646	3553.00	208	416.00	200	100.00
Septiembre	730	4015.00	132	264.00	245	122.50
Octubre	589	3239.00	140	280.00	205	102.50
Noviembre	560	2800.00	76	152.00	140	98.00
Diciembre	474	2607.00	50	100.00	200	140.00
Promedio	632	3447.46	157	264.12	236	109.56
Sub-Total	7585	41369.50	1088	3169.40	2833	1214.70

CUADRO 4.22
CONSUMOS MENSUALES Y COSTO DEL CLORO, HIPOCLORITO
Y FLUOR, 1975

Mes	Cloro		Hipoclorito		Fluor	
	Unid No.	Costo Q.	Unid No.	Costo Q.	Unid No.	Costo Q.
Enero	840	117 60	79	31 60	914	274 20
Febrero	578	80 92	15	6 00	636	190 80
Marzo	1160	162 40	55	22 0	756	226 80
Abril	1285	179 90	78	31 20	993	297 90
Mayo	1858	260 12	31	12 40	756	302 40
Junio	1085	151 90	30	15 00	666	199 80
Julio	1203	168 40	33	16 50	816	244 80
Agosto	1050	157 50	31	15 50	---	---
Septiembre	1085	162 75	30	15 00	-	---
Octubre	1037	163 05	31	15 50	---	---
Noviembre	1168	175 20	30	21 00	-	-
Diciembre	1060	159 00	31	21 70	---	---
Promedio	1117	161 56	39	18 62	461	144 73
Sub-Total	13409	1938 74	474	223 40	5537	1736 70

Resumiendo y evaluando los dos cuadros anteriores, correspondientes al año 1974, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

Costo Sulfato de Aluminio	=	Q 41,369.50
Costo Cal	=	Q 3,169.40
Costo Sulfato de Cobre	=	Q 1,314.70
Costo Cloro	=	Q 1,938.74
Costo Hipoclorito	=	Q 223.40
Costo Fluor	=	Q 1,736.70
		<hr/>
COSTO TOTAL QUIMICOS	=	<u>Q 49,752.44</u>

Promedio Mensual gastado en Quimicos = Q 4146.04

Resumen, en porcentajes, de los costos que absorbe cada uno de los quimicos anteriores:

Sulfato de Aluminio	=	83.2 %
Cal	=	6.4 %
Cloro	=	4.0 %
Fluor	=	3.4 %
Sulfato de Cobre	=	2.6 %
Hipoclorito	=	0.4 %
		<hr/>
		100.0 %

CUADRO 4.23
COSTOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA "LA BRIGADA",
POR RENGLONES

Mes	Quimicos	Energia Eléctrica Q.	Operación, Mantenimiento y Supervisión Q.	Mate- riales Q.	Total Mensual Q.
Enero	3279.30	7409.03	2453.55	53.96	12195.84
Febrero	2789.42	7644.05	2036.38	27.39	12497.24
Marzo	5903.00	6319.20	2291.09	41.29	14554.58
Abril	5400.20	7202.79	2986.92	86.49	15686.40
Mayo	4843.92	11651.39	2692.69	17.95	19205.95
Junio	4316.70	10720.69	2519.00	237.02	17793.41
Julio	4324.22	13754.37	2719.17	57.85	20855.61
Agosto	4242.00	12783.16	2866.78	8656	19978.50
Septiembre	4579.25	12796.82	2405.21	145.32	19926.60
Octubre	3800.55	12228.09	2461.18	--	18489.82
Noviembre	3246.20	11079.87	2433.80	163.80	16918.67
Diciembre	3027.70	11057.78	2398.72	57.74	16541.94
Promedio	4146.04	10386.85	2522.04	81.30	17136.21
TOTAL	49752.44	124642.24	30264.49	975.39	205634.56

Resumiendo los datos del cuadro anterior, correspondientes al año 1974, se llega a las siguientes conclusiones

Costos Energía Eléctrica	=	Q	124 642.24
Costos Químicos	=	Q	49 752.44
Costos de Operación, Mantenimiento y Supervisión	=	Q	30,264.49
Costos Materiales	=	Q	975.39
COSTO TOTAL FUNCIONAMIENTO	=	Q	<u>205 634.56</u>

Promedio Mensual invertido en el Funcionamiento de la Planta = Q 17,136.21

Resumen en porcentajes, de la inversión de los recursos económicos usados en la Planta:

Energía Eléctrica	=	60.6 %
Químicos	=	24.2 %
Operación. Manteni- miento y Supervisión	=	14.7 %
Materiales	=	0.5 %
		<u>100.0 %</u>

4.3 Costos Unitarios

Son el resultado de dividir el Costo de Funcionamiento de la Planta (Químicos + Energía Eléctrica + Operación, Mantenimiento y Supervisión + Materiales) entre el Caudal producido mensual y/o anual.

CUADRO 4.24

COSTOS UNITARIOS

Mes	Costo Mensual Q.	Producción Mensual M.L.	Costo Unitario Mensual por m ³ Centavos	Costo Unitario Mensual por Paja Quetzales
Enero	13,195.24	791.89	1.6	0.99
Febrero	12,497.24	667.81	1.8	1.12
Marzo	14,554.58	937.47	1.5	0.93
Abril	15,676.40	937.47	2.0	1.00
Mayo	19,205.95	919.61	2.1	1.25
Junio	17,793.41	847.71	2.1	1.25
Julio	20,855.61	877.15	2.3	1.42
Agosto	19,978.50	786.96	2.5	1.52
Septiembre	19,926.60	787.67	2.5	1.51
Octubre	18,489.82	833.20	2.2	1.33
Noviembre	16,918.67	828.42	2.0	1.22
Diciembre	16,541.94	745.12	2.0	1.33
Promedio Anual	17,136.21	830.04	2.1	1.24 *

* No incluye costos administrativos

Los siguientes renglones se incluyen con el objeto de dar una idea del valor del Sistema

Cuanto vale el Sistema "La Brigada"?

I	Obras de Captación y Recolección	---	Q	315,468.00
II	Líneas y Tuberías de Conducción	---	Q	122,000.00
III	Estaciones y Sistemas de Bombeo	---	Q	151,500.00
IV	Planta "La Brigada"	---	Q	507,147.00
V	Sistemas de Distribución	---	Q	178,800.00
	(internos a los renglones anteriores)			
	TOTAL		Q	<u>1 274,915.00</u>

(Valores a Diciembre de 1972).

Por supuesto, que el valor presente o futuro puede calcularse por cualesquiera de los Metodos de Depreciación.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. Conclusiones y Recomendaciones.

Conclusiones:

- Se posee muy poca información sobre las condiciones de la cuenca hidrogeográfica de La Brigada.
- El diseño y funcionamiento de la Planta "La Brigada" está dentro del marco de las normas para plantas de purificación de agua.
- La calidad Bacteriológica de los afluentes por gravedad es: agua no potable Grado "D".
- Las aguas provenientes de las filtraciones del Proyecto Xaya-Pixcayá tienen menor turbidez y color que las provenientes de La Presa La Brigada.
- La calidad bacteriológica del efluente es agua potable Grado "A".
- Los afluentes por gravedad llevan aguas más bien alcalinas a la Planta; es decir, aguas con pH mayores de 7.0.
- La Planta "La Brigada" ocupó en 1975, el cuarto lugar en producción del caudal municipal con 15.53 M.L.D. equivalentes al 10.3% del total.
- En promedio, el efluente producido por la Planta se distribuyó en la siguiente forma:
 - Filtraciones del proyecto Xaya-Pixcaya 40.8%.
 - Presa La Brigada 34.6%.
 - Pozos dentro de la Planta 24.6%.

- Caudal de Diseño del Canal de Mezcla = 25 M.L.D.
Caudal de Diseño de los Sedimentadores = 22.5 M.L.D.
Caudal de Diseño de los Filtros = 15 M.L.D.

- El promedio de Sulfato de Aluminio dosificado en el año modelo considerado en este trabajo se computó así:
64.90 mg/litro en verano y
96.57 mg/litro en invierno.

- El dibujo de la curva floc removido versus tiempo de sedimentación en la Prueba de Jarras Modificada, da una idea clara del efecto y límites en la dosificación del coagulante. La pendiente de esta curva nos da la velocidad de sedimentación.

- En la Operación y Mantenimiento de la Planta "La Brigada", el flujo de dinero se canalizó en un 60.6% para el pago de Energía Eléctrica, un 24.2% para Químicos, un 15.2% en supervisión y materiales.

- En el aspecto costo de Químicos, el consumo de Sulfato de Aluminio absorbió el 83.2% contra solo el 16.8% entre Cal. cloro, fluor, sulfato de cobre e hipoclorito.

- El costo unitario del metro cúbico producido por la Planta "La Brigada" durante 1975, en promedio mensual fue de 2.1 centavos equivalentes a Q 1.24 por paja, sin considerar gastos administrativos.

Recomendaciones:

- Hacer un estudio de la eficiencia de la Planta y chequear el diseño hidráulico y estructural para las condiciones actuales.
- Aumentar la capacidad de producción de la Planta activando entre otros, la ejecución de los proyectos de Nuevas Introducciones mencionadas en este trabajo, especialmente conducciones a gravedad.
- Implementación completa de la Planta, con carácter de urgente, especialmente con medidores de caudal a la salida de los Tanques de Sedimentación, Filtros, Tanque de Distribución, con el objeto de tener datos confiables sobre el caudal introducido y sus posibles variaciones dentro del proceso de purificación.
- Hacer la "topografía" de los lodos decantados en los Tanques de sedimentación con el objeto de comprobar donde quedaron situados los lodos y chequear en esta otra forma las condiciones de los sedimentadores.
- Hacer un estudio exhaustivo y completo de la cantidad de Químicos agregados y a agregarse de acuerdo a las características del agua cruda.
- Hacer un estudio sobre la factibilidad de aplicar nuevas técnicas de control para los diferentes procesos en la Planta; por ejemplo la instalación de sedimentadores de alta velocidad (módulos plásticos Micro-Floc).
- Estudiar la posibilidad de evitar la mezcla del agua proveniente del Proyecto Xaya-Pixcayá con el agua de la Presa La Brigada con el fin de determinar si puede o no haber ahorro en el consumo de Sulfato de Aluminio.
- Mejorar, reparar y restaurar las instalaciones actuales de la Planta.

CAPITULO VI

**GLOSARIO DE TERMINOS Y
BIBLIOGRAFIA**

CAPITULO VI

6. Glosario de Terminos y Bibliografía.

- Glosario de Terminos.
(en orden alfabetico)

Agua Cruda: agua que no ha recibido ninguna clase de tratamiento. Agua en estado natural, como se encuentra en las fuentes de abastecimiento.

Alcalinidad: es la medición cuantitativa de los constituyentes alcalinos totales del agua, tanto en el estado ionizado como en el no ionizado. Usualmente se expresa en mg/litro de Ca CO_3 equivalente.

Ablandamiento: es el proceso que consiste en remover del agua ciertas sustancias minerales, que son las que causan la dureza en el agua principalmente los compuestos de Calcio y Magnesio.

Afluente: agua que entra a una planta de tratamiento o a cualquiera de sus secciones.

Cal: indistintamente se llama así al óxido de calcio, CaO , que es la cal viva, al hidróxido de Calcio, Ca (OH)_2 que es la cal apagada o hidratada. Se usa para eliminar los carbonatos o dureza temporal y para el control del pH.

Coagulante: un material que, al agregarlo al agua, hace que tenga lugar la coagulación.

Coagulación: la acción de congregarse la materia suspendida en el agua, coloidal o finamente dividida, mediante la adición al líquido de un coagulante adecuado.

Cloro: es elemento que existe corrientemente como gas amarillo verdoso que es aproximadamente 2.5 veces más pesado que el aire. Se usa principalmente para desinfección. Su fórmula es Cl_2 .

Cloración: es la aplicación de cloro al agua, generalmente con fines de desinfección.

Cloro Residual: es la cantidad total de cloro (cloro disponible libre y/o combinado) que queda en el agua después de un período de contacto definido.

Desinfección: es el aniquilamiento de la mayor parte (pero no necesariamente de todas) de las bacterias, por medio de sustancias químicas, calor, luz ultravioleta, etc.

Dureza: es una característica del agua, debida principalmente a su contenido en carbonatos y sulfatos, y ocasionalmente a los nitratos y cloruros, de calcio, magnesio y hierro que hace que el jabón forme grumos en el agua, que se consuma más jabón, que se depositen incrustaciones en las calderas y que produce efectos perjudiciales en algunos procesos industriales y a veces da sabor indeseable al agua. Generalmente se determina a partir del contenido de calcio y magnesio en el agua y se expresa como carbonato de calcio equivalente.

Dextrógira: que gira en sentido derecho; giro en sentido de las agujas del reloj.

Efluente: agua que sale de un recipiente o un estanque, o una planta de tratamiento o de cualquiera de sus acciones.

Floculo: pequeñas masas gelatinosas que se forman en un líquido por haberle agregado coagulantes.

Floculación: formación de floculos subsecuente al proceso de coagulación.

Fluoración: es el proceso que consiste en agregar al agua un compuesto que contenga fluoruros, con el proposito de prevenir las caries dentales.

Fluoruro: es un compuesto que contienen el radical (F^-)

Jarras, Prueba de: es una prueba de laboratorio que se usa para determinar las cantidades óptimas de coagulante que deben emplearse para lograr la coagulación más eficiente.

Medidor de pérdida de carga o columna de agua: es un dispositivo de los filtros de arena, que indica las pérdidas de carga o columna de agua que ocurren en la operación de filtración, que permite que el operador sepa cuando se requiere lavar un filtro.

t C: temperatura en Grados Centígrados.

p H: es una expresión de la concentración de los iones hidrógeno. Varía desde pH 1 hasta pH 14.

Sedimentación: es el proceso de asentamiento y depósito de la materia suspendida en el agua, por la fuerza de la gravedad. Generalmente se logra disminuyendo la velocidad del líquido por debajo del punto en que pueda arrastrar al material suspendido. También se llama asentamiento o clarificación.

Sólidos Disueltos: es la materia disuelta en una solución.

Solución patrón: es una solución que contiene una cantidad conocida de una sola substancia, que se usa para analisis en el laboratorio.

Sulfato: es un compuesto que contiene al radical sulfato (SO_4).

Turbiedad: es la condición de un líquido debida al material visible finamente dividido y en suspensión, que puede o no ser de tamaño suficiente para distinguirlo en partículas aisladas a simple vista, pero que impide el paso de la luz a través del líquido. Es una medida de la materia suspendida (usualmente coloidal) en los líquidos; se expresa en términos de mg/litro de la tierra diatomácea que causarí el mismo efecto.

Venturi: es un tubo o conducto cerrado que tiene un angostamiento gradual que hace que disminuya la carga o columna de agua correspondiente a la presión, causando una diferencia de presiones que puede ser medida. Generalmente el angostamiento va seguido por un ensanchamiento gradual hasta el diámetro original, pero esto no siempre se hace. La diferencia de presiones así producida puede usarse como medida del gasto.

— **Equivalencias:**

- 1 M.L.D. = 695 litros/min = 11.58 litros/seg.
- 1 M.L.D. = 184 G.P.M. = 184 galones por minuto.
- 1 M.L.D. = 500 pajas.
- 1 Paja = 2000 litros diarios.
- 1 Paja = 1.39 litros/min = 0.0232 litros/seg.
- 1 Paja = 0.368 G.P.M.

— **Abreviaturas usadas:**

(en orden alfabético)

- Ha = hectárea.
- H.F. = hierro fundido (tubería de).
- H.G. = hierro galvanizado (tubería de).

H.P.	=	Horse Power.
KW	=	Kilowatios.
KWH	=	Kilowatios hora.
KVA	=	Kilovoltamperio.
m.	=	metros.
m ²	=	metros cuadrados.
m ³	=	metros cúbicos.
M.S.N.M	=	metros sobre el nivel del mar.
M.L.D.	=	millones de litros diarios.
M.L.	=	millones de litros.
mg	=	miligramos.
ml	=	mililitros.
mg/lt	=	miligramos por litro
Q	=	quetzales, patrón monetario de la República de Guatemala. Equivalente al dólar U.S.A.
R.P.M.	=	revoluciones por minuto.
" "	=	comillas.
" (a la par de un número)	=	pulgadas.
#	=	libras.
10 ⁶	=	un millón.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

BIBLIOGRAFIA:

(por autor, en orden alfabético):

- Antillón Matta, Jorge Ramiro
"Uso de coagulantes en las Plantas de Purificación de Agua y algunos ensayos tendientes a una operación económica de los mismos".
Tesis Ingeniero Civil.
Guatemala, Enero de 1955.
- Blanco Verdugo, Francisco Eduardo
Ingeniero Civil e Ingeniero Sanitario.
"Activo fijo (permanente) de EMPAGUA, valores a Diciembre 1972".
Tomo III
Guatemala, Mayo 1974.
- Campos Quintana, Francisco A.
Ingeniero Civil e Ingeniero Sanitario.
"Copias del Curso Ingeniería Sanitaria 2, Curso de Vacaciones".
Guatemala, Junio 1974.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).
"Teoría, Diseño y Control de los Procesos de Clarificación del Agua".
Serie Técnica No. 13
Abril / 1973
- Cohen, J. M.
"Improved Jar Test Procedure"
JAWWA, 49, 1425 (1957).

- Cordon Morales, Octavio.
"Manual para Operadores de Plantas de Purificación de Agua con aplicación a las condiciones de Guatemala".
Tesis Ingeniero Civil.
Guatemala, Septiembre de 1960.

- Cox, Charles R.
"Diseño Funcional en Plantas de Tratamiento de Agua".

- De León, Rolando
"Experiencia en la Operación de la Planta de Tratamiento de Agua de Santa Luisa".
Tesis Ingeniero Civil.
Guatemala, Marzo de 1958.

- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Albany, Estados Unidos de América.
"Manual de Tratamiento de Aguas".
Cuarta Reimpresión, 1974.

- Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala, EMPAGUA.
"Archivos varios del Departamento de Sistemas de Gravedad".


- Fernández-Hall Z. Francisca
"Estado Actual del Abastecimiento de agua en Guatemala".
Tesis Ingeniera Civil.
Guatemala, Mayo de 1947.

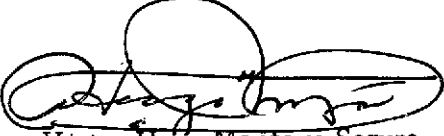
- Hill, Kenneth V.

"Consideraciones de Diseño en la Sedimentación y Filtración del Agua".
Chicago, U.S.A.

- Montoya Segura, Victor Hugo
Ingeniero Civil e Ingeniero Sanitario.
"Laboratorios del Curso Procesos de Tratamiento"; Escuela Regional de Ingeniería
Sanitaria.
Guatemala, 1973.

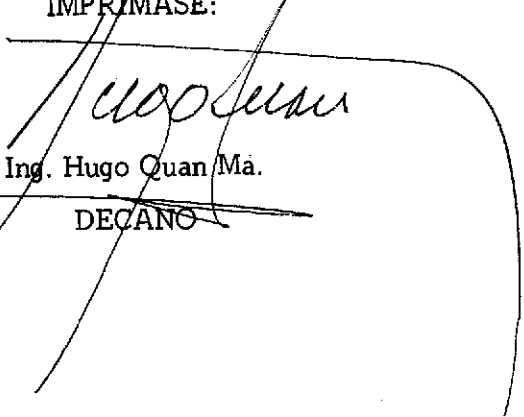
- Phelps, Earle B.


René Alejandro Giron Braghirolli


Vo. Bo. Ing. Víctor Hugo Montoya Segura
ASESOR


Vo. Bo. Ing. Manuel A. Castillo Barajas
Director de la Escuela de
Ingeniería Civil

IMPRIMASE:


Ing. Hugo Quan Ma.

DECANO