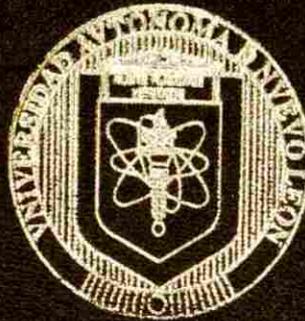


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



MEJORAMIENTO DE EFICIENCIA DEL FLOCULADOR  
DE PALETAS DE EJE HORIZONTAL, MEDIANTE  
CAMBIO A UN SISTEMA HIDRAULICO DE FLUJO  
VERTICAL, EN LA POTABILIZADORA CENTRO DE  
LA CIUDAD DE NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS

Por

JUAN CARLOS ERNESTO ALDAPA CAMPOS

Como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRIA EN CIENCIAS  
Con Especialidad en Ingeniería Ambiental

Diciembre del 2001

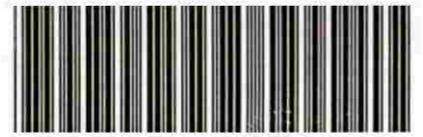
TM

TD751

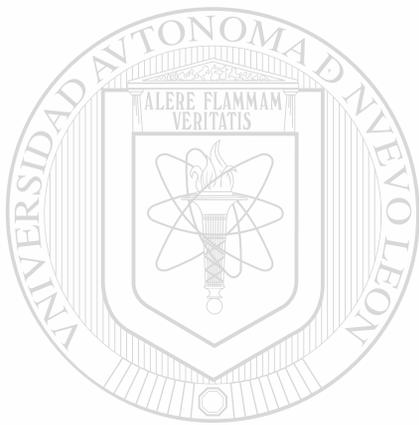
.A54

2001

.c1



1080113414



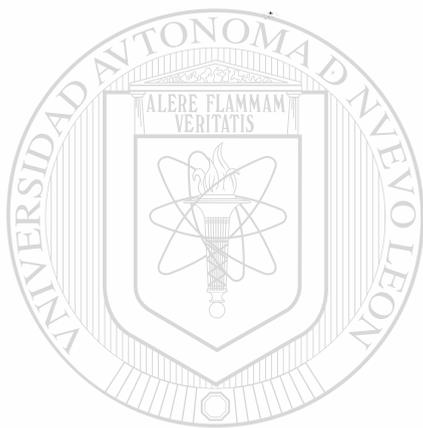
# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

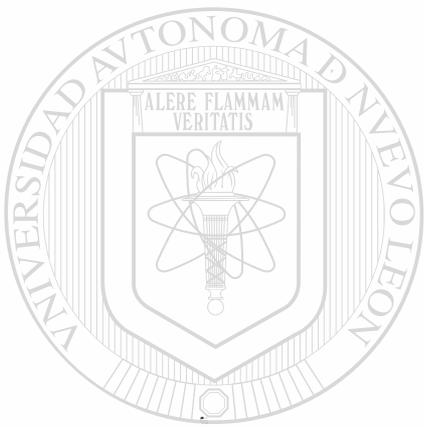


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TD7S1

.A54

2001



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

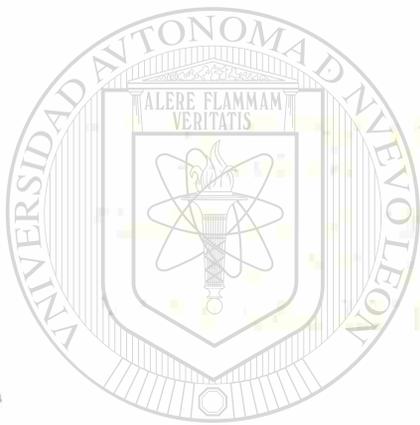
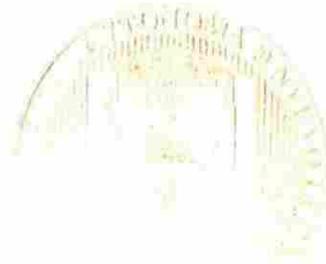
®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Como requisito parcial para obtener el título de  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS**  
Con Especialidad en Ingeniería Aeroespacial

Presentado por: [Name]



Ciudad universitaria, Octubre del 2001

**M.E.C. Francisco Gámez Treviño**  
**Presidente del comité de maestría**  
**Presente.**

En referencia al oficio del Secretario del Comité de Maestría, Dr. Ricardo González Alcorta, donde se me asigna como **Evaluador** de la tesis "**Mejoramiento de eficiencia del floculador de paletas de eje horizontal, mediante cambio a un sistema hidráulico de flujo vertical, en la potabilizadora centro de la ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas**", que presenta el alumno **Ing. Juan Carlos E. Aldapa Campos** como requisito parcial para obtener el grado de **Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental**; comunico a Usted que habiendo examinado dicho documento, encuentro que cumple con los objetivos planteados en el mismo, por lo que a mi leal saber y entender considero **APROBADA** la tesis.

Sin otro particular por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere necesaria.

**ATENTAMENTE**

**M.C. Víctor Hugo Guerra Cobián**  
**Catedrático**



**COMPROBANTE DE CORRECCIÓN**

Tesista: JUAN CARLOS ERNESTO ALDAPA CAMPOS

Tema de la tesis: MEJORAMIENTO DE EFICIENCIA DEL FLOCULADOR DE PALETAS DE EJE HORIZONTAL, MEDIANTE CAMBIO A UN SISTEMA HIDRÁULICO DE FLUJO VERTICAL, EN LA POTABILIZADORA CENTRO, DE LA CIUDAD DE NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

Este documento certifica la corrección definitiva del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:

(Ninguna)

Educación  
 POR LA VIDA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Nombre y firma de quien corrigió:

Ramón Longoria  
 Arq. Ramón Longoria Ramírez

Justo

M.I. JUSTINO CÉSAR GONZÁLEZ ALVAREZ  
 SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Ciudad Universitaria, a 26 de noviembre de 2001

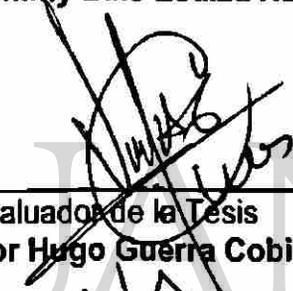
**MEJORAMIENTO DE EFICIENCIA DEL FLOCULADOR DE PALETAS DE EJE  
HORIZONTAL, MEDIANTE CAMBIO A UN SISTEMA HIDRÁULICO  
DE FLUJO VERTICAL EN LA POTABILIZADORA CENTRO  
DE LA CIUDAD DE NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.**

Aprobación de la Tesis:



---

**El Director de la Tesis  
M.C. Jimmy Luis Loaiza Navia**



---

**El Evaluador de la Tesis  
M.C. Víctor Hugo Guerra Cobián**



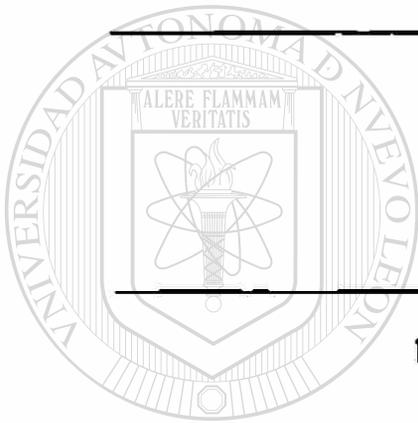
---

**El Evaluador de la Tesis  
M.C. Juan Manuel Chapa Guerrero**



---

**El Subdirector de Estudios de Postgrado  
M.I. Justino Cesar González Álvarez.**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**COMPROBANTE DE CORRECCIÓN**

Tesista: JUAN CARLOS ERNESTO ALDAPA CAMPOS

Tema de la tesis: MEJORAMIENTO DE EFICIENCIA DEL FLOCULADOR DE PALETAS DE EJE HORIZONTAL, MEDIANTE CAMBIO A UN SISTEMA HIDRÁULICO DE FLUJO VERTICAL, EN LA POTABILIZADORA CENTRO, DE LA CIUDAD DE NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

Este documento certifica la corrección definitiva del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:

(Ninguna)



UANE

educación  
 POR LA VIDA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Nombre y firma de quien corrigió:

Ramón Longoria  
 Arq. Ramón Longoria Ramírez

Justino

M.I. JUSTINO CÉSAR GONZÁLEZ ALVAREZ  
 SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Ciudad Universitaria, a 26 de noviembre de 2001

Monterrey N.L., a 14 de Enero de 2002

**Ing. Justino Cesar González Álvarez, M en I**  
**Subdirector de estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Presente**

Estimado M. en I. González Álvarez:

En atención a su oficio en el que me informa haber sido designado como *EVALUADOR* de la tesis

**“MEJORAMIENTO DE EFICIENCIA DEL FLOCULADOR DE PALETA  
DE EJE HORIZONTAL, MEDIANTE CAMBIO A UN SISTEMA  
HIDRÁULICO DE FLUJO VERTICAL, EN LA POTABILIZADORA  
CENTRO DE LA CIUDAD DE NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS”**

que presenta el *Ing. Juan Carlos Ernesto Aldapa Campos*, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental, informo a Usted que después de haber leído y evaluado críticamente la calidad de la tesis, dictamino que la misma es **APROBADA**.

Sin otro particular por el momento y saludándole cordialmente, manifiesto mi disponibilidad para cualquier aclaración que Usted considere pertinente.

**ATENTAMENTE**

  
M. en C. Juan Manuel Chapa Guerrero

# *Dedicatoria*

*Dedico esta tesis a mis sobrinos Benjamin y  
Bernardo como un ejemplo de superación personal en  
la vida.*



UANL *Juan Carlos*

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## **AGRADECIMIENTOS**

**A mi esposa por incitarme a realizar la Maestría en Ingeniería Ambiental y por el apoyo moral y la paciencia que siempre me brindó durante mis estudios así como en la realización de esta tesis.**

**A mis padres, Sr. Ernesto Aldapa Beltrán y Sra. Alicia Campos de Aldapa, por haberme dado la vida, un hogar, la educación y el apoyo para alcanzar nuevas metas en la vida.**

**Un agradecimiento especial al M.C. Ing. Jimmy Luis Loaiza Navia, Catedrático de la escuela de Graduados en la Facultad de Ingeniería Civil, y Asesor de la presente Tesis, por todos los conocimientos, experiencias y consejos transmitidos durante la Maestría y durante el desarrollo del presente trabajo.**

**A todos y cada uno de los catedráticos de la Maestría en Ingeniería Ambiental, por los conocimientos recibidos durante mi estancia en la Facultad de Ingeniería Civil.**

**A los compañeros del salón, por compartir el esfuerzo y sacrificio de ir todos los sábados a la ciudad de Monterrey, la amistad y el apoyo recibidos durante el tiempo que nos tocó convivir.**

**Al personal de la Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Nuevo Laredo (COMAPA), por brindarme el apoyo para la realización de la presente Tesis, y con agradecimiento especial para el Ing. Ernesto Valdéz Vázquez, Gerente Técnico, por confiar en mí y darme la oportunidad de realizar este proyecto, al Ing. Eduardo Takasita Garza e Ing. Alfonso Velasco Cosme, Asesores Técnicos, por las experiencias y consejos transmitidos para la realización de este trabajo y a la Q.F.B. Maricela Flores Elvira, Jefe del departamento de Calidad del Agua, por las facilidades para la realización de las pruebas de Laboratorio.**

**A la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Ingeniería Civil, por las facilidades que nos brindaron, a mí y a mis compañeros, para abrir un grupo los sábados y a las facilidades que nos brindaron durante nuestra estancia.**

## **RESUMEN**

**Juan Carlos Ernesto Aldapa Campos Fecha de graduacion: Diciembre de 2001**

**Universidad Autónoma de Nuevo León**

**Facultad de Ingeniería Civil**

**Título del estudio: MEJORAMIENTO DE EFICIENCIA DEL FLOCULADOR DE PALETAS DE EJE HORIZONTAL, MEDIANTE CAMBIO A UN SISTEMA HIDRÁULICO DE FLUJO VERTICAL, EN LA POTABILIZADORA CENTRO DE LA CIUDAD DE NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.**

**Número de páginas: 100**

**Candidato para el grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental.**

**Area de Estudio: Ingeniería Ambiental**

**Propósito y método del estudio.- El clarificador circular norte de la Planta Potabilizadora Centro de la Ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas, desde hace varios años ha venido presentando problemas de operación, debido a que el sistema de floculación es mecánico de paletas de eje horizontal y excesivamente pesado, por lo que cada 2 años ha sido necesario cambiar las chumaceras de apoyo, impactando económicamente en el Organismo Operador. En este trabajo se trató de mejorar la eficiencia de la estructura mediante el cambio de floculación a un sistema hidráulico de pantallas de flujo vertical, haciendo el diseño del mismo y realizando ensayos de laboratorio, para observar el comportamiento con el gasto máximo de diseño, a gasto mínimo y a diferentes grados de turbidez**

**Contribuciones y conclusiones.- En los ensayos realizados del sistema propuesto, se pudo comprobar que el sistema es eficiente, puesto que se produce mejor calidad de agua que con el sistema anterior, aún duplicando su capacidad y prescindiendo de energía eléctrica y minimizando el mantenimiento de equipos, con lo que se demuestra que no siempre es mejor utilizar tecnología sofisticada.**

**FIRMA DEL ASESOR : \_\_\_\_\_**

## **PRÓLOGO**

En nuestro país es relativamente fácil, para un Organismo Operador de Agua Potable y Alcantarillado, conseguir recursos para la construcción de una planta de tratamiento y más en la zona fronteriza, debido a la vecindad con los Estados Unidos de América, bajo la condición de elaborar el proyecto por empresas norteamericanas o, en su defecto, por mexicanas pero copiando tecnología sofisticada; sin embargo, durante la etapa de operación, la situación cambia, lo que obliga a los organismos operadores a tratar de aumentar las tarifas de cobro y muchas veces, por razones políticas, esto no se logra, lo que trae como consecuencia una baja de eficiencia global, tanto en las finanzas como en la calidad del agua.

Es por esto que cuando se me presentó la oportunidad de analizar un proyecto de solución para el Clarificador Circular Norte, de la Planta Potabilizadora centro de la Ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas, no dudé en implantar tecnología tradicional (no sofisticada) con la cual, se pudiera mejorar la eficiencia del proceso, esto es: eliminar los costos de energía eléctrica y mantenimiento, mejorando la calidad del agua.

A la fecha, el floculador hidráulico de flujo vertical se encuentra en operación y dando resultados de calidad de agua por encima de los esperados en esta tesis.

## TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1.- INTRODUCCIÓN . . . . .	1
1.1 Antecedentes de la Planta Potabilizadora Centro de la Ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas . . . . .	1
1.2 Descripción de los problemas . . . . .	4
1.3 Objetivos del trabajo . . . . .	5
2.- MATERIALES Y MÉTODOS . . . . .	6
2.1 Fundamentos de la floculación . . . . .	6
2.2 Generación de alternativas de solución . . . . .	12
2.2.1 Floculadores mecánicos . . . . .	13
2.2.1.1 Floculador mecánico de eje horizontal . . . . .	13
2.2.1.2 Floculador mecánico vertical . . . . .	13
2.2.2 Floculadores hidráulicos . . . . .	14
2.2.2.1 Floculadores de tabiques . . . . .	14
2.2.2.1.1 Floculador de pantallas de flujo horizontal . . . . .	14
2.2.2.1.2 Floculador de pantallas de flujo vertical . . . . .	15
2.3 Selección de la mejor alternativa . . . . .	17
2.4 Procedimiento de diseño . . . . .	18
2.4.1 Parámetros y recomendaciones de diseño de un floculador de pantallas de flujo vertical . . . . .	18
2.4.2 Criterios para el dimensionamiento . . . . .	19
2.4.3 Análisis del proceso a gasto de diseño . . . . .	21
2.4.4 Análisis del proceso a gasto mínimo . . . . .	36
2.4.5 Revisión y análisis del diámetro de los orificios del sedimentador para soportar el caudal del diseño . . . . .	50
2.4.6 Análisis del área de paso inferior de las pantallas para evitar la acumulación de lodos . . . . .	51
2.5 Ensayo de laboratorio . . . . .	52
2.5.1 Sistemas de simulación del proceso . . . . .	52
2.5.1.1 Determinación de la dosis óptima de coagulante. . . . .	53
2.5.1.1.1 Aparato de prueba de jarras . . . . .	54
2.5.1.1.2 Turbidímetro . . . . .	55
2.5.1.1.3 Comparador de color . . . . .	55
2.5.1.1.4 Medidor de Ph . . . . .	55
2.5.1.1.5 Cristalería . . . . .	56
2.5.1.1.6 Reactivos . . . . .	56
2.5.1.1.7 Termómetro . . . . .	58

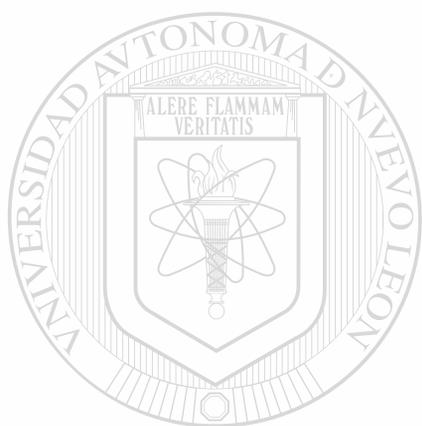
2.5.1.1.8 Procedimiento de ensayo . . . . .	58
2.5.1.2 Ensayo de laboratorio con el gasto de diseño. . . . .	60
2.5.1.3 Ensayo de laboratorio con el gasto mínimo . . . . .	61
2.5.1.4 Ensayo de laboratorio con diferentes grados de turbidez . .	61
3.- RESULTADOS . . . . .	62
3.1 Con el gasto de diseño . . . . .	62
3.2 Con el gasto mínimo . . . . .	66
3.3 A diferentes grados de turbidez . . . . .	68
4.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS . . . . .	72
5.- ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO . . . . .	74
6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	83
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	85
APÉNDICE A.-GRADIENTES DE VELOCIDAD PARA JARRAS CUADRADAS.	86
APÉNDICE B.-TABLA XIX. VALORES DE $\alpha$ . . . . .	87
APÉNDICE C.-TABLA XX. VALORES DE $(\gamma/\mu)^{1/2}$ . . . . .	88
APÉNDICE D.-PLANO DEL PROYECTO . . . . .	89
APÉNDICE E.-REPORTES DE TURBIDEZ DE LABORATORIO DE COMAPA DURANTE EL AÑO 1999 (FLOCULADOR MECANICO) . . . . .	90
APÉNDICE F.-REPORTES DE TURBIDEZ DE LABORATORIO DE COMAPA DURANTE EL AÑO 2001 (FLOCULADOR HIDRAULICO) . . . . .	91
APÉNDICE G.-GLOSARIO . . . . .	92

## LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Clasificación de floculadores . . . . .	12
II	Análisis del proceso a gasto de diseño . . . . .	22
III	Análisis del proceso a gasto mínimo . . . . .	37
IV	Revoluciones por minuto a diferentes gradientes y tiempo de floculación con el gasto de diseño . . . . .	60
V	Revoluciones por minuto a diferentes gradientes y tiempo de floculación con el gasto mínimo . . . . .	61
VI	Prueba de jarras a gasto de diseño . . . . .	63
VII	Prueba de jarras a gasto de diseño . . . . .	64
VIII	Prueba de jarras a gasto de diseño . . . . .	65
IX	Prueba de jarras a gasto mínimo . . . . .	67
X	Prueba de jarras a gasto mínimo y turbidez alta . . . . .	69
XI	Prueba de jarras a gasto de diseño y turbidez alta . . . . .	70
XII	Prueba de jarras a gasto de diseño y turbidez alta . . . . .	71
XIII	Presupuesto de rehabilitación del floculador mecánico de eje horizontal norte. . . . .	77
XIV	Presupuesto de construcción del floculador hidráulico de flujo vertical. . . . .	78
XV	Análisis del costo de operación y mantenimiento anual de los floculadores mecánicos de eje horizontal de La potabilizadora Centro de Nuevo Laredo. . . . .	79
XVI	Análisis del factor de Inflación ponderado esperado en costos de operación y mantenimiento. . . . .	80
XVII	Análisis financiero del cambio de sistema de floculación del clarificador circular norte de la Planta Potabilizadora Centro, considerando Inflación. . . . .	81
XVIII	Análisis financiero del cambio de sistema de floculación del clarificador circular norte de La Planta Potabilizadora Centro, sin considerar inflación. . . . .	82

XIX Valores De  $\alpha$  . . . . . 87

XX Valores De  $(\gamma/\mu)^{1/2}$  . . . . . 88



UANL

---

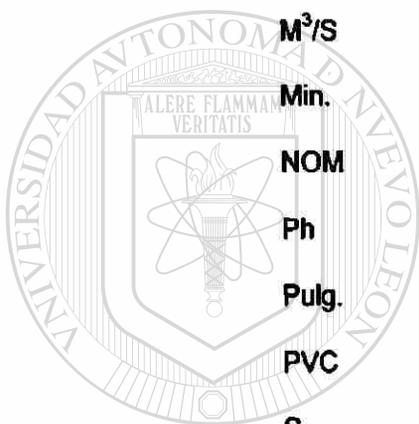
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

## NOMENCLATURA

<b>A.C.</b>	<b>Asbesto-cemento</b>
<b>CTE</b>	<b>Constante</b>
<b>Gr.</b>	<b>Gramo</b>
<b>HP</b>	<b>Caballos de fuerza</b>
<b>Lps.</b>	<b>Litro por segundo</b>
<b>M</b>	<b>Metro</b>
<b>M<sup>3</sup>/S</b>	<b>Metro cúbico por segundo</b>
<b>Min.</b>	<b>Minuto</b>
<b>NOM</b>	<b>Norma Oficial Mexicana</b>
<b>Ph</b>	<b>Indice de alcalinidad</b>
<b>Pulg.</b>	<b>Pulgada</b>
<b>PVC</b>	<b>Policloruro de Vinilo</b>
<b>S</b>	<b>Segundo</b>



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



<b>U.C.</b>	<b>Unidad de Color</b>
<b>UJ</b>	<b>Indice de Jackson</b>
<b>UNT</b>	<b>Unidades nefelométricas de turbidez</b>
<b>MI</b>	<b>Mililitro</b>
<b>CaO</b>	<b>Óxido de Calcio</b>
<b>Ca (OH)<sub>2</sub></b>	<b>Hidróxido de Calcio</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>Dióxido de Carbono</b>
<b>Gr/l</b>	<b>Gramos por litro</b>
<b>Mg/l</b>	<b>Miligramos por litro</b>

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes de la Planta Potabilizadora Centro de la Ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas

La Planta Potabilizadora Centro de la Ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas, se ubica en un predio de forma irregular, definido al norte por la margen derecha del Río Bravo y al sur por el parque Narciso Mendoza, limitándose al este por el edificio del Centro de Salud y al oeste por predios privados.

Anexos al predio de la planta y dentro de ese perímetro, se encuentran edificios ya desmantelados, que albergan diversas instalaciones de generación eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad.

La obra inicial, realizada por la Junta Federal de Mejoras Materiales de Nuevo Laredo, se hizo en 1924, para una capacidad de 100 l/s, con dosificadores de reactivos, mezcla rápida, sedimentador convencional de tolvas múltiples y filtración.

La primera ampliación la realizó la misma Junta en el periodo de 1936 a 1939, construyéndose un nuevo sedimentador convencional, del tipo de flujo longitudinal y nuevos dosificadores y filtros, elevando su capacidad nominal a 208 l/s.

La segunda etapa de ampliación, que abarcó de 1948 a 1951, comprendió la construcción de un segundo sedimentador de flujo longitudinal y la dotación completa de dos filtros ya existentes, para elevar la capacidad nominal a un total de 301 l/s.

En el periodo de 1956 a 1957, se realizó la tercera etapa de ampliación, con la instalación del aireador de cascada, de los presedimentadores circulares, de dos clarificadores integrales de flujo ascendente (tipo Acclerator) y de cuatro nuevos filtros, hasta lograr una capacidad total de 602 l/s. En esta etapa de ampliación desapareció un sedimentador original, de tipo de tolvas, que se convirtió en una cisterna de agua tratada.

En el periodo de 1968 a 1969, tuvo lugar la cuarta etapa de ampliación, con la construcción e instalación de 2 clarificadores integrales (tipo Walker Process). En esta etapa de ampliación se demolió una parte del sedimentador convencional, construido en el periodo de 1948 a 1951, para acomodar los nuevos clarificadores (Ref. 1)

En 1988, la administración del organismo operador, debido al drástico crecimiento poblacional, industrial y comercial, proyectó una ampliación para cubrir las necesidades presentes y futuras de esa época.

Según los cálculos realizados por el personal técnico del organismo operador, así como por los gobiernos federal y estatal, la ampliación de la planta potabilizadora centro fue considerada de vital importancia para dar un servicio óptimo a la principal frontera terrestre del país.

Para llevar a cabo tal proyecto se obtuvo un crédito a través de "Banobras" para ampliar la planta potabilizadora y aumentar de 1,200 a 2,000 lps y tener la

capacidad necesaria, de acuerdo con el crecimiento sistemático de los usuarios. Financiados por tal crédito y por inversiones directas, no sólo se dio énfasis a la ampliación de la planta, sino también, al equipamiento urbano, a la modernización de las instalaciones, a los sistemas de rebombeo y a la eficientización de los esquemas administrativos.

Dentro de la ampliación, fue rehabilitado el cárcamo seco existente, además del cambio de líneas de succión de 16" a 24 " de diámetro; también fue reemplazada una bomba de captación, de 250 lps por otra de 500 lps. Estas acciones dieron como resultado la captación de un total de 1,000 lps. Se construyó, además, un cárcamo adicional con 2 bombas de 600 lps. de succión produciendo un total de 1200 lps.

En el cárcamo húmedo, fueron rehabilitados los sistemas eléctricos y mecánicos, para mejorar la eficiencia de los tres equipos instalados, los cuales captan en total 850 lps, que sumados a los anteriores, representan un total de 3,050 lps.

Fue construido un cárcamo auxiliar, en las Riberas del Bravo, el cual alberga 2 bombas centrifugas, con capacidad de succión de 600 lps. En los procesos de clarificación para poder cubrir la meta de tratar 2,000 lps. fue necesario rediseñar el clarificador circular norte, el cual era convencional y se convirtió la mitad del clarificador en un sistema de floculación mecánico con paletas de eje horizontal, distribuido en cuatro trenes, la otra mitad en un sedimentador de alta tasa, mediante la colocación de módulos sedimentadores de PVC y canales recolectores de agua clarificada. Esta unidad así convertida, tendría la capacidad de tratamiento de 1,000 lps, la cual aunada a los seis

clarificadores existentes lograrían procesar los 2,000 lps proyectados; sin embargo, nunca se pudieron producir más de 500 lps., debido a que los orificios de los canales recolectores no fueron del diámetro adecuado, ya que el agua se derramaba por encima de los bordes de estos; además, porque la tubería de alimentación al clarificador en mención (36" diámetro) antes de llegar a éste, tiene una derivación para alimentar 2 clarificadores de manto de lodos (acelator infilco) con lo cual se reducía el caudal que llegaba a la estructura antes citada.

Además de lo anterior, fue necesario culminar la construcción y equipamiento de cuatro filtros de 140 m<sup>2</sup> de superficie cada uno.

En materia de desinfección, fueron sustituidos los cloradores anteriores por dos equipos con capacidad de dosificación de hasta 900 Kg por día, cada uno. (Ref. 8)

## 1.2 Descripción de los problemas.

En los últimos años se han presentado problemas de operación en el clarificador circular norte de la Planta potabilizadora Centro de la Ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas y por ende, tuvo lugar una baja en la calidad del agua (como se demuestra en el apéndice E ), en virtud de que el sistema de floculación actual es mecánico, de paletas de eje horizontal, impulsado por motores de 5 HP, repartidos en cuatro trenes y debido a que el excesivo peso de las paletas, los ejes y las bridas, ha ocasionado el desgaste continuo y severo de las chumaceras de apoyo. El proveedor de las chumaceras

solamente garantiza éstas por un periodo de 2 años, siempre y cuando exista una alineación perfecta de los ejes y que éstos sean de material "Babit", lo cual ha sido difícil de conseguir, por lo cual anualmente han tenido que ser reemplazadas las chumaceras, lo que representa un alto impacto económico para el organismo operador, denominado Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Nuevo Laredo, Tamaulipas, tal como se demuestra en el capítulo 5.

### **1.3 Objetivo de este trabajo.**

Mejorar la eficiencia del clarificador circular norte de la Planta Potabilizadora Centro de la Ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas, cambiando el sistema de floculación actual, el cual es un sistema mecánico de paletas de eje horizontal a un sistema hidráulico de pantallas vertical, con el cual se buscará duplicar la capacidad actual de tratamiento de 500 lps a 1000 lps y eliminar el mantenimiento de equipos y consumo de energía eléctrica.

## CAPÍTULO 2

### MATERIALES Y METODOS

#### 2.1 Fundamentos de la floculación.

El objetivo principal de la floculación es reunir las partículas desestabilizadas para formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño, que sedimenten con mayor eficiencia.

Normalmente, la floculación se analiza como un proceso causado por la colisión entre partículas, en el cual intervienen tres mecanismos de transporte:

a) Floculación pericinetica o Browniana debida a la energía térmica del fluido.

b) Floculación ortocinetica o gradiente de velocidad, producida en la masa del fluido en movimiento.

c) Sedimentación diferencial, debida a las partículas grandes; las cuales, al precipitarse, colisionan con las más pequeñas que van descendiendo lentamente y las aglomeran.

Al dispersarse el coagulante en la masa del agua, se precisa de la floculación pericinetica para que las partículas coloidales de tamaño menor a 1 micra empiecen a aglutinarse. Es el movimiento Browniano el que actúa dentro de este nivel de tamaño de partículas, formando el microflóculo inicial. Recién

cuando éste alcanza el tamaño de 1 micra, empieza a actuar la floculación ortocinética promoviendo su mayor desarrollo. Este mecanismo ha sido estudiado en lugares donde la temperatura baja a alrededor de cero grados, con lo cual se anula el movimiento Browniano y, por consiguiente, también la floculación pericinética. En este caso, se comprobó que la floculación ortocinética es totalmente ineficiente, y no tiene importancia alguna sobre partículas tan pequeñas.

Bratby, en 1980, encontró que si los gradientes de velocidad en el agua son mayores de  $5 \text{ s}^{-1}$  y las partículas tienen un diámetro mayor que un micrón, el efecto de la floculación pericinética es despreciable.

Por otro lado, el proceso de floculación pericinética sólo es sumamente lento, precisándose alrededor de 200 días para reducir a la mitad un contenido de 10,000 virus/ml, en una muestra de agua.

Por lo tanto, la aglomeración de las partículas es el resultado de la actuación de los tres mecanismos.

Las primeras teorías sobre la cinética de la floculación fueron desarrolladas por Smoluchowski, quien derivó las expresiones básicas para la frecuencia de colisión de las partículas, sujetas al efecto del movimiento Browniano y en régimen de flujo laminar, desarrollando la siguiente expresión, representativa de la floculación pericinética.

$$J = 1/6 n_1 n_2 (d_1 + d_2) dv/dz \quad (1)$$

Donde:

$J$  = es el número de colisiones entre las partículas

$n_1 =$  es la concentración de partículas de diámetro ( $d_1$ )

$n_2 =$  es la concentración de partículas de diámetro ( $d_2$ )

$dv/dz =$  es la energía desarrollada en el proceso.

Camp y Stein fueron los primeros en darse cuenta de que, para fines prácticos, era necesario añadirle turbulencia al proceso. Ellos generalizaron la ecuación de Smoluchowski, para incluir las condiciones de flujo turbulento. Así, de acuerdo con la expresión de Camp y Stein, la frecuencia de colisiones está expresada por la ecuación:

$$H_{ij} = 4/3 \cdot n_1 \cdot n_j \cdot R_{ij} \cdot G \quad (2)$$

Donde:

$H_{ij} =$  es el número de colisiones por unidad de tiempo y por unidad de volumen, entre las partículas de radio ( $R_i$ ) y ( $R_j$ ); ( $n_i$ ) y ( $n_j$ ) son las concentraciones de las partículas colisionantes; ( $R_{ij}$ ) es el radio de colisión ( $R_i + R_j$ ) y ( $G$ ) es el gradiente de velocidad que según ellos era igual a:

$$G = \sqrt{E / \nu} \quad (3)$$

Donde:

$E =$  es la potencia total por unidad de volumen del fluido.

$\nu =$  es la viscosidad cinemática.

La principal objeción a la expresión de Camp y Stein se basa en el hecho de que esta ecuación fue deducida para condiciones de flujo laminar y que pierde mucho de su sentido físico cuando se aplica a floculadores reales, los que en su mayor parte tienen flujo turbulento.

Los gradientes de velocidad de una escala de longitud dada no contribuirán significativamente a la colisión de partículas más grandes o

pequeñas que esta escala. Así, el rígido modelo mecánico desarrollado por Smoluchowsky para condiciones de flujo laminar no es enteramente aplicable a la floculación turbulenta.

Harris y otros,<sup>(Ref 9)</sup> partiendo de la ecuación de Smoluchowsky, establecieron un modelo matemático para la velocidad de aglomeración de las partículas, admitiendo que el volumen de la partícula resultante es igual a la suma de los volúmenes de las partículas aglomeradas y que su densidad permanece constante. A la menor de las partículas agregadas, se le llama partícula primaria y su concentración por unidad de volumen es ( $n_1$ ). Una fracción de las partículas que colisionan se aglomera, otra no se aglomera y otras se pueden desaglomerar, dependiendo de las características de las partículas, del coagulante y del flujo.

Los principales factores que influyen en la eficiencia de este proceso son:

1.- La naturaleza del agua.- La coagulación y por consiguiente, la floculación, son extremadamente sensibles a las características físico-químicas del agua sin tratar, tales como la alcalinidad, el pH y la turbiedad, etc.

Algunos iones presentes en el agua pueden influir en el equilibrio físico-químico del sistema, en la generación de cadenas poliméricas de los hidróxidos que se forman, o en la interacción de estos polímeros con las partículas coloidales, afectando el tiempo de floculación.

La concentración y la naturaleza de las partículas que producen la turbiedad también tienen una notable influencia en el proceso de floculación. En todos los modelos matemáticos de floculación, la velocidad de formación de floculos es proporcional a la concentración de partículas. Por regla general, es

más fácil flocular agua con elevada turbiedad y que presente una amplia distribución de tamaños de partículas. En tanto, las partículas de mayor tamaño, que podrían ser removidas en tanques de sedimentación simple, tales como arena fina acarreada durante picos de elevada turbiedad, interfieren con la floculación inhibiendo o impidiendo el proceso. Por ese motivo cuando la turbiedad del agua sin tratar fuera igual o superior a 1,000 UT, es indispensable la utilización de tanques de presedimentación.

Un caso particular de floculación, donde se manifiesta claramente la influencia de la concentración de las partículas, es la floculación en manto de lodos. Estas unidades, son generalmente, parte integrante de sedimentadores de flujo vertical, con la floculación procesándose en la parte inferior, normalmente en forma cilindro-cónica, donde se concentran los lodos depositados.

2.- Influencia del tiempo de floculación. En todos los modelos propuestos para la floculación, la velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo. En determinadas condiciones, existe un tiempo óptimo para la floculación, normalmente entre 20 y 40 minutos. A través de ensayos de prueba de jarras se puede determinar este tiempo. La permanencia del agua en el floculador, durante un tiempo inferior o superior al óptimo, produce resultados inferiores; tanto más acentuados cuanto más se aleje éste del tiempo óptimo de floculación. Es necesario, por lo tanto, que se adopten medidas para aproximar el tiempo real de retención del tanque de floculación al tiempo nominal escogido. Se puede obtener esto, compartimentalizando el tanque de

floculación con pantallas deflectoras. Cuanto mayor sea el número de compartimentos, menores serán los cortocircuitos del agua.

3.- Influencia del gradiente de velocidad. Cuanto mayor es el gradiente de velocidad, más rápida es la velocidad de aglomeración de las partículas. Mientras tanto, a medida que los flóculos aumentan de tamaño, crecen también las fuerzas de cizallamiento hidrodinámico que ejercen sobre ellos, inducidos por el gradiente de velocidad. Los flóculos crecerán hasta un tamaño máximo, encima del cual, las fuerzas de cizallamiento alcanzan una intensidad que los rompe en partículas menores.

La resistencia de los flóculos depende de una serie de factores:

- a) De su tamaño, forma y compactación.
- b) Del tamaño, forma y naturaleza de las micropartículas
- c) Del número y forma de los ligamentos que unen a las partículas.

4.- Influencia de la variación del caudal. Es conocido que, al variarse el caudal de operación de la planta, se modifican los tiempos de residencia y los gradientes de velocidad en los reactores.

El floculador hidráulico es algo flexible a estas variaciones; al disminuir el caudal, aumenta el tiempo de retención y disminuye el gradiente de velocidad. Al aumentar el caudal, el tiempo de retención disminuye, el gradiente de velocidad se incrementa y viceversa, variando el número de Camp, en aproximadamente un 20% cuando la variación del caudal es del 50 %.

En el floculador mecánico, el efecto es más perjudicial, debido a su poca flexibilidad; ya que la velocidad permanece constante y el tiempo de residencia aumenta o disminuye, según varíe el caudal. <sup>(Ref. 9)</sup>

## 2.2 Generación de alternativas de solución.

Según el tipo de energía usada para producir la agitación, los floculadores pueden clasificarse en hidráulicos, mecánicos e hidromecánicos<sup>(Ref. 2)</sup>, tal clasificación se muestra en la tabla N° I.

TABLA N° I

### CLASIFICACIÓN DE FLOCULADORES

SEGÚN LA ENERGÍA DE AGITACIÓN	SEGÚN EL SENTIDO DEL FLUJO	DESCRIPCIÓN	NOMBRE
Hidráulicos	Flujo horizontal	Con tabiques de ida y regreso	De tabiques
		Con tabiques arriba y abajo del tanque	
	Flujo vertical	Con codos en el fondo que proyectan el agua hacia arriba	Alabama <sup>®</sup>
		Con entrada lateral al tanque	Cox
Mecánicos	Rotatorios	De paletas de eje horizontal o vertical	De paletas
		De turbinas horizontal o vertical	De turbinas
	Reciprocantes	Rejas o cintas oscilantes	Reciprocantes
Hidromecánicos	Flujo horizontal	De turbina Pelton y paletas horizontales	Hidromecánicos

## **2.2.1. - Flocculadores mecánicos.**

### **2.2.1.1. - Flocculador mecánico de eje horizontal.**

El sistema actual en el clarificador circular norte de la Planta Potabilizadora Centro de Nuevo Laredo, Tamaulipas, es del tipo mecánico de paletas de eje horizontal. Entre los principales inconvenientes se encuentran los siguientes:

- El peso excesivo, tanto de los ejes como de las paletas, lo que redundaría en un desgaste prematuro de las chumaceras de apoyo.
- El alto costo que implicaría cubrir las chumaceras con una camisa de acero inoxidable, pues son 32.
- La corta duración de las chumaceras de Babbit, que sólo se garantizan por un periodo de un año y deberían durar dos años, con un mantenimiento adecuado (engrasado).

### **2.2.1.2. - Flocculador mecánico vertical.**

Otro tipo de flocculador, el mecánico, que podría ser más eficiente, es el de eje vertical; sin embargo, éste no elimina los costos de mantenimiento ni de energía eléctrica, y debido a lo deteriorado de las finanzas del organismo operador, el gasto de consumo de energía eléctrica y mantenimiento es el que más impacta, por lo que se propone un sistema hidráulico.

## 2.2.2 Floculadores hidráulicos.

### 2.2.2.1. - Floculadores de tabiques.

Los floculadores hidráulicos provistos de pantallas, derivan su energía para la agitación de la masa líquida, de la carga de velocidad que el flujo adquiere al escurrir por un conducto. Consisten en tanques entre los cuales el agua circula con una velocidad fija, produciendo cierta turbulencia en cada cambio de dirección del flujo.

Las hay de flujo horizontal y de flujo vertical. En los primeros, el flujo va y viene alrededor de los tabiques, haciendo un giro de 180°, al final de cada uno. En los segundos, el flujo sube y baja, en condiciones similares. (Ref. 2)

2.2.2.1.1. - Floculador de pantallas de flujo horizontal. La unidad puede estar configurada de diversas formas: puede constar de un solo tanque con tres o cuatro tramos con diferentes anchos de canales, o tres o cuatro tanques con anchos de canales diferentes en cada uno. El agua circula horizontalmente, por entre los canales. Los canales pueden ser conformados por muros o tabiques de concreto, o bien por pantallas de asbesto cemento o madera machihembrada. Los muros de concreto impiden que se puedan efectuar modificaciones o ampliaciones posteriores, por lo que es más usual construirlos con pantallas removibles.

El fondo debe tener un desnivel o pendiente de acuerdo con la pérdida de carga en cada tramo, para que la altura del agua sea uniforme y, por lo tanto, la velocidad y el gradiente de velocidad también.

Las placas deben estar sujetas de tal manera que no se muevan al paso del agua y mantengan su paralelismo.

#### VENTAJAS:

- Es una unidad muy simple de construir y operar.
- Es muy eficiente. Cuando está bien diseñada, el tiempo de retención teórico y el normal son prácticamente iguales, anulándose la posibilidad de formación de espacios muertos y cortocircuitos.
- Su funcionamiento es totalmente hidráulico, por lo que la operación es muy confiable y económica, al no requerir energía eléctrica.

#### RESTRICCIONES

- Es una solución recomendable sólo para plantas medianas o pequeñas.

**2.2.2.1.2. - Floculador de pantallas de flujo vertical.** La unidad debe tener un volumen que reproduzca el tiempo total de floculación que optimiza el proceso. Debe estar compuesta por varios canales, con compartimentos de diferentes anchos, que reproduzcan velocidades decrecientes entre el primero y el último canal. El agua circula por los canales, en forma vertical. Las pantallas para formar los compartimentos, en cada canal, pueden ser paredes de concreto, placas de asbesto cemento o madera machihembrada.

#### VENTAJAS

- Es una unidad muy simple de construir y operar.
- Es muy eficiente. Cuando está bien diseñada, el tiempo de retención teórico y el normal son prácticamente iguales, anulándose la posibilidad de formación de espacios muertos y cortocircuitos.
- Su funcionamiento es totalmente hidráulico, por lo que la operación es muy confiable y económica, al no requerir de energía eléctrica.
- Es una solución muy adecuada para plantas medianas a grandes. Por su gran profundidad, requiere de áreas pequeñas y se logran diseños muy compactos.

#### **RESTRICCIONES**

- Acumula lodos en el fondo de los compartimentos, pero esto se puede solucionar, tal como se analiza en el punto 2.4.6.

#### **CRITERIOS BÁSICOS.**

---

- La unidad debe tener el volumen apropiado para obtener el tiempo de floculación con el que se optimiza la formación del flóculo, el cual debe determinarse en el laboratorio por simulación del proceso.
- Las velocidades en los canales de los tramos deben estar ordenadas en forma decreciente, para acompañar la formación del flóculo.
- Las velocidades en los canales deben corresponder a los gradientes de velocidad que optimizan el proceso, los cuales se deben determinar en el laboratorio por simulación del proceso.

- La velocidad en los pasos entre un canal y otro debe ser  $2/3$  partes de la velocidad de los canales.

## CRITERIOS DE DISEÑO

- El nivel del agua dentro de la unidad debe mantenerse siempre por debajo del nivel máximo de las placas, para evitar la formación de cortocircuitos (porcentaje del caudal que no participa del proceso).
- Debe mantenerse el caudal del diseño de las unidades para que no se alteren los parámetros de diseño. Al disminuir el caudal, el tiempo de retención se incrementa y los gradientes de velocidad disminuyen; al aumentar el caudal, el efecto es a la inversa, el tiempo de retención disminuye y los gradientes de velocidad se incrementan. Estas variaciones afectan la formación del flóculo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
**2.3 Selección de la mejor alternativa.** ®  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En virtud de que los sistemas mecánicos plantean el inconveniente de una operación más costosa y sofisticada, según se comentó en cada caso, quedan para el análisis de evaluación los sistemas hidráulicos. De éstos se comentó exclusivamente el modelo de pantallas, pero también existen los de otro tipo, como el tipo "Alabama" o el tipo "Cox". Sin embargo, se consideran más eficientes los de pantallas, por lo que serán descartados los demás. Entre éstos, el de flujo horizontal presenta la limitante de que sólo es recomendable

para plantas pequeñas o medianas, según se mencionó con anterioridad y dada la limitante de espacio en la estructura existente, se optará por uno de flujo vertical, el cual es más eficiente, por lo que requiere de una menor superficie, ya que se pretende producir 1,000 lps divididos en dos módulos de 500 lps cada uno.

## **2.4 Procedimiento de diseño.**

### **2.4.1 Parámetros y recomendaciones de diseño de un floculador de pantallas de flujo vertical.**

- Solución recomendable para plantas de más de 100 l/s.
  - Se proyectan para profundidades de 3 a 4 m o más, por lo que ocupan un área menor que las unidades de flujo horizontal.
  - Los tabiques pueden ser de madera o de asbesto-cemento.
- 
- Las restricciones para el uso de pantallas de asbesto cemento son las mismas que las indicadas con anterioridad. Con este tipo de tabiques se recomienda utilizar una altura máxima de agua de 2.00 a 3.00 m de preferencia 0.20 m menor que la altura de paso (orificio de comunicación entre dos canales verticales), más la longitud mayor de una pantalla: 2.44 m. Pueden proyectarse para alturas mayores, traslapando pantallas y empernándolas. Se debe tener especial cuidado durante el llenado de este tipo de unidades, para evitar roturas de pantallas.
  - La sección de cada paso se calculará para una velocidad igual a las 2/3 partes de la velocidad en los canales.

- El gradiente de velocidad en el canal no deberá ser menor de  $20 \text{ S}^{-1}$ . En plantas grandes se pueden colocar, en los orificios de paso, mallas diseñadas con el gradiente de velocidad apropiado.
- Para evitar la acumulación de lodos en el fondo y facilitar el vaciado del tanque, se dejará en la base de cada tabique que llega hasta el fondo, una abertura equivalente al 5% del área horizontal de cada compartimento.
- Estructuralmente, es más confiable el uso de tabiques de madera machihembrada de 1.5" a 2.0", pudiendo adoptarse en este caso alturas de agua de 4 a 5 m. Con este tipo de solución se reduce apreciablemente el área de la unidad, lo cual es especialmente ventajoso en plantas grandes.
- Al igual que en las unidades de flujo horizontal, debe tenerse especial cuidado en la adopción del ancho de la unidad, para que en el diseño de los tramos con bajos gradientes de velocidad, las pantallas se entrecrucen por lo menos en  $1/3$  de su longitud, evitándose la formación de espacios muertos y cortocircuitos. (Ref. 3)

#### 2.4.2. - Criterios para el dimensionamiento

- La selección del número aproximado (m) de compartimentos por tramo o canales de gradiente constante, se puede determinar utilizando el criterio de Richter. (Ref. 3)

$$m = 0.045 \sqrt[3]{\left[\frac{(b \times L \times G)}{Q}\right]^2 t} \quad (4)$$

b.- Ancho del tramo o canal (m).

L.- Longitud del tramo (m)

G.- Gradiente de velocidad ( $s^{-1}$ )

t.- Tiempo de retención del tramo (min.).

- La pérdida de carga en las vueltas ( $h_2$ ) se calcula mediante la

expresión:

$$h_2 = (m+1) \frac{V_1^2 + mV_2^2}{2g} \quad (5)$$

$V_1$ .- Velocidad en los canales.

$V_2$ .- Velocidad en los pasajes u orificios de paso de un compartimento a otro.

- La velocidad en los pasajes ( $v_2$ )

$$v_2 = 2/3 V_1 \quad (6)$$

- El gradiente de velocidad en los canales ( $G_1$ ) se comprueba mediante la expresión:

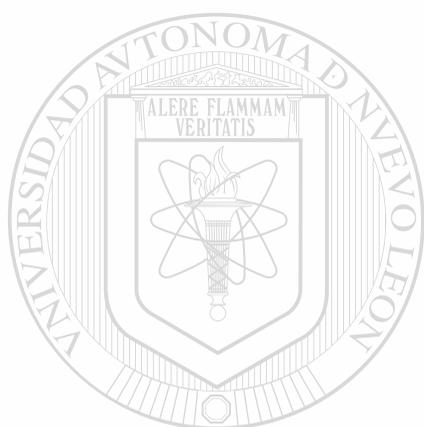
$$G_1 = n \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} R_H^{-0.7} V_1^{1.5} \quad (7)$$

n.- Coeficiente de la formula de Manning.

$R_H$ .- Radio Hidráulico del canal.

### 2.4.3. Análisis del Proceso a Gasto de Diseño.

En virtud de que uno de los objetivos del proyecto es producir un gasto de 1,000 lps divididos en dos módulos de 500 lps cada uno, el análisis se presenta a continuación en la tabla II para un gasto máximo de diseño de 500 lps<sup>(Ref. 3,5,6)</sup>



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



TABLA II

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
1	CAUDAL	Q =	M <sup>3</sup> /S	V = 60 Q * T			
	TIEMPO TOTAL DE FLOCULACIÓN	T =	MIN	V =	600.00	VOLUMEN TOTAL DE LA UNIDAD	M <sup>3</sup>
2	LONGITUD DE LA UNIDAD	L =	M	B = V/H * L			
	PROFUNDIDAD DEL FLOCULADOR	H =	M	B =	2.06	ANCHO TOTAL DE LA UNIDAD	M
3	ANCHO DEL PRIMER CANAL	b = L =	M	t = H*b*L/Q*60		TIEMPO DE RETENCIÓN PRIMER CANAL	MIN.
					6.22		
4	GRADIENTE DE VELOCIDAD EN EL PRIMER TRAMO	G =	S <sup>-1</sup>	m = 0.045*(b*L*G/Q) <sup>2</sup> *t) <sup>1/3</sup>		NUMERO DE COMPARTIMIENTOS ENTRE PANTALLAS	No.
					26		
5	ESPESOR DE LAS PANTALLAS	e = e =	PULG M.	a = L-e(m-1)/m.		ESPACIAMIENTO ENTRE PANTALLAS	M
					0.83		



TABLA II (Continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
11				$h_2 = (m+1)V_1^2 + mV_2^2/2g$	$h_2 =$	PERDIDA DE CARGA EN LAS VUELTAS	M
					0.162		
12				$h_r = h_1 + h_2$	$h_r =$	PERDIDA DE CARGA TOTAL EN EL PRIMER TRAMO	M
					0.170		
				$hf_p = hf/m$	$hf_p =$	PERDIDA DE CARGA POR PANTALLA	
					0.007		
	CARGA EN EL PASO SUPERIOR (SUPUESTO)	$h_{v_u} =$	M	$h_{v_d} = h_{v_u} - hf_p$	$h_{v_d} =$	CARGA EN EL PASO SUPERIOR EN LA DESCARGA	M
		0.36			0.353		
				$q = Q/b$	$q =$	GASTO UNITARIO	M <sup>3</sup> /S.
					0.238		
				$h_{v_d} h_{v_u}$	$=$		
					0.981		
	COEFICIENTE (VER TABLA XIX, PAG. 87)	$\alpha =$	CTE.	$h_{v_u} = q/1.84\alpha$	$h_{v_u} =$	COMPROBACIÓN CARGA EN EL PASO SUPERIOR	M
		0.352			0.367		
13				$V_T = H^*b^*L - e(M-1)$	$V_T =$	VOLUMEN DEL TRAMO.	M <sup>3</sup>
					185.69		

TABLA II (Continúa)  
ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
14	VER TABLA XX, PAG. 88 $(\gamma/\mu)^{1/2} =$ $T = 20$	3,114.64		$G_1 = (\gamma/\mu)^{1/2} (h_r \cdot QV_r)^{1/2}$	66.64	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL 1ER CANAL	S <sup>-1</sup>
15				$G_2 = h (\gamma/\mu)^{1/2} R_H^{-0.7} V^{1.5}$ $V = 60 Q \cdot T$	14.56	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL CANAL VERTICAL	S <sup>-1</sup>
1	CAUDAL	Q = 0.50	M <sup>3</sup> /S				
	TIEMPO TOTAL DE FLOCULACIÓN	T = 20.00	MIN			VOLUMEN TOTAL DE LA UNIDAD	M <sup>3</sup>
2	LONGITUD DE LA UNIDAD	L = 73.75	M	$B = V/H \cdot L$			
	PROFUNDIDAD DEL FLOCULADOR	H = 3.73	M		B =	ANCHO TOTAL DE LA UNIDAD	M
3	ANCHO DEL SEGUNDO CANAL	b = 2.10 L = 22.50	M	$t = H \cdot b^2 / Q^2 \cdot 60$	5.87	TIEMPO DE RETENCIÓN 2o. CANAL	MIN.

TABLA II (Continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
4	GRADIENTE DE VELOCIDAD EN EL SEGUNDO TRAMO	G =	S <sup>-1</sup>	$m = 0.045((b \cdot L \cdot G/Q)^{2 \cdot t})^{1/3}$	20	NUMERO DE COMPARTIMIENTOS ENTRE PANTALLAS	No.
5	ESPESOR DE LAS PANTALLAS	e =	PULG. M.	$a = L - e(m - 1)/m.$	1.09	ESPACIAMIENTO ENTRE PANTALLAS	M
6				$V_1 = Q/a \cdot b$	0.218	VELOCIDAD EN LOS CANALES	M/S
7				$V_2 = 2/3 V_1$	0.145	VELOCIDAD EN LOS PASAJES	M/S
8				$A = Q/V_2$	3.45	AREA DEL PASO INFERIOR	M <sup>2</sup>
				$e_r = A/b$	1.64	ALTURA DEL ESPACIO INFERIOR	M
				$I = 60 \cdot V_1 \cdot t$	76.78	EXTENSION TOTAL DEL 2o. CANAL	M

TABLA II (Continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
9				$R_H = a \cdot b / 2(a+b)$	$R_H = 0.359$	RADIO HIDRÁULICO DEL PRIMER COMPARTIMENT O ENTRE PANTALLAS	M.
10	COEFICIENTE DE LA FORMULA DE MANNING	$n = 0.013$	CTE	$h_1 = (n \cdot V_1 / (R_H^{2/3}))^2 \cdot l$	$h_1 = 0.002$	PÉRDIDA DE CARGA CONTINUA EN LOS CANALES	M.
11				$h_2 = (m+1)V_1^2 + mV_2^2 / 2g$	$h_2 = 0.072$	PÉRDIDA DE CARGA EN LAS VUELTAS	M
12				$h_r = h_1 + h_2$	$h_r = 0.074$	PÉRDIDA DE CARGA TOTAL EN EL 2o. TRAMO	M
				$h_{fp} = hf/m$	$h_{fp} = 0.004$	PÉRDIDA DE CARGA POR PANTALLA	
	CARGA EN EL PASO SUPERIOR (SUPUESTO)	$h_{V_d} = 0.47$	$M^3$	$h_{V_d} = h_{V_d} - h_{fp}$	$h_{V_d} = 0.466$	CARGA EN EL PASO SUPERIOR EN LA DESCARGA	M

TABLA II (Continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
				$q = Q/b$	$q =$	GASTO UNITARIO	M <sup>3</sup> /S.
				$h v_u/h v_u$	$=$		
	COEFICIENTE (VER TABLA XIX, PAG. 87)	$\alpha = 0.275$	CTE.	$h v_u = q/1.84\alpha$	$h v_u =$	COMPROBACIÓN CARGA EN EL PASO SUPERIOR	M
13				$V_T = H*b*L - e(M-1)$	$V_T =$	VOLUMEN DEL TRAMO.	M <sup>3</sup>
14	VER TABLA XX, PAG. 88 $(\gamma/\mu)^{1/2} =$ $T = 20$	3,114.64		$G_1 = (\gamma/\mu)^{1/2} (h_t * Q/V_T)^{1/2}$	$G_1 =$	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL 2o. CANAL	S <sup>-1</sup>
15				$G_2 = \eta (\gamma/\mu)^{1/2} R_H^{-0.7} V^{1.5}$ $V = 60 Q * T$	$G_2 =$	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL CANAL VERTICAL	S <sup>-1</sup>
1	CAUDAL	$Q = 0.50$	M <sup>3</sup> /S				
	TIEMPO TOTAL DE FLOCULACIÓN	$T = 20.00$	MIN			VOLUMEN TOTAL DE LA UNIDAD	M <sup>3</sup>
					$V =$	600.00	

TABLA II (Continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
2	LONGITUD DE LA UNIDAD	L = 73.75	M	$B = V/H * L$			
	PROFUNDIDAD DEL FLOCULADOR	H = 3.69	M		B = 2.20	ANCHO TOTAL DE LA UNIDAD	M
3	ANCHO DEL TERCER CANAL	b = 2.10 L = 20.75	M	$t = H*b*L/Q*60$	t = 5.36	TIEMPO DE RETENCIÓN 3ER CANAL	MIN.
4	GRADIENTE DE VELOCIDAD EN EL TERCER TRAMO	G = 30.00	S <sup>-1</sup>	$m = 0.045((b*L*G/Q)^{2*})^{1/3}$	m = 15	NUMERO DE COMPARTIMENTOS ENTRE PANTALLAS	No.
5	ESPESOR DE LAS PANTALLAS	e = 1.50 e = 0.038	PULG. M.	$a = L-e(m-1)/m$	a = 1.35	ESPACIAMIENTO ENTRE PANTALLAS	M
6				$V_1 = Q/a*b$	V <sub>1</sub> = 0.176	VELOCIDAD EN LOS CANALES	M/S
7				$V_2 = 2/3 V_1$	V <sub>2</sub> = 0.117	VELOCIDAD EN LOS PASAJES	M/S
8			®	$A = Q/V_2$	A = 4.27	ÁREA DEL PASO INFERIOR	M <sup>2</sup>

TABLA II (Continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD
				$e_f = A/b$	2.03	ALTURA DEL ESPACIO INFERIOR	M
				$I = 60 \cdot V_1 \cdot t$	56.60	EXTENSIÓN TOTAL DEL 3ER CANAL	M
9				$R_H = a \cdot b / 2(a+b)$	0.411	RADIO HIDRÁULICO DEL PRIMER COMPARTIMENT O ENTRE PANTALLAS	M.
10	COEFICIENTE DE LA FORMULA DE MANNING	$n = 0.013$	CTE	$h_1 = (n \cdot V_1 / (R_H)^{2/3})^2 \cdot I$	0.001	PERDIDA DE CARGA CONTINUA EN LOS CANALES	M.
11				$h_2 = (m+1) \cdot V_1^2 + m \cdot V_2^2 / 2g$	0.036	PERDIDA DE CARGA EN LAS VUELTAS	M
12				$h_f = h_1 + h_2$	0.037	PERDIDA DE CARGA TOTAL EN EL 3ER TRAMO	M

TABLA II (Continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
				$hf_p = hf_{fm} / hf_p =$	0.002	PERDIDA DE CARGA POR PANTALLA	
	CARGA EN EL PASO SUPERIOR (SUPUESTO)	$hf_u = 0.47$	M	$hf_d = hf_u - hf_p$	0.468	CARGA EN EL PASO SUPERIOR EN LA DESCARGA	M
				$q = Q/b$	0.238	GASTO UNITARIO	M <sup>3</sup> /S.
				$hf_d hf_u$	0.996		
	COEFICIENTE (VER TABLA XIX, PAG. 87)	$\alpha = 0.275$	CTE.	$hf_u = q/1.84\alpha$	0.470	COMPROBACIÓN CARGA EN EL PASO SUPERIOR	M
13				$V_T = H^*b^*L - e(M-1)$	160.26	VOLUMEN DEL TRAMO.	M <sup>3</sup>
14	VER TABLA XX, PAG. 88 $(\gamma/\mu)^{1/2} =$ T = 20	3,114.64		$G_1 = (\gamma/\mu)^{1/2} (h_r * QN_T)^{1/2}$	33.46	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL 3ER CANAL	S <sup>-1</sup>

TABLA II (Continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
15						COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL CANAL VERTICAL	S <sup>-1</sup>
1	CAUDAL	Q = 0.50	M <sup>3</sup> /S	$G_2 = n (\gamma/\mu)^{1/2} R_H^{-0.7} V^{1.5}$ $V = 60 Q * T$	5.57		
	TIEMPO TOTAL DE FLOCULACIÓN	T = 20.00	MIN		600.00	VOLUMEN TOTAL DE LA UNIDAD	M <sup>3</sup>
2	LONGITUD DE LA UNIDAD	L = 73.75	M	$B = V/H * L$			
	PROFUNDIDAD DEL FLOCULADOR	H = 3.69	M		2.20	ANCHO TOTAL DE LA UNIDAD	M
3	ANCHO DEL CUARTO CANAL	b = 3.00 L = 8.00	M	$t = H * b * L / Q * 60$	2.95	TIEMPO DE RETENCIÓN 3ER CANAL	MIN.
4	GRADIENTE DE VELOCIDAD EN EL CUARTO TRAMO	G = 20.00	S <sup>-1</sup>	$m = 0.045((b * L * G/Q)^2 * t)^{1/3}$	6	NUMERO DE COMPARTIMIENTOS ENTRE PANTALLAS	No.

TABLA II (Continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
5	ESPESOR DE LAS PANTALLAS	e = e =	PULG. M.	a = L-e(m-1)/m. a =	1.30	ESPACIAMIENTO ENTRE PANTALLAS	M
6				$V_1 = Q/a*b$ $V_1 =$	0.128	VELOCIDAD EN LOS CANALES	M/S
7				$V_2 = 2/3 V_1$ $V_2 =$	0.100	VELOCIDAD EN LOS PASAJES	M/S
8				$A = Q/V_2$ $A =$	5.00	AREA DEL PASO INFERIOR	M <sup>2</sup>
				$e_t = A/b$ $e_t =$	1.67	ALTURA DEL ESPACIO INFERIOR	M
				$I = 60*V_1*t$ $I =$	22.66	EXTENSIÓN TOTAL DEL 4o. CANAL	M
9				$R_H = a*b/2(a+b)$ $R_H =$	0.453	RADIO HIDRAULICO DEL PRIMER COMPARTIMENT O ENTRE PANTALLAS	M.

TABLA II (Continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
5	ESPESOR DE LAS PANTALLAS	e = 1.50 e = 0.038	PULG. M.	a = L-e(m-1)/m. a =	1.30	ESPACIAMIENTO ENTRE PANTALLAS	M
6				$V_1 = Q/a*b$	0.128	VELOCIDAD EN LOS CANALES	M/S
7				$V_2 = 2/3 V_1$	0.100	VELOCIDAD EN LOS PASAJES	M/S
8				$A = Q/V_2$	5.00	AREA DEL PASO INFERIOR	M <sup>2</sup>
				$e_1 = A/b$	1.67	ALTURA DEL ESPACIO INFERIOR	M
				$I = 60*V_1*t$	22.66	EXTENSIÓN TOTAL DEL 4o. CANAL	M
9				$R_H = a*b/2(a+b)$	0.453	RADIO HIDRÁULICO DEL PRIMER COMPARTIMENT O ENTRE PANTALLAS	M.

TABLA II (Continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD
10	COEFICIENTE DE LA FORMULA DE MANNING	$n = 0.013$	CTE	$h_1 = (nv_1 / (R_{H1})^{2/3})^2$	0.000	PÉRDIDA DE CARGA CONTINUA EN LOS CANALES	M.
11				$h_2 = (m+1)V_1^2 + mV_2^2 / 2g$	0.009	PÉRDIDA DE CARGA EN LAS VUELTAS	M
12				$h_r = h_1 + h_2$	0.009	PÉRDIDA DE CARGA TOTAL EN EL 40. TRAMO	M
				$h_{fp} = hf/m$	0.002	PÉRDIDA DE CARGA POR PANTALLA	
	CARGA EN EL PASO SUPERIOR (SUPUESTO)	$h_{v_u} = 0.33$	M	$h_{v_d} = h_{v_u} - h_{fp}$	0.328	CARGA EN EL PASO SUPERIOR EN LA DESCARGA	M
				$q = Q/b$	0.167	GASTO UNITARIO	M <sup>3</sup> /S.
				$h_{v_d} / h_{v_u}$	0.994		

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 VERITAS  
 TABLA II (Continúa)  
 ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO DE DISEÑO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
	COEFICIENTE (VER TABLA XIX, PAG. 87)	$\alpha = 0.275$	CTE.	$h v_u = q / 1.84 \alpha$	$h v_u =$	COMPROBACIÓN CARGA EN EL PASO SUPERIOR	M
13				$V_T = H^3 b^3 L - e(M-1)$	$V_T = 88.37$	VOLUMEN DEL TRAMO.	M <sup>3</sup>
14	VER TABLA XX, PAG. 88 $(\gamma/\mu)^{1/2} =$ $T = 20$	3,114.64		$G_1 = (\gamma/\mu)^{1/2} (h_1 * Q/V_T)^{1/2}$	$G_1 = 22.23$	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL 4o. CANAL	S <sup>-1</sup>
15				$G_2 = n (\gamma/\mu)^{1/2} R_H^{-0.7} V^{1.5}$	$G_2 = 3.23$	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL CANAL VERTICAL	S <sup>-1</sup>

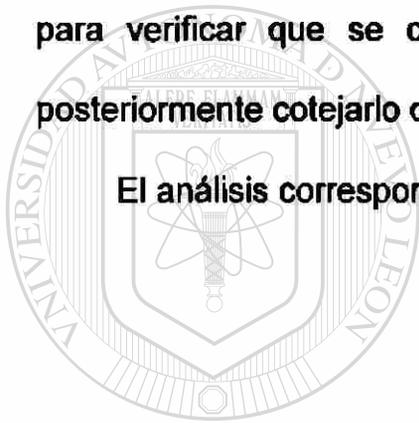
#### 2.4.4. Análisis del proceso a gasto mínimo.

Podría darse el caso de que las bocatomas de captación se obstruyeran, o que bajara el nivel del Río Bravo, lo que podría provocar una posible disminución del gasto. Por lo que se procederá a calcular un gasto mínimo, el cual se considera el gasto de diseño entre dos, esto es:

$$Q_{min} = Q_{max}/2 = 500 \text{ lps} / 2 = 250 \text{ lps.}$$

Con este gasto se observará el comportamiento teórico del floculador, para verificar que se cumplan las normas de calidad establecidas, para posteriormente cotejarlo con un ensayo de laboratorio.

El análisis correspondiente se presenta en la tabla III.



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

TABLA III

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD
1	CAUDAL	Q =	M <sup>3</sup> /S	$V = 60 Q \cdot T$			
	TIEMPO TOTAL DE FLOCULACIÓN	T =	MIN	V =	300.00	VOLUMEN TOTAL DE LA UNIDAD	M <sup>3</sup>
2	LONGITUD DE LA UNIDAD	L =	M	$B = V/H \cdot L$			
	PROFUNDIDAD DEL FLOCULADOR	H =	M	B =	1.03	ANCHO TOTAL DE LA UNIDAD	M
3	ANCHO DEL PRIMER CANAL	b = L =	M	$t = H \cdot b \cdot L / Q \cdot 60$		TIEMPO DE RETENCIÓN PRIMER CANAL	MIN.
	GRADIENTE DE VELOCIDAD EN EL PRIMER TRAMO	G =	S <sup>-1</sup>	$m = 0.045 \cdot ((b \cdot L \cdot G / Q)^{2+t})^{1/3}$	26	NUMERO DE COMPARTIMIENTOS ENTRE PANTALLAS	No.
5	ESPESOR DE LAS PANTALLAS	e = e =	PULG. M.	$a = L \cdot e \cdot (m-1) / m$	0.83	ESPACIAMIENTO ENTRE PANTALLAS	M
6				$V_1 = Q / a \cdot b$	0.143	VELOCIDAD EN LOS CANALES	M/S

TABLA III (continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SIMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
7				$V_2 = 2/3 \cdot V_1$	$V_2 =$	VELOCIDAD EN LOS PASAJES	M/S
8				$A = Q/V_2$	$A =$	AREA DEL PASO INFERIOR	M <sup>2</sup>
				$e_f = A/b$	$e_f =$	ALTURA DEL ESPACIO INFERIOR	M
				$I = 60 \cdot V_1 \cdot t$	$I =$	EXTENSION TOTAL DEL PRIMER CANAL	M
9				$R_H = a \cdot b/2(a+b)$	$R_H =$	RADIO HIDRAULICO DEL PRIMER COMPARTIMENT O ENTRE PANTALLAS	M.
10	COEFICIENTE DE LA FORMULA DE MANNING	$n =$	CTE	$h_1 = (m \cdot V_1 / (R_H)^{2/3})^2 \cdot I$	$h_1 =$	PÉRDIDA DE CARGA CONTINUA EN LOS CANALES	M.
11				$h_2 = (m+1)V_1^2 + mV_2^2/2g$	$h_2 =$	PÉRDIDA DE CARGA EN LAS VUELTAS	M

TABLA III (continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD
12				$h_r = h_1 + h_2$	$h_r =$	PERDIDA DE CARGA TOTAL EN EL PRIMER TRAMO	M
				$h_{fp} = hf/m$	$h_{fp} =$	PERDIDA DE CARGA POR PANTALLA	
	CARGA EN EL PASO SUPERIOR (SUPUESTO)	$h_{v_u} =$	M	$h_{v_d} = h_{v_u} h_{fp}$	$h_{v_d} =$	CARGA EN EL PASO SUPERIOR EN LA DESCARGA	M
		0.24		$q = Q/b$	$q =$	GASTO UNITARIO	M <sup>3</sup> /S.
				$h_{v_d}/h_{v_u}$	$=$		
	COEFICIENTE (VER TABLA XIX, PAG. 87)	$\alpha =$	CTE.	$h_{v_u} = q/1.84\alpha$	$h_{v_u} =$	COMPROBACIÓN CARGA EN EL PASO SUPERIOR	M
		0.275		$V_T = H^*b^*L - e(M-1)$	$V_T =$	VOLUMEN DEL TRAMO.	M <sup>3</sup>
13					185.69		
14	VER TABLA XX, PAG. 88	$(\gamma/\mu)^{1/2} =$	( <sup>®</sup> )	$G_1 = (\gamma/\mu)^{1/2} (h_r^*Q/V_T)^{1/2}$	$G_1 =$	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL 1ER CANAL	S <sup>-1</sup>
		3,114.64			23.42		

TABLA III (continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SIMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
	T = 20						
15							
1	CAUDAL	Q =	M <sup>3</sup> /S	$G_2 = n (r/\mu)^{1/2} R_H^{-0.7} V^{1.5}$ $V = 60 Q * T$	5.12	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL CANAL VERTICAL	S <sup>-1</sup>
	TIEMPO TOTAL DE FLOCULACIÓN	T =	MIN	V =	300.00	VOLUMEN TOTAL DE LA UNIDAD	M <sup>3</sup>
2	LONGITUD DE LA UNIDAD	L =	M	$B = V/H * L$			
	PROFUNDIDAD DEL FLOCULADOR	H =	M	B =	1.09	ANCHO TOTAL DE LA UNIDAD	M
3	ANCHO DEL SEGUNDO CANAL	b = L =	M	t = $H*b*L/Q*60$	11.75	TIEMPO DE RETENCIÓN 2o. CANAL	MIN.
4	GRADIENTE DE VELOCIDAD EN EL SEGUNDO TRAMO	G =	S <sup>-1</sup>	$m = 0.045((b*L*G/Q)^{2+t})^{1/3}$	20	NUMERO DE COMPARTIMIENTOS ENTRE PANTALLAS	No.

TABLA III (continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
5	ESPESOR DE LAS PANTALLAS	e = e =	PULG. M.	a = L·e(m-1)/m.	a =	ESPACIAMIENTO ENTRE PANTALLAS	M
					1.09		
6				$V_1 = Q/a^3b$	$V_1 =$	VELOCIDAD EN LOS CANALES	M/S
					0.109		
7				$V_2 = 2/3 V_1$	$V_2 =$	VELOCIDAD EN LOS PASAJES	M/S
					0.073		
8				$A = QV_2$	$A =$	ÁREA DEL PASO INFERIOR	M <sup>2</sup>
					3.42		
				$e_1 = A/b$	$e_1 =$	ALTURA DEL ESPACIO INFERIOR	M
					1.63		
				$I = 60 \sqrt{V_1} \cdot t$	$I =$	EXTENSION TOTAL DEL 2o. CANAL	M
					76.85		
9				$R_H = a^3b/2(a+b)$	$R_H =$	RADIO HIDRÁULICO DEL PRIMER COMPARTIMENTO ENTRE PANTALLAS	M.
					0.359		
10	COEFICIENTE DE LA FORMULA DE MANNING	n =	CTE	$h_1 = (nV_1/(R_H)^{2/3})^2 \cdot I$	$h_1 =$	PÉRDIDA DE CARGA CONTINUA EN LOS CANALES	M.
		0.013			0.001		

TABLA III (continuía)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
11				$h_2 = (m+1)V_1^2 + mV_2^2/2g$	$h_2 =$	PÉRDIDA DE CARGA EN LAS VUELTAS	M
12				$h_T = h_1 + h_2$	$h_T =$	PÉRDIDA DE CARGA TOTAL EN EL TRAMO	M
				$h_{fp} = hf/m$	$h_{fp} =$	PÉRDIDA DE CARGA POR PANTALLA	
	CARGA EN EL PASO SUPERIOR (SUPUESTO)	$h_{v_u} =$	M	$h_{v_d} = h_{v_u} - h_{fp}$	$h_{v_d} =$	CARGA EN EL PASO SUPERIOR EN LA DESCARGA	M
				$q = Q/b$	$q =$	GASTO UNITARIO	M <sup>3</sup> /S.
				$h_{v_d} h_{v_u}$	$=$		
	COEFICIENTE (VER TABLA XIX, PAG. 87)	$\alpha =$	CTE.	$h_{v_u} = q/1.84\alpha$	$h_{v_u} =$	COMPROBACIÓN CARGA EN EL PASO SUPERIOR	M
13				$V_T = H^*b^*L - e(M-1)$	$V_T =$	VOLUMEN DEL TRAMO.	M <sup>3</sup>

TABLA III (continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
14	VER TABLA XX, PAG. 88 $(\gamma/\mu)^{1/2} =$ $T = 20$	3,114.64		$G_1 = (\gamma/\mu)^{1/2} (h_r * Q/N_T)^{1/2}$	$G_1 =$  16.20	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL 2o. CANAL	S <sup>-1</sup>
15				$G_2 = \pi (\gamma/\mu)^{1/2} R_H^{-0.7} V^{1.5}$ $V = 60 Q * T$	$G_2 =$  2.98	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL CANAL VERTICAL	S <sup>-1</sup>
1	CAUDAL	Q =	0.25	M <sup>3</sup> /S			
	TIEMPO TOTAL DE FLOCULACIÓN	T =	20.00	MIN		VOLUMEN TOTAL DE LA UNIDAD	M <sup>3</sup>
2	LONGITUD DE LA UNIDAD	L =	73.75	M			
	PROFUNDIDAD DEL FLOCULADOR	H =	3.69	M		ANCHO TOTAL DE LA UNIDAD	M
3	ANCHO DEL TERCER CANAL	b = L =	2.10 20.75	M		TIEMPO DE RETENCIÓN 3ER CANAL	MIN.
						10.72	

TABLA III (continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
4	GRADIENTE DE VELOCIDAD EN EL TERCER TRAMO	G =	S <sup>-1</sup>	$m = 0.045((b \cdot L \cdot G/Q)^{2/3})^{1/3}$	15	NUMERO DE COMPARTIMIENTOS ENTRE PANTALLAS	No.
5	ESPESOR DE LAS PANTALLAS	e = e =	PULG. M.	$a = L - e(m-1)/m$	1.35	ESPACIAMIENTO ENTRE PANTALLAS	M
6				$V_1 = Q/a \cdot b$	0.088	VELOCIDAD EN LOS CANALES	M/S
7				$V_2 = 2/3 V_1$	0.059	VELOCIDAD EN LOS PASAJES	M/S
8				$A = Q/N_2$	4.24	AREA DEL PASO INFERIOR	M <sup>2</sup>
				$e_r = A/b$	2.02	ALTURA DEL ESPACIO INFERIOR	M
				$I = 60 \cdot V_1 \cdot t$	56.60	EXTENSION TOTAL DEL 3ER CANAL	M
9				$R_H = a \cdot b / 2(a+b)$	0.411	RADIO HIDRAULICO DEL PRIMER COMPARTIMENTO O PANTALLAS	M.

TABLA III (continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD
10	COEFICIENTE DE LA FORMULA DE MANNING	$n =$	CTE	$h_1 = (nv_1 / (R_{ht})^{2/3})^2 \cdot l$	$0.000$	PÉRDIDA DE CARGA CONTINUA EN LOS CANALES	M.
11				$h_2 = (m+1)V_1^2 + mV_2^2/2g$	$0.009$	PÉRDIDA DE CARGA EN LAS VUELTAS	M
12				$h_f = h_1 + h_2$	$0.009$	PÉRDIDA DE CARGA TOTAL EN EL 3ER TRAMO	M
				$h_{fp} = hf/m$	$0.001$	PÉRDIDA DE CARGA POR PANTALLA	
	CARGA EN EL PASO SUPERIOR (SUPUESTO)	$h_{v_u} =$	M	$h_{v_d} = h_{v_u} - h_{fp}$	$0.239$	CARGA EN EL PASO SUPERIOR EN LA DESCARGA	M
				$q = Q/b$	$0.119$	GASTO UNITARIO	M <sup>3</sup> /S.
				$h_{v_d} h_{v_u}$	$0.996$		

TABLA III (continuía)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD
	COEFICIENTE (VER TABLA XIX, PAG. 87)	$\alpha =$	CTE.	$h v_u = q / 1.84 \alpha$	0.235	COMPROBACIÓN CARGA EN EL PASO SUPERIOR	M
13				$V_T = H * b * L - e(M-1)$	160.26	VOLUMEN DEL TRAMO.	M <sup>3</sup>
14	VER TABLA XX, PAG. 88 $(\gamma/\mu)^{1/2} =$ T = 20	3,114.64		$G_1 = (\gamma/\mu)^{1/2} (h_T * Q/V_T)^{1/2}$	11.67	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL 3ER CANAL	S <sup>-1</sup>
15				$G_2 = \eta (\gamma/\mu)^{1/2} R_H^{-0.7} V^{1.5}$ $V = 60 Q * T$	1.97	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL CANAL VERTICAL	S <sup>-1</sup>
1	CAUDAL	Q =	M <sup>3</sup> /S				
	TIEMPO TOTAL DE FLOCULACIÓN	T =	MIN			VOLUMEN TOTAL DE LA UNIDAD	M <sup>3</sup>
2	LONGITUD DE LA UNIDAD	L =	M	$B = V/H * L$			
	PROFUNDIDAD DEL FLOCULADOR	H =	M		1.10	ANCHO TOTAL DE LA UNIDAD	M

TABLA III (continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD
3	ANCHO DEL CUARTO CANAL	b = 3.00 L = 8.00	M	$t = H \cdot b \cdot L / Q \cdot 60$	5.90	TIEMPO DE RETENCIÓN 3ER CANAL	MIN.
4	GRADIENTE DE VELOCIDAD EN EL CUARTO TRAMO	G = 20.00	S <sup>-1</sup>	$m = 0.045((b \cdot L \cdot G / Q)^2 \cdot t)^{1/3}$	6	NUMERO DE COMPARTIM OS ENTRE PANTALLAS	No.
5	ESPESOR DE LAS PANTALLAS	e = 1.50 e = 0.038	PULG. M.	$a = L - e(m-1)/m.$	1.30	ESPACIAMIENTO ENTRE PANTALLAS	M
6				$V_1 = Q/a \cdot b$	0.064	VELOCIDAD EN LOS CANALES	M/S
7				$V_2 = 2/3 V_1$	0.064	VELOCIDAD EN LOS PASAJES	M/S
8				$A = Q/V_2$	3.91	AREA DEL PASO INFERIOR	M <sup>2</sup>
				$e_r = A/b$	1.30	ALTURA DEL ESPACIO INFERIOR	M
				$I = 60 \cdot V_1 \cdot t$	22.66	EXTENSION TOTAL DEL 4o. CANAL	M

TABLA III (continúa)  
ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD
3	ANCHO DEL CUARTO CANAL	b = 3.00 L = 8.00	M	$t = H \cdot b \cdot L / Q \cdot 60$	t = 5.90	TIEMPO DE RETENCIÓN 3ER CANAL	MIN.
4	GRADIENTE DE VELOCIDAD EN EL CUARTO TRAMO	G = 20.00	S <sup>-1</sup>	$m = 0.045 \cdot ((b \cdot L \cdot G / Q)^2 \cdot t)^{1/3}$	m = 6	NUMERO DE COMPARTIMIENTOS ENTRE PANTALLAS	No.
5	ESPESOR DE LAS PANTALLAS	e = 1.50 e = 0.038	PULG. M.	$a = L \cdot e \cdot (m - 1) / m$	a = 1.30	ESPACIAMIENTO ENTRE PANTALLAS	M
6				$V_1 = Q / a \cdot b$	V <sub>1</sub> = 0.064	VELOCIDAD EN LOS CANALES	M/S
7				$V_2 = 2/3 V_1$	V <sub>2</sub> = 0.064	VELOCIDAD EN LOS PASAJES	M/S
8				A = QV <sub>2</sub>	A = 3.91	AREA DEL PASO INFERIOR	M <sup>2</sup>
				e <sub>f</sub> = A/b	e <sub>f</sub> = 1.30	ALTURA DEL ESPACIO INFERIOR	M
				l = 60 \cdot V <sub>1</sub> \cdot t	l = 22.66	EXTENSION TOTAL DEL CANAL	M

TABLA III (continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD
9				$R_H = a*b/2(a+b)$	$R_H = 0.453$	RADIO HIDRÁULICO DEL PRIMER COMPARTIMENTO O ENTRE PANTALLAS	M.
10	COEFICIENTE DE LA FORMULA DE MANNING	$n = 0.013$	CTE	$h_1 = (mV_1 / (R_H^{2/3}))^2 \cdot l$	$h_1 = 0.000$	PÉRDIDA DE CARGA CONTINUA EN LOS CANALES	M.
11				$h_2 = (m+1)V_1^2 + mV_2^2 / 2g$	$h_2 = 0.003$	PÉRDIDA DE CARGA EN LAS VUELTAS	M
12				$h_r = h_1 + h_2$	$h_r = 0.003$	PÉRDIDA DE CARGA TOTAL EN EL 40. TRAMO	M
				$h_{fp} = hf/m$	$h_{fp} = 0.001$	PÉRDIDA DE CARGA POR PANTALLA	
	CARGA EN EL PASO SUPERIOR (SUPUESTO)	$h_{v_u} = 0.16$	M	$h_{v_d} = h_{v_u} - h_{fp}$	$h_{v_d} = 0.159$	CARGA EN EL PASO SUPERIOR EN LA DESCARGA	M

TABLA III (continúa)

ANÁLISIS DEL PROCESO A GASTO MÍNIMO

PASO	DATOS	SÍMBOLO	UNIDAD	CRITERIOS	CÁLCULOS	RESULTADOS	UNIDAD.
				$q = Q/b$	$q =$	GASTO UNITARIO	M <sup>3</sup> /S.
				$h_{v_u} h_{v_u}$	$=$		
	COEFICIENTE (VER TABLA XIX, PAG. 87)	$\alpha = 0.275$	CTE.	$h_{v_u} = q/1.84\alpha$	$h_{v_u} =$	COMPROBACIÓN CARGA EN EL PASO SUPERIOR	M
13				$V_T = H^*b^*L - e(M-1)$	$V_T =$	VOLUMEN DEL TRAMO.	M <sup>3</sup>
14	VER TABLA XX, PAG. 88 $(\gamma/\mu)^{1/2} =$ $T = 20$	3,114.64		$G_1 = (\gamma/\mu)^{1/2} (h_r^*QNV_T)^{1/2}$	$G_1 =$	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL 4o. CANAL	S <sup>-1</sup>
15				$G_2 = n (\gamma/\mu)^{1/2} R_H^{-0.7} V^{1.5}$	$G_2 =$	COMPROBACIÓN DEL GRADIENTE EN EL CANAL VERTICAL	S <sup>-1</sup>

#### 2.4.5 Revisión y análisis del diámetro de los orificios del sedimentador para soportar el caudal del diseño.

Los orificios existentes en el clarificador Norte son de 1/2" de diámetro, por lo que se hará la revisión de éstos para determinar si soportan o no el caudal de diseño de 500 lps por módulo.

La ecuación general de orificios es: <sup>(Ref.5,6)</sup>

$$Q = C A \sqrt{2 gh} \quad (8)$$

Donde:

Q.- Caudal unitario por orificio en (m<sup>3</sup>/s)

C.- Coeficiente de descarga

A.- Area del orificio (m<sup>2</sup>)

G.- Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

H.- Carga hidráulica sobre el orificio (m).

Como los orificios existentes son de 1/2" de diámetro, se tiene:

$$d = 1/2" = 0.0127 \text{ m}$$

$$A = \pi d^2/4 = \pi (0.0127)^2/4 = 0.000127 \text{ m}^2$$

$$q_o = 0.65(0.000127) \sqrt{(19.62) (0.20)} = 0.000164 \text{ m}^3/\text{s}$$

El número de orificios por módulo es de 706; por lo que el caudal que se soportaría sería de:

$$Q = 0.000164 \times 706 = 0.116 \text{ m}^3/\text{s}.$$

El caudal es insuficiente, por lo que se propondrá un diámetro de 1.5".

$$d = 1.5" = 0.0381 \text{ m}$$

$$A = \pi d^2/4 = \pi (0.0381)^2/4 = 0.00113 \text{ m}^2$$

$$q_o = 0.65(0.00113) \sqrt{(19.62)(0.20)} = 0.00146 \text{ m}^3/\text{s}$$

El número de orificios por módulo es de 706; por lo que el caudal que se soportaría sería de:

$$Q = 0.00146 \times 706 = 1.03 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Con lo que es soportado perfectamente y queda reserva contra taponamiento por algas.

2.4.6 Cálculo del área de paso inferior de las pantallas, para evitar acumulaciones de lodos.

Se recomienda una abertura con un área equivalente al 5% del área horizontal de cada compartimento. (Ref. 2)

Por lo tanto para:

Canal No. 1:

Area = separación entre pantallas x ancho del canal.

$$A = 0.83 \times 2.10 = 1.74 \text{ m}^2 \times 0.05 = 0.087 \text{ m}^2$$

Como el ancho del canal es de 2.10 m, la abertura inferior será:

$$\text{Abertura} = 0.087 / 2.10 = 0.04 \text{ m} = 4 \text{ cm}.$$

**Canal No. 2:**

$$A = 1.09 \times 2.10 = 2.29 \text{ m}^2 \times 0.05 = 0.11 \text{ m}^2$$

Como el ancho del canal es de 2.10 m, la abertura inferior será:

$$\text{Abertura} = 0.11 / 2.10 = 0.055 \text{ m} = 6 \text{ cm.}$$

**Canal No. 3:**

$$A = 1.35 \times 2.10 = 2.84 \text{ m}^2 \times 0.05 = 0.14 \text{ m}^2$$

Como el ancho del canal es de 2.10 m, la abertura inferior será:

$$\text{Abertura} = 0.14 / 2.10 = 0.07 \text{ m} = 7 \text{ cm.}$$

**Canal No. 4:**

$$A = 1.30 \times 3.0 = 3.90 \text{ m}^2 \times 0.05 = 0.20 \text{ m}^2$$

Como el ancho del canal es de 3.0 m, la abertura inferior será:

$$\text{Abertura} = 0.20 / 3.0 = 0.07 \text{ m} = 7 \text{ cm.}$$

## **2.5 Ensayo de laboratorio.**

### **2.5.1 Sistemas de simulación del proceso.**

Estos sistemas consisten en simular en unos vasos de precipitado, o jarras, el proceso de coagulación que se produce en la planta de tratamiento y evaluar distintos parámetros durante o al final de los ensayos, para caracterizar

su funcionamiento. Las pruebas de jarras pueden utilizarse tanto para controlar la coagulación - floculación de una planta de tratamiento existente, como para obtener los datos de diseño para el proyecto de nuevas unidades.

Con los sistemas de simulación se pueden determinar los siguientes parámetros.

1.- Determinación de dosis óptima, mediante la evaluación de:

1.1 Evaluaciones cualitativas.

a) Tamaño del floc producido

b) Tiempo inicial de formación del floc.

1.2 Evaluaciones cuantitativas.

a) Determinaciones físicas: turbiedad y/o color residuales.

b) Determinaciones químicas: Ph, alcalinidad, hierro y/o manganeso.

2. - Determinación de la velocidad de la sedimentación en jarras.

3. - Determinación de la influencia del pH en la coagulación.

4. - Determinación de la eficiencia de la mezcla mediante ensayos de segregación.

5. - Determinación de la influencia que la concentración de los coagulantes tiene en la coagulación.

6. - Determinación del tiempo y los gradientes óptimos de floculación.

7. - Comparación entre la prueba de jarras y el comportamiento de los floculadores.

8. - Determinación de la eficiencia de los ayudantes de floculación.

2.5.1.1 Determinación de la dosis óptima de coagulante.

El objetivo de este ensayo es determinar la dosis de coagulantes que produce la más rápida desestabilización de las partículas coloidales de la planta, para hacer que se forme un floc pesado y compacto que se quede fácilmente retenido en los sedimentadores y no se rompa al pasar por el filtro. Debe observarse que no necesariamente el floc que sedimenta rápidamente es el que queda retenido en el filtro con mayor facilidad. El floc que se busca, por tanto, es el que da mayor rendimiento en el conjunto de los procesos de clarificación.

El equipo y los reactivos que se necesitan para ejecutar la prueba de jarras se describen a continuación:

**2.5.1.1.1.- Aparato de prueba de jarras.** El aparato de pruebas de jarras fue desarrollado entre 1918 y 1921, por Langelier y Baylis, separadamente.

Consta básicamente de un agitador múltiple de velocidad variable, que puede crear turbulencia simultáneamente en 6 vasos de precipitado.

En el mismo se trata de reproducir las condiciones en las cuales se produce la floculación en la planta de tratamiento.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el hecho de que la prueba de jarras sea un ensayo rutinario en la operación de las plantas, no significa que puede ejecutarse descuidadamente, lo que por desgracia suele ser bastante común.

**2.5.1.1.2 .- Turbidímetro.** La medición de la turbiedad del agua, después de floculada y sedimentada durante un cierto tiempo (turbiedad residual), suele considerarse como el parámetro más importante para caracterizar el proceso. Puede hacerse con un turbidímetro de transmisión, como el Hellige o con uno de diseminación, como el Hach o el Fischer. Cuando se trata de evaluar pequeños valores de turbiedad, es preferible el uso de turbidímetros de diseminación, por ser más precisos y no depender del criterio del observador.

En la actualidad, para medir la turbiedad del agua se han establecido las unidades nefelométricas de Turbiedad (UNT) que se correlacionan con las Unidades Jackson (UJ) utilizadas anteriormente.

**2.5.1.1.3 .- Comparador de Color.** Con frecuencia existe más interés en tratar de remover el color que la turbiedad. En estos casos, la medición del color residual del agua, después de floculada y sedimentada, puede servir para caracterizar el ensayo. El color puede medirse mediante comparación, con el método platino-cobalto o con equipos especiales, como el Aquatester y se expresa en unidades de color.

**2.5.1.1.4 .- Medidor de Ph.** La medición del pH, antes y después de la floculación, tiene una importancia básica. Por tanto, debe disponerse siempre de un sistema de medida del ph, ya sea por colometría o con electrodos. Este último es preferible, porque es el único método que puede medir pequeñas variaciones.

**2.5.1.1.5 .- Cristalería.** Se necesitan 6 vasos de precipitado (jarras) preferentemente de 2000 ml cada uno, aunque también pueden usarse de 1000 ml. De uso más cómodo son los vasos cuadrados de acrílico de 2000 ml. Hacer el ensayo con un mayor volumen de agua facilita la toma de muestras para la turbiedad residual y produce mejores resultados. Debe disponerse, además, de pipetas Mohr de 2 y 10 ml, para la adición de coagulantes a los vasos, 6 frascos de vidrio de 120 ml, con sus tapas y 2 buretas con su respectivo soporte, para efectuar determinaciones de alcalinidad.

Especial cuidado debe ponerse en la limpieza de la cristalería. Hay que evitar el uso de detergentes, ya que algunos contienen aniónicos que, si no son completamente eliminados de las paredes de vidrio, pueden alterar en forma significativa los resultados; principalmente cuando se usan polímeros catiónicos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**2.5.1.1.6.- Reactivos.** El reactivo principal es la solución de sulfato<sup>®</sup> de aluminio, o cloruro de sulfato férrico. Se prepara agregando agua destilada a 100 gr de coagulante, hasta completar un volumen de 1000 ml, con lo que se obtiene una solución del 10% que se puede conservar como solución patrón por unos dos o tres meses.

El ensayo de prueba de jarras se hace diluyendo 10 ml de la solución patrón, hasta completar 100 ml con agua destilada. Queda una solución al 1% que no se puede conservar por más de 24 horas, pues corre el riesgo de hidrolizarse y perder una buena parte de su capacidad de coagulación.

Cuando es necesario, debido a la baja alcalinidad de la muestra, hay que preparar una suspensión de cal, añadiendo agua destilada a 10 gr de dicho material, hasta completar un volumen total de 1000 ml. Debe anotarse el compuesto de cal que se ha utilizado:  $\text{CaO}$  o  $\text{Ca(OH)}_2$  y evitarse el contacto de la suspensión así preparada con el aire, cuyo contenido de  $\text{CO}_2$ , puede reaccionar con él oxido de calcio para formar un carbonato que precipita. Antes de usarla, hay que agitar la suspensión.

Una solución o suspensión del 1% (10 gr./l) tiene 10,000 mg por 1,000 ml, o sea que cada ml de ésta tiene 10 mg de material. Por tanto:

Si se usan vasos de 2,000 ml para el ensayo:

1 ml de solución ————— 5 mg/l de coagulante aplicado.

Si se usan vasos de 1,000 cc:

1 ml de solución ————— 10 mg/l de coagulante aplicado.

Si se usan vasos de 500 cc:

1 ml de solución ————— 20 mg/l de coagulante aplicado.

Deben, además, tenerse los reactivos necesarios para la determinación de la alcalinidad.

En las plantas de tratamiento es mejor preparar las soluciones para los ensayos con los coagulantes que se usan en la práctica y no con reactivos purificados de laboratorio.

Cuando es necesario, debido a la baja alcalinidad de la muestra, hay que preparar una suspensión de cal, añadiendo agua destilada a 10 gr de dicho material, hasta completar un volumen total de 1000 ml. Debe anotarse el compuesto de cal que se ha utilizado:  $\text{CaO}$  o  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y evitarse el contacto de la suspensión así preparada con el aire, cuyo contenido de  $\text{CO}_2$ , puede reaccionar con él oxido de calcio para formar un carbonato que precipita. Antes de usarla, hay que agitar la suspensión.

Una solución o suspensión del 1% (10 gr./l) tiene 10,000 mg por 1,000 ml, o sea que cada ml de ésta tiene 10 mg de material. Por tanto:

Si se usan vasos de 2,000 ml para el ensayo:

1 ml de solución ——— 5 mg/l de coagulante aplicado.

Si se usan vasos de 1,000 cc:

1 ml de solución ——— 10 mg/l de coagulante aplicado.

Si se usan vasos de 500 cc:

1 ml de solución ——— 20 mg/l de coagulante aplicado.

Deben, además, tenerse los reactivos necesarios para la determinación de la alcalinidad.

En las plantas de tratamiento es mejor preparar las soluciones para los ensayos con los coagulantes que se usan en la práctica y no con reactivos purificados de laboratorio.

**2.5.1.1.7.- Termómetro.** La prueba de jarras debe realizarse, en lo posible, a la misma temperatura que la que tiene el agua en la planta de tratamiento. Dejar los vasos sobre el iluminador de la base prendido o sobre un objeto caliente afecta la temperatura y produce resultados variables e inconsistentes. Por eso, es conveniente tener un termómetro, para medir la temperatura del agua antes de iniciar los ensayos y en la planta de tratamiento.

#### **2.5.1.1.8.- Procedimiento del Ensayo.**

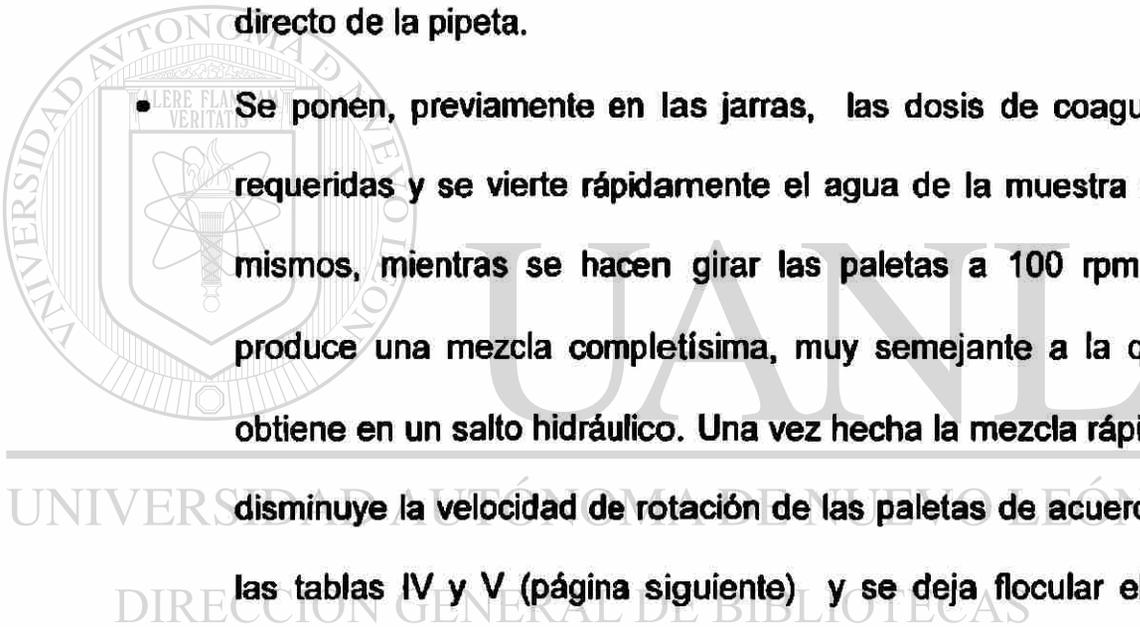
- **Determinar la temperatura del agua sin tratar, el color, la turbiedad, el pH y la alcalinidad. También el hierro y/o el manganeso, si son significativos.**
- **Añadir a los coagulantes el agua, en dosis progresivas, en cada vaso de precipitado, en cualquiera de las tres formas siguientes:**

- **Se coloca el agua de la muestra en las 6 jarras, que se introducen**

**debajo de los agitadores, los cuales se ponen a funcionar a 100 rpm. Luego se inyecta el coagulante con una pipeta de 2 a 10 ml, profundamente, dentro del líquido, junto a la paleta. No debe dejarse caer la solución del coagulante en la superficie del agua, pues esto desmejora la eficiencia de la mezcla rápida. El tiempo de mezclado suele ser entre 30 y 60 segundos, El uso de pipetas puede producir errores en la dosificación, en más o menos, cuando no se hace con mucho cuidado.**

- **Por medio de una pipeta o bureta se colocan las cantidades de coagulantes que se van agregar, en seis vasos pequeños de**

precipitado. El contenido de cada vaso se succiona con una jeringa médica, provista de su aguja hipodérmica. Se retira dicha jeringa y esta última, con su dosis completa, se pone junto a la jarra correspondiente. Se hacen girar las paletas del aparato a 100 rpm y se inyecta el contenido de cada jeringa en la jarra que le corresponde, cuidando que la solución penetre profundamente para que la dispersión sea más rápida. En esta forma se evitan las imprecisiones en la cantidad dosificada, ocasionadas por el uso directo de la pipeta.



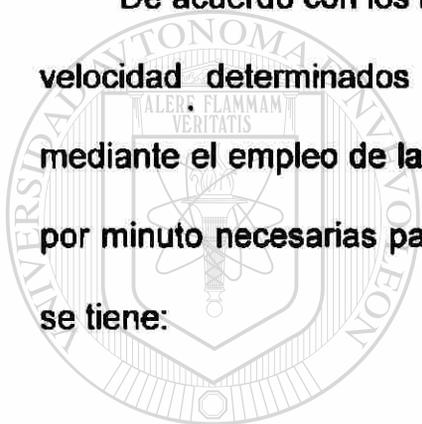
• Se ponen, previamente en las jarras, las dosis de coagulantes requeridas y se vierte rápidamente el agua de la muestra de los mismos, mientras se hacen girar las paletas a 100 rpm. Esto produce una mezcla completísima, muy semejante a la que se obtiene en un salto hidráulico. Una vez hecha la mezcla rápida, se disminuye la velocidad de rotación de las paletas de acuerdo con las tablas IV y V (página siguiente) y se deja flocular el agua durante el tiempo teórico de detención, calculado en las mismas tablas. Luego se suspende la agitación, se extraen las paletas y se deja sedimentar el agua. Si no se vierte el agua con cuidado, puede caer ésta fuera de las jarras.

Los sistemas anteriores tienen la desventaja de que la inyección de coagulantes no es simultánea y si se quieren tomar muestras en determinado momento, después de iniciada la coagulación, se comete un error en tiempo, pues las paletas sólo se pueden detener simultáneamente, en la mayoría de

los equipos. Una vez mezclados los coagulantes con el agua, se pueden hacer las determinaciones de tipo cualitativo tales como: a) evaluación del tamaño del floc producido o tiempo inicial de formación del floc; y determinaciones cuantitativas como: a) determinaciones físicas y b) determinaciones químicas.<sup>(Ref.2)</sup>

### 2.5.1.2 Ensayo de laboratorio con el gasto de diseño.

De acuerdo con los resultados obtenidos del punto 2.4.3. los gradientes de velocidad determinados pueden ser transportados a la prueba de jarras mediante el empleo de la tabla No. IV, con la cual se obtienen las revoluciones por minuto necesarias para simular el proceso.<sup>(Ref.2)</sup> De acuerdo con lo anterior se tiene:



UANL

**TABLA IV**  
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**REVOLUCIONES POR MINUTO A DIFERENTES GRADIENTES Y TIEMPO DE FLOCULACIÓN CON EL GASTO DE DISEÑO.**

GRADIENTE DE VELOCIDAD TEORICO (S <sup>-1</sup> )	R.P.M. (De la FIG 1)	TIEMPO (minutos)
66.64	62	6.22
45.22	46	5.87
33.46	40	5.36
22.23	30	2.95

### 2.5.1.3 .- Ensayo de laboratorio con el gasto mínimo.

De la misma manera que el punto anterior, pero con los datos determinados del punto 2.4.4., se obtiene la siguiente tabla:

**TABLA V**

**REVOLUCIONES POR MINUTO A DIFERENTES GRADIENTES Y TIEMPO DE FLOCULACIÓN CON EL GASTO MÍNIMO.**

<b>GRADIENTE DE VELOCIDAD TEÓRICO (S<sup>-1</sup>)</b>	<b>R.P.M. (De la FIG 1 )</b>	<b>TIEMPO (minutos)</b>
23.42	30	12.44
16.20	23	11.75
11.67	17	10.72
9.07	15	5.90

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 2.5.1.4 Ensayo de laboratorio con diferentes grados de turbidez.

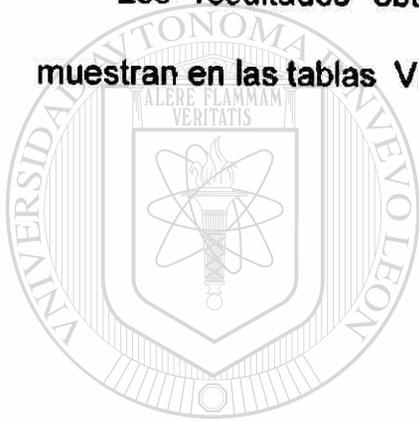
Uno de los problemas de abastecerse con agua del Río Bravo, es el repentino aumento de la turbidez, con variaciones que van desde 15 UNT en época de estiaje hasta 2000 UNT en épocas de lluvias, por lo que resulta indispensable hacer un análisis con estas condiciones. Por lo anterior, se realizó el análisis con los siguientes grados de turbidez. Los resultados se muestran en el punto 3.3

## CAPÍTULO 3

### RESULTADOS

#### 3.1 Con el gasto de diseño.

Los resultados obtenidos, de conformidad con el punto 2.5.1.2, se muestran en las tablas VI, VII y VIII



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



TABLA VI

PRUEBA DE JARRAS A GASTO DE DISEÑO

JARRA NUMERO	DOSIS DE COAGULANTE		5 MIN.		10 MIN.		15 MIN.		OBSERVACIONES
	SULFATO DE ALUMINIO mg/l.	ml	TURBIDEZ	COLOR	TURBIDEZ	COLOR	TURBIDEZ	COLOR	
1	8	0.8	0.5	1.0	4.3	1.0	4.3	1.0	Floc sedimentación lenta Floc mediano
2	10	1.0	0.5	1.0	2.7	1.0	2.7	1.0	Floc grande, pesado 1'30" sedimentación
3	12	1.2	0.5	0.5	0.95	N.D.	0.91	N.D.	Floc pequeño turbia con partículas suspendidas
4	8	0.8	0.0	1.0	4.5	1.0	3.6	4.0	Floc mediano
5	10	1.0	0.0	0.0	3.0	N.D.	3.2	1.0	Floc grande, pesado sedimentación completa
6	12	1.2	0.0	0.0	1.2	N.D.	1.0	1.0	N.D.

NOTA.- PRUEBA REALIZADA CON SOLUCIÓN PATRÓN ELABORADA CON SULFATO DE ALUMINIO EN POLVO.

NOTA.- SE USARON JARRAS DE 1 LITRO

TABLA VII

PRUEBA DE JARRAS A GASTO DE DISEÑO.

TEMPERATURA: 20 C.		TURBIEDAD DEL RÍO (NTU): 32.2		COLOR VERDADERO (U.C): 11							
MEZCLA RÁPIDA:		22" A 150 RPM.									
FLOCULACIÓN:		6' 15" A 58 RPM, 5' 50" A 44 RPM, 5' 20" A 37 RPM, 2' 57" A 27 RPM.									
SEDIMENTACIÓN:		5, 10 Y 15 MINUTOS.									
JARRA NUMERO	SULFATO DE ALUMINIO mg/l.	DOSIS DE COAGULANTE ml	POLIMERO mg/l.	RESULTADOS							
				TURBIDEZ	COLOR	TURBIDEZ	COLOR	TURBIDEZ	COLOR	TURBIDEZ	COLOR
				6 MIN	10 MIN	15 MIN					
1	20	4	0.5	1.0	3.3	3.0	2.9	6.0	2.7	4.0	JARRAS DE 2 LITROS.
2	25	5	0.5	1.0	2.1	2.0	1.9	4.0	1.8	4.0	
3	30	6	0.5	1.0	1.8	3.0	1.4	3.0	1.2	4.0	
4	20	4	0.0	0.0	3.6	4.0	2.8	8.0	2.5	6.0	
5	25	5	0.0	0.0	2.1	4.0	1.8	6.0	1.7	4.0	
6	30	6	0.0	0.0	2.3	7.0	1.3	5.0	1.3	1.0	

NOTA.- PRUEBA REALIZADA CON SOLUCIÓN PATRÓN ELABORADA CON SULFATO DE ALUMINIO LÍQUIDO.

TABLA VIII

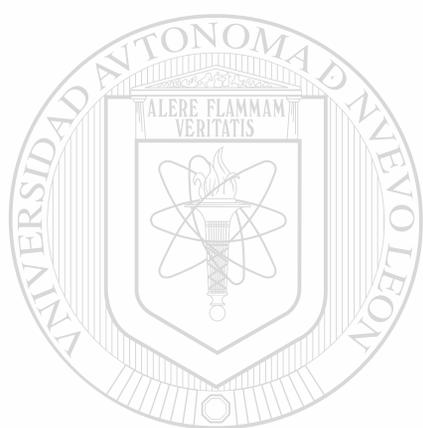
PRUEBA DE JARRAS A GASTO DE DISEÑO.

JARRA NUMERO	DOSIS DE COAGULANTE			RESULTADOS						OBSERVACIONES		
	SULFATO DE ALUMINIO mg/l.	ALUMINIO ml	POLIMERO mg/l.	5 MIN		10 MIN		15 MIN				
				TURBIDEZ	COLOR	TURBIDEZ	COLOR	TURBIDEZ	COLOR			
1	20	4	0.5	1.0	2.4	9.0	1.7	7.0	1.9	4.0		JARRAS DE 2 LITROS.
2	25	5	0.5	1.0	1.6	3.0	1.3	4.0	1.5	2.0		
3	30	6	0.5	1.0	2.1	6.0	1.2	7.0	0.9	3.0		
4	20	4	0.0	0.0	3.0	4.0	2.1	5.0	1.9	4.0		
5	25	5	0.0	0.0	2.4	6.0	1.5	4.0	1.5	4.0		
6	30	6	0.0	0.0	2.0	5.0	1.2	3.0	1.2	3.0		

NOTA.- PRUEBA REALIZADA CON SOLUCIÓN PATRÓN ELABORADA CON SULFATO DE ALUMINIO LÍQUIDO.

### 3.2 Con el gasto mínimo

Los resultados obtenidos, de conformidad con el punto 2.5.1.3., se muestran en la tabla IX.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



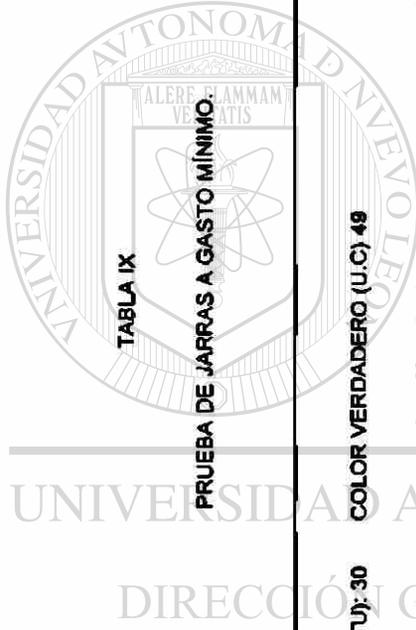


TABLA IX

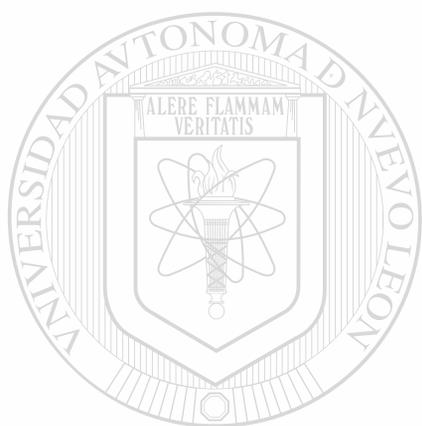
PRUEBA DE JARRAS A GASTO MÍNIMO.

JARRA NUMERO	SULFATO DE ALUMINIO		POLIMERO ml	RESULTADOS								
	mg/l.	ml		5 MIN		10 MIN		15 MIN				
				TURBIDEZ	COLOR	TURBIDEZ	COLOR	TURBIDEZ	COLOR			
1	20	4	0.5	3.1	5.0	2.9	2.0	2.7	4.0			JARRAS DE 2 LITROS
2	25	5	0.5	2.9	3.0	2.7	4.0	2.7	7.0			
3	30	6	0.5	2.3	2.0	2.3	3.0	2.3	5.0			INICIO FLOC A 3'10"
4	20	4	0.0	4.8	2.0	4.0	2.0	4.5	6.0			
5	25	5	0.0	3.3	2.0	3.0	1.0	2.8	4.0			
6	30	6	0.0	2.0	1.0	7.0	1.0	2.1	4.0			

NOTA.- PRUEBA REALIZADA CON SOLUCIÓN PATRÓN ELABORADA CON SULFATO DE ALUMINIO LÍQUIDO.

### 3.3 A diferentes grados de turbidez

Los resultados obtenidos, de conformidad con el punto 2.5.1.4., se muestran en las tablas X, XI y XII.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





TABLA XI

PRUEBA DE JARRAS A GASTO MÍNIMO Y TURBIDEZ ALTA

JARRA NUMERO	SULFATO DE ALUMINIO		POLIMERO		CAL ml	RESULTADOS		10 MIN. TURBIDEZ	15 MIN. TURBIDEZ	OBSERVACIONES	
	mg/l.	ml	mg/l.	ml		5 MIN.					PH
						TURBIDEZ	TURBIDEZ				
1	60	6	2.00	2.00	15.00	1.50	112.30	110.70	111.50	JARRAS DE 1 LITRO	
2	70	7	2.00	2.00	15.00	1.50	78.40	75.30	78.50		
3	80	8	2.00	2.00	15.00	1.50	60.20	58.80	59.80		
4	60	6	0.00	0.00	15.00	1.50	400.00	358.00	344.00		
5	70	7	0.00	0.00	15.00	1.50	296.00	293.00	285.00		
6	80	8	0.00	0.00	15.00	1.50	247.00	236.00	235.00		

NOTA.- PRUEBA REALIZADA CON SOLUCIÓN PATRÓN ELABORADA CON SULFATO DE ALUMINIO LÍQUIDO.

TABLA XII

PRUEBA DE JARRAS A GASTO DE DISEÑO Y TURBIDEZ ALTA.

JARRA NUMERO	DOSIS DE COAGULANTE			RESULTADOS			OBSERVACIONES
	SULFATO DE ALUMINIO mg/l.	POLIMERO mg/l.	CAL ml	TURBIDEZ mg/l.	COLOR 15 MIN	PH	
1	130	3	3.00	-	-	8.20	JARRAS DE 1 LITRO
2	140	4	4.00	-	-	4.20	
3	150	5	5.00	-	-	2.80	
4	130	3	3.00	10.00	1.00	17.00	
5	140	4	4.00	15.00	1.50	11.00	
6	150	5	5.00	20.00	2.00	15.00	

TEMPERATURA: 28 C. TURBIEDAD DEL RÍO (NTU): 890 COLOR VERDADERO (U.C)

MEZCLA RÁPIDA: 22" A 150 RPM.

FLOCULACIÓN: 6' 15" A 58 RPM, 5' 50" A 44 RPM, 5' 20" A 37 RPM, 2' 57" A 27 RPM.

SEDIMENTACIÓN: 5, 10 Y 15 MINUTOS.

NOTA.- PRUEBA REALIZADA CON SOLUCIÓN PATRÓN ELABORADA CON SULFATO DE ALUMINIO LÍQUIDO.

## CAPÍTULO 4

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Después de analizar los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

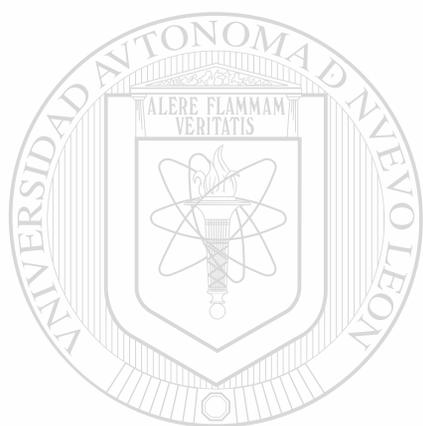
El funcionamiento del floculador, a turbidez baja y trabajando a gasto de diseño, se obtiene una turbidez por debajo de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-194<sup>1</sup>, la cual es de 5 UNT, para envío a la ciudad y con una eficiencia de remoción superior al 95%, lo cual es muy aceptable.

Simulando el proceso a gasto mínimo; esto es, 250 lps y con condiciones de turbidez baja (< 60), se obtiene una turbidez resultante por debajo de los que marca la norma; pero de menor calidad que con las condiciones de gasto máximo, y alcanzando una eficiencia de remoción del 93%, lo cual es igualmente aceptable, tomando en consideración las condiciones del sistema anterior y al del resto de los clarificadores de la planta.

En el caso de ensayos con diferentes grados de turbidez, trabajando a gasto máximo y con turbidez alta (700 UNT), se tuvo una turbidez resultante de hasta 0.56 UNT, lo cual representa una eficiencia de remoción del 99 % pero con altas dosis de sulfato de aluminio y aplicando dosis de cal y polímero, ya que la alta turbidez es ocasionada por coloides.

1 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994 "SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION".

**En el caso de simulación con gasto mínimo y turbidez alta, se obtuvo una turbidez resultante superior a la que marca la norma, pero con eficiencia de remoción del -90%.**



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **CAPÍTULO 5**

### **ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO**

Una vez obtenidos resultados satisfactorios del proyecto hidráulico, se puede aceptar que es viable desde el punto de vista técnico; sin embargo, es necesario realizar un análisis financiero que compare la rehabilitación del sistema existente (floculador mecánico de eje horizontal) con sus correspondientes costos inherentes (de operación y mantenimiento) contra el nuevo sistema hidráulico de flujo vertical, considerando la inversión inicial que se tendría que realizar para la construcción de la obra.

En este capítulo se presenta un análisis en el que primeramente se presenta en la tabla XIII el presupuesto realizado por la COMAPA para la rehabilitación del sistema de floculación existente (mecánico de eje horizontal), y en la tabla XIV se presenta el presupuesto del sistema de floculación hidráulico propuesto en esta tesis. La tabla XV presenta el análisis de los costos inherentes anuales del floculador mecánico, en el cual se consideran los relativos al gasto de energía eléctrica, la mano de obra en el mantenimiento; considerando 1 semana por cada tres meses de operación, y por último, los de mantenimiento. Debido a que el fabricante de chumaceras recomienda que se cambien cada dos años, se considera una depreciación del 50% anual. De cada uno de estos gastos se determina la incidencia con respecto al costo total.

En la tabla XVI se presenta un análisis del factor de inflación ponderado de los costos inherentes, esto es: se considera por cada costo un índice de inflación por año (inflación diferencial); el cual, multiplicado por su correspondiente incidencia, da el factor buscado por periodo (año). Finalmente, en las tablas XVII y XVIII se presenta el análisis financiero del proyecto, basado en el método de valor presente, considerando el efecto de la inflación y sin ésta, respectivamente. Para esto, al costo inherente del sistema actual se afecta del índice de inflación ponderado, con un horizonte de proyecto de 15 años (tiempo que se estima se tendrían que cambiar algunas pantallas de madera). De igual manera, se hace con los costos inherentes del sistema hidráulico; éstos se considera que pueden ser el recubrimiento con pintura epóxica, de los ángulos de acero y la protección con repelente de agua, a las pantallas de madera. Posteriormente se determinan los ahorros anuales por año y se establece la tasa con la que se supone que se financiaría la obra. Ésta se fija en 2 puntos por arriba de la inflación esperada.

En virtud de que se optará por continuar con el sistema actual, se tendría que realizar un desembolso determinado, motivo por el cual éste debe ser restado del costo de inversión del sistema hidráulico. Este diferencial es el que se considera como inversión neta. La inflación general esperada se considera la misma del índice de ponderación. Los ahorros anuales equivalen al flujo de efectivo en pesos corrientes; pero es necesario deflactarlos, debido a que los flujos futuros no tendrán el mismo poder adquisitivo del año cero. Una vez que son deflactados, se les denomina "flujo de efectivo", en pesos constantes. Una vez que han sido determinados los datos anteriores, se puede aplicar la fórmula

son deflactados, se les denomina "flujo de efectivo", en pesos constantes. Una vez que han sido determinados los datos anteriores, se puede aplicar la fórmula de valor presente neto, considerando el efecto de la inflación. Para esto se aplica la fórmula siguiente:<sup>(Ref.4)</sup>

$$VPN = -S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{S_t / (1+i)^t}{(1+i)^t} \quad (9)$$

Donde:

VPN.- Valor Presente Neto.

S<sub>0</sub>.- Inversión Inicial.

i<sub>i</sub>.- Tasa de inflación esperada.

t.- Periodo de tiempo.

i.- Tasa de interés aplicada a la inversión.

Una vez que se ha calculado el valor presente neto de cada periodo, se puede apreciar que a partir del año 3 éste es positivo, lo cual indica que la inversión ha sido amortizada y en adelante se tienen ahorros considerables. En la tabla XVIII se presenta el mismo análisis, pero sin considerar la inflación y se aprecia que el tiempo de amortización de la inversión es prácticamente el mismo, pero se tienen ahorros superiores a los de la tabla anterior.

De lo anterior se puede concluir que, con el escenario más desfavorable, que es considerando la inflación, se tiene un periodo de amortización de la inversión relativamente corto y durante el periodo restante se tienen ahorros considerables, por lo que se recomienda emprender el proyecto.

TABLA XIII

**PRESUPUESTO DE REHABILITACIÓN DEL FLOCULADOR MECÁNICO  
DE EJE HORIZONTAL NORTE**

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
CHUMÁCERAS DE APOYO DE 3 7/16"	PZA	32.00	3,330.00	106,560.00
CÓPLES DE 3 3/16"	PZA	30.00	4,320.00	129,600.00
CAMISA DE ACERO INOXIDABLE DE 3 3/16" D.I. Y 3 7/16" D.E.	PZA	32.00	396.00	12,672.00
EJE ROLADO EN FRÍO (COLD ROLL) DE 3 3/16"	PZA	26.00	5,886.00	153,036.00
TABLÓN DE 1" X 10" X 12'	PZA	156.00	72.00	11,232.00
MANO DE OBRA EN BUJES ESTOPEROS	PZA	4.00	2,250.00	9,000.00

**TOTAL 422,100.00**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

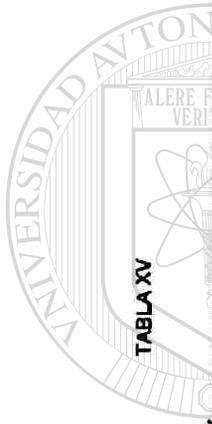
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TABLA XIV

PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL FLOCULADOR HIDRÁULICO DE FLUJO VERTICAL

CLAVE	CONCEPTO DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
1000-00	RUPTURA Y DEMOLICIÓN DE ...				
1000-07	MAMPOSTERÍA DE TABIQUE	M <sup>3</sup>	10.00	311.36	3,113.60
1000 08	CONCRETO ARMADO.	M <sup>3</sup>	5.00	1,116.02	5,580.10
4030-00	FABRICACIÓN Y COLADO DE CONCRETO VIBRADO Y CURADO...				
4030-04	DE F'C = 200 KG/CM2	M <sup>3</sup>	110.00	1,938.58	213,243.80
4080-00	CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES EN ...				
4080-06A	MUROS HASTA DE 5.00 M. DE ALTURA.	M <sup>2</sup>	1,653.00	108.02	178,557.06
4080-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO.	KG	14,493.00	18.33	265,656.69
7020 01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO ESTRUCTURAL (ANGULO DE 1 1/2 * 1/4")	KG	3,779.28	20.19	76,303.66

TOTAL: 742,454.91



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TABLA XV

**ANÁLISIS DEL COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ANUAL DE LOS FLOCULADORES MECANICOS DE EJE HORIZONTAL DE LA POTABILIZADORA CENTRO DE NUEVO LAREDO.**

PASO	DATOS	SÍMBOLOS	UNIDAD	CRITERIOS	CALCULOS	RESULTADOS	UNIDAD	% INCIDE	OBSERVACIONES
1	POTENCIA DEL EQUIPO	P =	5.00						
	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA	CE =	0.50						
	NUMERO DE EQUIPOS	N =	4.00	CEA P*N*0.748*24*30*12*CE	CEA =	64,454.40	PESOS	38.32%	
2	TIEMPO DE MANO DE OBRA EN MITTO. MECANICO	TO = M =	0.32 140.00	4*(1SEMANA/3MESES)					
	AYUDANTE	A =	100.00	COA = TO*(M+A)*385*1.8	COA =	50,457.60	PESOS	30.00%	
	COSTO DEL EQUIPO	CE =	106,560.00						SE CONSIDERA QUE LA DEPRECIACION EQUIVALE AL COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL, PORQUE EL FABRICANTE RECOMIENDA QUE SE REEMPLACEN LAS CHUMACERAS CADA 2 AÑOS
	% DEPRECIACION	D =	50%	CMA = CE*D	CMA =	53,280.00	PESOS	31.88%	
				CT =	168,192.00	COSTO TOTAL	PESOS	100.00%	

TABLA XVI

ANÁLISIS DEL FACTOR DE INFLACIÓN PONDERADO ESPERADO EN COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

ANO	% INFLACIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA	% INFLACIÓN MANO DE OBRA	% INFLACIÓN REFACCIONES	INFLACIÓN PONDERADA
	38.32%	30.00%	31.68%	100.00%
1	10.00%	10.00%	15.00%	11.58%
2	10.00%	10.00%	14.00%	11.27%
3	10.00%	12.00%	12.00%	11.23%
4	10.00%	13.00%	10.00%	10.90%
5	10.00%	14.00%	10.00%	11.20%
6	10.00%	15.00%	10.00%	11.50%
7	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
8	13.00%	15.00%	14.00%	13.92%
9	12.00%	15.00%	13.00%	13.22%
10	10.00%	15.00%	12.00%	12.13%
11	10.00%	15.00%	10.00%	11.50%
12	10.00%	15.00%	10.00%	11.50%
13	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
14	12.00%	15.00%	14.00%	13.53%
15	10.00%	15.00%	13.00%	12.45%

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TABLA XVII

ANÁLISIS FINANCIERO DEL CAMBIO DE SISTEMA DE FLOCULACIÓN DEL CLARIFICADOR CIRCULAR NORTE DE LA PLANTA POTABILIZADORA CENTRO CONSIDERANDO INFLACIÓN

TIEMPO (AÑOS)	% INFLACIÓN PONDERADO	COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL SISTEMA ACTUAL	% INFLACIÓN PONDERADO	COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL SISTEMA MODIFICADO	AHORROS ANUALES	TASA DE INTERES	INVERSIÓN INICIAL DEL SISTEMA EXISTENTE	INVERSIÓN INICIAL DEL SISTEMA MODIFICADO	INVERSIÓN NETA CONSIDERANDO EL SISTEMA MODIFICADO	% INFLACIÓN GENERAL ESPERADA	FLUJO DE EFECTIVO PESOS CORRIENTES	FLUJO DE EFECTIVO PESOS CONSTANTES	VALOR PRESENTE NETO
0		168,192.00		15,000.00	153,192.00		422,100.00	742,454.91	320,354.91				-320,354.91
1	11.58%	187,675.20	11.58%	16,737.59	170,937.61	13.58%				13.58%	170,937.61	150,494.58	-167,858.52
2	11.27%	208,620.80	11.27%	18,623.43	190,197.37	13.27%				13.27%	190,197.37	148,250.70	-72,303.44
3	11.23%	232,278.81	11.23%	20,715.50	211,563.30	13.23%				13.23%	211,563.30	145,718.55	28,063.18
4	10.90%	257,597.20	10.90%	22,973.49	234,623.70	12.90%				12.90%	234,623.70	144,409.62	116,946.52
5	11.20%	286,448.09	11.20%	25,546.53	260,901.56	13.20%				13.20%	260,901.56	140,360.38	192,457.90
6	11.50%	319,389.62	11.50%	28,484.38	290,905.24	13.50%				13.50%	290,905.24	136,074.38	256,108.31
7	15.00%	367,298.06	15.00%	32,757.03	334,541.02	17.00%				17.00%	334,541.02	111,467.52	293,248.77
8	13.92%	418,414.12	13.92%	37,315.76	381,098.37	15.92%				15.92%	381,098.37	116,914.02	329,115.86
9	13.22%	473,715.00	13.22%	42,247.70	431,467.30	15.22%				15.22%	431,467.30	120,588.60	362,818.56
10	12.13%	531,193.50	12.13%	47,373.85	483,819.65	14.13%				14.13%	483,819.65	128,988.15	397,207.28
11	11.50%	592,280.76	11.50%	52,821.84	539,458.91	13.50%				13.50%	539,458.91	133,968.87	430,477.02
12	11.50%	660,393.04	11.50%	58,896.35	601,496.69	13.50%				13.50%	601,496.69	131,608.19	459,273.05
13	15.00%	759,452.00	15.00%	67,730.81	691,721.19	17.00%				17.00%	691,721.19	89,848.34	470,943.80
14	13.53%	862,232.90	13.53%	76,897.20	785,335.70	15.53%				15.53%	785,335.70	104,025.80	484,723.09
15	12.45%	969,583.85	12.45%	86,471.16	883,112.69	14.45%				14.45%	883,112.69	116,616.41	500,122.47

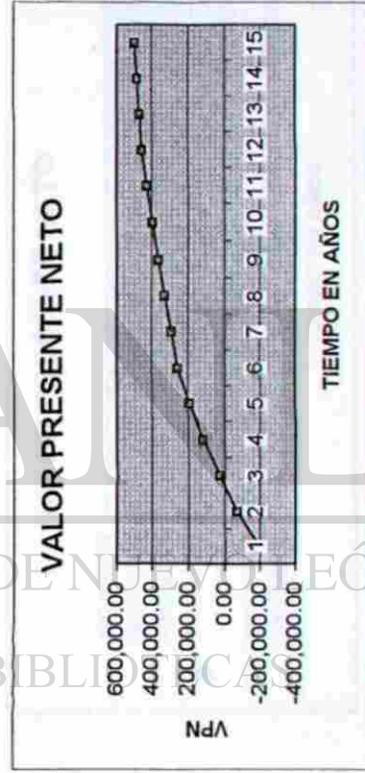


TABLA XVII  
**ANÁLISIS FINANCIERO DEL CAMBIO DE SISTEMA DE FLOCULACIÓN DEL CLARIFICADOR CIRCULAR NORTE DE LA PLANTA POTABILIZADORA CENTRO SIN CONSIDERAR INFLACIÓN**

TIEMPO (AÑOS)	% INFLACIÓN PONDERADO	COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL SISTEMA ACTUAL	% INFLACIÓN PONDERADO	COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL SISTEMA MODIFICADO	AHORROS ANUALES	TASA DE INTERES	INVERSIÓN INICIAL DEL SISTEMA EXISTENTE	INVERSIÓN INICIAL DEL SISTEMA MODIFICADO	INVERSIÓN NETA CONSIDERANDO EL SISTEMA MODIFICADO	% INFLACIÓN GENERAL ESPERADA	FLUJO DE EFECTIVO PESOS CORRIENTES	FLUJO DE EFECTIVO PESOS CONSTANTES	VALOR PRESENTE NETO
0							422.100,00	742.454,91	320.354,91				-320.354,91
1	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	13,58%				0,00%	153.192,00	153.192,00	-185.483,69
2	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	13,27%				0,00%	153.192,00	153.192,00	-66.077,08
3	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	13,23%				0,00%	153.192,00	153.192,00	39.437,04
4	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	12,90%				0,00%	153.192,00	153.192,00	133.725,88
5	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	13,20%				0,00%	153.192,00	153.192,00	216.140,44
6	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	13,50%				0,00%	153.192,00	153.192,00	287.797,82
7	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	17,00%				0,00%	153.192,00	153.192,00	338.840,69
8	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	15,92%				0,00%	153.192,00	153.192,00	385.837,20
9	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	15,22%				0,00%	153.192,00	153.192,00	428.652,05
10	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	14,13%				0,00%	153.192,00	153.192,00	469.493,62
11	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	13,50%				0,00%	153.192,00	153.192,00	507.537,22
12	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	13,50%				0,00%	153.192,00	153.192,00	541.055,81
13	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	17,00%				0,00%	153.192,00	153.192,00	560.954,29
14	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	15,53%				0,00%	153.192,00	153.192,00	581.246,14
15	0,00%	168.192,00	0,00%	15.000,00	153.192,00	14,45%				0,00%	153.192,00	153.192,00	601.475,39

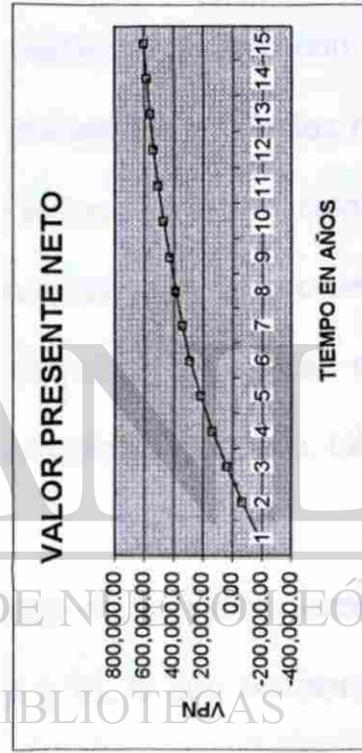
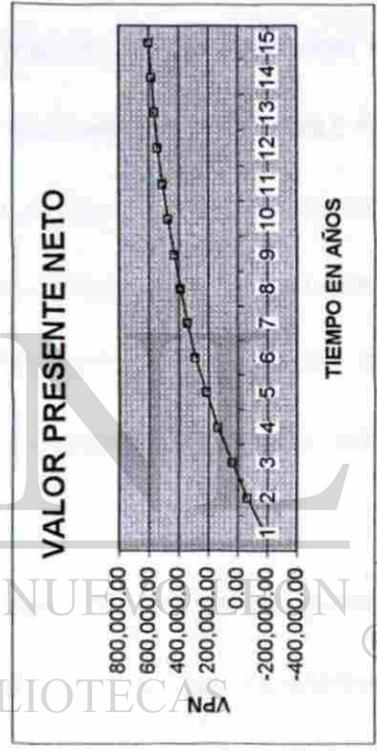


TABLA XVIII

**ANÁLISIS FINANCIERO DEL CAMBIO DE SISTEMA DE FLOCLACIÓN DEL CLARIFICADOR CIRCULAR NORTE DE LA PLANTA POTABILIZADORA CENTRO SIN CONSIDERAR INFLACIÓN**

TIEMPO (AÑOS)	% INFLACIÓN PONDERADO	COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL SISTEMA ACTUAL	% INFLACIÓN PONDERADO	COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL SISTEMA MODIFICADO	AHORROS ANUALES	TASA DE INTERES	INVERSION INICIAL DEL SISTEMA EXISTENTE	INVERSION INICIAL DEL SISTEMA MODIFICADO	INVERSION NETA CONSIDERANDO EL SISTEMA MODIFICADO	% INFLACIÓN GENERAL ESPERADA	FLUJO DE EFECTIVO PESOS CORRIENTES	FLUJO DE EFECTIVO PESOS CONSTANTES	VALOR PRESENTE NETO
0		168,192.00		15,000.00	153,192.00		422,100.00	742,454.91	320,354.91				-320,354.91
1	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	13.58%				0.00%	153,192.00	153,192.00	-185,483.69
2	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	13.27%				0.00%	153,192.00	153,192.00	-66,077.08
3	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	13.23%				0.00%	153,192.00	153,192.00	39,437.04
4	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	12.90%				0.00%	153,192.00	153,192.00	133,725.88
5	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	13.20%				0.00%	153,192.00	153,192.00	216,140.44
6	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	13.50%				0.00%	153,192.00	153,192.00	287,797.82
7	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	17.00%				0.00%	153,192.00	153,192.00	338,840.89
8	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	15.92%				0.00%	153,192.00	153,192.00	385,837.20
9	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	15.22%				0.00%	153,192.00	153,192.00	428,652.05
10	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	14.13%				0.00%	153,192.00	153,192.00	469,489.62
11	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	13.50%				0.00%	153,192.00	153,192.00	507,537.22
12	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	13.50%				0.00%	153,192.00	153,192.00	541,055.81
13	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	17.00%				0.00%	153,192.00	153,192.00	560,954.29
14	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	15.53%				0.00%	153,192.00	153,192.00	581,246.14
15	0.00%	168,192.00	0.00%	15,000.00	153,192.00	14.45%				0.00%	153,192.00	153,192.00	601,475.39



## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que el diseño es satisfactorio y se cumple con los objetivos del trabajo, ya que trabajando en condiciones normales de operación (gasto de diseño), e incluso con turbidez alta, la calidad del agua en el efluente está por debajo de los límites máximos permisibles que marcan las normas mexicanas e incluso las internacionales.

Debe hacerse notar, sin embargo, que en la simulación del proceso con el gasto mínimo se obtuvieron resultados con parámetros de calidad del agua inferiores a los obtenidos con el gasto máximo. Lo anterior obedece, tal como lo predice la teoría a lo siguiente:

Al disminuir el gasto en la entrada, el tiempo de retención aumenta y el gradiente de velocidad disminuye (ver tablas IV y V), lo que ocasiona un floc menos denso, debido a la poca agitación que no logra precipitar. Esta situación se hace más notoria cuando aumenta la turbidez, según se comentó en el capítulo anterior, llegando a rebasar el límite máximo permisible de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 <sup>1</sup>. Sin embargo; en el ensayo simulando, el gasto máximo de diseño se obtuvieron resultados sorprendentes, llegando a remociones del 99%, lo cual es muy favorable para el proyecto.

1 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994 "SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION".

Por lo anterior, resulta recomendable que durante la etapa de operación del proyecto, deberá procurarse trabajar, en lo posible, lo más cercano al gasto de diseño, para no afectar la calidad del agua en el efluente.

Es igualmente recomendable que el llenado de la estructura se lleve a cabo lentamente y con precaución, a fin de evitar subpresiones en las pantallas que pudieran afectar su capacidad de carga. Esto es, durante el llenado, las pantallas tendrán mayor carga hidrostática en una cara que en la otra, si se llena rápidamente, lo que podría ocasionar el colapso de la pantalla o pantallas en su caso.

Es importante hacer mención que este tipo de tecnología es la más conveniente para países en vías de desarrollo, como el nuestro, ya que eliminan los costos de energía eléctrica y de mantenimiento de equipos, amén de que es una operación más simple que prescinde de mano de obra especializada.

Por último, es importante señalar que no obstante haber resultado positivo el diseño y las pruebas de laboratorio, lo cual es suficiente para emprender el proyecto; es indispensable, realizar no obstante, un análisis financiero que demuestre que económicamente es viable o rentable éste. En este caso, se realizaron 2 escenarios, considerando y no el efecto de la inflación, con lo cual se puede observar que considerando ésta, los beneficios a futuro disminuyen; sin embargo, en ambos el periodo de recuperación ocurre en los primeros años y posteriormente se tienen ahorros considerables, por lo que se puede presumir que el proyecto es benéfico para el organismo operador, tanto técnica como económicamente.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Romero Alvarez Humberto (1971). Estudio Integral de los sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y de Alcantarillado de Nuevo Laredo, Tamaulipas. México.
- 2.- Arboleda Valencia Jorge (1992). Teoría y práctica de Purificación del Agua, Bogotá, ACODAL (Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental)
- 3.- Pérez Carrion José, Richter Carlos , Coritiba, Canepa Lidia. Rodríguez Víctor (1992). Criterios de Diseño para la Dosificación y Mezcla rápida. Tomo I manual V, Lima, Perú. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales (CEPIS)
- 4.- Coss Bu Raúl (1987). Análisis y evaluación de proyectos de inversión. México. Editorial Limusa.
- 5.- Sotelo Avila Gilberto (1984). Hidráulica General. México. Editorial Limusa.
- 6.- De Azevedo J.M., Acosta A. Guillermo (1976). Manual de Hidráulica. México. Editorial Harla
- 7.- NOM-127-SSAI-1994 "Salud Ambiental agua para uso y consumo humano- límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".
- 8.- Tríptico informativo de COMAPA, de Frente al Futuro. Noviembre de 1992.
- 9.- Pérez Carrion José, Richter Carlos , Coritiba, Canepa Lidia. (1992). Teoría. Tomo I manual III, Lima, Perú. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales (CEPIS)

## APÉNDICE A

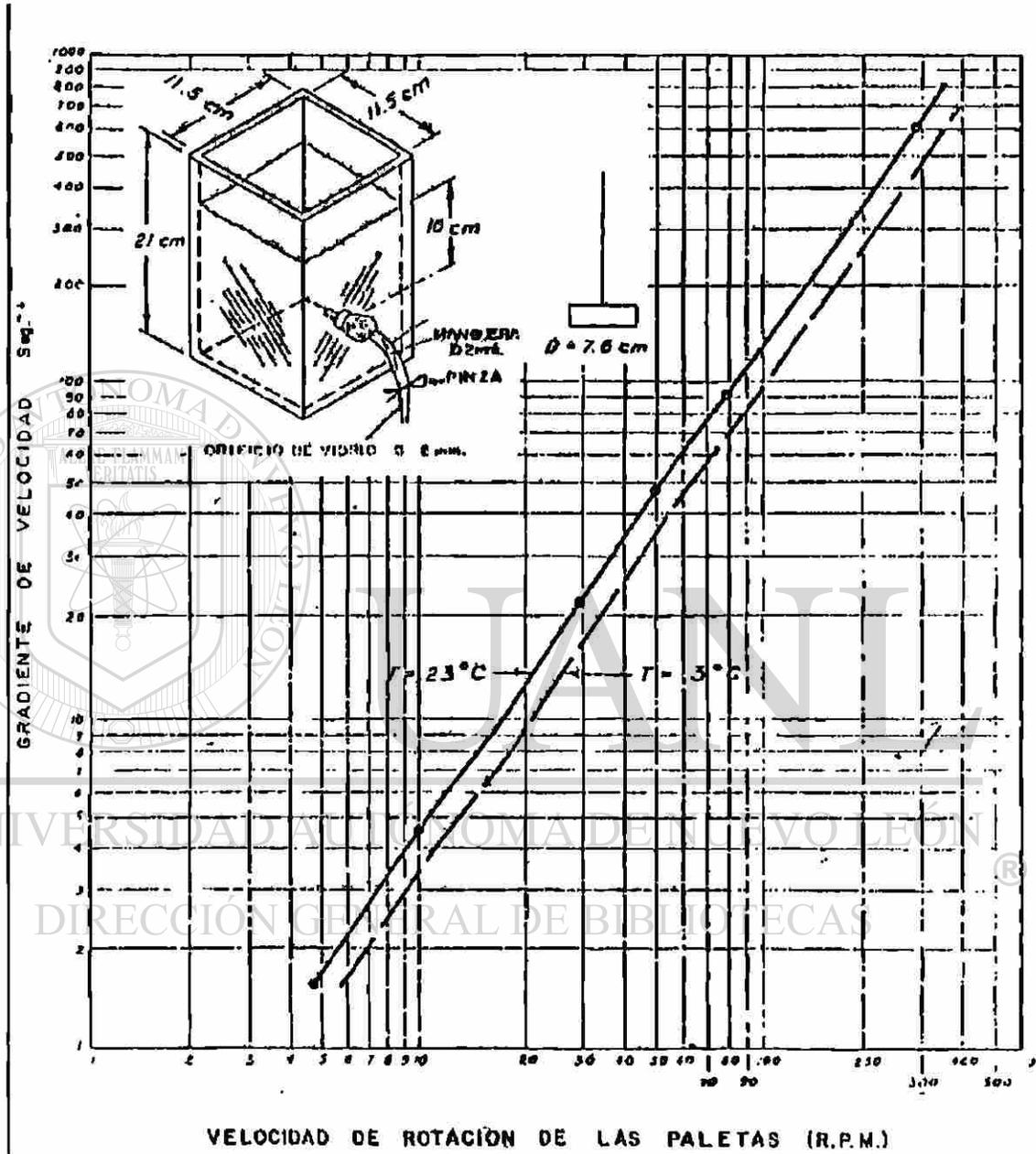


Figura 1. Gradientes de Velocidad para Jarras Cuadradas.

TABLA XIX

VALORES DE  $\alpha$

$h\nu_d / h\nu_u$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	1.000	1.004	1.006	1.006	1.007	1.007	1.006	1.006	1.006	1.005
0.1	1.005	1.003	1.002	1.000	0.998	0.996	0.994	0.992	0.989	0.987
0.2	0.985	0.982	0.980	0.977	0.975	0.972	0.970	0.967	0.964	0.961
0.3	0.959	0.952	0.953	0.950	0.917	0.944	0.911	0.938	0.935	0.932
0.4	0.929	0.926	0.922	0.919	0.915	0.912	0.908	0.904	0.900	0.896
0.5	0.892	0.888	0.884	0.880	0.875	0.871	0.866	0.861	0.856	0.851
0.6	0.846	0.841	0.836	0.830	0.824	0.818	0.813	0.806	0.800	0.794
0.7	0.787	0.780	0.773	3.766	0.758	0.750	0.742	0.732	0.723	0.714
0.8	0.703	0.692	0.681	0.669	0.656	0.644	0.631	0.618	0.604	0.590
0.9	0.574	0.557	0.539	0.520	0.498	0.471	0.441	0.402	0.352	0.275

## APENDICE C

TABLA XX

VALORES DE  $(\gamma/\mu)^{1/2}$

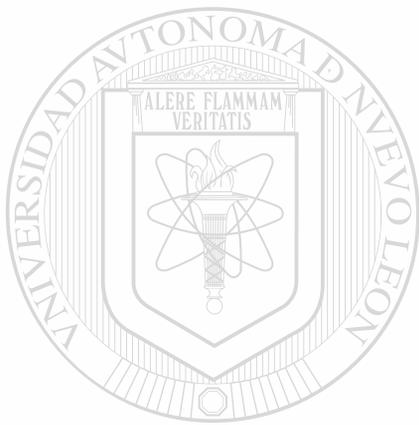
TEMPERATURA	$(\gamma/\mu)^{1/2}$
0	2,336.94
4	2,501.56
10	2,736.53
15	2,920.01
20	3,114.64
25	3,266.96

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## APÉNDICE D

### PLANO DEL PROYECTO



# UANL

---

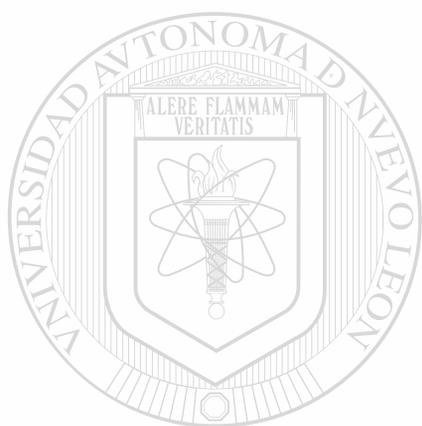
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

## APÉNDICE E

**REPORTES DE TURBIDEZ DE LABORATORIO DE COMAPA DURANTE EL AÑO 1999 (FLOCULADOR MECÁNICO).**



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 10 de Febrero del 2000.

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNO MATUTINO			TURNO VESPERTINO			TURNO NOCTURNO		
HORA:	7:40	10:15	12:35	2:40	6:20	8:25	10:45	2:11	5:23
RIO:	13.7	12.6	11.2	16.6	16.5	14.9	12.4	13.1	12.8
CIUDAD:	0.71	1.5	0.91	2.8	1.8	2.1	2.6	1.1	1.0
CLARIFICADOR NORTE:	3.1	3.9	4.4	6.1	5.1	4.3	<del>6.1</del> 5.5	5.5	4.2
CLARIFICADOR SUR:	/	/	/	/	/	/	/	/	/
CLARIFICADOR OTE.:	2.8	1.7	3.9	4.2	4.3	3.5	4.6	3.3	4.2
CLARIFICADOR PTE.:	4.0	3.0	3.6	4.7	4.8	5.3	3.9	4.1	4.3
ACELERADOR NORTE:	4.4	5.9	5.1	6.7	7.0	7.4	4.6	4.4	4.9
ACELERADOR SUR:	/	/	/	/	/	/	/	/	/
ACELERADOR # 3	2.4	1.7	2.0	3.6	3.1	4.3	2.7	2.7	3.8
ACELERADOR # 4	2.0	1.8	2.4	4.9	3.6	4.1	3.1	2.1	3.0
ACELERADOR # 5	1.7	1.7	4.0	3.5	3.8	3.0	1.9	2.0	2.6
ACELERADOR # 6	2.1	3.2	2.8	3.6	3.1	2.8	2.5	3.3	4.1
BOMBA # 1	1.2	1.8	1.5	5.6	2.9	5.9	1.5	1.8	0.90
BOMBA # 2	2.3	1.7	1.6	4.1	3.0	4.9	1.4	1.8	1.0
BOMBA # 3	/	/	/	/	/	/	/	/	/
BOMBA # 4	/	/	/	/	/	/	N.F	N.T	N.F
BOMBA # 5	0.81	1.3	1.1	3.4	4.6	3.4	1.2	0.76	0.84
BOMBA # 7	0.69	1.2	1.1	3.3	2.6	3.8	1.2	0.79	0.77
BOMBA # 9	1.1	1.6	1.6	3.7	4.4	4.5	1.4	1.9	0.95
LLAVE	0.97	0.66	1.5	3.2	3.6	3.4	2.5	2.0	1.7

Turbidez alta de bombas  
"a caben de lavar"  
\*lavando coja de filtros\*

JEFE DE LABORATORIO



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS

FECHA: 2 de Enero del 2000.

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNO MATUTINO			TURNO VESPERTINO			TURNO NOCTURNO		
HORA:	8:10	10:15	12:30	2:00	5:00	7:00			
RIO:	13.0	11.9	8.9	10.9	11.8	11.0			
CIUDAD:	.59	.71	.86	.79	.51	.58			
CLARIFICADOR NORTE:	4.8	4.6	4.5	4.6	5.2	5.7			
CLARIFICADOR SUR:	/	/	/	/	/	/			
CLARIFICADOR OTE:	4.3	4.0	3.8	3.3	4.0	4.3			
CLARIFICADOR PTE:	5.1	5.3	5.0	5.0	5.8	6.0			
ACELERADOR NORTE:	1.7	2.0	2.8	3.5	3.5	4.0			
ACELERADOR SUR:	5.7	5.9	4.6	5.0	5.0	4.8			
ACELERADOR # 3	1.9	1.7	1.5	2.0	2.1	2.7			
ACELERADOR # 4	2.1	1.9	1.8	2.0	2.6	2.8			
ACELERADOR # 5	1.9	2.0	2.1	2.4	3.8	4.0			
ACELERADOR # 6	3.8	4.0	4.3	4.8	5.0	5.1			
BOMBA # 1	1.2	1.0	1.1	.84	1.0	1.5			
BOMBA # 2	1.6	1.8	1.6	.95	1.5	1.4			
BOMBA # 3	/	/	/	/	/	/			
BOMBA # 4	PPPS	/	/	/	.80	.94			
BOMBA # 5	.80	.71	.79	1.1	1.3	1.5			
BOMBA # 7	.89	.71	.85	.92	.65	.70			
BOMBA # 7a	1.6	1.7	1.9	1.5	1.1	1.5			
LLAVE	4.0	2.9	3.4	4.0	3.8	2.8			

21.31

JEFE DE LABORATORIO



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
 1-4-5-2q NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 2 d' Diciembre d' 1999.

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNÓ MATUTINO			TURNÓ VESPERTINO			TURNÓ NOCTURNO		
HORA:	7:30	10:00	12:50	2:30	2:35	8:20	11:50	2:40	5:10
RIO:	20.4	21.2	24.3	20.4	17.5	24.3	19.3	21.7	20.3
CIUDAD:	0.72	0.81	2.4	1.1	1.0	0.99	2.3	0.70	0.68
CLARIFICADOR NORTE:	3.8	4.9	4.0	4.9	4.0	5.1	3.9	4.4	4.2
CLARIFICADOR SUR:	/	/	/	/	/	/	/	/	/
CLARIFICADOR OTE:	3.0	1.6	3.1	1.0	3.2	8.5	11.8	8.3	3.0
CLARIFICADOR PTE.:	2.1	1.5	5.4	5.5	5.3	7.1	12.1	8.0	3.0
ACELERADOR NORTE:	5.9	3.5	6.1	7.3	6.0	9.2	5.8	3.4	3.8
ACELERADOR SUR:	/	/	/	/	/	/	/	/	/
ACELERADOR # 3	2.4	1.4	2.3	4.3	2.7	5.2	7.9	9.0	4.3
ACELERADOR # 4	2.7	1.4	1.3	3.1	2.6	4.1	7.3	9.7	4.8
ACELERADOR # 5	2.2	2.3	3.3	10.1	2.8	2.9	5.9	2.9	4.7
ACELERADOR # 6	4.9	3.7	4.6	7.9	3.6	2.9	8.1	5.4	7.0
BOMBA # 1	0.95	1.1	2.1	1.3	1.9	1.7	2.4	2.6	1.1
BOMBA # 2	1.2	1.4	2.0	1.4	1.5	1.7	2.7	4.5	1.5
BOMBA # 3	—	—	—	/	/	/	/	/	/
BOMBA # 4	0.84	1.0	1.4	1.5	1.7	1.6	4.9	0.90	N.F
BOMBA # 5	0.86	0.97	1.2	1.5	1.6	1.6	5.2	0.93	0.96
BOMBA # 07	0.86	0.92	1.1	1.6	3.5	1.4	3.8	0.97	0.98
BOMBA # 09	0.95	1.1	1.8	1.3	1.3	1.7	2.5	3.1	1.1
LLAVE	1.2	1.5	1.4	1.9	6.5	1.7	3.1	3.8	2.0

JEFE DE LABORATORIO



**COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.**

21.3  
34.5  
23.96

FECHA: 2 d' Noviembre d' 1999.

**REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)**

MUESTRA:	TURNO MATUTINO			TURNO VESPERTINO			TURNO NOCTURNO		
HORA:	7:30	10:45	1:25	3:10	5:45	8:15	11:44	2:15	5:29
RIO:	23.3	34.5	24.8	22.5	21.6	21.3	21.3	22.9	23.5
CIUDAD:	2.4	1.2	3.0	1.2	1.8	1.4	1.3	3.3	1.8
CLARIFICADOR NORTE:	3.8	3.6	3.9	3.9	4.5	4.1	3.7	3.9	3.5
CLARIFICADOR SUR:	11.4	11.9	12.0	11.8	11.4	11.6	15.6	14.3	12.1
CLARIFICADOR OTE:	4.1	2.3	1.5	1.4	1.4	1.3	2.6	3.0	5.2
CLARIFICADOR PTE:	3.7	2.8	2.4	3.5	3.8	3.1	3.8	3.3	4.4
ACELERADOR NORTE:	2.9	2.5	3.1	3.0	2.7	2.5	2.9	2.6	2.4
ACELERADOR SUR:	2.3	2.9	3.0	2.6	3.0	3.1	2.3	3.6	3.2
ACELERADOR # 3	2.9	2.1	1.7	1.9	2.2	2.6	3.1	2.0	2.8
ACELERADOR # 4	2.5	1.9	1.5	1.8	2.3	2.0	2.9	1.8	2.4
ACELERADOR # 5	5.6	2.3	2.0	2.2	3.7	2.3	2.3	2.6	4.1
ACELERADOR # 6	8.3	5.5	4.3	3.0	3.5	4.1	4.1	5.8	8.5
BOMBA # 1	1.5	1.3	1.4	1.4	1.5	1.3	0.95	0.79	1.4
BOMBA # 2	1.4	1.4	1.2	1.5	1.8	1.4	1.1	0.87	1.4
BOMBA # 3	/	/	/	/	/	/	/	/	/
BOMBA # 4	/	/	/	1.7	2.0	1.6	1.0	0.95	N.F
BOMBA # 5	1.8	1.6	1.8	1.9	2.0	1.5	1.1	0.91	1.4
BOMBA # 7	/	/	/	1.6	1.9	1.8	2.1	N.F	N.F
BOMBA # 9	1.4	1.3	1.3	1.2	1.9	1.7	0.90	0.86	1.4
LLAVE	1.5	1.2	1.1	2.1	2.0	1.9	1.2	1.0	1.5

JEFE DE LABORATORIO



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 2/Octubre/99

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNÓ MATUTINO			TURNO VESPERTINO			TURNO NOCTURNO		
HORA:	7:30	11:25		2:51	5:50	8:14	11:35	2:30	5:35
RIO:	18.6	28.1		22.5	22.5	25.1	50.6	22.2	30.7
CIUDAD:	7.4	0.90		1.8	2.6	1.4	0.63	1.1	0.98
CLARIFICADOR NORTE:	1.9	2.4		3.1	3.5	3.5	2.8	2.4	1.9
CLARIFICADOR SUR:	12.8	13.2		15.3	15.5	14.4	19.3	17.1	18.8
CLARIFICADOR OTE:	3.6	1.7		1.9	2.1	2.4	1.7	2.8	2.9
CLARIFICADOR PTE:	1.7	3.3		2.0	2.6	4.0	2.6	1.6	2.2
ACELERADOR NORTE:	2.2	2.4		2.7	3.5	3.5	4.4	3.8	3.4
ACELERADOR SUR:	6.4	8.2		8.3	6.6	8.3	7.4	7.0	6.7
ACELERADOR # 3	1.2	1.6		2.2	1.9	2.5	1.7	1.8	1.7
ACELERADOR # 4	1.5	1.8		2.1	2.1	1.9	2.0	2.2	2.5
ACELERADOR # 5	5.4	2.2		2.0	2.1	2.3	3.3	2.2	1.9
ACELERADOR # 6	5.8	4.5		4.4	4.1	4.7	3.6	4.1	2.3
BOMBA # 1	1.3	1.8		3.0	3.8	4.0	1.0	2.1	3.1
BOMBA # 2	1.3	2.3		2.8	3.5	4.1	1.1	2.6	3.3
BOMBA # 3	/	/		/	/	/	/	/	/
BOMBA # 4	1.0	1.4		1.9	2.2	2.6	0.96	1.8	0.66
BOMBA # 5	0.96	1.4		1.9	2.4	2.5	0.98	1.9	0.75
BOMBA # 7	/	1.4		1.9	1.9	1.7	0.99	1.6	N.F
BOMBA # 9	1.5	1.8		3.0	3.8	4.3	1.0	2.3	3.0
LLAVE	1.5	1.9		3.7	3.9	7.1	1.2	2.4	2.8

4826

16.16  
32.1  
48.26

JEFE DE LABORATORIO



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 2 de Septiembre de 1977.

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNÓ MATUTINO			TURNÓ VESPERTINO			TURNÓ NOCTURNO		
HORA:	7:20	10:10	1:10	2:30	5:10	8:30	11:30	3:00	5:20
RIO: 4 <sup>ta</sup> 48M	58.2	45.0	48.0	48.1	50.6	45.4	61.3	37.9	40.2
CIUDAD:	1.0	0.9	0.75	0.67	1.1	1.2	0.81	0.85	0.57
CLARIFICADOR NORTE: 5.72	4.5	5.6	7.1	6.9	6.7	6.9	3.7	5.0	4.6
CLARIFICADOR SUR:	29.5	29.3	32.7	24.3	24.4	21.6	21.4	21.3	20.9
CLARIFICADOR OTE:	2.8	1.8	3.9	1.0	2.7	4.7	1.8	2.3	2.3
CLARIFICADOR PTE.:	1.7	2.0	3.5	1.1	1.0	3.3	1.7	1.5	1.5
ACELERADOR NORTE: 3.56	2.7	3.7	4.6	3.4	5.1	3.4	3.0	2.8	3.7
ACELERADOR SUR: 7.09	4.4	11.0	6.6	6.4	7.2	5.8	4.5	6.7	5.7
ACELERADOR # 3: 2.17	1.5	1.6	1.6	3.0	3.0	2.9	2.2	2.0	1.8
ACELERADOR # 4: 2.52	2.2	2.3	2.4	2.9	2.9	3.5	2.2	2.0	2.3
ACELERADOR # 5: 0.78	0.73	0.72	0.95	0.47	0.61	1.0	0.43	0.19	0.34
ACELERADOR # 6: 1.78	1.4	1.3	2.4	2.7	1.0	2.6	1.6	1.6	1.5
BOMBA # 1	0.96	1.0	1.6	1.2	1.9	1.6	1.0	1.3	1.0
BOMBA # 2	3.1	1.3	1.9	1.5	2.4	2.1	1.4	1.2	1.0
BOMBA # 3	/	/	/	/	/	/	/	/	/
BOMBA # 4	0.75	0.81	1.1	0.93	1.0	1.5	0.87	1.3	0.74
BOMBA # 5	0.79	0.73	1.0	0.99	0.97	1.5	0.92	1.2	0.85
BOMBA # 7	0.75	0.83	1.1	1.0	0.94	1.4	0.87	1.1	0.69
BOMBA # 9	0.92	1.1	3.4	1.8	2.4	1.8	1.3	1.2	0.99
LLAVE	1.3	1.1	1.4	1.0	4.4	1.9	1.6	1.8	1.1

\* Analizado el día 2 de Septiembre de 1977

JEFE DE LABORATORIO



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 4 d' Agosto d' 1999.

*Nunca olviden  
este día  
México gana  
a Brasil.  
9 no  
11:00 m.*

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNÓ MATUTINO			TURNÓ VESPERTINO			TURNÓ NOCTURNO		
HORA:	7:5	10:30	12:0	2:30	5:35	8:40	11:30	2:25	5:19
RIO:	31.1	33.6	36.6	30.8	28.9	31.1	29.0	29.1	30.8
CIUDAD:	0.76	0.15	0.93	1.7	0.93	1.1	0.83	0.75	0.73
CLARIFICADOR NORTE:	5.1	4.8	5.9	4.4	2.8	4.7	4.3	4.2	4.7
CLARIFICADOR SUR:	26.1	26.7	25.0	24.7	27.7	21.8	17.0	17.8	19.7
CLARIFICADOR OTE.:	2.0	3.5	4.8	2.8	3.1	4.5	2.1	2.4	3.9
CLARIFICADOR PTE.:	2.5	2.3	2.8	1.8	2.8	3.7	1.9	1.8	3.1
ACELERADOR NORTE:	3.6	5.0	6.0	4.8	5.1	4.4	3.4	3.7	3.4
ACELERADOR SUR:	1.7	1.0	5.8	7.9	7.6	8.5	5.7	5.9	7.2
ACELERADOR # 3	2.8	2.4	2.8	2.6	2.9	3.3	1.6	2.0	2.3
ACELERADOR # 4	2.5	2.7	3.3	2.8	4.5	2.7	2.0	2.2	2.6
ACELERADOR # 5	1.3	1.2	1.2	1.3	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
ACELERADOR # 6	5.9	8.1	7.4	6.8	7.1	6.1	6.5	5.4	4.4
BOMBA # 1	1.2	0.85	1.0	0.96	1.1	1.0	1.3	1.1	0.92
BOMBA # 2	3.1	0.94	1.7	1.3	1.2	1.1	1.2	1.0	0.89
BOMBA # 3	/	/	/	/	/	/	/	/	/
BOMBA # 4	0.86	0.74	0.75	0.93	1.0	0.97	1.0	0.76	0.84
BOMBA # 5	0.78	0.87	1.1	0.91	1.0	0.93	0.98	0.74	0.85
BOMBA # 7	0.70	0.78	2.75	0.87	0.99	0.90	0.95	0.71	0.77
BOMBA # 9	1.2	5.0	1.6	0.95	1.5	1.0	1.5	1.1	0.94
LLAVE	1.5	0.92	0.71	1.7	1.6	1.3	1.5	1.3	1.2

JEFE DE LABORATORIO



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 11 / Julio / 99.

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	8:00 TURNO MATUTINO				TURNO VESPERTINO				TURNO NOCTURNO			
HORA:	8:00	11:35			2:30	5:45			11:00	2:20	3:50	5:20
RIO: 21.8	20.1	24.7			23.2	28.1			19.3	18.4		18.8
CIUDAD:	2.1	7.2			0.94	0.98			2.80	1.7		0.38
CLARIFICADOR NORTE:	5.0	5.5			5.7	5.0			3.0	3.9	5.0	4.4
CLARIFICADOR SUR:	10.9	13.6			18.1	19.4			13.0	10.1		10.3
CLARIFICADOR QTE.:	6.6	7.7			10.1	6.3			10.8	4.0		4.8
CLARIFICADOR PTE.:	8.1	9.3			12.0	8.8			9.3	3.6		4.0
ACELERADOR NORTE:	4.2	4.2			3.7	4.3			4.1	3.5		3.7
ACELERADOR SUR:	7.6	6.0			7.4	7.6			7.5	6.7		7.0
ACELERADOR # 3	4.9	4.9			5.6	5.5			7.5	3.6		2.7
ACELERADOR # 4	4.2	7.2			7.2	5.2			8.4	3.5		3.2
ACELERADOR # 5	1.3	3.4			1.9	6.0			6.6	1.7		1.3
ACELERADOR # 6	5.1	4.7			3.2	8.1			5.6	3.6		3.3
BOMBA # 1	/	/			/	/						
BOMBA # 2	2.7	2.4			1.3	10.7	Acumulado 11/11/99		3.4	1.1		1.1
BOMBA # 3	7.7	9.9	Los reportes 11/11/99		0.86	1.4			2.9	2.8		3.0
BOMBA # 4	1.3	0.79			1.1	0.99			1.4	0.71		0.93
BOMBA # 5	1.2	0.90			1.1	0.95			1.5	0.15		0.52
BOMBA # 7	1.0	0.82			1.1	0.86			1.2	0.61		0.51
BOMBA # 9	2.1	1.8			0.93	6.2			3.3	1.1		0.98
LLAVE	3.3	5.2			2.5	10.9			3.8	5.0		4.6

VALOR

22.61

27.39

Recor p: 15



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 1 d' Julio d' 1999.

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNÓ MATUTINO			TURNÓ VESPERTINO			TURNÓ NOCTURNO		
HORA:	7:30	10:25	13:00	2:50	6:20	8:10	11:45	2:52	5:17
RIO: 38.0	4.50	4.7	3.84	37.6	40.6	31.2	31.4	31.6	35.9
CIUDAD:	0.70	0.50	0.45	0.47	0.53	1.2	0.74	0.60	0.61
CLARIFICADOR NORTE:	2.3	2.4	2.7	2.7	3.1	3.8	4.9	4.6	3.5
CLARIFICADOR SUR:	3.2	3.5	3.8	27.0	27.3	22.9	25.3	23.9	23.8
CLARIFICADOR OTE:	1.9	1.6	1.5	1.7	1.7	1.8	1.4	1.4	2.2
CLARIFICADOR PTE:	1.5	1.3	2.2	1.0	0.90	1.9	1.4	1.3	1.5
ACELERADOR NORTE:	3.4	3.9	4.4	3.3	4.3	3.7	2.8	2.6	4.0
ACELERADOR SUR:	4.7	5.1	6.5	5.1	5.6	4.6	4.4	4.1	5.8
ACELERADOR #3	1.3	1.3	1.3	1.1	1.1	1.3	1.0	1.1	1.9
ACELERADOR #4	1.4	1.6	1.6	1.4	1.6	1.3	1.1	1.1	2.1
ACELERADOR #5	1.7	2.3	2.3	1.3	1.8	2.0	3.5	1.8	3.4
ACELERADOR #6	2.8	5.3	3.3	2.5	3.4	4.5	4.4	3.8	6.7
BOMBA # 1	/	/	/	/	/	/	/	/	/
BOMBA # 2	2.90	1.0	0.87	4.1	1.6	1.6	1.6	1.3	0.69
BOMBA # 3	1.7	1.0	0.92	2.7	1.3	1.2	1.3	1.2	0.85
BOMBA # 4	0.69	0.72	0.81	1.5	1.0	1.0	1.0	0.68	0.64
BOMBA # 5	0.10	0.10	0.93	1.6	0.77	0.96	1.0	0.72	0.81
BOMBA # 7	0.70	0.64	0.93	1.1	0.85	0.79	1.0	0.65	0.68
BOMBA # 9	2.1	1.0	1.5	2.8	2.1	1.3	1.4	1.3	0.80
LLAVE	1.2	1.7		4.0	4.6	1.9	1.6	2.1	0.70

P: 0.77



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 1 d Junio d' 1999.

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNO MATUTINO			TURNO VESPERTINO			TURNO NOCTURNO			
	HORA:	7:30	10:30	1:30	2:30	5:40	8:50	11:31	2:45	5:30
RIO:	131	130	44.0	102	102	88.9	108	343.4	121.	
CIUDAD:	2.3	0.22	1.2	1.1	0.54	0.87	0.49	0.49	1.7	
CLARIFICADOR NORTE:	2.3	3.7	3.1	2.4	2.5	4.0	1.8	1.7	5.8	
CLARIFICADOR SUR:	8.4	73.5	84	61.9	68.2	67.9	64.6	71.3	70.9	
CLARIFICADOR OTE.:	2.6	2.1	2.6	4.2	3.9	2.2	1.4	1.7	2.6	
CLARIFICADOR PTE.:	1.8	1.8	1.3	1.9	2.1	2.4	1.6	1.4	2.6	
ACELERADOR NORTE:	2.6	3.1	3.7	3.0	4.3	4.0	2.1	2.0	2.8	
ACELERADOR SUR:	5.0	6.3	5.4	5.6	6.4	12.1	8.4	6.6	7.0	
ACELERADOR # 3	1.2	1.4	2.0	1.0	1.3	1.8	1.2	1.2	1.2	
ACELERADOR # 4	1.3	1.9	3.2	2.8	3.3	3.7	1.4	1.3	1.6	
ACELERADOR # 5	2.2	3.4	11.0	4.2	12.1	1.0	0.80	3.1	1.2	
ACELERADOR # 6	1.1	2.8	12.6	3.5	2.9	3.7	0.83	2.8	1.0	
BOMBA # 1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
BOMBA # 2	0.74	0.63	0.84	1.2	2.2	4.0	6.3	1.6	3.8	
BOMBA # 3	2.4	0.84	1.4	1.8	2.8	2.1	5.8	1.7	2.1	
BOMBA # 4	0.28	0.33	0.79	0.56	1.0	1.6	2.2	0.44	0.34	
BOMBA # 5	0.27	0.50	0.70	0.53	1.0	1.0	2.2	0.62	0.48	
BOMBA # 7	N.F	N.F	N.F	0.56	1.0	0.87	0.64	N.F	N.F	
BOMBA # 9	0.63	0.58	0.73	1.2	2.2	1.8	5.8	1.2	2.2	
LLAVE	1.3	0.98	2.4	1.8	2.3	2.1	8.1	1.5	1.7	

\*Problemas con la Bomba de Desflocacion 516

JEFE DE LABO



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 15 d' Mayo d' 1999.

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNO MATUTINO			TURNO VESPERTINO			TURNO NOCTURNO		
HORA:	8:10	9:20	11:35	3:25	7:20		12:08	3:30	5:36
RIO:	49.5 <sup>2</sup> 111.2	74.7		76.9	66.1		73.1	101	104
CIUDAD:	3.0	1.6		1.5	1.2		0.8	3.1	2.4
CLARIFICADOR NORTE:	7.5	6.3		5.0	7.1		3.9	6.0	6.6
CLARIFICADOR SUR:	103.0	14.9		66.9	60.7		45.2	62.2	61.9
CLARIFICADOR OTE:	8.8	5.7		3.5	6.6		1.8	7.4	3.3
CLARIFICADOR PTE.:	2.0	6.6		4.4	3.4		2.1	6.3	3.8
ACELERADOR NORTE:	3.4	5.1		5.7	7.8		2.3	2.6	2.8
ACELERADOR SUR:	3.9	5.4		7.6	7.6		2.8	4.3	4.5
ACELERADOR # 3	1.8	5.6		3.4	5.3		2.1	3.5	2.4
ACELERADOR # 4	2.6	5.7		3.8	5.9		2.0	4.8	2.6
ACELERADOR # 5	19.8	9.7	6.2	6.0	7.0		4.4	19.9	17.4
ACELERADOR # 6	29.5	11.5	6.5	5.0	3.2		9.4	35.5	25.0
BOMBA # 1	/	/	/	/	/		/	/	/
BOMBA # 2	3.7	2.1		2.7	2.6		2.3	2.7	2.3
BOMBA # 3	7.7	2.7		3.2	3.0		1.5	1.6	2.0
BOMBA # 4	4.4	2.1		2.3	1.7		1.0	3.8	3.0
BOMBA # 5	4.4	2.1		2.3	1.8		1.0	3.8	3.5
BOMBA # 7	4.9	2.1		2.2	1.6		1.0	2.9	2.9
BOMBA # 9	1.8	1.9		2.1	1.9		1.6	1.6	2.0
LLAVE	1.6	3.6		7.0	3.9		1.3	2.0	2.1

AMANECIO SIN  
Sulfato Limpio  
5 y 6, Pasaron Pulcro,  
T.Marcos Limpio  
N. ANGOSTA y se puso  
O. RAVER Limpio y

SE QUITO PULCO

\*se tapo  
la bombita del 5 y el 6  
se puso sulfato en pole

JEFE DE LABORATORIO



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 29 d' Abril d' 1999

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNÓ MATUTINO				TURNÓ VESPERTINO				TURNÓ NOCTURNO				
HORA:	7:35	10:50	11:25	12:30	2:20	4:30	8:30		10:50	2:03	5:05		
RIO:	69.9 74.9	69.8		80.1	88.4	101.7	85.4		32.6	43.9	46.9		
CIUDAD:	0.84 2.6	0.73		0.91	1.1	0.45	0.97		0.85	1.0	0.50		
CLARIFICADOR NORTE:	7.1	5.2		6.9	6.3	3.5	5.3		3.1	6.6	5.4		
CLARIFICADOR SUR:	/	/		/	/	/	/		/	/	/		
CLARIFICADOR OTE.:	2.5	2.0		1.9	0.41	1.5	2.5		1.2	4.9	3.1		
CLARIFICADOR PTE.:	1.7	1.1		1.2	1.4	0.98	1.8		1.3	9.0	2.9		
ACELERADOR NORTE:	4.2	4.7		4.8	5.5	3.2	4.1		3.0	3.9	3.5		
ACELERADOR SUR:	8.8	12.0		12.0	9.8	13.8	13.6		6.3	9.0	8.0		
ACELERADOR # 3	2.3	1.6		1.3	1.3	1.6	2.1		1.2	2.5	2.7		
ACELERADOR # 4	2.6	1.8		1.7	1.4	3.4	2.0		1.3	2.1	3.0		
ACELERADOR # 5	1.6	2.4		3.3	3.2	2.1	2.2		1.2	1.6	1.5		
ACELERADOR # 6	6.3	8.9		16.0	7.2	3.1	3.1		2.2	5.1	3.6		
BOMBA # 1	/	/		/	/	/	/		/	/	/		
BOMBA # 2	2.1	3.1		3.9	3.1	18.4	2.4		4.3	6.2	1.9		
BOMBA # 3	1.8	11.0	6.4	3.5	2.7	15.6	1.5		3.0	4.4	1.9		
BOMBA # 4	0.84	1.1		1.2	1.5	2.2	1.3		1.3	1.3	0.63		
BOMBA # 5	0.86	1.1		1.1	1.4	2.1	1.2		1.1	1.3	1.4		
BOMBA # 7	0.83	1.1		1.2	1.4	1.6	1.0		N.F.	1.2	0.61		
BOMBA # 9	1.8	1.9		7.4	2.5	15.1	1.6		3.3	4.2	1.7		
LLAVE	5.3	2.0		5.6	4.1	12.4	2.6		6.2	8.4	3.7		

\*Cajas 3/4 (llenando)  
\*filtros lavando\*

JEFE DE LABORATORIO



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 15-Abr.-99

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNÓ MATUTINO				TURNÓ VESPERTINO				TURNÓ NOCTURNO			
HORA:	7:45	10:25	11:45	1:20	2:40	3:50	5:20	6:20	7:20			
RIO:	57.1	64.4	53.3	55.0	64.8	46.8			56.6			
CIUDAD:	2.14	4.0	1.3	2.4	1.3	2.9			1.7			
CLARIFICADOR NORTE:	2.9		5.7	3.6	4.1	3.2	3.2		2.7			
CLARIFICADOR SUR:	/	/	/	/	/	/	/		/			
CLARIFICADOR OTE:	26.0	20.2	20.1	7.0	17.9	8.3	4.9		13.6			
CLARIFICADOR PTE.:	22.4	18.6	19.1	9.1	7.0	6.4	6.4		3.8			
ACELERADOR NORTE:	4.9	N.F.	N.F.	N.F.	4.7	2.9	2.9		2.7			
ACELERADOR SUR:	7.9	12.3	18.3	4.3	9.6	9.4	9.4		2.5			
ACELERADOR # 3	20.5	27.8	33.4	15.2	7.3	5.6	5.6		3.3			
ACELERADOR # 4	17.7	27.5	32.0	16.3	6.5	5.8	5.8		3.0			
ACELERADOR # 5	7.46	1.5	2.7	4.7	11.5	32.7	41.6	18.2	3.3			
ACELERADOR # 6	7.57	4.5	5.8	11.0	17.9	36.8	48.8	43.3	4.2			
BOMBA # 1	/	/	/	/	/	/	/		/			
BOMBA # 2	10.2	18.7	15.3	10.4	5.1	6.5			6.6			
BOMBA # 3	7.0	11.1	10.0	12.2	5.6	3.8			5.9			
BOMBA # 4	1.1	6.6	1.9	1.7	3.1	3.9			1.7			
BOMBA # 5	1.3	3.8	1.6	2.0	2.7	4.2			1.5			
BOMBA # 7	1.0	2.1	1.8	1.7	3.0	3.7			1.7			
BOMBA # 9	8.2	8.3	11.7	11.0	4.7	4.0			6.3			
LLAVE	16.5	22.4	15.0	19.8	6.9	5.2			8.2			

JEFE DE LABORATORIO



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 14. Abril. 1999

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNÓ MATUTINO			TURNO VESPERTINO			TURNO NOCTURNO		
HORA:	7:10	10:30	11:20	2:20	5:30	8:20			
RIO:	66.5	104	66.8	70.4	48.2	56.2	53.5		
CIUDAD:	2.0	4.0	1.0	2.3	2.6	3.2	3.2		
CLARIFICADOR NORTE:	/	/	/	/	/	/			
CLARIFICADOR SUR:	/	/	/	/	/	/			
CLARIFICADOR OTE:	6.8		9.1		4.7	8.1	9.0		
CLARIFICADOR PTE.:	7.3	8.4	8.8		7.6	9.3	9.7		
ACELERADOR NORTE:	7.4	7.2	8.2		5.4	6.2	7.1		
ACELERADOR SUR:	9.1	10.2	13.2		7.8	9.1	10.3		
ACELERADOR # 3	7.3	4.8	4.5		4.7	4.2	5.6		
ACELERADOR # 4	3.7	3.7	4.5		4.4	3.7	4.5		
ACELERADOR # 5	4.1	4.3	4.3		2.9	3.3	5.0		
ACELERADOR # 6	7.8	9.0	6.9		4.2	8.0	9.7		
BOMBA # 1	/	/	/		/	/	/		
BOMBA # 2	5.3	7.1	4.7		4.1	9.1	10.8		
BOMBA # 3	4.5	5.6	4.2		3.4	6.0	9.7		
BOMBA # 4	4.1	2.9	3.7		3.7	4.9	7.5		
BOMBA # 5	4.2	2.8	4.0		3.7	5.3	7.7		
BOMBA # 7	2.9	2.2	3.5		3.0	4.0	8.1		
BOMBA # 9	4.9	6.1	4.4		5.0	6.3	11.1		
LLAVE	1.8	3.9	7.3		6.6	8.3	13.7		

JEFE DE LABORATORIO



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 20 de Enero de 1999

REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNÓ MATUTINO			TURNÓ VESPERTINO			TURNÓ NOCTURNO			
HORA:	7:35	10:30	12:45	2:20	5:25	8:25	11:00	3:00	5:00	
RIO:	13.5	12.5	14.6	13.6	10.9	14.3	14.0	15.5	14.1	12.2
CIUDAD:	0.94	2.4	1.0	0.66	0.74	0.89	0.78	0.68	0.11	0.59
CLARIFICADOR NORTE:	1.6	1.4	1.5	N.F	N.F	N.F	1.2	1.1	1.3	
CLARIFICADOR SUR:	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
CLARIFICADOR OTE:	4.1	2.8	6.5	6.8	5.3	9.9	2.5	2.4	2.6	
CLARIFICADOR PTE:	3.9	2.9	7.4	7.4	4.0	10.4	3.3	3.2	3.2	
ACELERADOR NORTE:	3.0	5.2	3.0	3.7	5.0	6.5	3.2	3.0	3.0	
ACELERADOR SUR:	3.7	3.8	3.4	4.5	5.3	6.1	3.2	3.1	3.1	
ACELERADOR # 3	1.4	1.1	2.8	3.5	6.8	8.5	1.8	1.9	1.6	
ACELERADOR # 4	1.9	1.3	3.1	3.4	5.4	8.1	1.5	1.1	1.3	
ACELERADOR # 5	3.0	1.7	2.6	2.7	2.0	4.6	2.8	1.1	2.8	
ACELERADOR # 6	3.1	2.8	3.5	3.6	3.4	5.3	3.8	3.8	2.9	
BOMBA # 1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
BOMBA # 2	0.93	1.2	1.3	1.5	2.1	1.6	1.3	1.2	1.0	
BOMBA # 3	0.77	1.1	1.0	1.0	1.8	1.5	1.5	1.1	0.98	
BOMBA # 4	0.43	0.46	0.61	0.88	1.0	N.F	0.83	0.56	0.57	
BOMBA # 5	0.49	0.95	0.77	0.92	1.2	1.3	0.80	0.31	0.30	
BOMBA # 7	0.38	0.67	0.70	0.95	0.85	0.90	0.85	0.71	0.72	
BOMBA # 9	0.89	1.9	1.0	1.2	1.0	0.9	1.4	N.F	N.F	
LLAVE	2.7	2.7	1.9	1.8	2.4	/	2.0	1.8	1.9	

JEFE DE LABORATORIO



COMISION MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.

FECHA: 10 Enero de 1999

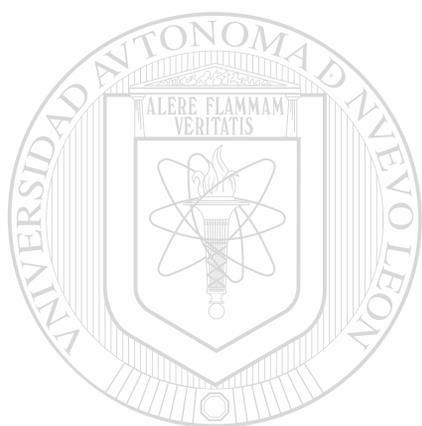
REPORTE DIARIO DE TURBIDEZ EXPRESADO EN (NTU)

MUESTRA:	TURNÓ MATUTINO			TURNÓ VESPERTINO			TURNÓ NOCTURNO		
HORA:	7:35	10:20	12:50	3:30	6:00	8:00	9:15	11:15	12:15
RIO:	13.4	13.7	14.4	10.8	12.7	12.4	17.2	15.4	15
CIUDAD:	1.3	1.6	1.1	1.6	0.88	0.70	1.0	1.5	1.1
CLARIFICADOR NORTE:	5.8	6.3	5.1	2.8	2.5	1.9	5.9	3.4	2.5
CLARIFICADOR SUR:	/	/	/	/	/	/	/	/	/
CLARIFICADOR OTE.:	5.9	12.6	9.7	5.4	4.6	5.5	2.0	3.1	2.4
CLARIFICADOR PTE.:	6.8	10.1	9.6	6.3	5.3	9.1	4.4	2.5	1.6
ACELERADOR NORTE:	3.9	5.8	4.5	5.0	4.7	5.3	4.2	3.5	3.4
ACELERADOR SUR:	6.1	6.1	5.1	4.6	8.3	5.7	3.4	2.4	2.8
ACELERADOR # 3	4.2	6.2	7.5	5.4	4.4	5.2	1.7	1.7	1.8
ACELERADOR # 4	3.0	6.3	7.0	5.0	4.0	3.9	2.3	1.8	1.4
ACELERADOR # 5	4.1	5.9	4.4	3.4	3.5	4.2	4.0	3.5	3.5
ACELERADOR # 6	5.5	5.5	6.5	4.4	4.5	3.6	6.0	5.5	5.1
BOMBA # 1	/	/	/	/	/	/	/	/	/
BOMBA # 2	2.1	1.9	2.1	1.5	1.0	1.5	2.4	1.8	1.2
BOMBA # 3	2.1	1.7	1.8	1.7	0.94	1.6	2.8	1.4	1.4
BOMBA # 4	0.99	2.4	1.6	1.3	1.0	/	1.3	1.9	0.8
BOMBA # 5	1.4	1.6	1.7	1.3	0.96	0.91	1.7	1.5	1.0
BOMBA # 7	/	/	/	/	/	/	/	/	/
BOMBA # 9	2.0	1.8	1.9	1.8	0.92	1.0	2.5	3.3	2.0
LLAVE	4.8	2.5	2.6	2.1	1.5	1.9	4.4	1.0	2.4

JEFE DE LABORATORIO

## APÉNDICE F

**REPORTES DE TURBIDEZ DE LABORATORIO DE COMAPA DURANTE EL AÑO 2001 (FLOCULADOR HIDRÁULICO).**



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

PROMEDIO DIARIO DE TURBIDEZ (NTU)-MARZO DEL 2001

DIA	CLARIFICADOR NORTE	CLARIFICADOR SUR	CLARIFICADOR ORIENTE	CLARIFICADOR PONIENTE	ACCELERATOR NORTE	ACCELERATOR SUR	ACCELERATOR 3	ACCELERATOR 4	ACCELERATOR 5	ACCELERATOR 6	OBSERVACIONES :
1	0.82	11.09	1.16	1.09	5.02	8.04	1.05	0.93	2.28	5.39	EN EL PRESENTE MES LA TURBIDEZ DEL
2	1.08	14.74	1.59	1.61	5.2	10.52	1.26	1.27	4.19	6.8	RIO BRAVO SE CATALOGO :
3	1.14	19.42	1.89	1.82	7.35	11.9	1.36	1.26	3.47	7.48	96.8 % BAJA (0-45 NTU)
4	5.8	15.3	2.1	2.22	5.07	11.92	1.62	1.52	3.52	7.25	3.2 % MEDIA (46-100 NTU)
5	1.78	19.78	2.0	2.26	4.74	12.92	1.38	1.7	2.98	6.94	
6	2.15	19.51	2.43	2.65	6.94	14.41	1.85	1.85	3.72	7.39	
7	1.77	19.92	2.74	2.72	6.92	14.12	1.96	1.66	3.06	6.01	
8	2.02	20.01	2.28	2.9	6.33	12.16	1.81	2.43	2.88	5.94	
9	2.13	19.57	2.28	2.41	7.06	12.33	1.91	1.8	3.03	5.61	
10	1.83	21.43	1.88	1.9	5.8	11.16	1.36	1.28	2.62	7.53	
11	2.35	19.6	1.5	1.28	5.8	10.8	1.42	1.26	2.97	6.62	
12	2.18	20.11	1.82	1.86	6.2	10.05	1.5	1.44	3.28	7.32	
13	1.66	20.78	1.41	1.54	5.5	9.84	2.5	1.46	3.01	6.84	
14	1.66	20.07	1.34	1.41	4.87	9.82	1.19	1.19	3.07	6.98	
15	1.9	23.66	1.37	1.67	6.62	11.32	1.41	1.86	3.14	7.58	
16	1.76	22.62	1.57	1.57	6.07	9.73	1.56	1.38	2.57	6.84	
17	1.62	20.96	1.53	1.28	6.01	10.42	1.45	1.14	2.5	6.03	
18	1.3	22.3	1.55	1.11	4.1	7.62	1.2	0.98	2.1	5.67	
19	3.02	22.2	1.9	2.36	6.58	10.2	1.74	1.56	3.4	8.66	
20	1.93	22.3	1.72	1.91	6.5	11.0	2.04	1.53	2.84	7.23	
21	1.54	23.88	1.58	1.92	6.25	11.82	1.84	1.48	3.05	7.11	
22	4.77	23.7	1.97	2.07	6.57	10.8	1.55	1.63	3.27	7.64	
23	1.57	19.7	1.94	1.2	5.54	8.77	2.85	1.43	3.0	7.21	
24	1.52	20.42	1.83	1.53	5.78	8.66	1.38	1.65	2.66	5.57	
25	2.05	26.4	2.57	4.32	4.67	8.05	2.45	2.52	3.95	4.07	
26	1.94	24.9	1.56	1.61	6.48	10.6	1.19	1.26	2.42	6.68	
27	2.01	34.7	1.6	1.64	5.81	12.0	1.18	1.07	2.5	9.14	
28	7.35	28.06	1.78	1.74	5.53	11.33	1.29	1.38	2.7	13.2	
29	0.97	17.33	1.09	1.05	4.58	7.83	0.76	0.87	1.58	4.84	
30	1.38	17.8	1.74	1.62	5.34	7.04	0.99	1.06	2.34	4.7	

PROMEDIO MENSUAL	2.18	21.07	1.79	1.87	6.86	10.57	1.56	1.46	2.93	6.87
------------------	------	-------	------	------	------	-------	------	------	------	------

\* LIMITE PERMISIBLE EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO = 5.0 NTU

PROMEDIO DIARIO DE TURBIDEZ (NTU) - ABRIL DEL 2001

DIA	CLARIFICADOR NORTE	CLARIFICADOR SUR	CLARIFICADOR ORIENTE	CLARIFICADOR PONIENTE	ACCELERATOR NORTE	ACCELERATOR SUR	ACCELERATOR 3	ACCELERATOR 4	ACCELERATOR 5	ACCELERATOR 6	OBSERVACIONES:
1	2.22	23.17	2.7	3.67	4.07	7.4	2.35	8.82	9.07	3.57	EN EL PRESENTE MES LA TURBIDEZ DEL
2	1.78	17.82	1.35	1.5	4.94	7.78	1.07	1	1.47	3.78	RIO BRAVO SE CATALOGO :
3	1.35	16.7	1.46	1.51	5.5	6.9	1.35	1.24	2.27	5.94	40 % BAJA (0-45 NTU)
4	1.47	23.74	1.6	1.88	5.66	7.53	1.16	1.3	2.66	6.31	60 % MEDIA (46-100 NTU)
5	1.24	25.61	1.28	1.38	5.04	6.94	0.91	1.18	2.88	6.06	
6	1.31	27.58	1.62	1.4	5.03	7.74	0.9	1.28	2.43	4.5	
7	1.86	30.25	1.05	0.79	5.53	7.5	0.97	1.29	1.55	2.68	
8	2.72	27.75	1.57	1.6	7.15	7.72	1.79	1.53	1.82	3.45	
9	2.32	27.86	1.1	1.11	6.26	8.1	0.88	1.00	1.28	3.8	
10	2.00	31.07	1.38	1.38	7.08	9.85	1.1	1.22	1.47	3.51	
11	2.11	32.96	1.93	2.4	6.73	10.61	1.41	1.53	1.52	3.62	
12	2.57	31.85	2.27	1.04	6.72	10.37	1.1	1.15	2.07	4.65	
13	2.37	33.73	1.78	1.6	7.56	8.81	1.58	1.6	2.31	3.81	
14	*	39.5	5.3	6.5	10.58	13.1	2.85	2.83	2.95	5.05	CLARIFICADOR EN MANTENIMIENTO
15	1.83	29.7	2.96	1.7	9.8	9.2	3.26	2.4	2.8	4.66	
16	1.47	29.9	2.52	2.2	8.0	9.55	1.77	2.22	2.77	4.77	
17	0.97	25.98	1.83	1.71	6.0	8.22	1.21	1.18	1.64	3.42	
18	0.93	33.9	1.64	1.64	6.0	7.61	1.19	1.14	1.82	3.85	
19	1.57	40.87	2.3	2.1	7.85	11.4	1.71	1.75	2.84	6.32	
20	1.09	32.6	2.06	1.75	7.28	10.2	1.43	2.03	2.4	4.51	
21	1.15	31.57	1.9	1.91	7.22	10.21	1.51	1.6	2.34	4.61	
22	1.43	28.0	1.76	1.47	6.52	8.37	1.51	1.43	2.07	3.97	
23	1.2	28.13	1.56	1.96	6.78	9.76	1.18	1.41	2.1	3.96	
24	1.19	30.04	1.6	1.52	5.48	8.32	1.12	1.17	1.77	4.61	
25	1.11	30.24	1.37	1.57	6.75	10.61	1.3	1.30	2.51	5.97	
26	1.09	28.35	2.14	1.7	5.55	10.41	1.2	1.23	1.93	4.51	A PRUEBA POLIMERO C-5560
27	1.93	30.58	3.35	3.21	5.33	12.1	2.26	2.27	2.07	4.02	
28	1.72	28.1	4.4	4.16	6.01	13.65	2.28	2.71	2.75	4.8	
29	2.77	28.15	4.47	4.6	6.2	10.26	4.15	4.42	3.5	5.05	
30	1.29	24.26	3.24	4.18	4.43	7.77	2.56	2.82	2.26	4.76	

PROMEDIO MENSUAL

1.6

29.09

2.18

2.17

6.46

9.26

1.63

1.9

2.45

4.48

\* LIMITE PERMISIBLE EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO = 5.0 NTU

PROMEDIO DIARIO DE TURBIDEZ (NTU) - MAYO DEL 2001

DIA	CLARIFICADOR NORTE	CLARIFICADOR SUR	CLARIFICADOR ORIENTE	CLARIFICADOR PONIENTE	ACCEL. NORTE	ACCEL. SUR	ACCEL. 3	ACCEL. 4	ACCEL. 5	ACCEL. 6	OBSERVACIONES:
1	0.98	31.4	2.52	2.58	4.71	7.94	1.58	1.58	3.40	4.82	
2	0.88	24.0	2.21	1.83	3.86	6.27	2.23	1.93	3.07	4.97	
3	0.67	26.3	2.14	2.23	4.10	6.44	1.83	2.07	3.80	8.37	
4	0.77	22.1	2.90	3.25	3.87	5.40	1.97	2.0	3.83	7.28	
5	1.15	26.0	4.33	5.08	6.33	9.20	3.15	3.15	4.46	6.87	
6	1.32	21.8	4.10	3.95	5.55	8.55	2.82	2.95	3.7	5.42	
7	1.82	33.0	4.90	4.24	6.50	8.64	2.78	3.52	4.44	7.32	
8	1.62	31.4	3.35	4.02	6.54	8.71	2.58	2.57	3.11	6.47	
9	2.26	45.8	6.07	6.74	8.78	11.98	4.87	4.98	12.5	16.42	
10	2.59	37.61	5.3	6.01	5.95	8.7	4.3	4.23	5.62	9.17	
11	1.22	19.04	4.0	3.74	35.8	6.42	2.3	2.42	4.2	8.5	
12	0.94	22.48	4.45	5.95	4.74	6.75	3.21	3.75	3.97	7.18	
13	1.18	27.1	3.15	3.35	5.44	8.28	2.28	3.95	6.28	9.9	
14	1.20	19.7	5.12	6.0	4.58	6.6	3.36	3.72	5.36	9.3	
15	1.06	16.37	4.95	6.18	3.77	5.08	3.8	3.46	4.68	6.7	
16	1.02	22.88	5.67	6.11	4.2	5.98	3.67	3.97	3.77	7.52	
17	1.18	19.07	5.67	7.24	4.17	6.11	3.91	3.91	6.02	10.65	
18	1.27	19.08	7.52	8.98	6.0	7.95	5.2	5.51	4.41	8.97	
19	1.28	17.6	8.14	9.27	5.92	7.87	6.4	5.68	3.97	7.7	
20	1.62	18.82	9.22	11.12	6.86	8.24	7.06	6.7	5.74	10.14	
21	1.04	16.74	6.08	7.50	5.36	6.5	4.66	4.5	4.76	8.54	
22	1.01	17.4	5.14	6.22	4.45	6.35	3.52	3.35	4.18	8.07	
23	1.02	17.4	5.5	6.78	4.78	6.17	4.21	4.18	2.98	5.25	
24	1.00	18.6	6.7	8.0	4.71	5.62	4.88	4.56	3.36	5.33	
25											
26											
27											
28											
29											
30											

PROMEDIO MENSUAL

1.25 23.73 4.96 5.68 6.54 7.32 3.6 3.69 4.65 7.95

## APÉNDICE G

### GLOSARIO

**Aíreador.** Aparato utilizado para introducir aire a alguna cosa.

**Bridas.** Anillo que une dos tubos.

**Catiónicos.** Iones de carga positiva que en la electrólisis va al cátodo.

**Cárcamo.** Estructura hueca para almacenamiento de agua.

**Cisterna.** Depósito subterráneo para agua llovediza.

**Clarificador.** Estructura utilizada para clarificar el agua.

**Coagulación.** Efecto de cuajar, solidificar un líquido.

**Chumaceras.** Cojinete del eje de una máquina.

**Dosificador.** Artefacto utilizado para graduar la dosis de una sustancia.

**Deflactar.** Quitar la inflación

**Flóculo.** Agrupación de partículas

**Floculador.** Estructura utilizada para producir flóculos.

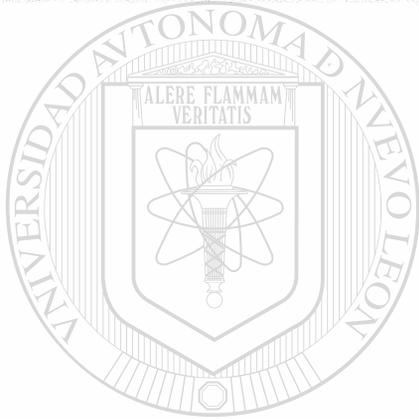
**Hidrolizarse.** Descomposición de ciertos compuestos por la acción del agua.

**Machihembrada.** Se dice de una superficie en que se ensamblan dos piezas de madera que encajan una en otra.

**Polímeros.** Isomería de los cuerpos formados por la reunión de varias moléculas en una sola, como ocurre con los ácidos cianúrico y cianúrico

**Sedimentador.** Estructura donde se lleva a cabo la sedimentación de partículas de agua.

**Turbidímetro.** Instrumento que sirve para medir la turbidez del agua.



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## **RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO**

**Juan Carlos Ernesto Aldapa Campos**

**Candidato para el grado de**

**Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental**

**Tesis: MEJORAMIENTO DE EFICIENCIA DEL FLOCULADOR DE PALETAS DE EJE HORIZONTAL, MEDIANTE CAMBIO A UN SISTEMA HIDRÁULICO DE FLUJO VERTICAL, EN LA POTABILIZADORA CENTRO DE LA CIUDAD DE NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS.**

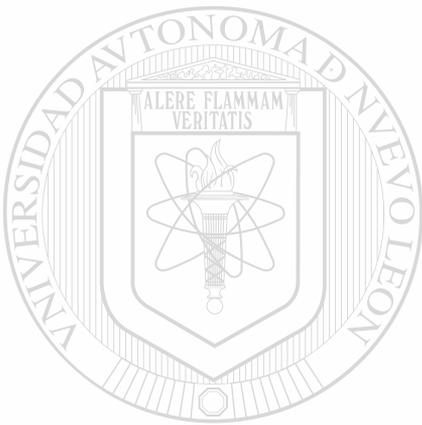
**Campo de Estudio: Ingeniería Ambiental.**

### **Biografía:**

**Datos personales: Nacido en la Ciudad de México, D.F. el 11 de Octubre de 1967, hijo de Ernesto Aldapa Beltran y María Alicia Campos Campos.**

**Educación: Egresado del Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo, Tamaulipas; grado obtenido: Ingeniero Civil, en 1989. Pasante de la Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental en la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León, obteniendo el primer lugar de su generación, en 1998.**

**Experiencia profesional.- Jefe de frente en El Proyecto Nucleoeléctrico Laguna Verde, Ver., en 1990. Residente de estimaciones y proyectos del proyecto de Saneamiento del Río Bravo, en Nuevo Laredo, de 1990 a 1993. Residente de proyectos y estimaciones en la Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Nuevo Laredo, de 1993 a la fecha. Maestro en el Cebetis No. 137 en Nuevo Laredo, de 1997 a 1998.**



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



