

011772ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTRUMENTACION Y AUTOMATIZACION EN LINEA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CHAPULTEPEC

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRA EN INGENIERIA (AMBIENTAL)

P R E S E N T A :

I.Q. ANGELICA OSTOA MONTES

DIRECTOR M. en I. LUIS ROBERTO VEGA GONZALEZ



14740x2

MEXICO, D. F.

ENERO DE 1999

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACION

D) DISCONTINUA.

## Jurado Asignado

Presidente	Dr. Pedro Martínez Pereda
Vocal	M. en I. Luis Roberto Vega González
Secretario	Dra. Georgina Fernández Villagómez
Suplente	M. en C. Constantino Gutiérrez Palacios
Suplente	M. en I. Ana Elisa Silva Martínez

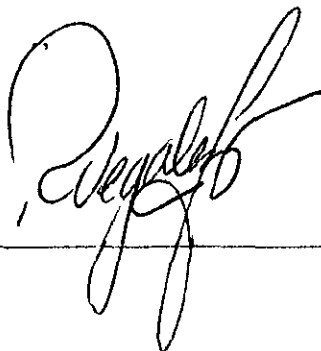
Sítio donde se desarrolló el tema:

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales "Chapultepec"

Oficina de la compañía: Ingenieros Consultores Ambientales (INCAM)

Director de Tesis:

M. en I. Luis Roberto Vega González



---

Sustentante

I. Q. Angélica Ostoa Montes



---

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al M. en I. Luis Roberto Vega González por su dirección y asesoría en este trabajo, gracias por su apoyo y amistad.*

*A los miembros del jurado: Dr. Pedro Martínez Pereda, Dra. Georgina Fernández Villagómez, M. en C. Constantino Gutierrez Palacios y M. en I. Ana Elisa Silva Martínez, por el tiempo dedicado y sus valiosos comentarios y sugerencias para mejorar este trabajo.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Instituto de Ingeniería por el apoyo económico otorgado durante mis estudios y en la realización de este trabajo de tesis.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México por las oportunidades que nos brinda para formarnos profesionalmente.*

*A todos los integrantes de INCAM, por su amistad, apoyo y ayuda, en especial gracias al M. en I. Eduardo Vega González.*

*A los Ingenieros Alejandro Márquez y David Sánchez por las enseñanzas y experiencias compartidas en el desarrollo del proyecto.*

*A los profesores y al personal de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería por sus enseñanzas y apoyo.*

*A los compañeros de la maestría por los buenos momentos compartidos.*

*A los operadores de la planta de aguas residuales "Chapultepec" por su ayuda.*

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Guadalupe y Rolando:*

*Gracias por todo su amor, apoyo, comprensión y por haber compartido la vida juntos. Los amo.*

*A mis abuelitos Chela y Rodolfo:*

*Por ser fuente inagotable de cariño, amor y apoyo. Gracias por sus consejos y enseñanzas.*

*A mi hermanita Moni:*

*Por todos estos años llenos de gratos momentos, gracias por tu cariño, confianza y amistad. Te quiero mucho.*

*A mis tíos, primos y sobrinos por todos los gratos momentos compartidos y su apoyo.*

*A mis amigos por tantos y tantos bellos recuerdos, gracias por sus consejos y apoyo en todo momento.*

*Gracias a Claudia y Ulises, Maru y Luis, Martha y Salvador, Fernando y Chuy, Pilar, Yolanda, Consuelo y Luis, Karina y Emiliano, Verónica, Pipo, Alberto, Laura..y a aquellos que en estos momentos sus nombres se van de mi memoria, a todos gracias.*

*A mis maestros por todas las enseñanzas que recibí a lo largo de mi vida académica*

*A aquellas personas que aunque ya no están aquí continúan vivas en mi memoria y en mi corazón.*

*A los que dedican sus vidas para luchar por un mundo en dónde exista la justicia y la igualdad.*

***A mi esposo José de Jesús:***

*Por compartir esta maravillosa experiencia que es caminar por la vida juntos y por el futuro lleno de sueños e ilusiones.*

*Gracias por todo el amor, el cariño, la comprensión y la confianza.*

*Con todo mi amor*

***Angélica***

*“...Supongamos, al hombre como hombre, y su relación con el mundo, en su aspecto humano, y podremos intercambiar amor sólo por amor, confianza por confianza... Cada una de nuestras relaciones con el hombre y con la naturaleza debe ser una expresión definida de nuestra vida real, individual, correspondiente al objeto de nuestra voluntad...”*

***Carlos Marx***

## ***Te Quiero***

*Tus manos son mi caricia  
mis acordes cotidianos  
te quiero porque tus manos  
trabajan por la justicia*

*Si te quiero es porque sos  
mi amor mi cómplice y todo  
y en la calle codo a codo  
somos mucho más que dos*

*Tus ojos son mi conjuro  
contra la mala jornada  
te quiero por tu mirada  
que mira y siembra futuro*

*Tu boca que es tuya y mía  
tu boca no se equivoca  
te quiero porque tu boca  
sabe gritar rebeldía*

*Si te quiero es porque sos  
mi amor mi cómplice y todo  
y en la calle codo a codo  
somos mucho más que dos*

*Y por tu rostro sincero  
y tu paso vagabundo  
y tu llanto por el mundo  
porque sos pueblo te quiero*

*Y porque amor no es aureola  
ni cándida moraleja  
y porque somos pareja  
que sabe que no está sola*

*Te quiero en mi paraíso  
es decir que en mi país  
la gente viva feliz  
aunque no tenga permiso*

*Si te quiero es porque sos  
mi amor mi cómplice y todo  
y en la calle codo a codo  
somos mucho más que dos*

***Mario Benedetti***



**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTRUMENTACIÓN  
Y AUTOMATIZACIÓN EN LÍNEA DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CHAPULTEPEC.”**

**ÍNDICE**

	<b>Página</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>1 CAPÍTULO: ANTECEDENTES DE INSTRUMENTACIÓN, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL EN PLANTAS DE TRATAMIENTO</b>	
1.1 Importancia del control y automatización de los procesos	4
1.2 El sistema de control de proceso	7
1.3 Señales de transmisión	9
1.4 Control y monitores del proceso	9
1.5 Terminología del control	11
<b>2 CAPÍTULO: RECAPITULACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS</b>	
2.1 Características del proceso de lodos activados	13
2.1.1 Funciones y características de los microorganismos en el tratamiento biológico	13
2.1.2 Variantes del sistema de lodos activados	15
2.2 Cinética del proceso	17
2.2.1 Fundamentos de la Cinética	17
2.2.2 Metodología para obtener las constantes de biodegradación y sustrato no biodegradable	18
2.2.3 Determinación de las constantes “a” y “b”, mediante la variación de la biomasa del reactor	20
2.2.4 Determinación de los parámetros de consumo de oxígeno	21
2.2.5 Producción de lodos	22
2.3 Balance de materia	23
<b>3 CAPÍTULO: DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE CHAPULTEPEC</b>	
3.1 Localización física y condiciones ambientales	26
3.2 Datos generales	26
3.3 Descripción de las unidades del proceso	26
3.4 Criterios básicos de la operación	28
3.5 Datos físicos de la planta	30
3.6 Diagrama de flujo de proceso	32
3.7 Balance de materia del proceso	32
3.7.1 Balance de materia condiciones de diseño	32
3.7.2 Balance de materia condiciones de operación	36

<b>4</b>	<b>CAPÍTULO: METODOLOGÍA PARA MODERNIZAR LA INSTRUMENTACIÓN</b>	
4.1	Generalidades	39
4.2	Sistema de medición	39
4.3	Centro de control	43
4.4	Sistema de control por microprocesador	44
4.5	Bases de diseño	45
4.5.1	<i>Diagrama de Tuberías e instrumentación</i>	45
4.5.2	<i>Control lógico de equipo con motores</i>	45
4.5.3	<i>Control analógico</i>	47
4.5.4	<i>Índice de instrumentos</i>	47
4.5.5	<i>Lista de entradas/salidas al sistema de control</i>	47
4.5.6	<i>Hojas de datos</i>	47
4.5.7	<i>Diagramas de ajuste de nivel y lista de puntos de ajuste</i>	47
4.5.8	<i>Típicos de instalación</i>	47
<b>5</b>	<b>CAPÍTULO: CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL SISTEMA PROPUESTO</b>	
5.1	Generalidades	48
5.2	Simbología	48
5.3	Diagrama de tubería e instrumentación	49
5.3.1	<i>Diagrama Unidad 1</i>	49
5.3.2	<i>Diagrama Unidad 2</i>	50
5.4	Diagramas de control lógico	53
5.5	Diagramas de control analógico	56
5.6	Índice de instrumentos	57
5.7	Perfiles de oxígeno disuelto	61
<b>6</b>	<b>CAPÍTULO: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO</b>	
6.1	Generalidades	68
6.2	Estudio de factibilidad	68
6.2.1	Primer nivel de evaluación: "Evaluación Social y de Servicio"	69
6.2.2	Segundo Nivel de evaluación: "Evaluación económica"	69
6.3	Determinación de áreas de beneficio	69
6.4	Análisis Económico Financiero	73
6.4.1	Valor presente neto (VPN)	74
6.4.2	Relación costo-beneficio	75
6.4.3	Análisis Económico-Financiero de la inversión	77
6.4.4	Análisis Económico Financiero de los beneficios	78
6.5	Resultado del análisis económico financiero	79
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>82</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>84</b>

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Clasificación de los microorganismos.  
Tabla 2. Variantes del sistema de lodos activados  
Tabla 3. Nomenclatura utilizada por la ISA  
Tabla 4. Matriz de "Satisfacción a la comunidad por el proyecto de modernización de la I&C de la PTAR Chapultepec"  
Tabla 5 Cotización para el proyecto de instrumentación y automatización PTAR Chapultepec

## LISTA DE FIGURAS

- Fig.1. Red PLC/PC para el control y monitoreo del proceso  
Fig.2. Sistema de control de proceso  
Fig.3. Modalidades del proceso de lodos activados.  
Fig.4. Determinación de las constantes de proporcionalidad,  $k$ , de biodegradación,  $K$  y sustrato no biodegradable,  $S_n$ .  
Fig.5. Determinación de las constantes  $a$  y  $b$ , mediante la variación de biomasa del reactor.  
Fig.6. Determinación de los parámetros  $a'$  y  $b'$  de consumo de oxígeno.  
Fig.7. Diagrama del balance de materia.  
Fig.8. Diagrama de flujo de proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales Chapultepec.  
Fig.9. Diagrama del balance de materia Unidad II (Condiciones de diseño).  
Fig.10 Diagrama del balance de materia Unidad II (Condiciones de operación).  
Fig.11. Diagrama del balance de materia Unidad II (Condiciones de operación).  
Fig.12. Ubicación en planta de los puntos de medición de  $O_2$  disuelto en la unidad I  
Fig.13. Ubicación de perfil de la profundidad de los puntos de medición de  $O_2$  disuelto en el tanque de aireación I  
Fig.14. Ubicación en planta de los puntos de medición de  $O_2$  disuelto en la unidad II  
Fig.15. Ubicación de perfil de la profundidad de los puntos de medición de  $O_2$  disuelto en el tanque de aireación II  
Fig.16. Enfoque sistémico de entradas-salidas a la PTAR Chapultepec

## LISTA DE PLANOS

- Plano No.1 Plano de Simbología (ISA)  
Plano No.2 Diagrama de Tubería e Instrumentación Unidad 1  
Plano No.3 Diagrama de Tubería e Instrumentación Unidad 2

## INTRODUCCIÓN

La planta de tratamiento de aguas residuales "Chapultepec", fue la primera planta construida por el Departamento del Distrito Federal, D.D.F., (Ahora Gobierno del Distrito Federal) en la Ciudad de México en el año de 1956. Está diseñada para tratar hasta 160 lps, de las aguas provenientes de las colonias vecinas, con el objeto de usar el agua para riego de jardines y llenado de los lagos de Chapultepec.

Al incrementarse las descargas de agua residual con el elevado crecimiento urbano, se inició la etapa de construcción de otras plantas de tratamiento ubicadas en diversas delegaciones de la ciudad. Sin embargo, su construcción no ha sido proporcional al crecimiento de las descargas de agua residual, por lo cual, en la actualidad, se cuenta con un déficit.

Posteriormente, en la década de los años ochenta, la Dirección de Construcción y Operación Hidráulica (D.G.C.O.H.) implementó un "Sistema de Tratamiento y Reuso de Agua", con el objeto de incrementar y diversificar el uso del agua tratada. Además de utilizarla en el riego de áreas verdes, es posible utilizarla (si se cuenta con parámetros físicos, químicos y biológicos aceptables) en el riego de zonas agrícolas, para la inyección en pozos de recarga del acuífero, en el lavado de automóviles y también en diversos sectores industriales.

En la actualidad, en varios países del mundo, principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica y en algunos países Europa, existe la tendencia a utilizar la tecnología para instrumentar, automatizar y controlar las plantas de tratamiento de aguas residuales, tanto domésticas como industriales, pues esto repercute en diversos beneficios. Se tienen reportes de diversas plantas en E. U., que se empezaron a instrumentar en la década de los años setenta y ochenta, y que han tenido ahorros desde 125,000 hasta 600,00 dls. por año, dependiendo de su capacidad. Por ello, es necesario visualizar a las plantas de tratamiento como si fueran una planta de proceso, y de esta forma plantear las estrategias adecuadas, para implementar la instrumentación y el sistema de control.

De las plantas que opera el D.D.F., la única que se diseñó con instrumentación y sistema de control fue la de San Luis Tlaxiátemalco en la delegación Tláhuac, la cual inició su operación en 1989 y, sin embargo, la operan manualmente, debido a que no se le dio capacitación al personal ni mantenimiento a los equipos e instrumentación. Por esta razón surge la necesidad de realizar un proyecto, que tenga por objetivo el modernizar una planta de tratamiento de agua residual, es decir, para este caso en especial es necesario determinar la factibilidad económica, que apoye invertir en un proyecto diseñado para instrumentar, automatizar y controlar la planta de tratamiento de aguas residuales de Chapultepec.

Es importante determinar si este tipo de proyectos es rentable. De ser así, se podría a mediano plazo, planear la ejecución y con esto se incrementaría el presupuesto para la planeación de la modernización de las demás plantas de tratamiento que opera el D.D.F. Esto permitirá incrementar los volúmenes de agua tratada, la calidad de las mismas y su eficiencia; obteniendo de esta forma beneficios económicos y ahorros.

A continuación se resume el contenido de los capítulos de este trabajo. En el primer capítulo se describen los problemas que se presentan al instrumentar una planta, las ventajas o mejoras que se obtuvieron, las precauciones que deben tenerse en un proyecto de este tipo, así como la evolución de algunos sistemas de control; además de destacar la importancia que tienen en la actualidad los sistemas de control y se describe su funcionamiento. En el siguiente capítulo, se describe de manera general algunos conceptos importantes del proceso biológico de lodos activados. En el tercer capítulo, se

presenta el diagrama de flujo y los balances de materia realizados para la misma. Posteriormente, en el cuarto apartado, se menciona la metodología a seguir para instrumentar y automatizar la planta, aquí se proporcionan las especificaciones para cada uno de los equipos de medición, transmisores y accesorios, así como las secuencias de operación de los mismos y las especificaciones del sistema de control. En el quinto capítulo se presentan las características específicas del sistema propuesto, se muestran los diagramas de tubería e instrumentación realizados para ambas unidades de la planta, así como la descripción de los diagramas respectivos de control lógicos y analógicos; por otra parte también se presenta el desarrollo experimental que se realizó para obtener los perfiles de oxígeno disuelto en ambos tanques de aireación, con el objeto de justificar la implementación del sistema de control. El último capítulo contiene la información de los costos del equipo necesario, así como de refacciones, reactivos, etc., para posteriormente plantear el análisis económico del proyecto y presentar las diversas alternativas que se consideran. Por último se presentan las conclusiones.

Es necesario mencionar que el desarrollo de este trabajo se logró a pesar de la escasa información de algunos equipos que se encuentran en operación, modificaciones de líneas de tubería que no se encuentran en los planos, cambios en la filosofía de operación, entre otras.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Elaborar un estudio de factibilidad técnico-económica, para la instrumentación, el control y el monitoreo de la planta de tratamiento de aguas residuales “Chapultepec”, aprovechando los equipos mecánicos y eléctricos ya instalados para su utilización a máxima capacidad, mejorando su eficiencia de operación en lo posible y detectando áreas de oportunidad para la obtención de una relación beneficio-costos.

### **Objetivos Particulares:**

1) Desarrollar un diagnóstico actual de los parámetros físicos y la operación de la planta de Chapultepec, es decir, específicamente se obtendrán:

- Datos físicos y levantamiento general de las unidades de la planta.
- Criterios de operación actual
- Diagrama de Flujo de Proceso
- Balance de Materia
- Perfil de oxígeno disuelto en los tanques de aireación

2) Plantear una propuesta de las características específicas del sistema, en particular:

- Diagramas de Control Lógico
- Diagramas de Control Analógico
- Diagramas de Tubería e Instrumentación

3) Proponer soluciones alternativas para el mejoramiento del funcionamiento de algunos sistemas de la planta de tratamiento de aguas residuales “Chapultepec”:

- Control de la aireación
- Dosificación de Hipoclorito de Sodio
- Administración y gestión de los datos obtenidos de la operación de la planta

### **Alcances:**

Los alcances de este estudio consideran la propuesta de instrumentación, automatización y control de la planta de tratamiento de aguas residuales “Chapultepec”; sin embargo, no se realizará el proyecto ejecutivo. Asimismo, no se incluyen modificaciones de operación, de estructura civil e instalaciones eléctricas.

En relación a la adaptación del sistema de control de la aireación, se presenta la limitante de no poder realizar pruebas de campo ni una evaluación práctica, sino que la propuesta se presenta a un nivel conceptual o teórico.

En este trabajo se sugiere implementar sistemas de control digital y analógico, con base en experiencias a nivel internacional aportadas en la literatura.

# 1      **CAPÍTULO: ANTECEDENTES DE INSTRUMENTACIÓN, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL EN PLANTAS DE TRATAMIENTO**

## **1.1 Importancia del control y automatización de los procesos**

Desde la década de los años 70 se han realizado diversos esfuerzos por difundir artículos y publicaciones referentes a la importancia del control y la automatización de los procesos de tratamiento de aguas residuales, de esta forma la instrumentación y los sistemas de control son usados en las plantas de tratamiento de agua -potable, residual doméstica y residual industrial- para garantizar una buena calidad, para optimizar el proceso y para minimizar costos.

La instrumentación, el control y los niveles de automatización en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales han tenido un fuerte crecimiento e impacto pues han surgido de la “necesidad de incrementar la productividad en la industria del tratamiento de aguas residuales” (Manning, 1990). La mayoría de los trabajos documentados sobre proyectos de automatización y control, ha sido realizada por ingenieros o firmas especializadas , en países desarrollados. Por ejemplo éste autor proporciona datos de dos plantas en Indianapohls que han trabajado instrumentadas y automatizadas desde 1982, pero las estrategias de control fueron mejoradas con la introducción de sistemas de control lógicos programables, PLC (Programmable Logic Controler) y las computadoras personales, desde entonces han tenido grandes beneficios económicos; para este autor el siguiente nivel de aplicación de la tecnología serán los sistemas completamente integrados.

Uno de los artículos que proporciona un amplio panorama acerca de este tema es el publicado por Sweeney (1991), en él se pueden encontrar decenas de reportes en los cuales se habla de la instrumentación, la automatización y el control de las plantas de tratamiento de aguas residuales, tanto domésticas como industriales; pueden encontrarse ejemplos de aplicación en procesos biológicos aerobios y anaerobios, así como para el tratamiento de los lodos de desecho. Por otra parte una publicación similar a la anterior describe las investigaciones realizadas en la optimización, el modelaje y la automatización en los sistemas de tratamiento de aguas residuales; con la descripción de estos trabajos se presentan los campos de estudio que se involucran al estudiar estos sistemas, Truax (1995).

El trabajo de Camilleri (1988) es una interesante descripción de la automatización gradual y la planeación necesaria, para monitorear y controlar una planta de tratamiento, en el pueblo de Tonawanda en Nueva York. Menciona que las ventajas que proporciona la automatización incluyen “reducción de los costos de operación de la planta así como del número de operadores, mayor control del proceso, además de rápidos y mejores indicadores de disturbios y problemas”. Comenta como fue ejecutada esta instrumentación de acuerdo a sus necesidades, y concluye comentando: “creemos que el ahorro en los costos será sustancial, además de que conocemos exactamente cómo fue diseñado el sistema, cómo trabaja, y dónde está localizado cada componente y equipo, todo esto nos beneficiará en la operación, mantenimiento y alteraciones (cuando sean necesarias) del sistema”.

Una de las áreas que proporciona el beneficio mayor es el ahorro de energía cuando se cuenta con un sistema de control para la aereación en los sistemas de lodos activados, dicho ahorro puede ser desde un 20 hasta un 40%. La empresa “Capital Controls Company” proporciona información, mediante folletos y en Internet, acerca de este tema; se menciona: “La fase de aereación del proceso de lodos activados consume altos volúmenes de electricidad... en promedio son de 16 kW hora por año para la aireación de lodos activados y 32 kW hora por año para el sistema con aireación extendida. Esto representa del 60 – 80% de la energía total utilizada en el proceso”, por esta razón ellos proponen un sistema de control para poder reducir la cantidad de energía consumida. En este artículo, se muestra

gráficamente el resultado de las mediciones de la concentración de oxígeno disuelto, en un sistema controlado y otro sin control; se observa que la curva de variación del oxígeno requerido en el sistema controlado es muy semejante al que se está midiendo *in situ*, mientras que en el sistema que no se tiene control se presenta una sobre-aeración del sistema. Esta compañía proporciona información acerca de las diversas estrategias de control que pueden tenerse en un sistema, dependiendo del tipo de sistema que se trate, para obtener los máximos ahorros con el menor número de interferencias.

Mendelsohn (1994) relata el desarrollo tecnológico que ha realizado “Energy Strategies Corp. o ESCOR”, otra compañía que ha trabajado con sistemas de control para plantas de tratamiento de aguas residuales, los ingenieros Tom Jenkis y Bill Kovalcik se dieron a la tarea de desarrollar e implementar algoritmos de control, integrar cualquier número de piezas diferentes de equipo de una planta de tratamiento, en una sola estrategia de control. Además otro de los objetivos fue crear un sistema que pudiera trabajar en situaciones de humedad alta, calor, polvo y que además pudiera eliminar controladores y transmisores independientes. Los programas desarrollados por ellos fueron realizados utilizando el lenguaje de programación “Quickbasic” lo cual hizo que el sistema fuera versátil.

En lo que se refiere a sistemas de control se pudieron encontrar diversas propuestas, Gilman y Thompson (1992), presentan un artículo en el cual describen algunos de los obstáculos más comunes para la automatización de las plantas y muestran como los controladores lógicos programables han encontrado un lugar en esta industria demandante. La importancia del artículo radica en que proporciona de manera breve y clara los requerimientos para implementar el sistema de control, muestra como deben ser las redes PLC/PC (Programable logic controllers / Programable computers) para el monitoreo y el control de las unidades de proceso, y sugiere que se deben prever las expansiones a futuro. Señalan que: “el diseño y la especificación del sistema de control debe ser flexible, modular y expandible, además de seguir los estándares para la industria”. De esta forma lo que se requiere para el sistema de control y monitores de la planta es:

1. Instalación en etapas, integrada por pasos
2. Estado del arte de los sistemas digitales
3. Área de control integrada a una red de comunicación distribuida
4. Red de comunicación expandible
5. Simplificación, panel de control hecho para los operadores
6. Estándares industriales en software y hardware
7. Respaldo del control manual local
8. Componentes industriales
9. Controles operacionales de seguridad
10. Estación de trabajo con computadoras personales para la administración de datos, almacenamiento y respaldo de información

El sistema es definido como una red de controladores lógicos programables (PLC) y computadoras personales (PC's) como se muestra en la figura 1. Los PLC's son programados para:

- ❖ Comunicarse con los sensores, contactos y controles
- ❖ Organizar y almacenar la información de entrada/salida ( input/output = I/O) y
- ❖ Ejecutar los algoritmos de control

El PLC, sus interfases con las entradas/salidad (I/O) y el panel de control para los operadores componen los elementos primarios del sistema. En las plantas de tratamiento de aguas residuales las funciones de una PC operando en paralelo con un PLC incluyen:



1. Alarmas
2. Mantenimiento de la base de datos, almacenaje y respaldo
3. Despliegado de gráficas de proceso
4. Tendencias de las variables de proceso
5. Almacenaje del software del PLC
6. Almacenaje de datos históricos
7. Entrada manual de datos
8. Generación de reportes periódicos por jerarquía
9. Control estadístico de calidad del agua
10. Registro del tiempo de operación del equipo
11. Mensajes preventivos para los operadores
12. Diagnóstico
13. Mantenimiento preventivo del sistema de administración

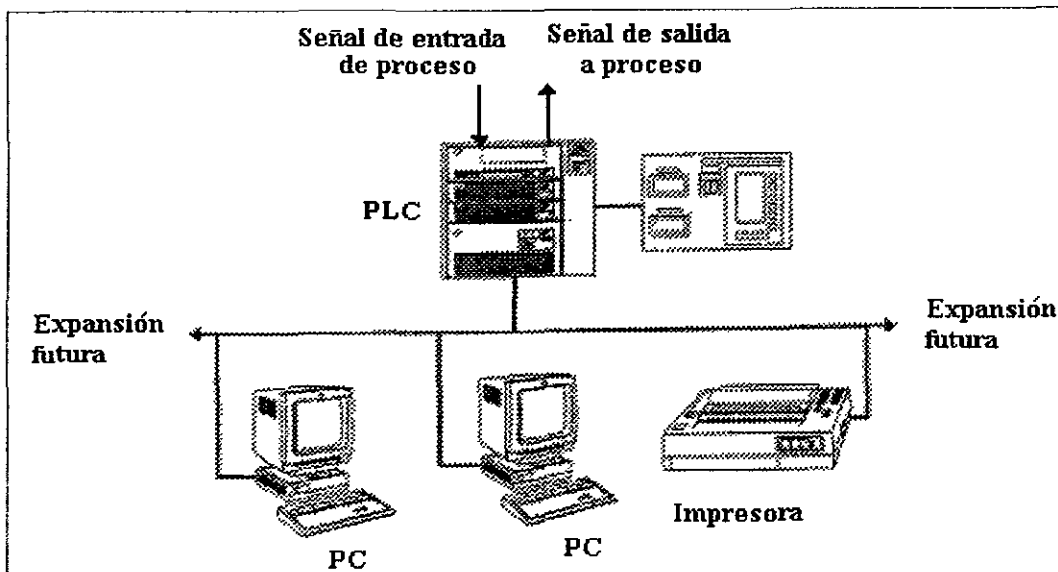


Fig. 1 Red PLC/PC para el control y monitoreo del proceso

De esta forma el artículo muestra como trabaja un sistema de PLC acoplado a una o varias PC's, con la ventaja que este sistema puede crecer y expandirse como se requiera. Otro punto importante que menciona el artículo es que deben tomarse en cuenta las condiciones que prevalecen en una planta de tratamiento como son: humedad alta, líquidos corrosivos, gases corrosivos, polvo en grandes cantidades, variaciones de la corriente eléctrica e interferencias electromagnéticas entre otras, por lo cual recalca que es necesario tomar en cuenta esto para la correcta especificación de las cubiertas que deberán ser de acero inoxidable o aluminio. Para la protección del PLC de la atmósfera corrosiva, se requiere una atmósfera con aire limpio, lo cual puede lograrse con filtros en el sistema de acondicionamiento de aire.

Por otra parte, encontramos también numerosas patentes que han desarrollado equipos especiales para el tratamiento de aguas residuales e industriales, algunas de ellas se desarrollaron para la medición y el control de nivel y flujo, para el tratamiento de compuestos orgánicos volátiles, para monitorear y controlar la actividad biológica en las plantas de tratamiento, para la eliminación de algunos compuestos tóxicos, para controlar la cantidad de nitrato y fosfato en el efluente, etc.

Resumiendo, se puede mencionar que se han realizado una gran cantidad de investigaciones en lo que se refiere a la instrumentación, automatización y el control de las plantas de tratamiento de aguas residuales, y que estas investigaciones seguirán su curso para hacer que estos sistemas trabajen óptimamente, con la filosofía de tener los costos más bajos y una buena calidad de agua.

En México existen numerosas plantas de tratamiento de aguas residuales en algunos de los estados, *que cuentan con diferentes niveles de instrumentación y automatización*. Desafortunadamente en nuestro país no hay estudios ni referencias donde se documente la forma en que dichos sistemas han mejorado la eficiencia de las plantas de tratamiento.

Antes de detallar el tipo de instrumentación y control requerido en una planta de tratamiento de agua, se presentará a manera de resumen algunos conceptos y definiciones importantes.

## 1.2 El sistema de control de procesos.

Para demostrar la necesidad del control automático de los procesos, Smith y Corripio (1991) afirman que *“el objetivo del control automático de procesos es mantener en determinado valor de operación las variables del proceso”* *“puesto que los procesos son de naturaleza dinámica, en ellos siempre ocurren cambios y si no se emprenden las acciones pertinentes, las variables importantes del proceso, es decir, aquellas que se relacionan con la seguridad, la calidad del producto y los índices de producción, no cumplirán con las condiciones de diseño”*.

Además de lo anterior, al emplear instrumentos de control automático disminuye la mano de obra, se uniforma la producción y aumenta la capacidad del equipo, al mantener estables las variables que intervienen. Al eliminar variaciones en la producción se opera el equipo a su máxima capacidad, permitiendo instalaciones más pequeñas y, con todo ello se reducen costos.

En un sistema de control los cuatro componentes básicos son:

1. Sensor, que también se conoce como elemento primario.
2. Transmisor, el cual se conoce como elemento secundario.
3. Controlador, que es el “cerebro” del sistema de control.
4. Elemento final de control, frecuentemente se trata de una válvula de control aunque también pueden usarse las bombas de velocidad variable, los transportadores y los motores eléctricos.

La importancia de estos componentes estriba en que realizan las tres operaciones básicas que deben estar presentes en todo sistema de control; estas operaciones son:

1. Medición (M) : La medición de la variable que se controla se hace generalmente mediante la combinación de sensor y transmisor.
2. Decisión (D) : Con base en la medición, el controlador decide qué hacer para mantener la variable en el valor que se desea.
3. Acción (A) : Como resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una acción en el sistema, generalmente, es realizada por el elemento final de control.

De esta forma un sistema instrumentado contiene un sensor y un transmisor, los cuales están acoplados a un indicador, registrador o controlador (o a los tres); estos dispositivos pueden ser

mecanismos simples o complejos, actuar solos o interactuar con otros elementos del sistema. (Fig. 2)  
Este puede ser una computadora que opere y controle toda la planta.

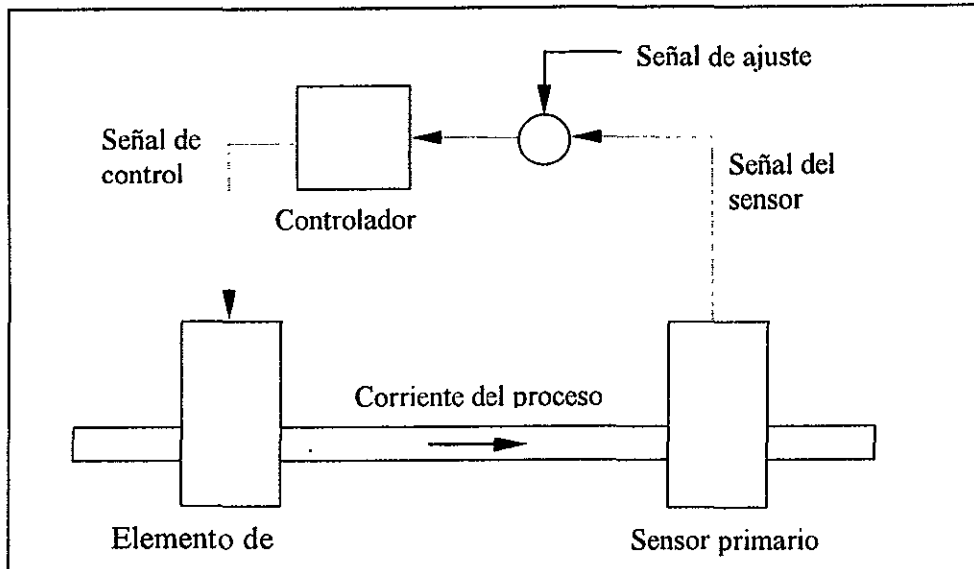


Fig. 2 Sistema de control de proceso

Ahora bien, es necesario definir algunos de los términos que se usan en el campo del control automático de procesos. El primer término es variable controlada, ésta es la variable que se debe mantener o controlar dentro de algún valor deseado. El segundo término es punto de control, el valor que se desea tenga la variable controlada. La variable manipulada es la variable que se utiliza para mantener a la variable controlada en el punto de control. Finalmente, cualquier variable que ocasiona que la variable de control se desvíe del punto de control se define como perturbación o trastorno.

Los siguientes términos también son importantes. Circuito abierto o lazo abierto, se refiere a la situación en la cual se desconecta el controlador del sistema, es decir, el controlador no realiza ninguna función relativa a cómo mantener la variable controlada en el punto de control: otro ejemplo en el que existe control de circuito abierto es cuando la acción (A) efectuada por el controlador no afecta a la medición (M). Control de circuito cerrado se refiere a la situación en la cual se conecta el controlador al proceso; el controlador compara el punto de control (la referencia) con la variable controlada y determina la acción correctiva. Los circuitos cerrados se dividen en dos grupos:

#### Control de retroalimentación:

En el sistema de control de circuito cerrado, la información sobre la variable controlada se vuelve a alimentar como base para controlar una variable de proceso, de donde se designa como "control de retroalimentación o alimentación inversa de circuito cerrado". Esta retroalimentación se logra a través de la acción de un operador (control manual) o por medio de instrumentos (control automático).

#### Control de alimentación directa:

El control de alimentación directa es de empleo general. Las perturbaciones del proceso se miden y compensan sin esperar a que un cambio en la variable controlada indique que ha ocurrido una perturbación. El control de alimentación directa es muy útil también en los casos en que la variable controlada final no se pueda medir.

Es muy raro encontrar modelos y controladores perfectos, de manera que es más conveniente utilizar una combinación de control de retroalimentación y alimentación directa. La configuración de un controlador que proporciona el punto de ajuste para otro controlador se conoce como control de cascada y se emplea comúnmente en el control por retroalimentación.

### 1.3 Señales de transmisión

Las señales que se utilizan para la comunicación entre los instrumentos de control son de tres tipos: La primera es la señal neumática o presión de aire, que normalmente abarca entre 3 y 15 psig, con menor frecuencia se usan señales de 6 a 30 psig ó de 3 a 27 psig. La señal eléctrica o electrónica, normalmente toma valores entre 4 y 20 mA; el uso de 10 a 50 mA, de 1 a 5 V o de 0 a 10 V es menos frecuente. El tercer tipo de señal, el cual se está convirtiendo en el más común, es la señal digital o discreta (unos y ceros); el uso de los sistemas de control de proceso con computadoras grandes, minicomputadoras o microprocesadores hace que cada vez sea mayor el uso de este tipo de señal.

Frecuentemente se necesita cambiar un tipo de señal por otro, esto se hace mediante un transductor, por ejemplo, si se necesita cambiar de una señal eléctrica, mA, a una neumática, psig, se utiliza un transductor (I/P) que transforma la señal de corriente (I) en neumática (P). Existen muchos otros tipos de transductores: neumático a corriente (P/I), voltaje a neumático (E/P), neumático a voltaje (P/E), etcétera. A continuación se presenta los tipos de señales y la letra correspondiente que los identifica.

Designación	Señal
E	Voltaje
H	Hidráulico
I	Corriente
P	Neumático
R	Resistencia
O	Electromagnético o sónico
A	Analógico
D	Digital

### 1.4 Control y monitoreo del proceso

Puesto que la naturaleza de un proceso determina el tipo de control que debe aplicarse, las características básicas de los procesos de tratamiento de las aguas residuales son importantes. En general los parámetros a medir pueden ser divididos en distintas clases:

- ◆ Composición, como pH, turbidez
- ◆ Físicos, como nivel y flujo
- ◆ Mecánicos, como velocidad de bombeo y posición de válvulas
- ◆ Químicos, como dosificación de compuestos

Cuando se diseña el sistema de control de procesos, las necesidad de cada uno de estos aspectos debe ser considerada, además del tipo de control, las técnicas de muestreo y la localización física de los equipos.

Los equipos que están en contacto directo con las mediciones que se realicen en el proceso y que responden a los cambios en el medio, son los sensores o elementos primarios. Estos cambios, que pueden ser de tipo mecánico, químico o eléctrico, son generalmente de magnitudes pequeñas, y se convierten a través de señales establecidas al formato estándar de señales analógicas de 4 a 20 mA. La señal estandarizada puede ser transmitida hacia los indicadores, registradores y totalizadores, así como también a la computadora.

Se debe tener especial cuidado en la selección de los elementos sensores para asegurar que se eligieron adecuadamente para resistir al ambiente en donde se instalarán, por tanto deben de considerarse aspectos del ambiente como la temperatura, el grado de humedad, las vibraciones y el polvo.

Los sensores o elementos primarios más frecuentemente utilizados en el tratamiento de aguas residuales domésticas se utilizan en las siguientes mediciones:

- ♦ **Medición de flujos.**- Es la determinación más importante que debe ser medida en una planta de tratamiento de agua. Para efectuar los trabajos de diseño y control se debe estar familiarizado con los diferentes dispositivos de medición de flujos y contar, además, con los conocimientos básicos de las ecuaciones de flujo.

Los dispositivos para la medición de flujos se listan a continuación:

Tipo presión diferencial

Tubo Venturi

Placa de orificio

Medidores de propela o turbina

Medidores de flujo magnético

Medidores de flujo ultrasónico

Medidores tipo vortex

Medidores de área variable (rotámetros)

Canales Parshall y vertedores

- ♦ **Medición de nivel.**- Es una medida importante en una planta de tratamiento de aguas residuales. Se puede realizar con diversos dispositivos como son:

Tubo de burbujas

Caja de diafragma

Flotador con cable

Detector de nivel ultrasónico

- ♦ **Presión.**- La medición de presión es una variable importante para el buen funcionamiento de bombas y turbosopladores. El cálculo de presión es activado mecánicamente por un detector de presión y puede indicar la presión de descarga y la presión de succión en las tuberías. En la determinación de flujo la diferencia de presiones es utilizada para encontrar la velocidad del líquido. Las mediciones de presión pueden ser:

\* Presión manométrica, referida a la presión atmosférica

\* Presión absoluta, referida al vacío absoluto

\* Diferencia de presión, referida a otra presión

En la selección de un dispositivo sensor, para una aplicación determinada, es necesario conocer el intervalo de presión manejada, así como también deben ser dadas las condiciones ambientales, la localización del instrumento y la vibración potencial.

- ◆ **Temperatura.**- Es una medida que debe realizarse tanto al agua en tratamiento como a los equipos, en particular las bombas y los motores para la aereación. Existen diferentes formas de medir la temperatura:
  - \* Termómetros
  - \* Termocoples (T/C)
  - \* Detector de temperatura por resistencia
  - \* Termistor
- ◆ **Turbiedad.**- Este parámetro es un indicador de la cantidad de sólidos suspendidos en el flujo, lo que nos indica la eficiencia del tratamiento. La medición depende de la dispersión de un rayo de luz proyectado a través de una muestra de fluido. La cantidad de luz atenuada o dispersada, es el resultado del contenido de sólidos en suspensión. En un turbidímetro una lámpara proporciona un rayo de luz para la medición, y las fotoceldas están localizadas para detectar la luz transmitida o dispersada y convertirla en una señal eléctrica proporcional a la turbidez.
- ◆ **Cloro residual.**- La cloración, es uno de los métodos de desinfección ampliamente utilizados en el tratamiento de agua residual. La aplicación del cloro se realiza en el efluente, y se utiliza un controlador por retroalimentación. El uso de un analizador de cloro residual en un circuito de lazo cerrado retroalimentado, ha mejorado la eficiencia de la cloración en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Los métodos de análisis de cloro residual en línea son colorimétrico o amperométrico.

El análisis colorimétrico se realiza mezclando un reactivo que proporciona un color característico, el cual es proporcional a la cantidad de cloro presente. Una fotocelda convierte la luz en una señal de salida. En el análisis amperométrico, se utiliza un buffer para el control del pH de la muestra, después los electrodos son utilizados para generar una diferencia de corriente proporcional al cloro presente en la muestra.

Ambos métodos requieren de una periódica limpieza de sus partes y el uso de reactivos químicos. El analizador amperométrico es más caro.

- ◆ **pH.**- La medición de pH proporciona un valor de la acidez o alcalinidad de la solución en una escala de 1 a 14. El valor del pH es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ) en la solución. Los instrumentos utilizados son dos electrodos y un sensor de temperatura:
  - \* electrodo de pH
  - \* electrodo de referencia
  - \* sensor de compensación por temperatura.

### 1.5 Terminología del control

- ◆ **El proceso:** Comprende las funciones colectivas realizadas en y por el equipo, en el cual la variable va a ser controlada, sin incluir en el equipo ningún elemento de control.
- ◆ **Variable controlada:** Ésta es la variable que se debe mantener o controlar dentro de algún valor deseado.
- ◆ **Medio controlado:** Es aquella energía o material del proceso en el cuál la variable es controlada.
- ◆ **Variable manipulada:** Es la variable que se utiliza para mantener a la variable controlada en el punto de control (punto de fijación o de régimen); de modo que afecta al valor de la variable controlada, eliminando el error.

- ◆ **Agente de control:** Es aquella energía o material del proceso en el cual la variable manipulada es una condición o característica.
- ◆ **Controlador automático:** Dispositivo que mide una cantidad o condición variable, que opera para *corregir o limitar la cantidad que la condición actual de la variable controlada difiere de la medición deseada (set point), ó valor de estado estacionario de esa variable.*
- ◆ **Sistema de control:** Es cualquier arreglo operable, de uno o más controladores empleando para ejecutar un conjunto de funciones de control planeadas.
- ◆ **Medios de medición:** Son aquellos elementos de un controlador automático que están involucrados en la producción de una acción correctiva.
- ◆ **Elemento final de control:** Es aquella parte de los medios de control que cambia directamente el valor de la variable manipulada; en forma de un restrictor variable o ajustable , que pueda cambiar el flujo del agente de control.
- ◆ Frecuentemente el elemento final de control es una válvula, aunque no siempre. Otros elementos finales de control comúnmente utilizados son las bombas de velocidad variable, los transportadores y los motores eléctricos.
- ◆ **Capacidad:** es la cantidad máxima de material o energía que puede ser almacenada por el proceso.
- ◆ **Capacitancia:** Es el cambio de capacidad contenida por unidad de cambio en una variable de referencia.
- ◆ **Resistencia:** Es la oposición al flujo de materia o energía.
- ◆ **Retrasos:** Es cualquier retardo entre dos acciones relacionadas.
- ◆ **Tiempo muerto:** Es el retraso de tiempo que existe entre un cambio de la variable controlada y el momento en que el elemento primario de medición detecta totalmente el cambio.
- ◆ **Cambio de carga:** Es un cambio de la variable manipulada, no provocado por el elemento final de control, sino, por un cambio de propiedades físicas o de energía del agente de control.
- ◆ **Auto-Regulación:** Es una acción constante y propia del proceso que ayuda o se opone a llegar al equilibrio.
- ◆ **Oscilación o Ciclaje:** Es un cambio periódico de la variable controlada, de un valor a otro.
- ◆ **Punto de control:** Valor de la variable controlada, el cual bajo cualquier condición de ajuste fijado, el control automático, opera para mantenerlo.
- ◆ **Punto de ajuste:** (Set Point) Posición a la cual se fija el mecanismo de control, para servir como señal de referencia.
- ◆ **Sensibilidad:** es la rapidez de respuesta en la señal de salida con respecto a un cambio específico de la señal de entrada. Término que puede aplicarse a cualquier elemento en el circuito de control.
- ◆ **Desviación o error:** Es la diferencia entre el valor instantáneo de la variable controlada y el valor de la variable controlada de acuerdo con el punto de ajuste.
- ◆ **Banda Proporcional:** Es el intervalo de valores de la variable controlada correspondiente al intervalo de operación completo del elemento final.
- ◆ **Controlador Autooperado:** Es aquel en el cual toda la energía para operar el elemento final de control se deriva del medio controlado.
- ◆ **Elementos de Medición:** Son aquellos elementos de un controlador automático los cuales tienen como función el indagar y comunicar a los medios de control el valor de la variable controlada.
- ◆ **Banda Muerta:** Es el intervalo de valores a través del cual la variable medida puede cambiar sin iniciar una respuesta.

## **2      CAPÍTULO: RECAPITULACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS**

El tratamiento de aguas residuales puede considerarse como el conjunto de operaciones y procesos destinados a acelerar los procesos naturales de degradación de materia; remover o transformar compuestos o sustancias para devolver al agua sus características y propiedades originales, de tal forma, que alcance una calidad de agua específica. Para cumplir con este propósito, se han desarrollado varios tipos de procesos u operaciones de tratamiento, los cuales varían en eficacia, volumen y tipo de desecho manejado, infraestructura requerida y costos, entre otras características.

Por lo anterior, los métodos de tratamiento pueden dividirse en :

1. Pretratamiento, en esta etapa se remueve basura y residuos grandes, arenas, grasas y aceites,
2. Tratamiento Primario, que consiste en una serie de operaciones físicas, como el cribado y la sedimentación, para la remoción de una porción de sólidos suspendidos y de materia orgánica.
3. Tratamiento Secundario, generalmente son procesos biológicos y químicos que remueven la mayoría de los compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos.
4. Tratamiento Terciario o avanzado, puede combinar operaciones y procesos para remover el excedente de materia orgánica y otros compuestos como nitrógeno, fósforo, compuestos tóxicos, sólidos disueltos y realizar una desinfección del agua.

En México uno de los métodos de tratamiento que tienen mayor aplicación es el de los sistemas biológicos, ya que estos presentan mayores ventajas que otros, como pueden ser: alta eficiencia de depuración, baja producción de lodos, son económicos, además de ser considerados como los más versátiles y apropiados para el tratamiento de las descargas municipales.

### **2.1      Características del proceso de lodos activados**

Los sistemas de lodos activados pueden clasificarse como un proceso biológico aerobio, de biomasa suspendida; el uso generalizado de estos sistemas ha permitido precisar los parámetros de diseño y ha favorecido el desarrollo de mejores materiales y equipos.

El proceso biológico utilizado en la planta de tratamiento de aguas residuales de “Chapultepec” es un proceso de lodos activados, compuesto por un cultivo heterogéneo de microorganismos que degradan la materia orgánica de forma aerobia, es decir, con la presencia y consumo de oxígeno. En este tipo de procesos según la WPCF (1991), la biomasa que se desarrolla está compuesta por aproximadamente 95% de bacterias y 5% de organismos superiores (protozoarios, rotíferos e invertebrados superiores).

#### **2.1.1      Funciones y características de los microorganismos en el tratamiento biológico.**

La función fundamental de los microorganismos en los sistemas biológicos de tratamiento aerobios, es la conversión de la materia orgánica coloidal y disuelta (fuente de carbono) para sintetizar tejido celular y generar energía; también pueden utilizar -bajo condiciones anóxicas- el oxígeno de los nitritos y nitratos para la síntesis de material celular en ausencia de oxígeno.

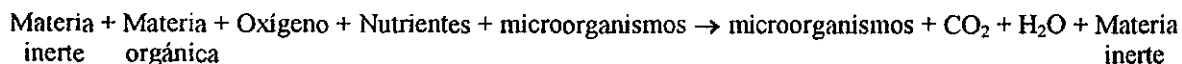
Dependiendo del tipo de fuente de carbono y de energía utilizada, los microorganismos pueden clasificarse en autótrofos y heterótrofos; Metcalf y Eddy (1991) proponen la siguiente clasificación general:



Microorganismos	Fuente de carbono	Fuente de energía	Ejemplo
<b>Autótrofos</b>			
♦ Fotoautótrofos	CO <sub>2</sub> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Luz	Algas y bacterias fotosintéticas
♦ Quimioautótrofos	CO <sub>2</sub> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Reacciones inorgánicas de oxidación y reducción. Obtienen energía de la oxidación de compuestos inorgánicos reducidos (NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , S <sup>=</sup> ).	Bacterias nitrificantes. Por ejemplo el género Nitrobacter.
<b>Heterótrofos</b>			
♦ Fotoheterótrofos	Carbono orgánico	Luz	Algunas bacterias generadoras de S
♦ Quimioheterótrofos	Carbono orgánico	Reacciones orgánicas de oxidación y reducción.	Protozoarios, hongos y la mayoría de las bacterias

Tabla 1. Clasificación de los microorganismos.<sup>1</sup>

La expresión adecuada, de acuerdo con la WPCF (1977), para llevar a cabo la estabilización de la materia orgánica en el proceso de lodos activados es:



Los procesos metabólicos que se presentan son de síntesis y respiración. El primero, utiliza una parte de la materia orgánica como alimento para la posterior generación de nuevas células; el segundo, es la fase de liberación de energía, a través de la conversión de la materia orgánica alimentada, en compuestos como CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y otros compuestos nitrogenados. Estos procesos estquiométricamente pueden describirse como:

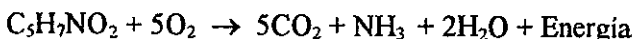
### 1. Síntesis o proceso asimilatorio



### 2. Oxidación o proceso desasimilatorio



### 3. Respiración endógena



Cabe hacer una aclaración en el uso de las representaciones de compuestos, el CHONS representa a la materia orgánica en el agua residual y el C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>NO<sub>2</sub> se refiere a la formación de nuevo material celular (bacterias).

<sup>1</sup> Fuente: Metcalf & Eddy, "Wastewater Engineering. Treatment, disposal and reuse". 3a Ed. Mc Graw-Hill. Inc. Singapur. 1991.

### 2.1.2 Variantes del sistema de lodos activados

El proceso de lodos activados puede presentar distintas variantes o modalidades que se presentan en la Tabla 2. Los diagramas correspondientes se presentan en la Fig. 3.

PROCESO	MODALIDAD DEL PROCESO	DESCRIPCIÓN
LODOS ACTIVADOS	Convencional	El influente y los lodos ingresan al reactor en uno de sus extremos tendiendo a un flujo pistón y son mezclados por el sistema de aireación. Se dispone de un sedimentador primario. ( Fig. 3a)
	Aireación gradual	Similar al convencional, se distingue en el arreglo de los difusores, los cuales se instalan próximos al influente y van incrementando su distancia en la dirección del flujo. Con ello se consigue un suministro de oxígeno gradual, de modo que sea mayor en donde más se requiere.
	Aireación en etapas	La alimentación y la recirculación de lodos se suministra en distintos puntos del tanque de aireación. El oxígeno requerido se suministra uniformemente. ( Fig. 3b)
	Completamente mezclado	El influente y los lodos de retorno son mezclados y aplicados en distintos puntos del tanque de aireación. La demanda de oxígeno y la carga orgánica son uniformes en todo el tanque de aireación. ( Fig. 3c)
	Aireación extendida	Proceso similar al completamente mezclado, pero requiere de grandes tanques de aireación en donde se mantiene una alta población de microorganismos; no se requiere de sedimentador primario. El tiempo de retención hidráulico es tres veces mayor que el de las demás modalidades; por ello se recomienda para gastos menores. Una característica adicional del proceso es su baja producción de lodos, prácticamente estabilizados (aproximadamente el 32% de los lodos producidos en otras modalidades, Harbold, 1982). Una de las variantes de la aireación extendida es la oxidación en carrusel. ( Fig. 3d)
	Estabilización por contacto	Los lodos activados se mezclan con el influente en un tanque relativamente pequeño en donde la materia orgánica es absorbida por los microorganismos. Los lodos son aireados en un tanque de estabilización en donde se degrada la materia orgánica. ( Fig. 3e)
	Oxígeno puro	El oxígeno se difunde en un tanque de aireación hermético. El gas es purgado del tanque, en el extremo opuesto del sitio en el cual ingresa el oxígeno, para liberar presión. El proceso se utiliza para altas cargas orgánicas y en donde el espacio es limitado. ( Fig. 3f)

Tabla 2. Variantes del sistema de lodos activados<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Adaptado de: Metcalf & Eddy, "Wastewater Engineering. Treatment, disposal and reuse". 3a Ed. Mc Graw-Hill. Inc. Singapur. 1991

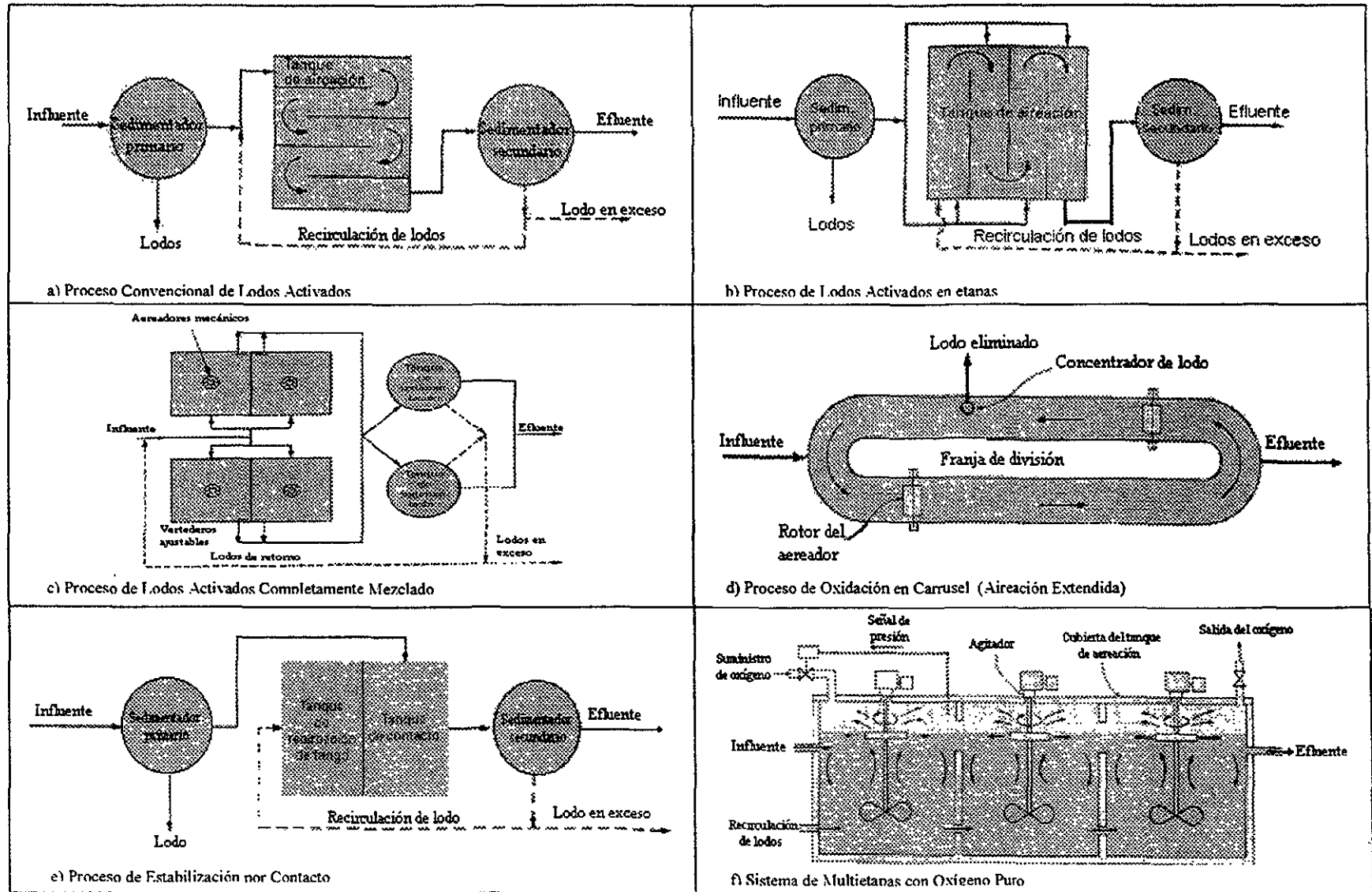


Fig. 3 Modalidades del proceso de lodos activados.

## 2.2 Cinética del proceso

Para realizar un control efectivo de un proceso biológico de tratamiento de aguas residuales, es necesario conocer los principios básicos que regulan y controlan el crecimiento de los microorganismos. De esta forma, resulta necesario introducir el estudio cinético de los sistemas biológicos, para determinar la velocidad a la cual los microorganismos biodegradan residuos específicos y así, utilizar adecuadamente la información en el diseño de estos sistemas.

### 2.2.1 Fundamentos de la Cinética.

Ramalho (1991) menciona que “La degradación de los residuos mediante microorganismos se lleva a cabo a través de una serie compleja de reacciones químicas. Estas reacciones están catalizadas por catalizadores orgánicos (enzimas) presentes en los microorganismos....Las bacterias contienen una gran variedad de enzimas, siendo cada una de ellas responsable de una pequeña etapa en el complejo proceso del metabolismo biológico”.

En el año de 1913 Michaelis-Menten desarrollaron la teoría cinética enzimática, posteriormente este modelo matemático es retomado por Monod (1949) para describir la cinética de crecimiento bacteriano, que se expresa en la siguiente ecuación:

$$V = \frac{V_{\max} \cdot S_e}{K_s + S_e} \quad (1)$$

Donde:

$V$  = tasa específica de crecimiento de células,  $[T^{-1}]$

$V_{\max}$  = tasa específica de crecimiento máximo,  $[T^{-1}]$

$S_e$  = concentración de sustrato en el efluente,  $[M L^{-3}]$

$K_s$  = concentración media del sustrato (concentración del sustrato cuando la tasa específica de crecimiento de la célula es la mitad de la tasa máxima específica de crecimiento),  $[M T^{-3}]$

Este modelo tiene limitaciones, pues fue desarrollado para cultivos de bacterias puros y se utilizaron relaciones altas de alimento a los microorganismos (F/M). Por esta razón, el modelo tuvo que ser modificado, pues en un proceso biológico se tiene una gran variedad de microorganismos y las relaciones F/M son bajas, de esta forma, el nuevo modelo propuesto por Eckenfelder (1989) es:

$$K \cdot S_e - Y = \frac{S_o - S_e}{X_a \cdot t} \quad (2)$$

Donde:

$K$  = constante de la tasa de utilización de sustrato,  $[M T^{-1}]$

$S_e$  = concentración de sustrato en el efluente,  $[M L^{-3}]$

$S_o$  = concentración de sustrato en el influente,  $[M L^{-3}]$

$X_a$  = concentración de los sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación,  $[M L^{-3}]$

$t$  = tiempo de retención hidráulico,  $[T^{-1}]$

$Y$  = concentración de sustrato no biodegradable,  $[M L^{-3}]$

Goodman y Englande (1974), se refieren al modelo empleado para el proceso de aireación solo y con recirculación de lodos, el cual fue desarrollado por McKinney y Eckenfelder:

$$S_e = \frac{S_o}{K_m + 1} \quad (3)$$

Donde:

$K_m$  = tasa de remoción de sustrato (sustrato removido/sustrato remanente en cierto tiempo),  $[T^{-1}]$

Con el desarrollo de estas ecuaciones que describen la cinética microbiana, Metcalf y Eddy (1991) concluyen que para aguas residuales domésticas, el valor de la tasa de remoción del sustrato soluble y no soluble es aproximadamente de orden cero con respecto al sustrato y de primer orden con respecto a la concentración de microorganismos. De esta forma, la ecuación anterior es una relación muy útil en el control del proceso. Para plantear un balance de materia global, es necesario conocer el método para determinar las constantes cinéticas, los requerimientos de oxígeno y la producción de lodos.

### 2.2.2 Metodología para obtener las constantes de biodegradación y sustrato no biodegradable.

Existen diferentes criterios y procedimientos para la obtención de las constantes, este trabajo esta basado en el criterio de Ramalho (1991). El autor menciona que el corolario utilizado para el diseño de un reactor biológico en continuo sugiere que “el consumo de sustrato a concentraciones bajas del mismo (valores de DBO < 500 mg/l) sigue una cinética de primer orden”, esto significa que la velocidad de consumo es directamente proporcional a su concentración, de tal forma que se tiene:

$$\frac{dS}{dt} = -KS \quad (4)$$

Donde:

$dS/dt$  = tasa de variación del sustrato  $[M \cdot L^{-3} \cdot T^{-1}]$

$K$  = constante de biodegradabilidad  $[T^{-1}]$

$S$  = concentración de sustrato  $[M \cdot L^{-3}]$

Siendo la constante de biodegradabilidad,  $K$ , proporcional a la cantidad de microorganismos presentes en el reactor en un momento dado, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$K = k \cdot X_a \quad (5)$$

Donde:

$k$  = constante de proporcionalidad  $[L^{-3} \cdot M^{-1} \cdot T^{-1}]$

$X_a$  = concentración de los sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación,  $[M L^{-3}]$

Utilizando la ecuación general para realizar un balance de masa en el reactor biológico y asumiendo las condiciones de que se trata de un sistema completamente mezclado, de flujo continuo y con una sustancia no conservativa, de esta forma:

$$\text{flujo neto} + \text{acumulación} = \text{producción} - \text{remoción}$$

de donde se deriva la siguiente ecuación

$$V \frac{dS}{dt} = QS_o - QS_e + KVS_n - KVS_e \quad (6)$$

Donde:

$V (dS/dt)$  = cambio de concentración del sustrato en un tiempo dado en el reactor  $[M \cdot T^{-1}]$

$QS_o$  = flujo de alimentación del sustrato a la entrada del reactor  $[M \cdot T^{-1}]$

$QS_e$  = flujo de salida del sustrato al final del reactor  $[M \cdot T^{-1}]$

$S_n$  = concentración del sustrato no biodegradable  $[M \cdot L^{-3}]$

$KVS_n$  = cantidad de sustrato que se convierte en células nuevas (biomasa)  $[M \cdot T^{-1}]$   
 $KVSe$  = cantidad de sustrato no biodegradable que sale del reactor  $[M \cdot T^{-1}]$

Si suponemos que el sistema trabaja a régimen estacionario; es decir, que no hay variaciones con respecto al tiempo, entonces el término  $dS/dt = 0$ . Si sustituimos la ecuación (5) y dividiendo entre  $Q$ , obtenemos la siguiente expresión:

$$q = \frac{S_0 - S_e}{X_{at}} = k(S_c - S_n) \quad (7)$$

Donde:

$q$  = velocidad específica del consumo del sustrato  $[T^{-1}]$

La ecuación anterior puede describirse como la ecuación de una línea recta de la forma:

$$Y = mx + b$$

$Y = (S_0 - S_e)/X_{at}; \quad m = k; \quad x = S_e \quad y \quad b = -kS_n$

Si se realiza el trazo de la gráfica, como se muestra en la figura 2, y realizando un ajuste estadístico de regresión lineal, se obtiene el valor de constante de biodegradación,  $K$  y la concentración del sustrato no biodegradable,  $S_n$ .

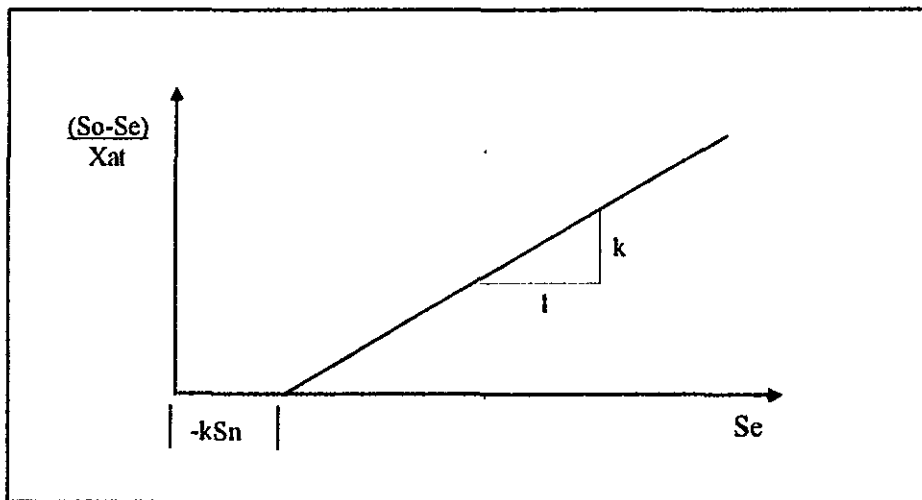


Fig. 4 Determinación de las constantes de proporcionalidad,  $k$ , de biodegradación,  $K$  y sustrato no biodegradable,  $S_n$ .

La concentración del sustrato removido,  $S_r$ , será la diferencia entre el sustrato que entra y el sustrato que sale, es decir:

$$S_r = S_0 - S_e \quad (8)$$

Entonces:

$S_r$  = Concentración del sustrato removido,  $[M \cdot L^{-3}]$

La eficiencia del proceso se puede presentar por medio de la siguiente ecuación:

$$E = 100 \frac{S_r}{S_o} \quad (9)$$

Donde:

E = Eficiencia de remoción del sustrato, en porcentaje (%).

### 2.2.3 Determinación de las constantes “a” y “b”, mediante la variación de la biomasa del reactor.

Para realizar el balance de la concentración de SSVLM en el reactor, se realiza un procedimiento similar al de la ecuación (6), bajo las mismas condiciones supuestas; análogamente se obtiene:

$$V \frac{dX}{dt} = QX_o - QX_a + aS_rQ - bX_aV \quad (10)$$

Donde:

V (dX/dt) = cambio de concentración de los sólidos suspendidos volátiles en el reactor [ M · T<sup>-1</sup> ]

QX<sub>o</sub> = flujo de la biomasa a la entrada del reactor [ M · T<sup>-1</sup> ]

QX<sub>e</sub> = flujo de la biomasa a la salida del reactor [ M · T<sup>-1</sup> ]

a = constante de crecimiento y reproducción de los microorganismos, adimensional

b = constante de destrucción y muerte de los microorganismos, [ T<sup>-1</sup> ]

aS<sub>r</sub>Q = cantidad de biomasa producida, por los microorganismos en un volumen dado [ M · T<sup>-1</sup> ]

bX<sub>a</sub>V = cantidad de biomasa autodestruida, por la respiración endógena de los microorganismos [ M · T<sup>-1</sup> ]

Cuando el sistema es completamente mezclado, la concentración de los SSVLM dentro y fuera del reactor es la misma (X=X<sub>a</sub>), por lo tanto no hay acumulación, es decir, dX/dt = 0 . Si la ecuación anterior se divide entre V obtenemos:

$$X_a = \frac{X_o + aS_r}{1 + bt} \quad (11)$$

Si la ecuación (10) se divide entre a y X<sub>a</sub>, la expresión resultante es:

$$\frac{S_r}{X_a} = \frac{b}{a}t + \frac{1}{a} \frac{1 - X_o}{X_a} \quad (12)$$

Para agua residual doméstica y en algunos casos de agua residual industrial, la cantidad de sólidos suspendidos volátiles es muy pequeña y puede considerarse despreciable, por esto, el valor de X<sub>o</sub> = 0, lo cual modifica a las ecuaciones (11) y (12) y se obtiene:

$$X_a = \frac{aS_r}{1 + bt} \quad (13)$$

$$\frac{S_r}{X_a} = \frac{b}{a}t + \frac{1}{a} \quad (14)$$

Esta última ecuación, al igual que la (7), puede representarse como la ecuación de una línea recta. Realizando una gráfica y un ajuste con regresión lineal, se puede determinar la constante de crecimiento y reproducción de microorganismos,  $a$ , y su constante de destrucción y muerte,  $b$ .

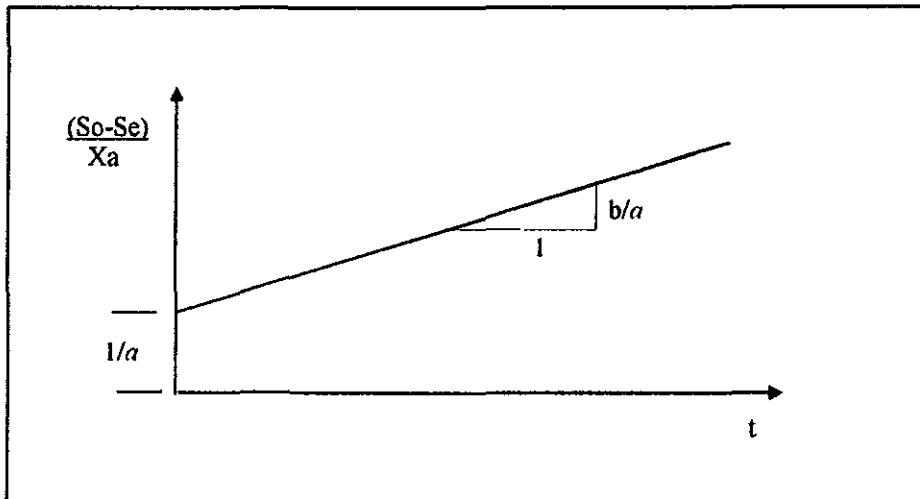


Fig. 5 Determinación de las constantes  $a$  y  $b$ , mediante la variación de biomasa del reactor.

#### 2.2.4 Determinación de los parámetros de consumo de oxígeno.

La cantidad de oxígeno contenido en el tanque de aireación, es un parámetro que debe controlarse y mantenerse ( de 0.5 a 1.5 mg/l) para que los microorganismos respiren, crezcan y se reproduzcan; además, el consumo de oxígeno se utiliza para oxidar el sustrato que cubre los requerimientos de energía de las células y satisface el proceso de respiración endógena de la biomasa. Si efectuamos un balance de masa en el tanque de aireación, se obtiene la ecuación:

$$\frac{dO}{dt} = VR_r = a'(S_o - S_e)Q + b'X_a V \quad (15)$$

Donde:

$(dO/dt)$  = cambio de concentración de oxígeno disuelto en el reactor  $[M L^{-3} \cdot T^{-1}]$

$R_r$  = flujo de la biomasa a la entrada del reactor  $[M L^{-3} \cdot T^{-1}]$

$a'$  = constante de oxígeno utilizado para síntesis, adimensional

$b'$  = constante de oxígeno utilizado para respiración endógena  $[T^{-1}]$

$a'S_rQ$  = cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para biodegradar la materia orgánica  $[M \cdot T^{-1}]$

$b'X_aV$  = cantidad de oxígeno requerido en la respiración endógena  $[M \cdot T^{-1}]$

Dividiendo la ecuación (15) entre,  $X_a$ ,  $V$  y sustituyendo el tiempo de retención hidráulico,  $t$ , por  $V/Q$ , tenemos.

$$\frac{R_r}{X_a} = a' \frac{S_o - S_e}{X_a t} + b' \quad (16)$$

Donde:

$R_r/X_a$  = tasa de utilización de oxígeno específico,  $[M \cdot T^{-1}]$



Como en los casos anteriores, esta ecuación puede representarse como la ecuación de una línea recta, que puede observarse en la siguiente fig.

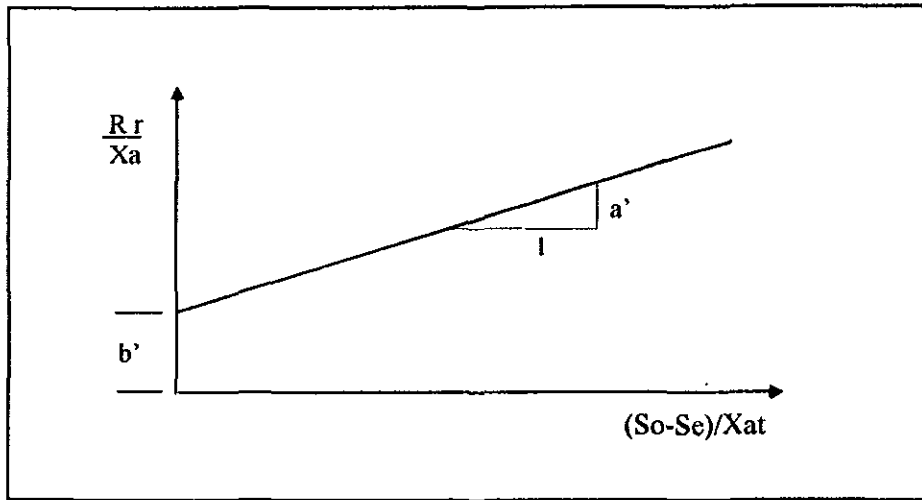


Fig. 6 Determinación de los parámetros  $a'$  y  $b'$  de consumo de oxígeno.

La tasa de utilización de oxígeno es un parámetro operacional importante en una planta de tratamiento de lodos activados, los métodos de medición pueden ser los descritos en el Standar Methods (1985), con un medidor de oxígeno disuelto con electrodo de membrana, o utilizando respirómetros, como lo sugieren Klapwijk y colaboradores (1993).

### 2.2.5 Producción de lodos.

La producción de lodos en el proceso de tratamiento, puede ser cuantificada utilizando una aproximación semejante a la planteada en la ecuación (6) y bajo las mismas condiciones, de tal forma que se tiene:

$$\Delta X = QX_o + a''S_rQ - [(b''X_aV + QX_e)] \quad (17)$$

Donde:

- $\Delta X$  = acumulación de lodos por día [  $M \cdot T^{-1}$  ]
- $a''$  = fracción del sustrato convertido a nuevas células, adimensional
- $b''$  = fracción de SSVLM en el tanque de aireación en un día [  $T^{-1}$  ]
- $QX_o$  = flujo de lodos en el influente [  $M \cdot T^{-1}$  ]
- $QX_e$  = flujo de lodos en el efluente [  $M \cdot T^{-1}$  ]
- $a''S_rQ$  = lodos producidos por síntesis [  $M \cdot T^{-1}$  ]
- $b''X_aV$  = Lodos destruidos por la respiración endógena [  $M \cdot T^{-1}$  ]

Realizando un balance de materia, pero considerando únicamente los sólidos en el sistema de aireación, dividiendo entre  $V$ , la ecuación (17), la expresión resultante es.

$$\Delta XV = a''S_{rt}^{-1} - b''X_a \quad (18)$$

dividiendo entre  $X_a$  la ecuación anterior, se tiene:

$$\frac{\Delta X_v}{X_a} = \frac{a''(S_o - S_e)}{t} - b'' \quad (19)$$

La ecuación (19) se puede también representar como una línea recta y obtener los valores ajustando mediante una regresión lineal como en los casos anteriores.

## 2.3 BALANCE DE MATERIA

En la FIG. 7 se representa un diagrama de flujo, con la nomenclatura utilizada para el balance de materia, la secuencia de cálculo a seguir es la mencionada por Ramalho (1991) y la descripción se presenta en la siguiente lista.

### Clave

Para los sólidos en suspensión se emplean dos subíndices, por ejemplo  $X_{V,i}$  o  $X_{NV,i}$ .

El primer subíndice (V o NV) designa el carácter volátil o no volátil de los sólidos en suspensión, respectivamente.

El segundo subíndice (i) se refiere a la corriente específica de que se trate:

- F alimentación inicial [corriente 1]
- o alimentación combinada [corriente 2]
- a efluente del reactor [corriente 3]
- c efluente final [corriente 4]
- u descarga del clarificador secundario [corriente 5]

### Símbolos

#### 1. Caudales

- $Q_F$  alimentación inicial;  $m^3/\text{seg}$
- $Q_R$  reciclado;  $m^3/\text{seg}$
- $r$  relación de reciclado; sin dimensiones
- $Q_O$  alimentación combinada;  $m^3/\text{seg}$
- $Q_e$  efluente final;  $m^3/\text{seg}$
- $Q_w$  purga;  $m^3/\text{seg}$
- $Q_U$  descarga del clarificador secundario;  $m^3/\text{seg}$

#### 2. Concentraciones (mg/l) de la DBO soluble

- $S_F$  DBO soluble de la alimentación inicial
- $S_O$  DBO soluble de la alimentación combinada
- $S_e$  DBO soluble del efluente

#### 3. Concentraciones (mg/l) de los sólidos volátiles en suspensión (SSV)

- $X_{V,F}$  SSV en la alimentación inicial
- $X_{V,O}$  SSV en la alimentación combinada
- $X_{V,a}$  SSV en el reactor. Esta concentración es asimismo igual a la de SSV en el efluente del reactor (reactor de mezcla completa en equilibrio).
- $X_{V,u}$  SSV en la descarga del clarificador secundario
- $X_{V,e}$  SSV en el efluente final

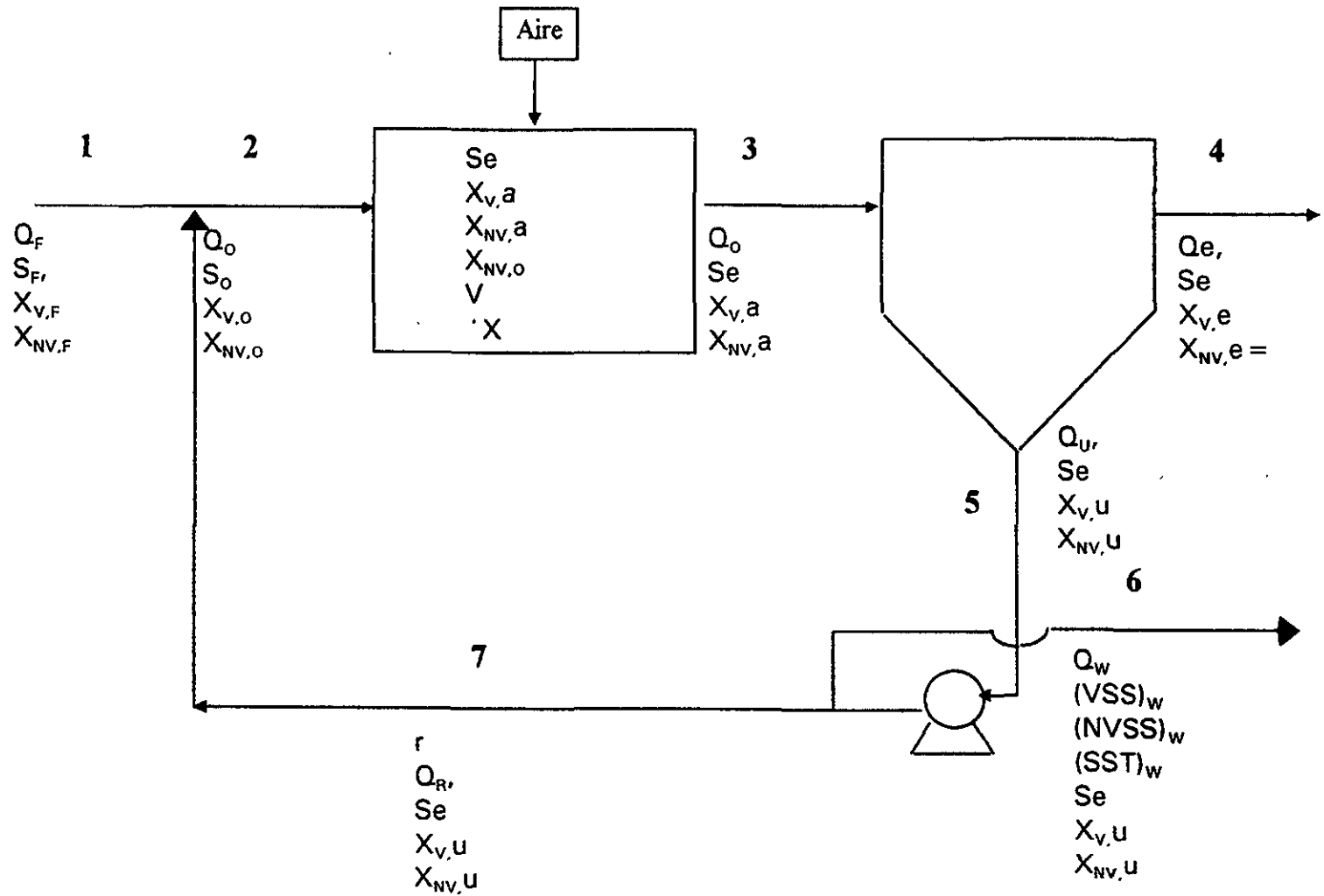


Fig. 7 Diagrama del Balance de Materia

4. Concentraciones (mg/l) de los sólidos en suspensión no volátiles (SSNV)

$X_{NV,i}$  SSNV en la alimentación inicial

$X_{NV,o}$  SSNV en la alimentación combinada

$X_{NV,r}$  SSNV en el reactor ( $X_{NV,r} = X_{NV,o}$ ). Esta concentración es así mismo igual a la de SSNV en el efluente del reactor (reactor de mezcla completa en equilibrio).

$X_{NV,d}$  SSNV en la descarga del clarificador secundario

$X_{NV,e}$  SSNV en el efluente final

5. Purga

$(SSV)_w$  kg/d de SSV en la purga

$(SSNV)_w$  kg/d de SSNV en la purga

$(SST)_w$  kg/d de SST en la purga

6. Volumen de reactor

$V$  volumen del reactor,  $m^3$

7. Producción de lodos

$\Delta X_v$  kg/día

### 3 CAPÍTULO: DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE CHAPULTEPEC

#### 3.1 Localización física y condiciones ambientales

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Chapultepec, se encuentra ubicada al noroeste de la Ciudad de México, en la Delegación Miguel Hidalgo. La planta colinda con el parque "Rosario Castellanos", entre las avenidas Paseo de la Reforma al norte, Boulevard López Mateos al oriente, Alencastre al sur y con las vías del FF.CC. de Cuernavaca al poniente, ocupando un área aproximada de cinco hectáreas.

La planta se localiza a una altitud de 2250 metros sobre el nivel del mar, sus coordenadas geográficas son latitud norte 19° 25' y longitud oeste 99° 11'. El clima predominante de la región es templado subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación anual promedio es de 719.7 mm. La temperatura media anual oscila alrededor de 17.7°C, presentándose la máxima de 19.9°C en los meses de mayo y junio, y la mínima de 14.6°C en el mes de enero.

#### 3.2 Datos generales

EL objetivo del proyecto es realizar un estudio para estimar la factibilidad de instrumentar, controlar y monitorear la planta de tratamiento de aguas residuales "Chapultepec", aprovechando los equipos mecánicos y eléctricos ya instalados para tratar de utilizarlos a su máxima capacidad, así como mejorar su eficiencia de operación en lo posible.

Para cumplir con este propósito, se tomaron como base los resultados del "estudio de diagnóstico de la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales" (1996), con el cual surge la necesidad de incrementar el control de la operación de las plantas. Dicho control no debe obtenerse sólo de los parámetros fisicoquímicos determinados en laboratorio, sino que debe mejorar mediante la instrumentación y automatización de la planta.

Actualmente, esta planta trabaja **sin instrumentación de proceso en línea**, lo cual toma tiempo a los operadores al analizar las condiciones en que se encuentra el sistema, y en ocasiones retrasa la toma de decisiones que contribuyen a una operación eficiente. Tampoco se cuenta con sistemas automáticos de apertura y cierre de válvulas, ni con secuencias necesarias para el tratamiento y dosificaciones requeridas. Debido a esta situación, el manejo de la información es lento y puede ocasionar errores en la interpretación de los datos.

#### 3.3 Descripción de las unidades del proceso

1.- *Colectores de alimentación*: La planta es abastecida por tres colectores Pedregal, 100 casitas y Montes Urales, ubicados en una zona predominantemente residencial y comercial; cada colector entra en forma independiente a la planta, con su respectiva válvula de paso, uniéndose para entrar a la unidad de tratamiento preliminar.

2.- *Tratamiento Preliminar*: Etapa común para ambas unidades, se compone de una zona de transición, rejillas, canal desarenador y cárcamo de bombeo.

El propósito principal de este tratamiento es eliminar sólidos grandes y arena, así como disminuir el efecto de sobrecargas instantáneas del caudal.

El influente es controlado por la válvula de alimentación general y desemboca a un canal, en el cual, mediante un salto hidráulico y el ensanchamiento del propio canal, el agua disminuye su velocidad.

Posteriormente, dicho canal se divide en tres subcanales, en los cuales se tienen instaladas rejillas con un ángulo de 45° respecto a la horizontal para facilitar su limpieza, la que se realiza con rastrillos en forma manual.

A continuación se encuentran los desarenadores, cuya limpieza es manual; al final de éstos hay tres vertederos planos tipo Sutor, el efluente de los canales desarenadores se acumula en un cárcamo con capacidad aproximada de 125 m<sup>3</sup> de donde se distribuye a las dos unidades mediante cinco bombas centrífugas.

3.- Tratamiento Primario: Su propósito es la separación de la mayor cantidad posible de sólidos sedimentables, así como de grasas y aceites flotantes.

#### · Unidad I

Se compone de un tanque desgrasador y un sedimentador primario con remoción hidráulica de lodos dividido en dos tanques de forma semicircular. La remoción de grasas se efectúa por flotación, impidiendo el paso del agua hacia el sedimentador primario, mediante la colocación de mamparas a la salida del primero; esta operación eleva el nivel en el tanque por lo que las natas son rebozadas hacia las canaletas laterales que conectan al drenaje.

Una vez eliminadas las natas, se retiran las mamparas y el flujo se divide en dos para pasar hacia el sedimentador primario, cada mitad de flujo sufre una reducción de velocidad en la entrada de cada tanque de sedimentación, lo cual facilita la sedimentación. Las partículas asentadas caen hacia un tanque Imhoff que ocupa el centro del círculo, donde los lodos se estabilizan y de ahí se mandan al drenaje, el efluente es vertido a una canaleta que lo conduce hacia el tanque de aireación.

#### · Unidad II

El tratamiento de esta unidad consta de un sedimentador de forma rectangular con remoción mecánica de lodos. El sedimentador se encuentra dividido en dos tanques con alimentación independiente y mecanismo de rastras propio, pero con vertedero y canaleta de colección de efluente común. La remoción de lodos primarios se efectúa mediante las rastras, las cuales empujan los sólidos asentados en el fondo del sedimentador hacia cuatro tolvas de donde son conducidos al drenaje o en un futuro al tratamiento de lodos.

4.- Tratamiento Secundario: Su propósito es proveer los requerimientos de oxígeno, alimento y nutrientes, en las cantidades adecuadas para que los microorganismos degraden la materia orgánica.

#### · Unidad I

Se divide en dos tanques de forma semicircular, cada uno de los cuales recibe el caudal manejado por cada tanque de sedimentación primaria, el recorrido del agua a través de estos tanques es en forma de U para prolongar el tiempo de contacto con el aire para favorecer la transferencia de oxígeno hacia la biomasa. Cada tanque está dotado con 30 cabezales de distribución; los difusores son tubos porosos, destinados a producir burbujas pequeñas, la entrada de la recirculación está localizada al principio de cada tanque.

#### · Unidad II

El tanque de aireación está dividido en cuatro tanques rectangulares con alimentación independiente, efluente de cada tanque pasa hacia la canaleta de recolección de licor mezclado. La recirculación también tiene entradas independientes para cada tanque. El equipo de difusión de aire comprimido, para cada tanque, está compuesto de nueve cabezales de distribución con seis difusores cada uno del mismo tipo que los de la Unidad I; cada cabezal, por otra parte, tiene una válvula que permite regular la cantidad de aire aplicada. Se propone automatizar la entrada de aire al compresor.

#### 5.- Sedimentadores secundarios: Unidades I y II.

El diseño de estos tanques es similar, aunque sus dimensiones varían. Su propósito es efectuar la separación de los lodos activados del licor mezclado, produciendo un efluente clarificado. Los lodos son empujados por el mecanismo de rastras hacia las tolvas de donde el equipo de bombeo de recirculación se encarga de enviar una proporción determinada al tanque de aireación. La purga del exceso de lodos se realiza directamente de las tolvas mediante la apertura de las válvulas respectivas. Otra característica de estos tanques es que se tiene mayor longitud de vertederos que en los primarios por lo que se opera a bajas cargas en vertedero.

6.- Sistema para rompimiento de espuma: Debido a la presencia de agentes surfactantes y a la agitación ocasionada por la difusión de aire comprimido, se tiene la presencia de espuma en el tanque de aireación, para romperla se bombea agua tratada desde el cárcamo de almacenamiento, aumentando su presión mediante boquillas de aspersion distribuidas a lo largo del tanque.

7.- Desinfección: Esta operación se realiza agregando una solución de hipoclorito de sodio concentrado, al efluente del sedimentado secundario; la solución es enviada mediante una bomba dosificadora; el criterio que generalmente se emplea para definir la dosificación del cloro es la determinación del cloro residual y consiste en medir la cantidad de cloro que permanece en el agua después de un tiempo de 15 min. Generalmente, se ha adoptado el valor de 0.5 mg/l de cloro residual como límite de aceptación de agua tratada.

Para dar el tiempo de retención necesario mínimo de 15 minutos, se cuenta con un tanque de contacto por cada unidad, con volúmenes de 103 m<sup>3</sup> y 74 m<sup>3</sup> para las unidades I y II respectivamente.

### 3.4 Criterios básicos de la operación

El perfeccionamiento de los conocimientos relativos a los procesos, el aumento del número, el tamaño y la complejidad de las plantas municipales de tratamiento de aguas residuales, han conducido a una mayor aplicación de la instrumentación para la medición y el control en instalaciones de aguas de desecho. Puesto que la naturaleza de un proceso determina el tipo de control que debe aplicarse, las características básicas de los procesos de tratamiento de las aguas residuales son importantes.

La mayoría de las variables que intervienen en el tratamiento físico, químico, electromecánico y biológico pueden medirse, basándose en técnicas del laboratorio, y muchas de ellas pueden determinarse en forma continua. En el ANEXO I se presenta una matriz resumen de variables que se medirán y/o automatizarán.

En base al análisis de la estructura y el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas municipales "Chapultepec" se propone la siguiente instrumentación, control y monitoreo.

1.- Colectores de alimentación: Se sugiere instalar tres válvulas motorizadas, a la entrada de cada colector para que operen automáticamente.

2.- Canales desarenadores: Se desea medir el flujo en cada uno de los canales, así como determinar los valores de conductividad eléctrica, pH, turbidez y temperatura en el influente.

3.- Cárcamo de bombeo: Se requiere medir el nivel del cárcamo para poder realizar la secuencia de operación de cada bomba, es decir las estaciones de bombeo de la planta pueden operar bombas de "on/off" en determinada sucesión.

4.- Descarga de las bombas: Es necesario contar con un medidor de flujo que indique el gasto que pasa hacia cada una de las unidades de tratamiento.

5.- Tanque de aireación: Se debe conocer el flujo de entrada, así como el flujo de recirculación de los lodos, es conveniente medir a la entrada del proceso el pH y la temperatura, en el tanque de aireación se necesita registrar el valor de oxígeno disuelto (OD).

#### Unidad I

En esta unidad se cuenta con tres bombas para la recirculación de lodos del sedimentador secundario, con las siguientes características:

Bomba	Cap. (lps)
GA-11	30
GA-12	35
GA-13	35

#### Unidad II

En esta unidad se tienen dos bombas para la recirculación de lodos del sedimentador secundario al tanque de aireación, de la forma siguiente:

Bomba	Cap. (lps)
GA-06	30
GA-07	30

6.- Sedimentador secundario: Se deben colocar medidores de flujo a la entrada y salida del tanque, además es conveniente medir turbidez. Al final del tanque de contacto de cloro es necesario medir la concentración de cloro residual, también aquí se encuentran ubicadas dos bombas menores que mandan agua hacia el periférico, generalmente funcionan de 7:00 a.m. a 3:00 p.m.

Bomba	Cap. (lps)
GA-14	25
GA-15	30

7.- Tanque de almacenamiento de agua tratada: En este lugar es conveniente medir los flujos de salida, pues de aquí se abastece agua con flujo por gravedad a la primera sección de Chapultepec (lago menor) en el horario de 7:00 a.m. a 5:00 p.m., también se manda agua por bombeo a la segunda sección de Chapultepec por esto, se debe colocar un medidor de nivel para poder realizar la secuencia de operación de cada bomba.

Bomba	Cap. (lps)
GA-08	100
GA-09	120
GA-10	60

Además de estas bombas, en el sótano del edificio principal se encuentran dos bombas que envían agua tratada al jardín japonés.



Bomba	Cap. (lps)
GA-16	15
GA-17	15

### 3.5 Datos físicos de la planta

La planta de tratamiento de aguas residuales “Chapultepec” está diseñada para tratar un caudal de 160 l/seg mediante dos unidades de lodos activados convencionales de 80 l/seg cada una. El proceso involucra las siguientes unidades: tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario con difusión de aire comprimido, desinfección y digestión anaerobia de lodos; además de los equipos auxiliares, de servicio y los que integran la infraestructura de apoyo. A continuación se proporcionan las características físicas de cada una de estas unidades, las cuales son el resultado del levantamiento físico realizado en esta planta.

#### 1.- Canal de rejillas:

Espesor de las barras: 0.5 cm

Distancia entre barras: 2.5 cm

Inclinación de cada rejilla: 45° respecto al piso.

No. de canales: 3

#### 2.- Canales desarenadores:

Longitud: 16.6 m

Ancho: 0.80 m

Profundidad: 1.35 m

#### 3.- Cárcamo de bombeo:

Longitud: 8.20 m

Ancho: 6.0 m

Profundidad: 2.5 m

Capacidad: 125m<sup>3</sup>

#### · Unidad I

#### 4.- Desgrasador:

Longitud: 8.5 m

Ancho: 2.25 m

Profundidad máxima: 2.3 m

#### 5.- Sedimentador primario: son dos tanques semicirculares con las siguientes dimensiones

Longitud: 50 m

Ancho: 3.1 m

Profundidad: 3.5 m

Radio máximo: 9.33 m

Volumen: 1094 m<sup>3</sup>

Longitud de vertederos: 6.2 m

Carga superficial: 44.6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> d

Carga en vertederos: 115 m<sup>3</sup>/m d

Tiempo de retención: 1.9 horas

6.- Tanque de aireación: se tienen dos tanques semicirculares con las siguientes características

Longitud: 87.2 m  
Ancho: 3.3 m  
Profundidad: 3.3 m  
Volumen: 516 m<sup>3</sup>  
Difusores de aire comprimido: 180  
Cabezales: 30 con seis difusores cada uno.  
Tiempo de retención: 6.6 horas

7.- Sedimentador secundario: se cuenta con dos tanques rectangulares con las siguientes dimensiones cada uno

Longitud: 18.0 m  
Ancho: 4.4 m  
Profundidad: 3.5 m  
Volumen: 277 m<sup>3</sup>  
Longitud de vertederos: 52.3 m  
Carga superficial: 43.6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> d  
Carga en vertederos: 101.3 m<sup>3</sup>/m d  
Tiempo de retención: 2.31 horas

8.- Desinfección: para dar el tiempo de retención de 15 minutos se cuenta con un tanque de contacto con la capacidad de 103 m<sup>3</sup>.

Unidad II

9.- Sedimentador primario: son dos tanques rectangulares con las siguientes dimensiones

Longitud: 18.0 m  
Ancho: 4.0 m  
Profundidad: 3.3 m  
Volumen: 237.6 m<sup>3</sup>  
Longitud de vertederos: 8.0 m  
Carga superficial: 48 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> d  
Carga en vertederos: 864 m<sup>3</sup>/m d  
Tiempo de retención: 1.65 horas

10.- Tanque de aireación: se tienen cuatro tanques rectangulares con las siguientes características

Longitud: 31.5 m  
Ancho: 3.5 m  
Profundidad: 3.5 m  
Volumen: 385.88 m<sup>3</sup>  
Difusores de aire comprimido: 54  
Cabezales: 9 con seis difusores cada uno.  
Tiempo de retención: 5.4 horas

11.- Sedimentador secundario: se cuenta con dos tanques rectangulares con las siguientes dimensiones cada uno

Longitud: 23.0 m

Ancho: 4.13 m

Profundidad: 3.5 m

Volumen: 332.5 m<sup>3</sup>

Longitud de vertederos: 68.25 m

Carga superficial: 36.4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> d

Carga en vertederos: 101.3 m<sup>3</sup>/m d

Tiempo de retención: 2.31 horas

12.- Desinfección: para dar el tiempo de retención de 15 minutos se cuenta con un tanque de contacto con la capacidad de 74 m<sup>3</sup>.

### 3.6 Diagrama de flujo de proceso

En la Fig. 8 se presenta el diagrama de flujo de proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales Chapultepec, en el se muestran cada una de las unidades descritas en el punto 3.3.

### 3.7 Balance de materia del proceso

Se realizó el balance de materia para la Unidad II de la planta de tratamiento, no hay que olvidar que se trata de un proceso dinámico que sufre variaciones constantes, por esta razón se tomaron valores promedio de los parámetros utilizados, los cuales fueron tomados de los reportes proporcionados por el Laboratorio Central de la D.G.C.O.H., que se pueden consultar en el ANEXO II. También se obtuvo información reciente proporcionada por Vasconcelos (1997), que desarrolla un trabajo acerca de la metodología de evaluación de operación de plantas de tratamiento de aguas residual municipal con tratamiento a nivel secundario.

Los valores de las constantes biocinéticas se tomaron de un estudio realizado por la D.G.C.O.H. (1990) en la Planta de Tratamiento de Chapultepec, que reportan de la manera siguiente:

Coefficiente de biodegradabilidad	$K = 0.0114 \text{ (día}^{-1}\text{)}$
Fracción de materia no biodegradable	$S_n = 9.12 \text{ (mg/l)}$
Coefficiente de requerimientos de oxígeno para síntesis	$a' = 1.95$
Coefficiente de requerimientos de oxígeno para la fase endógena	$b' = 0.102$
Coefficiente de producción de lodos	$Y = 0.95$
Coefficiente de respiración endógena	$K_d = 0.046$

Se presentan los balances, para el flujo de diseño de 160 lps y para el flujo de operación normal y mínimo de 120 lps y 60 lps; es necesario mencionar que estos balances se realizaron siguiendo el método propuesto por Ramalho (1991).

#### 3.7.1 Balance de materia condiciones de diseño

Se realizó el balance de materia para la Unidad II de la planta de tratamiento para el flujo de diseño de 80 lps.

DIAGRAMA DE FLUJO  
 "PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CHAPULTEPEC"

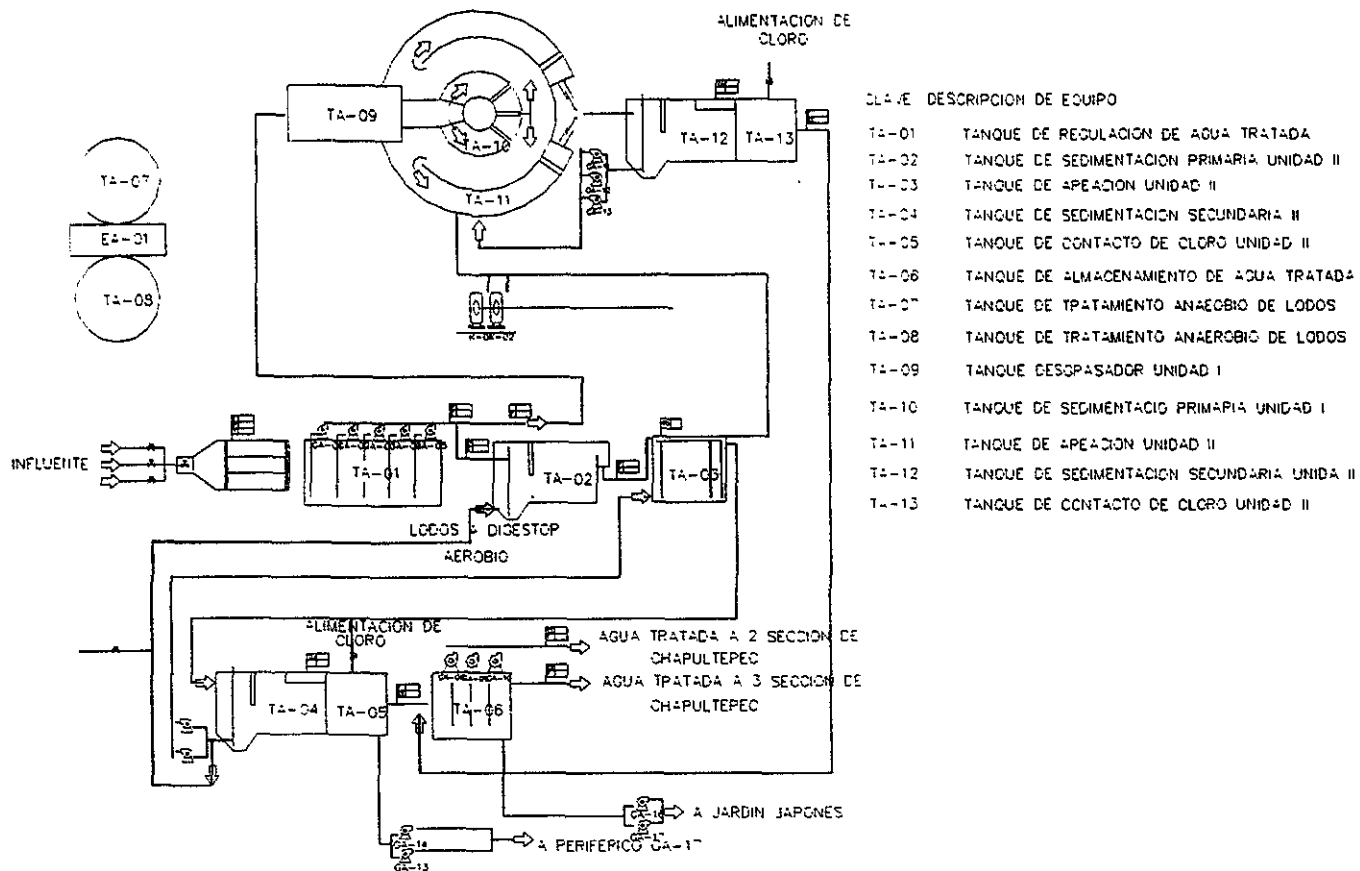


Fig. 8 Diagrama de flujo de proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales Chapultepec.

### 1.- Datos sobre la alimentación inicial (influyente)

Caudal  $Q_F = 0.08 \text{ m}^3/\text{seg}$

$S_F = 72 \text{ mg de DBO}_5$

Sólidos volátiles en la alimentación  $X_{V,F} = 250 \text{ mg/l}$

Alcalinidad =  $150 \text{ mg/l}$  como  $\text{CaCO}_3$ .

Nitrógeno total Kjeldahl (NTK) =  $25 \text{ mg/l}$  como N

Fósforo total =  $9.5 \text{ mg/l}$

Temperatura:

Verano  $T_F = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Invierno  $T_F = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

### 2.- Datos sobre la calidad del efluente

$S_e = 72 (1-0.90) = 7.2 \text{ mg/l de DBO}_5$

Sólidos suspendidos en la sedimentación secundaria  $X_{V,e} = 15$

Se considera que los sólidos no volátiles son despreciables  $X_{NV,e} \approx 0$

### 3.- Información para el diseño del reactor

(reactor)  $X_{V,a} = 2000 \text{ mg/l}$ .

(salida del sedimentador secundario)  $X_{V,U} = 4,000 \text{ mg/l}$ .

Porcentaje de sólidos volátiles respecto a los sólidos suspendidos totales  $F_V = 0.80$

Temperatura ambiente:

Verano  $T_F = 20^\circ\text{C}$

Invierno  $T_F = 0^\circ\text{C}$

Parámetros biocinéticos determinados en el estudio de la DGCOH a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$

$K = 0.01114 \text{ día}^{-1}$

$Y$  = producción de sólidos volátiles en el licor mezclado

=  $0.95 \text{ kg de sólidos / kg de sustrato removido}$ .

$\theta$  = (Coeficiente de Arrhenius para  $K$ ) =  $1.03$

$K_d = 0.046 \text{ día}^{-1}$

$\theta$  = (Coeficiente de Arrhenius para  $K_d$  y  $b$ ) =  $1.05$

$a = 1.95 \text{ kg O}_2 / \text{kg de DBO}$  independientemente de la temperatura

$b = 0.102 \text{ día}^{-1}$  (aproximadamente 10 % de la composición de las bacterias es materia no biodegradable)

Características de la sedimentación secundaria de los SSV

$F/M = 0.3$

Correlación de la contribución de los SSV a la  $\text{DBO}_5$  en el rebosadero del clarificador secundario.

$X_{V,e} = 15 \text{ mg/l}$

$S_{\text{total}} = S_e + (F/M)(X_{V,e}) = S_e + (0.3)(15)$

$S_T = 7.2 + (0.3)(15) = 11.7 \text{ mg/l}$ .

En la Fig. 9 se presenta el diagrama del balance para la Unidad II con un flujo de alimentación de 80 lps.

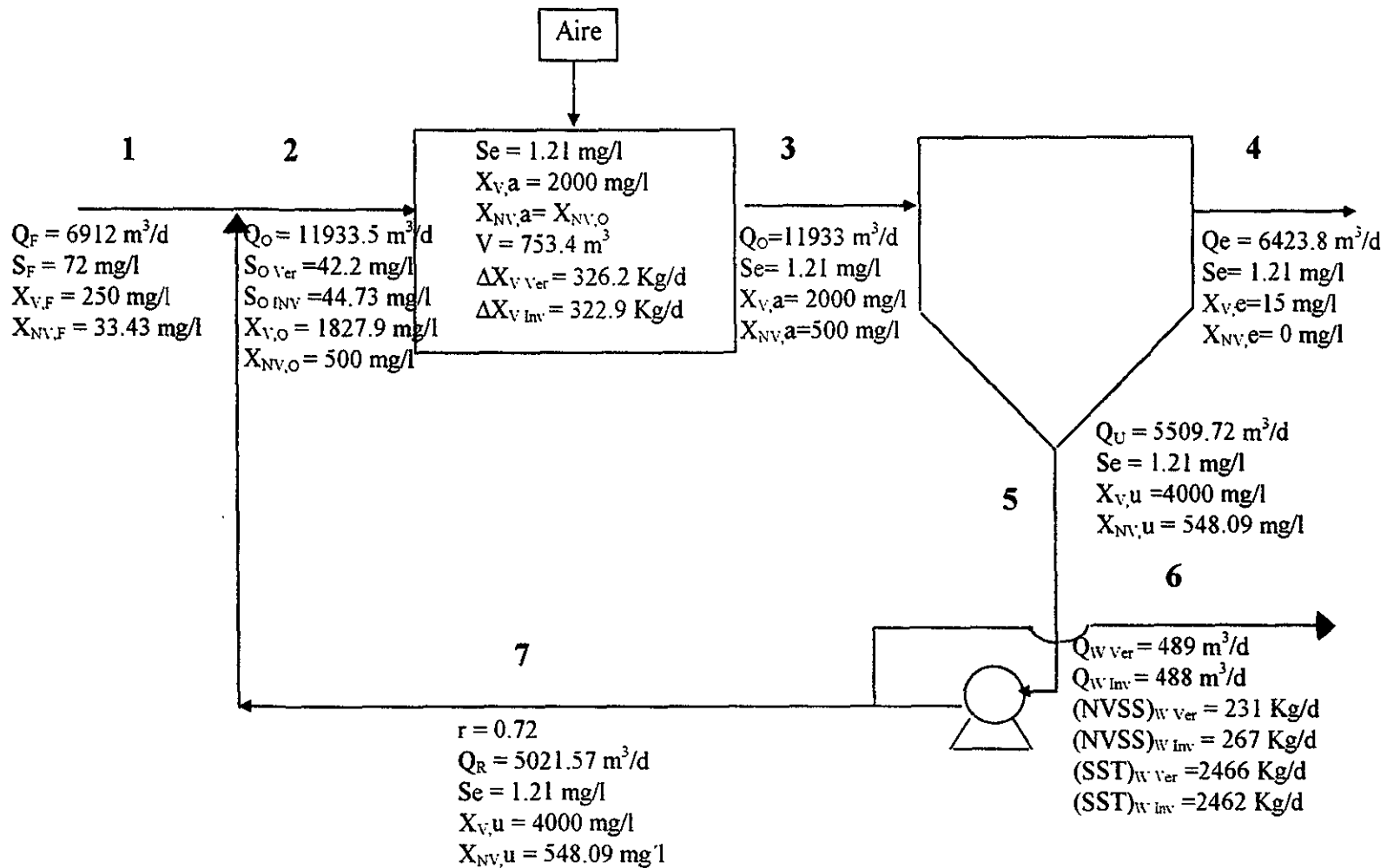


Fig. 9 Diagrama del Balance de Materia Unidad II (Condiciones de Diseño)

### 3.7.2 *Balance de materia condiciones de operación*

Se desarrolló un balance para la Unidad II con un flujo de alimentación de 60 lps y otro con un flujo de alimentación de 30 lps. Los diagramas se muestran en la Fig. 10 y Fig. 11.

Todos estos balances se realizaron con el objeto de conocer el comportamiento del proceso para diversas variaciones de flujos. Es importante pues con estos datos se pueden especificar los intervalos de valores para los equipos cuando se presenten diferentes condiciones en el caudal de entrada a la planta.

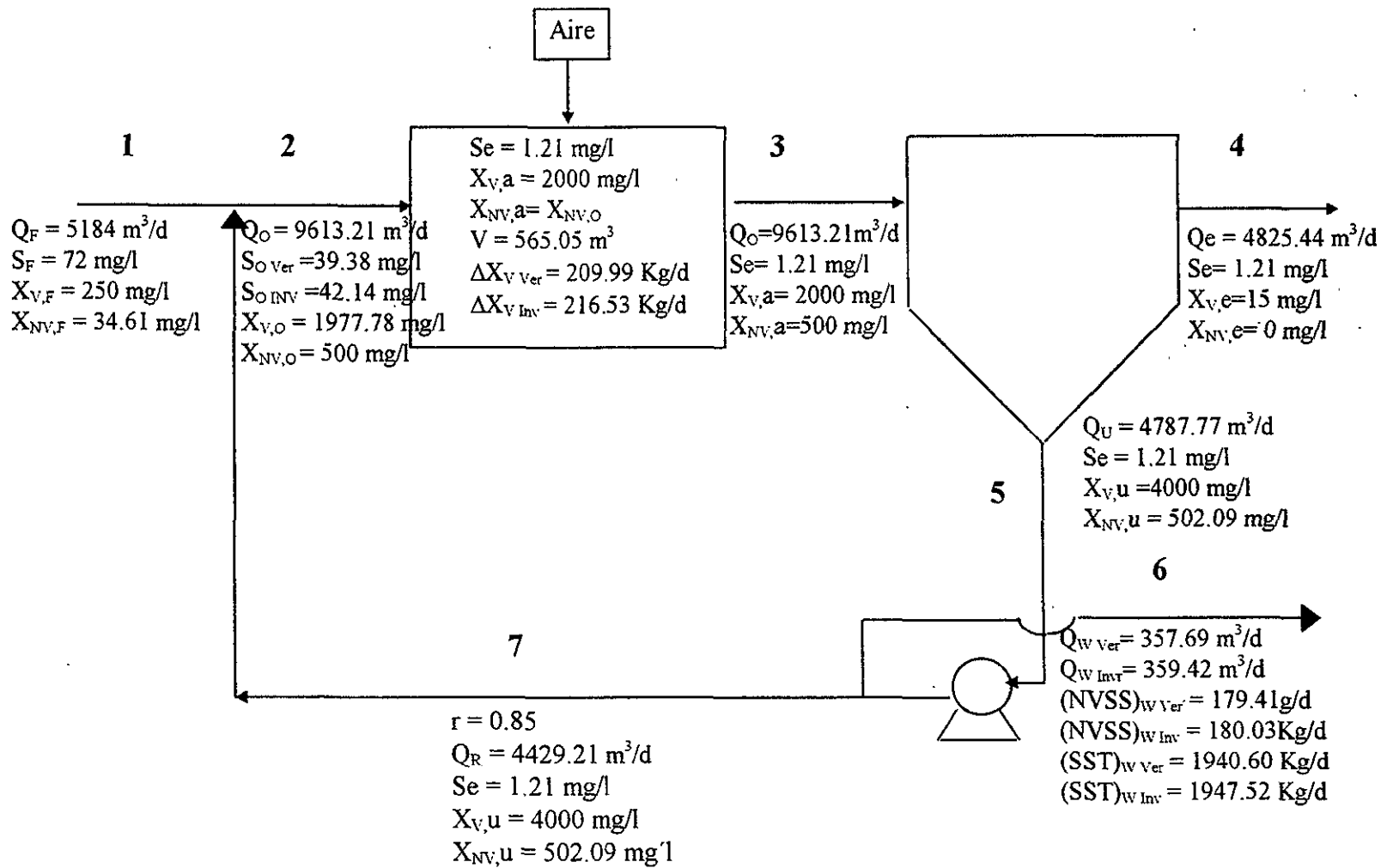


Fig 10 Diagrama del Balance de Materia Unidad II (Condiciones de Operación)



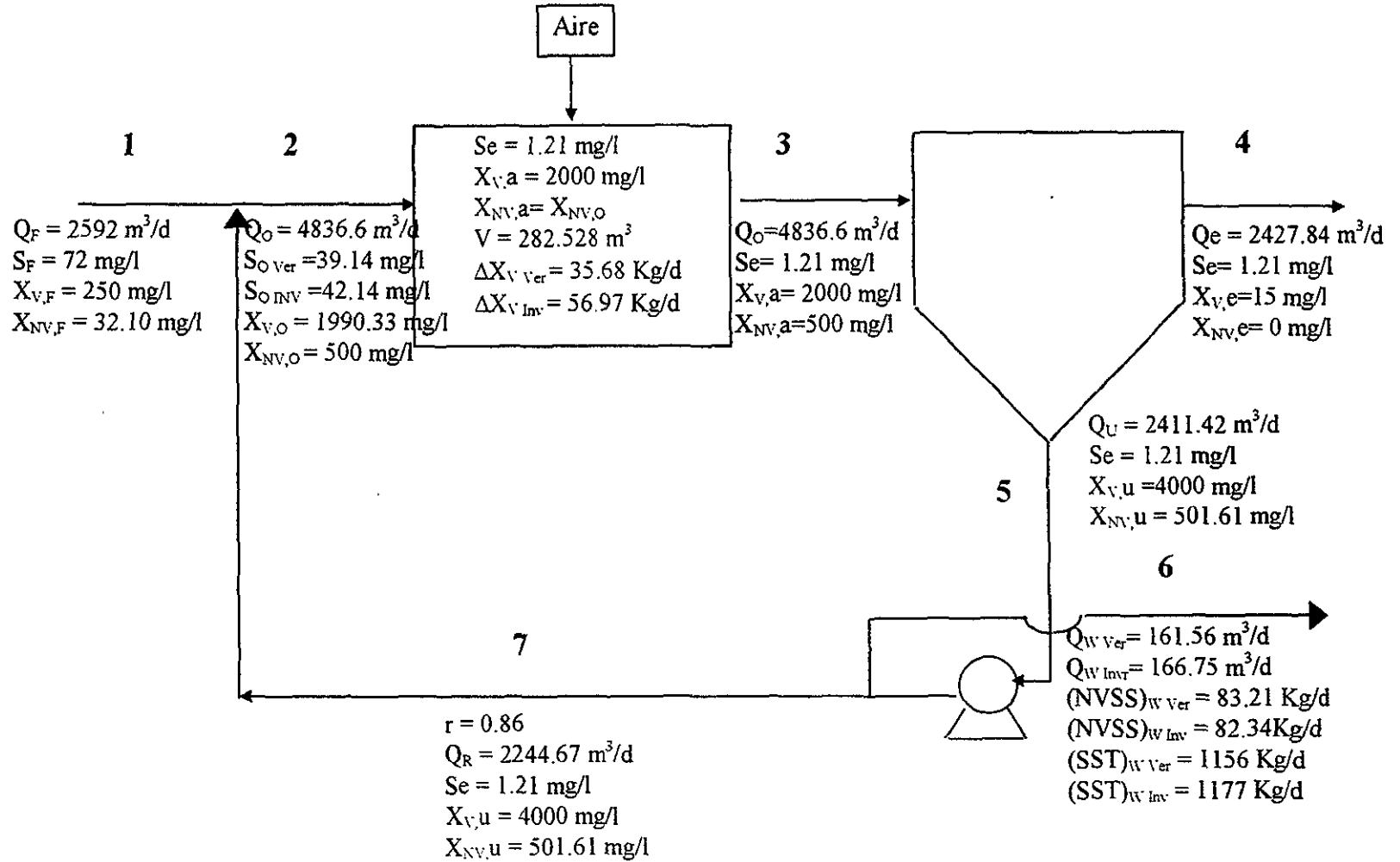


Fig. 11 Diagrama del Balance de Materia Unidad II (Condiciones de Operación)

## 4 CAPÍTULO: METODOLOGÍA PARA LA INSTRUMENTACIÓN

### 4.1 Generalidades

En este capítulo se describe la metodología propuesta para la instrumentación y automatización de la planta de Chapultepec, es decir, se proporcionan los siguientes criterios como la guía principal en la adquisición de la instrumentación y conceptualidad de operación del Sistema de Control propuesto.

La instrumentación y control está dividida, desde el punto de vista de equipo físico en: elementos sensores, transmisores de señal, gabinetes de tarjetas de entradas/salidas y procesadores, consola de control, estaciones de operación para gestión del operador. Para presentar la información al operador, se propone utilizar monitores de las estaciones de operación para administrar el proceso, en donde se muestren los diagramas dinámicos de flujo mediante despliegues, presentando la operación de los equipos y los valores actualizados de las variables de proceso.

El esquema propuesto permite realizar con facilidad el manejo de la información, optimizar los controles de control lógico, los controles de control analógicos, el acceso a la información con autorización a distintos niveles jerárquicos de operación o adquisición de reportes de todo tipo, inclusive ejecutivos. El sistema debe permitir el crecimiento del equipo sin que afecte los parámetros principales del proceso, y del propio funcionamiento, así como permitir la comunicación para envío de información a lugares externos a la planta mediante líneas telefónicas (MÓDEM).

### 4.2 Sistema de Medición

El sistema de medición involucra las mediciones de campo necesarias para mantener al operador informado del comportamiento de la planta en todo momento. La concentración de estas mediciones se realiza mediante cableado hacia el gabinete para conectarse a los módulos de entradas/salidas de donde se toman y procesan digitalmente para control o presentación de información en monitores.

Los transmisores deben manejar intervalos de señal con valor estándar de 4 a 20 mA con suministro eléctrico de 24 VCD, no se permiten otros valores diferentes a los establecidos, la señal se transmite mediante dos hilos, sólo en el caso de que algún proveedor sugiera transmisores del tipo inteligente se podrá aceptar que sea mediante un bus para la comunicación de información mediante el protocolo adecuado para la interconexión con el sistema de control por microprocesador. La cubierta de los transmisores debe cumplir con la clasificación eléctrica NEMA 4, conexión de conduit de 19 mm. NPT. Para manejar señales de estado se deben considerar contactos secos con manejo de 24 VCD, o el estándar del proveedor de los interruptores.

Las mediciones pueden ser del tipo:

- ♦ De estado, como son válvula abierta, bombas o equipo operando, etc.
- ♦ Analógicas, como son medición de flujo, presión, temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad, turbidez, nivel, etc.

Las variables a considerar para esta planta de acuerdo a su localización son:

#### Área de entrada de influentes

Válvula motorizada entrada 1	estado de operación, abierto/cerrado
Válvula motorizada entrada 2	estado de operación, abierto/cerrado
Válvula motorizada entrada 3	estado de operación, abierto/cerrado

Estas señales se generan mediante interruptores de posición límite en las válvulas

### Canales desarenadores

Conductividad	100-1000
PH	0 a 14 pH
Temperatura	10 a 30 °C
Turbidez	0-500
Flujo canal A	0 a 80 lps
Flujo canal B	0 a 80 lps
Flujo canal C	0 a 80 lps

Las señales de medición para la conductividad y el pH se realizan mediante un elemento sensor sumergible, conectado a su correspondiente transmisor el cual generará la señal de 4 a 20 mA. La señal de turbidez se obtiene mediante un turbidímetro con salida de 4 a 20 mA. La señal de temperatura se obtiene a través del elemento sensor para este caso un termopar conectado a un transductor de mV/corriente, con salida de 4 a 20 mA. Las señales de flujo se obtienen mediante la colocación en cada uno de los canales de un elemento primario mediante un canal Parshall y un transmisor de flujo con el principio de medición tipo sónico, con salida de 4 a 20 mA.

### Tanque de regulación de agua cruda TA01

Nivel	0 a 3.60 m
Bomba GA-01	estado de operación, operando/parada
Bomba GA-02	estado de operación, operando/parada
Bomba GA-03	estado de operación, operando/parada
Bomba GA-04	estado de operación, operando/parada
Bomba GA-05	estado de operación, operando/parada

Las señales de nivel se obtienen mediante la colocación de un transmisor de nivel tipo capacitivo, con salida de 4 a 20 mA. Las señales de estado de las bombas se pueden obtener a través de contactos de repetición tomados de los contactores respectivos, en el caso que no proceda se sugiere adicionar relevadores auxiliares.

### Tubería de descarga de las bombas GA

Flujo agua cruda a Unidad 1	0 a 120 lps
Flujo agua cruda a Unidad 2	0 a 120 lps
Presión cabezal descarga bombas	0 a 4 Bares

Las señales de flujo que se pueden obtener, serán considerando dos casos:

1. Se considera que el elemento sensor con el que actualmente se opera resulta adecuado para la medición de flujo, solamente se adiciona un transmisor de presión diferencial, con salida de 4 a 20 mA.
2. Sustitución del elemento sensor actual por medidor de flujo del tipo magnético con transmisor de 4 a 20 mA integrado.

Paralelamente al planteamiento de la segunda opción, se ha considerado la posibilidad de incluir una placa de orificio. La medición de presión se realiza mediante un transmisor de presión manométrica con salida 4 a 20 mA.

La descripción de las siguientes mediciones, aplica a ambas Unidades ya que en principio el funcionamiento es igual, sólo que en el caso de una de ellas, debido a la diferencia en el diseño físico de los tanques pudiera presentarse un impedimento para la colocación física de la medición del nivel de lodos.

#### Tanque sedimentador primario

Nivel de lodos	0 a 1.30 m
Válvula de corte de salida de lodos	estado de operación, abierto/cerrado

La medición del nivel de lodos en el cárcamo del tanque se realizará mediante un transmisor de presión diferencial con sistema de burbujeo. Las señales de posición de la válvula se generan mediante interruptores de posición límite

#### Tanque de aireación

pH (entrada)	0 a 14
Oxígeno Disuelto (8 sitios de medición en U2 y 6 sitios de medición en U1)	1-2 mg/l
Flujo agua (entrada)	0 a 80 lps

Las señales de medición para el pH y el oxígeno disuelto se realiza mediante un elemento sensor sumergible, conectado a su correspondiente transmisor el cual generará la señal de 4 a 20 mA. La medición de flujo de agua se llevará a efecto con un medidor de flujo tipo magnético con transmisor de 4 a 20 mA integrado.

#### Turbo sopladores

Presión a la descarga de los turbo sopladores	0 a 4 Bares
Presión a la succión de los turbo sopladores	0 a 2 Bares
Temperatura a la descarga de los turbo sopladores	0 a 100 °C
Flujo aire para U1	100-150 m <sup>3</sup> /min
Flujo aire para U2	100-150 m <sup>3</sup> /min
Turbosopladores	estado de operación, operando/parada

La medición de presión se llevará a cabo con un transmisor de presión manométrica con salida 4 a 20 mA. La señal de temperatura se obtiene a través del elemento sensor para este caso un termopar conectado a un transductor de mV/corriente, con salida de 4a 20 mA.

La medición de flujo de aire se llevará a cabo con el elemento primario de medición actual o se implementarán unas placas de orificio, en ambos casos se suministrarán transmisores de flujo de presión diferencial.

Las señales de estado de los equipos se obtendrá a través de contactos de repetición tomados de los contactores respectivos, en el caso que no proceda se adicionarán relevadores auxiliares.

### Tanque sedimentador secundario

Nivel de lodos	0 a 1.30 m
Flujo del influente	0 a 120 lps
Flujo de recirculación de lodos	0 a 40 lps
Flujo de drenaje de lodos	0 a 40 lps
Flujo del efluente	0 a 120 lps
Turbidez	0 a 250
Válvula de corte de drenaje de lodos	estado de operación, abierto/cerrado
Bomba de recirculación de lodos GA-06	estado de operación, operando/parada
Bomba de recirculación de lodos GA-07	estado de operación, operando/parada
Cloro residual	0.5 mg/l

La medición del nivel de lodos en el cárcamo del tanque se realizará mediante un transmisor de presión diferencial con sistema de burbujeo. La medición de flujo de recirculación de lodos se llevará a efecto con un medidor de flujo tipo magnético con transmisor de 4 a 20 mA integrado. Las mediciones de flujo se llevarán a efecto con un medidor de flujo tipo magnético con transmisor de 4 a 20 mA integrado. Las señales de posición de la válvula se generan mediante interruptores de posición límite. Las señales de estado de las bombas se obtendrán a través de contactos de repetición tomados de los contactores respectivos, en el caso que no proceda se adicionarán relevadores auxiliares.

### Tanque almacenamiento de hipoclorito de sodio

Nivel	0 a 1 m
-------	---------

Las señales de nivel se obtendrán mediante la colocación de un transmisor de nivel tipo capacitivo, con salida de 4 a 20 mA.

### Cárcamo tanque almacenamiento de agua tratada

Nivel	0 a 3.60 m
pH	0-14
Conductividad	100-800
Flujo de salida 1a Sección Chapultepec	0 a 120 lps
Flujo de salida 2a Sección Chapultepec	0 a 120 lps
Bomba GA-08	estado de operación, operando/parada
Bomba GA-09	estado de operación, operando/parada
Bomba GA-10	estado de operación, operando/parada

Las señales de nivel se obtendrán mediante la colocación de un transmisor de nivel tipo capacitivo, con salida de 4 a 20 mA. Las mediciones de flujo se llevarán a efecto con una placa de orificio con transmisor de 4 a 20 mA integrado. Las señales de medición para la conductividad y el pH se realiza mediante un elemento sensor sumergible, conectado a su correspondiente transmisor el cual generará la señal de 4 a 20 mA. Las señales de estado de las bombas se obtendrá a través de contactos de repetición tomados de los contactores respectivos, en el caso que no proceda se adicionarán relevadores auxiliares.

## Área de salida de efluente

Válvula motorizada salida 1ª sección	estado de operación, abierto/cerrado
Válvula motorizada salida 2ª y 3ª sección	estado de operación, abierto/cerrado

Estas señales se generan mediante interruptores de posición límite en las válvulas.

### Señales de medición eléctricas

Estas señales serán los valores de amperaje de los motores de los equipos principales tales como los compresores centrífugos y las bombas del tanque regulador de agua cruda y del tanque de almacenamiento de agua tratada; se generarán mediante transductores de corriente a corriente.

### Gabinetes para instrumentos montados en campo y cajas terminales

Todos los instrumentos del tipo eléctrico/electrónico en lo posible se agruparán e instalarán en gabinetes a prueba de agua y polvo tipo NEMA 4, con mirillas de observación sobre las puertas de acceso para protegerlos del ambiente, incluyendo tomacorriente de 120 VCA e iluminación.

Para facilitar el cableado de gabinetes de instrumentos en campo y hacia elementos finales de control, se concentrarán los cables individuales en cajas de terminales, para conducir mediante multiconductores las señales hacia los gabinetes de entradas/salidas. El cableado de instrumentación y control se efectuará en tubo conduit o charolas propias y rutas diferentes a las utilizadas para los cables de fuerza. El cable multiconductor a utilizar deberá tener al menos un 20% de cables en reserva para cubrir cualquier eventualidad futura, los mismos deberán llegar a tablillas terminales en ambos extremos.

## 4.3 Centro de Control

En el centro de control se tendrá la consola de control desde donde el operador podrá operar los equipos de la planta, supervisarlos, registrar variables y alarmas, así como verificar el control de proceso. La instrumentación que se maneja en esta consola debe ser del tipo miniatura.

### ♦ Consola de control.

Esta consola será metálica y constará de dos secciones; una vertical y otra inclinada con una pendiente aproximada de 15° con la horizontal, estará diseñada ergonómicamente para que el operador pueda estar sentado y tenga acceso a todos los comandos de operación. La consola en la sección vertical tendrá los indicadores de variables eléctricas del equipo principal y dos monitores, en la sección horizontal se tendrá un inserto tipo mosaico (preparada para el caso en que se agregue otra unidad de tratamiento de agua o digestores para lodos, en caso contrario se recomienda un inserto metálico) el cual contendrá un mímico mostrando la totalidad de los elementos del proceso (tanques, bombas, válvulas, etc.) , las estaciones de arranque/paro/auto de los equipos con motor y tendrá los teclados de los monitores para la interfase de control e información con el operador. Se tendrá una impresora para reportes que se instalará en una mesa.

Las dimensiones aproximadas para esta consola son:

Largo 2.00 m, ancho pupitre 0.80 m, alto 1.50 m, profundidad 0.70 m.

El mosaico deberá ser cuadrado de 25 mm.

Los monitores serán con pantalla de 14 pulgadas en diagonal a color.

#### 4.4 Sistema de Control por Microprocesador

El sistema de control deberá ser electrónico por microprocesadores y deberá cumplir como mínimo con lo siguiente:

Debe contar con dos niveles de operación:

1. Dirigido al operador en donde podrá obtener, la información a través de dos (2) PC's de última generación, esto es con Procesador Pentium, 2 Gb de Disco Duro, 32 Mb en RAM, monitor de alta resolución de 17 o 21 pulgadas SuperVGA, mouse, teclado en español, tarjetas de interfase para manejo de impresora, comunicación ETHERNET, y MODEM, ambiente en Windows (sus programas de presentación al operador se deben manejar en este ambiente), deben entregar licencia de software de aplicación de su sistema y de software de aplicación de Windows, debe suministrarse Windows Office 97, con la capacidad de programación de hojas de cálculo, procesamiento de palabras, base de datos, etc.

La presentación de la información en cada monitor debe ser como mínimo:

- Diagramas de flujo dinámicos (10 mínimo), en donde los cambios de estado de los equipos se muestren por cambio de color, los valores de las variables mediante dígitos, límites de alarma por cambio de color, variación de los niveles por cambio de color en tanques.
- Presentación de alarmas por grupo con la capacidad de desplegado de alarmas que se han presentado incluyendo cambio de los estados de los equipos.
- Desplegados de tendencia (10)
- Loggin
- Sistema de diagnóstico para el equipo de procesamiento y PC's
- Presentación de variables de proceso mediante desplegados de barras
- Presentación de estaciones auto/manual para control de lazos de control analógico
- Capacidad de reportes de alarmas, eventos, tendencias, etc.

Una de las PC's también debe tener la capacidad de manejarse como estación de ingeniería, por lo que deberá tener el software para:

- Definición de parámetros, configuración y puesta en servicio
- Configuración automática de funciones
- Configuración de interfase del operador con desplegados y logos
- Configuración gráfica con un editor eficiente para acceso a IEC-1132-3 para lenguajes de programación mediante diagramas funcionales de bloques, Lista de instrucciones IL, Carta de función de secuencias, Librería de bloques de función.
- Facilidad de realizar desplegados gráficos por el usuario de acuerdo a sus necesidades
- Sistema de documentación gráfica de programa del usuario y sistema de comunicación.
- Sistema de auto ayuda en ambiente Windows

**Toda la información debe ser presentada en español, no se deben aceptar programas con versiones en otro idioma.**

2. Otro nivel en donde se debe adquirir la información de las variables para procesar el control lógico y analógico de la planta. Debe tener módulos procesadores, de entrada/salidas, fuentes de poder, racks o gabinetes para colocar los módulos, y el cable o buses necesarios para su interconexión.

## **Módulos procesadores.**

Debe tener procesadores que estén; uno operando normalmente y el otro en HOT STAND BY, cada uno con las siguientes capacidades; comunicación en ETHERNET, 32 MB RAM Buffered, configuración de hardware en EEPROM, interfases RS232C y RS 485, Conexión de diagnóstico y auto prueba, botón de reposición e interruptor de arranque/paro, leds para indicación del estado del modulo, batería de soporte para la memoria RAM de litio. El mínimo escaneo requerido para algunas señales digitales deberá ser de 2 mS, y para analógicas de 10 mS.

## **Módulos de entradas/salidas**

Se deben proporcionar la menor variedad de módulos electrónicos diferentes, de forma que puedan intercambiarse y se tenga en almacén un mínimo de partes de repuesto.

Módulos de entradas analógicas, éstos deben ser como máximo de 16 entradas de señales analógicas de 4 a 20 mA, con la capacidad de conectarse a transmisores inteligentes con protocolo HART.

Módulos de salidas analógicas, éstos deben ser como máximo de 16 salidas de señales analógicas de 4 a 20 mA.

Módulos de entradas binarias, éstos deben ser como máximo de 16 entradas, con capacidad de manejo de voltaje de hasta 230 VCA.

Módulos de salidas binarias estos deben ser como máximo de 32 entradas, con capacidad de manejo de voltaje de hasta 230 VCA ( se deben suministrar de dos tipos: para salidas hacia las luces de estado de las estaciones de arranque y paro locales y en consola mediante accionamiento de estado sólido, y para salidas para arranque y paro de motores a CCM's mediante relevadores, en este último caso como máximo 16 salidas).

Todas las tarjetas deben contar con LEDS para indicar el estado de la entrada/salida o si existe falla.

**No se aceptan módulos que contengan al mismo tiempo la capacidad de entradas y salidas.**

## **4.5 Bases de diseño**

### *4.5.1 Diagrama de Tuberías e instrumentación*

Estos diagramas se generarán a partir de los de flujo de proceso y se mostrarán mediante simbología ISA los diferentes instrumentos y controles que conformarán el Sistema de la Planta.

### *4.5.2 Control lógico de equipo con motores*

El control lógico de los equipos que se manejan con motor será el siguiente:

#### **Válvulas motorizadas:**

Condición de abrir.- Esta condición se puede realizar de forma manual-remota desde la consola o manual-local

Condición de cerrar. Esta condición se puede realizar de forma manual-remota desde la consola o manual-local

Cuando exista un problema de tipo eléctrico se generará una alarma

#### **Bombas del tanque de regulación de agua cruda**

Condición de operar.- Esta condición se puede realizar de forma manual-remota desde la consola o manual-local



Condición de paro.- Esta condición se puede realizar de forma manual-remota desde la consola o manual-local

Condición de automático.- Esta condición se establece desde la consola de control a través de cada una de las estaciones arranque/paro/auto, y se establece la siguiente secuencia de operación de bombas:

Bomba	Cap. (lps)	Flujo $\leq$ 60	Flujo = 200	Flujo > 200
GA-01	120	BLOQ	OP	OP
GA-02	120	BLOQ	OP	OP
GA-03	60	OP	RES /A	RES /A
GA-04	60	RES /A	RES /A	RES /A
GA-05	60	RES /A	RES /A	RES /A

Cada una de las bombas está protegida por bajo nivel en el tanque y por problemas eléctricos .Existirán las alarmas por bajo nivel tanque, bajo-bajo nivel tanque y problemas eléctricos de cada una de las bombas

### Válvulas de recirculación de lodos y de drenaje de lodos

Condición de abrir.- Esta condición se puede realizar de forma manual-remota desde la consola o manual-local

Condición de cerrar.- Esta condición se puede realizar de forma manual-remota desde la consola o manual-local

Condición de automático.- para abrir y cerrar, esta condición se establece en función del nivel de los lodos acumulados

### Turbosopladores de aire

Condición de operar.- Esta condición se puede realizar de forma manual-remota desde la consola o manual-local

Condición de paro.- Esta condición se puede realizar de forma manual-remota desde la consola o manual-local

Condición de automático.- Esta condición se establece desde la consola de control a través de cada una de las estaciones arranque/paro/auto, y se establece sólo como respaldo ya que el funcionamiento de los compresores es de 1 a 1. La protección que tiene cada compresor es por falla eléctrica y/o alta temperatura de aire. Las alarmas que se presentan son alta temperatura de aire, muy alta temperatura de aire. problemas eléctricos de cada compresor.

### Bombas de recirculación de lodos

Condición de operar.- Esta condición se puede realizar de forma manual-remota desde la consola o manual-local

Condición de paro.- Esta condición se puede realizar de forma manual-remota desde la consola o manual-local

Condición de automático.- Esta condición se establece desde la consola de control a través de cada una de las estaciones arranque/paro/auto, y se establece como arranque y paro de una de las bombas mediante el nivel de los lodos, y la otra queda solo como respaldo ya que su funcionamiento es de 1 a 1. La protección que tiene cada bomba es por falla eléctrica y/o por nivel de los lodos. Existen alarmas por falla de bomba y/o alto nivel de lodos o muy alto nivel de lodos.

## Bombas de agua tratada

Condición de operar.- Esta condición se puede realizar de forma manual-remota desde la consola o manual-local

Condición de paro.- Esta condición se puede realizar de forma manual-remota desde la consola o manual-local

Condición de automático.- Esta condición se establece desde la consola de control a través de cada una de las estaciones arranque/paro/auto, en donde una queda como respaldo de las otras dos en caso de falla eléctrica de cualquiera. La protección que tiene cada bomba es por falla eléctrica y/o por bajo nivel. Existen alarmas por falla de bomba y/o alto nivel de agua o muy alto nivel de agua tratada.

### 4.5.3 Control analógico

Este tipo de control se llevará a cabo en los siguientes casos:

- 1 El control de Oxígeno disuelto en el tanque de aireación.  
Este control se lleva cabo manejando el flujo de aire a la descarga del compresor de aire, el cual tiene un control esclavo PI para el flujo, y como control maestro el del Oxígeno disuelto. El elemento final de control se propone mediante una válvula de control, aun cuando en la revisión de las características del compresor centrífugo, se podría pensar en controlar directamente a este través de un variador de frecuencia para señal de control de 4 a 20 mA.
- 2 Control de la dosificación del Hipoclorito de Sodio  
En este caso se propone un control de relación del suministro de este líquido, mediante la medición del flujo de agua. Para este control es necesario cambiar la bomba de dosificación la cual debe tener un elemento de control tipo CONOFLOW para señal de control de 4 a 20 mA

### 4.5.4 Índice de instrumentos

Se procederá a elaborar dicho documento considerando los siguientes conceptos: identificación, descripción del servicio, diagramas de tubería e instrumentación (DTI), Diagramas Lógico de control, etc.

### 4.5.5 Lista de entradas/salidas al sistema de control

Este documento se emitirá para poder contabilizar la cantidad de entradas y salidas con objeto de poder dimensionar el Sistema de control mediante microprocesador.

### 4.5.6 Hojas de datos

A partir del índice de instrumentos y verificación con los DTI's se procederá a la elaboración de dichas hojas en las cuales se anotarán datos de proceso correspondientes a dicho instrumento y características físicas requeridas en este proyecto.

### 4.5.7 Diagramas de ajuste de nivel y lista de puntos de ajuste

Este documento tiene por objeto mostrar mediante diagramas los puntos de ajuste y intervalos de los instrumentos tales como transmisores e interruptores que contienen dichos conceptos.

### 4.5.8 Típicos de instalación

En este documento se muestran la propuesta de instalación de cada uno de los instrumentos de campo, e incluye la lista de materiales correspondiente a dicha instalación.

## 5 CAPÍTULO: CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL SISTEMA PROPUESTO

### 5.1 Generalidades

En este capítulo se describen las actividades que se realizaron y los resultados que se obtuvieron en el desarrollo de este proyecto. Después de la elaboración y análisis de los criterios de diseño tanto de proceso como de instrumentación y automatización, se procedió a estudiar el diagrama de flujo de proceso de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Chapultepec para ubicar los sitios en donde se propone la instalación de instrumentos de medición y control, para así poder iniciar la elaboración de los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI).

Una actividad imprescindible en un proyecto de modernización es realizar un levantamiento físico de las instalaciones, revisando líneas de entrada y salida de la planta y de cada uno de los tanques; así como todas las tuberías de la misma, anotando su diámetro respectivo, el fluido que contiene y la facilidad de acceso para la instalación de los equipos de instrumentación y control.

Los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) para ambas unidades, así como los respectivos diagramas de control lógicos y analógicos, fueron desarrollados utilizando la simbología para instrumentación y control de la Instrument Society of America (ISA).

La información complementaria a los diagramas de tubería e instrumentación en la ingeniería básica, es el índice de instrumentos y las hojas de datos, elaboradas para cada uno de los instrumentos, las cuales contienen información de proceso, de materiales, sensores así como especificaciones relevantes de los equipos.

Las Hojas de Datos se utilizaron para cotizar los instrumentos, lo que permitirá realizar el análisis de costos de la propuesta. Tanto el Índice de Instrumentos como las Hojas de Datos permiten realizar revisiones cruzadas contra la instrumentación que aparece en los DTI's, garantizando que no sobra ni falta instrumento alguno de los propuestos y que todos son tomados en consideración en lo sucesivo, para las cuestiones técnicas, financieras y contables.

### 5.2 Simbología

Como parte integral del trabajo de ingeniería básica, se desarrolló un plano de simbología que muestra los símbolos y la nomenclatura que se utiliza en los DTI's, en los diagramas de control lógicos y analógicos y en las hojas de datos.

Los símbolos y nomenclatura que se utilizan aquí se apegan a la norma publicada por la *Instrument Society of America (ISA)*, que es la de mayor difusión internacional. En la Tabla 3. se muestra el significado de las letras de identificación. En el plano 1 se presenta la simbología (ISA) utilizada para desarrollar los diagramas de tubería e instrumentación.

Tabla 3. Nomenclatura utilizada por la ISA.

	Primera letra	Letras sucesivas
A	Análisis	Alarma
B	Flama del quemador	
C	Conductividad	Control
D	Densidad o gravedad específica	
E	Voltaje	Elemento primario
F	Razón de flujo	
H	Mano (arranque manual)	Alto
I	Corriente	Indicador
J	Potencia	
K	Tiempo o tabla de tiempos	Estación de control
L	Nivel	Ligero o bajo
M	Humedad	Medio o intermedio
O		Orificio
P	Presión o vacío	Punto
Q	Cantidad o evento	
R	Radiactividad o razón	Registro o impresión
S	Velocidad o frecuencia	Interruptor
T	Temperatura	Transmisión
V	Viscosidad	Válvula, amortiguador o respiradero
W	Peso o fuerza	Depósito
Y		Relevador o computador
Z	Posición	Manejo

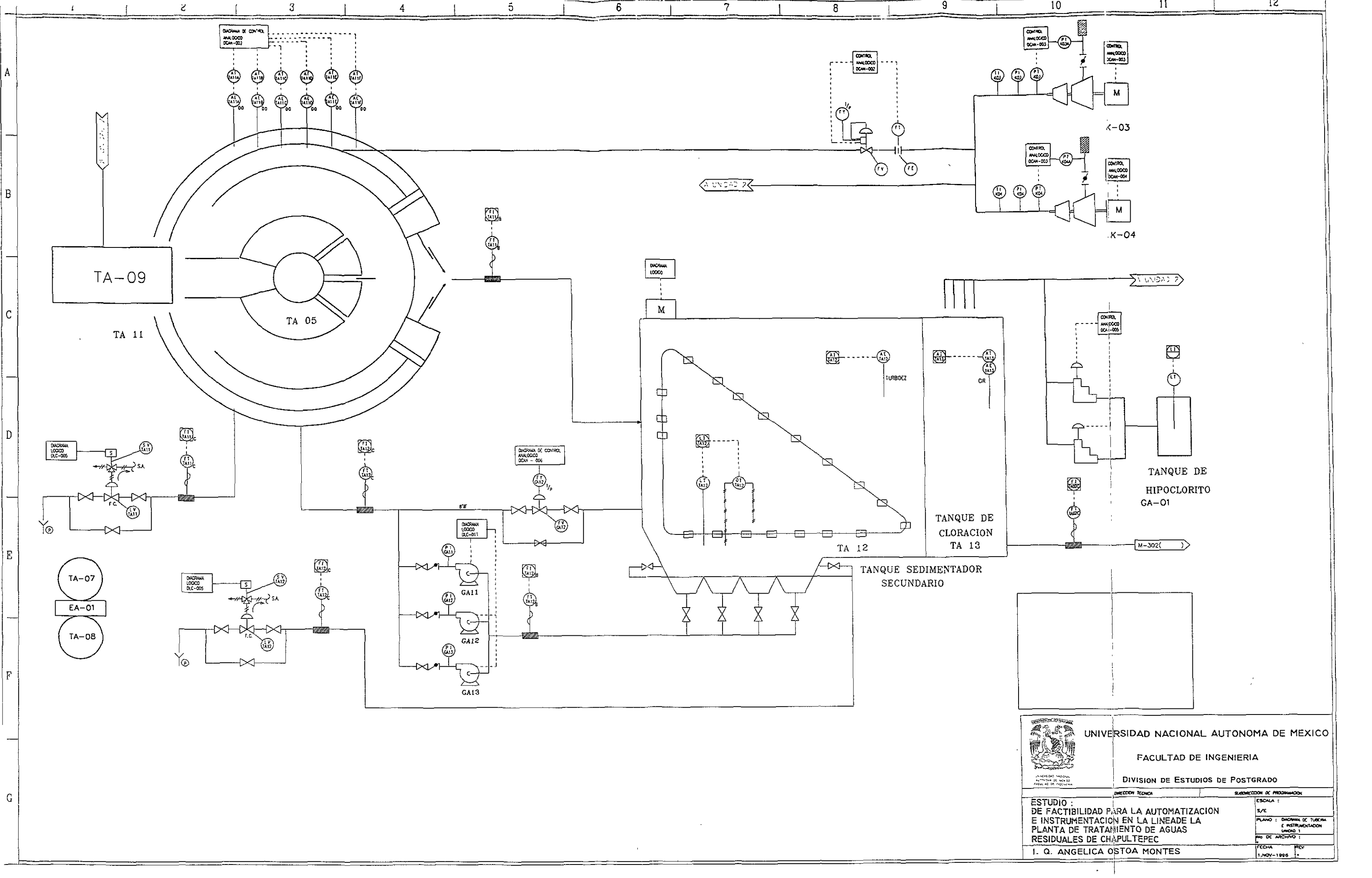
Como ejemplos se menciona que un instrumento con identificación PIC -101 quiere decir: controlador - indicador de presión del área 101. El instrumento AE -10 será el elemento de análisis número 10 o del área 10. Finalmente un AIT-202 puede referirse a un indicador transmisor de análisis del área 202. Cuando se trata de instrumentos de análisis, frecuentemente se indica entre paréntesis el tipo de análisis, por ejemplo: (pH), (O<sub>2</sub>), etc.


### 5.3 Diagramas de tubería e instrumentación

A continuación se presentan los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) realizados para las unidades de la planta de tratamiento de aguas residuales Chapultepec, en ellos se encuentra la información para las modificaciones y las implementaciones necesarias para nuestra propuesta de modernización de la instrumentación y automatización de la planta. En este trabajo se presenta una propuesta de instrumentación, control para ambas unidades, sin embargo sólo se describirá uno de los diagramas por áreas, en este caso el seleccionado es de la Unidad II, por incluir la entrada y salida general. Como ya se mencionó anteriormente el funcionamiento de ambas unidades es similar, aunque el diseño físico sea diferente.

#### 5.3.1 Diagrama Unidad I

Se muestra el diagrama de tubería e instrumentación correspondiente a la Unidad I.



 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO	
ESTUDIO : DE FACTIBILIDAD PARA LA AUTOMATIZACION E INSTRUMENTACION EN LA LINEA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CHAPULTEPEC	ESCALA : S/E PLANO : DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION UNIDAD 1 NO DE ARCHIVO : FECHA : 1. NOV - 1998
I. Q. ANGELICA OSTOA MONTES	

### 5.3.2 Diagrama Unidad 2

Se presenta el diagrama de tubería e instrumentación de la Unidad 2, y posteriormente su respectivo análisis.

#### *Descripción del Diagrama de Tubería e Instrumentación de la Unidad 2 por áreas:*

1. *Entrada del influente:* las líneas que llegan a esta unidad, son controladas por las válvulas motorizadas UV-001, UV-002, y UV-003, las cuales accionan con su propio vástago a los transmisores de posición ZT-001, ZT-002 y ZT-003, cuyo estado se indicará en el sistema de control central con los indicadores ZI-001, ZI-002 y ZI-003 respectivamente. El control de las válvulas motorizadas UV-001, UV-002 y UV-003 se realiza de acuerdo al diagrama de control lógico DLC-001.

2. *Entrada a los Canales Desarenadores:* el agua llega a un punto común, donde se realizarán las siguientes mediciones:

- ◆ Temperatura: con el sensor local TE-001, el transmisor electrónico TT-001 cuya instalación se hará en un gabinete o rack de instrumentos local, y el indicador TI-001 representado en la consola de control central.
- ◆ Conductividad: con el sensor local CE-001, el transmisor electrónico CT-001 cuya instalación se realizará en el gabinete o rack de instrumentos local y el indicador CI-001 en la consola de control central.
- ◆ pH: con el sensor local PHE-001, el transmisor electrónico PHT-001 cuya instalación se realizará en el gabinete o rack de instrumentos local y el indicador PHI-001 en la consola de control central.
- ◆ Turbidez: con el sensor local AE-001, el transmisor electrónico AT-001 cuya instalación se realizará en el gabinete o rack de instrumentos local y el indicador AI-001 en la consola de control central.

3. *Canales Desarenadores:* posteriormente a las rejillas, en cada canal se medirá el caudal por medio de los elementos de flujo FE-001, FE-002 y FE-003, los transmisores de flujo electrónicos de montaje local FT-001, FT-002, FT-003, quienes envían su señal al sistema de control central, que actuará según el diagrama de control analógico DCA-001.

4. *Tanque de regulación de agua cruda TA-01:* a la descarga de las bombas GA-01, GA-02, GA-03, GA-04, GA-05 se colocarán los manómetros indicadores de presión PI/GA-01, PI/GA-02, PI/GA-03, PI/GA-04 y PI/GA-05.

El control para las bombas GA-01 y GA-02, se realizará según el diagrama de control lógico DLC-002. El control de las bombas GA-03, GA-04, GA-05, se realizará según el diagrama de control lógico DLC-003.

Se medirá el nivel del tanque con el transmisor de nivel de montaje local LT-TA01, el cual enviará su señal al indicador de nivel LI-TA01 del sistema de control central.

Para mantener un mínimo de flujo a la salida del tanque de regulación de agua cruda, se propone la instalación de la válvula de control FV-TA01, sobre una línea de recirculación al tanque, cuya apertura y cierre será gobernada por la señal electrónica del controlador FIC-TA01 configurado y proveniente del sistema de control central. El esquema de control aplicable es el DCAN-001. La señal electrónica de control será convertida a una señal de 3-15 lb/in<sup>2</sup> por el convertidor electroneumático FY-TA01 para manejar el posicionamiento de la válvula.

Finalmente se medirá la presión de descarga del tanque por medio del transmisor electrónico de montaje local PT-01, el cual enviará su señal al indicador PI-TA01 ubicado en la consola del sistema de control central.



5 *Línea de derivación entre unidades:* a partir de este punto existe una derivación hacia el proceso de la unidad No. 1 y el propio de la unidad No.2.

Para medir el caudal de ingreso al proceso de la unidad 2, se utiliza el transmisor de flujo magnético de salida electrónica y de montaje local FT-TA02A, el cual envía su señal electrónica al indicador FI-TA02A ubicado en el sistema de control central.

6. *Tanque sedimentador primario TA-06:* se medirá el nivel de lodos del tanque por medio de un sistema combinado de señales electrónicas provenientes de los transmisores LT-TA02 de nivel y DT-TA02 de presión diferencial. Las señales electrónicas serán recibidas por el indicador de nivel LI-TA02 ubicado en el sistema de control central.

En la línea de salida al drenaje municipal se implementa la medición de flujo por medio del transmisor magnético de montaje local 2FT-TA02B cuya señal será recibida por el indicador FI-TA02B. Sobre esta misma línea se propone la instalación de la válvula de control LV-TA02A manejada por la válvula solenoide de tres vías SV-TA02A que a su vez responderá a las secuencias determinadas en el diagrama de control lógico DLC-005.

En la línea de "Lodos a Digestor Aeróbico" se ha propuesto un sistema similar. En primer lugar la medición de flujo por medio de la combinación transmisor magnético FT-TA02C - indicador FI-TA02C, seguido de la válvula de control LV-TA02B comandada por la solenoide SV-TA02B que responderá a las secuencias determinadas en el diagrama de control lógico DLC-004.

El motor que impulsa las rastras del tanque sedimentador primario será controlado según la secuencia contenida en el diagrama de control lógico correspondiente.

7. *Línea entre el tanque sedimentador primario TA-02 y el tanque de aireación TA-03:* se realizarán dos mediciones. En primer lugar análisis de pH a través del elemento de montaje local PHE-TA03 que enviará su señal al indicador PHI-TA03 ubicada en la consola de control central. En segundo lugar el caudal a través del transmisor de flujo magnético FT-TA03, el cual enviará su señal al indicador FI-TA03 ubicado en la sistema de control central.

8. *Tanque de Aireación TA-03:* en este caso la variable más importante a determinar es el oxígeno disuelto en el "licor mezclado", por lo que se propone la medición a la entrada y a la salida de cada uno de los cuatro tanques. En total se tendrán ocho puntos de medición del tanque TA-03 cubriendo toda la superficie en forma simétrica por medio de los elementos de montaje local AE-TA03A(DO), AE-TA03B(DO), AE-TA03C(DO), AE-TA03D(DO), AE-TA03E(DO), AE-TA03F(DO), AE-TA03G(DO), AE-TA03H(DO). estos elementos enviarán su señal a los transmisores electrónicos de montaje local AT-TA03A, AT-TA03B, AT-TA03C, AT-TA03D, AT-TA03E, AT-TA03F, AT-TA03G, AT-TA03H, los cuales a su vez enviarán su señal al diagrama de control analógico DCA- 002.

La entrada de aire para aireación proveniente de los turbosopladores K03 y K04 se regulará por medio del sistema de control implementado en el Diagrama de control Analógico DCAN-003, que podrá realizarse por una de dos vías: (A) con la señal de flujo de aire medida por el elemento FE-K03 que envía su señal al transmisor de flujo FT-K03 y este último al sistema de control central que procesará las señales según lo mostrado en DCAN-003 y ordenará la apertura o cierre de la válvula de control FV-K03 a través del convertidor electroneumático FY-K03. El sistema (B) puede ser por medio del control de velocidad de los motores de los turbosopladores por medio de variadores de velocidad.

La selección del sistema de control más apropiado dependerá tanto de las condiciones de proceso, factibilidad técnica y de costo.

9. *Línea entre el tanque de aireación TA-03 y el tanque sedimentador secundario TA-04:* solamente se propone la medición de caudal por medio del transmisor de flujo magnético de montaje



local FT-TA04A cuya señal de salida se enviará al indicador FI-TA-04A ubicado en la consola del sistema de control central.

10. *Tanque sedimentador secundario TA-04:* se realizará el análisis continuo de turbiedad por medio del elemento de análisis de montaje local AE-TA04 (Turbiedad), que enviará su señal al indicador AI-TA04 ubicado en la consola del sistema de control central.

Para el nivel de lodos se implementa un sistema similar al propuesto para el sedimentador primario, es decir, las señales de nivel y de presión diferencial, se detectan con los transmisores electrónicos de montaje local LT-TA04 y DT-TA04 respectivamente, y se envían al indicador de nivel LI-TA04A ubicado en la consola del sistema de control central.

En la salida de la recirculación de lodos tenemos en primer lugar la medición de flujo por medio del transmisor de flujo magnético FT-TA04B, cuya señal se envía al indicador FI-TA04B ubicado en la consola del sistema de control central.

Se mide la presión a la salida de las bombas de recirculación GA-06 y GA-07 por medio de los manómetros indicadores de montaje local PI-GA06 y PI-GA07. Las bombas de recirculación de lodos se controlan según las secuencias mostradas en el Diagrama de Control Lógico DLC-009. La recirculación de lodos es la salida de las bombas GA-06 y GA-07, y se divide en una línea que se regresa a la entrada del tanque de aireación como parte del proceso, y la otra como un retorno hacia el mismo tanque sedimentador secundario TA-04. Para el control de este retorno se utiliza la válvula de control FV-GA06 gobernada según las secuencias del diagrama de control analógico DCAN-006 a través del convertidor electroneumático FY- GA06.

El sistema incluye el envío del excedente de lodos hacia el drenaje. En esta línea se mide el caudal por medio de un transmisor magnético de montaje local FT-TA04C el cual envía su señal al indicador FI-TA04C ubicado en la consola del sistema de control central. Se utiliza la válvula de control LV-TA04 gobernada por la solenoide SV-TA04 que a su vez seguirá las secuencias determinadas en el Diagrama de Control Lógico DLC-005.

El motor que impulsa las rastras del tanque sedimentador secundario será controlado según la secuencia contenida en el diagrama de control lógico correspondiente.

11. *Tanque de cloración TA-05:* la medición principal en este caso es el cloro residual por medio del elemento de análisis de montaje local AE-TA-05 (C. R.), que en combinación con el transmisor AT-TA05 envían su señal electrónica al indicador AI-TA05 ubicado en la consola del sistema de control central.

El tanque de cloración tiene dos salidas. Una de ellas va hacia el periférico a través de las bombas GA-14 y GA-15 cuya operación responderá a las secuencias previstas en el diagrama de control lógico DLC-011, el cual se explicará más adelante. A la salida de las bombas se indicará la presión por medio de los manómetros indicadores locales PI-GA14, PI-GA15. El flujo de salida se determinará por medio del transmisor de flujo magnético FE-GA14 el cual enviará su salida al indicador FI-GA14 ubicado en la consola del sistema de control central.

12. *Línea de enlace entre el tanque de cloración TA-05 y el tanque de almacenamiento de agua tratada TA-06:* esta es la segunda y principal salida del tanque de cloración, y en ella solamente se determinará el caudal por medio del transmisor de flujo magnético de montaje local FT-TA02C, que envía su señal al indicador FI-TA02C ubicado en la consola del sistema de control central.

13. *Tanque de almacenamiento de agua tratada TA-06:* este es el final del proceso, y en él se tienen las siguientes mediciones:

- ♦ Nivel por medio del transmisor de montaje local LT-06 que envía su señal al indicador LI-TA06 ubicado en la consola del sistema de control central.

- ◆ Conductividad: por medio del elemento de análisis de montaje local AE-TA06(CE) que enviará su señal al indicador AI-TA06 (CE) ubicado en la consola del sistema de control central.
- ◆ pH: por medio del elemento de análisis de montaje local AE-TA06(PH), que enviará su señal al indicador AI-TA06(PH) ubicado en la consola del sistema de control central.

La salida principal de este proceso es agua tratada que va hacia la segunda y tercera sección de Chapultepec. El impulso lo dan las bombas GA-08, GA-09 y GA-10 a cuya descarga se utilizarán los manómetros indicadores de presión de montaje local PI-GA08, PI-GA09, PI-GA10.

Finalmente para determinar y totalizar el caudal de salida se utiliza el elemento de flujo de montaje local FE-TA06A acoplado a el transmisor de flujo de montaje local FT-TA06A que envía su señal electrónica al indicador de flujo FI-TA06A ubicado en la consola del sistema de control central.

#### 5.4 Diagramas de control lógico

Los diagramas de control lógico explican a detalle la operación de las señales digitales asociadas a los sistemas electromecánicos utilizados para el transporte del material en el proceso. Como ejemplos se puede tener la apertura y el cierre de las válvulas y el mecanismo de “encendido/apagado” de las bombas.

En esta sección se describen de los Diagramas de Control Lógico (DLC), los cuales se pueden consultar en el ANEXO III.

- ◆ *Diagrama de Control Lógico DLC-001 “Válvulas motorizadas de entrada del influente”.*

El control de las válvulas motorizadas UV-001, UV-002 y UV-003 se podrá realizar de tres formas posibles:

Por medio de una estación de botones de “abrir”/”parar”/”cerrar” típica que estará ubicada en la consola, que tiene tres juegos de contactos, usándose uno para abrir, uno para parar y otro para cerrar.

Por medio de una estación local de tres botones ubicada en el sitio en que las válvulas están instaladas.

Por medio del uso de la pantalla y el teclado del sistema de control central.

- ◆ *Diagrama de Control Lógico DLC-002 “Control de arranque y paro de las bombas GA-01 y GA-02 del cárcamo TA-01”.*

El control de las bombas GA-01 y GA-02 se podrá realizar de tres formas posibles:

Por medio de una estación de botones de arranque y paro típica que estará ubicada en la consola, con tres juegos de contactos, usándose uno para arrancar, uno para operación automática y otro para parar.

Por medio de una estación de botones local ubicada en el sitio de instalación de las bombas

Por medio del uso de la pantalla y el teclado del sistema de control central.

- ◆ *Diagrama de Control Lógico DLC-003 “Control de arranque y operación automática de las bombas GA-03, GA-04 y GA-05 del cárcamo TA-01”.*

Las bombas GA-01, GA-02 y GA-03 se podrán controlar por medio de los siguientes dispositivos:

Por medio de una estación de botones de arranque y paro típica que estará ubicada en la consola, con tres juegos de contactos, usándose uno para arrancar, uno para operación automática y otro para parar.

Por medio de una estación de botones local ubicada en el sitio de instalación de las bombas

Por medio del uso de la pantalla y el teclado del sistema de control central.

Para el caso particular del arranque se utilizará un conmutador de tres posiciones cuyo objetivo será jerarquizar la operación y reserva de las bombas.

- ◆ *Diagrama de Control Lógico DLC-003 "Control de paro y operación automática de las bombas GA-03, GA-04 y GA-05 del cárcamo TA-01"*.

El paro de la bomba GA-03 sucederá cuando se de la ocurrencia conjunta de cualquiera de los siguientes cinco casos:

Caso 1:

Si se oprime el botón de paro, cambiando el estado del contacto HS-GA03T (normalmente cerrado) de la consola local, o se oprime el botón de paro de la estación de botones local y la bomba se encuentra en operación automática

Caso 2

Si se oprimió el botón auto de la consola que acciona el contacto HS-GA03L y (el flujo es mayor o igual a 120 lps) o (la bomba GA-04 o GA-05 está operando y el flujo es menor a 120 lps y el conmutador de jerarquía está en la posición dos o tres)

Caso 3

Se detectan problemas eléctricos

Caso 4

Se detecta flujo mínimo en la bomba.

Caso 5

El nivel detectado por el transmisor de nivel LT-TA01 es muy bajo.

- ◆ *Diagrama de Control Lógico DLC-004 "Control de válvulas de la recirculación de lodos del sedimentador primario"*.

La válvula LV-TA02B se podrá controlar por medio de los siguientes dispositivos:

Por medio de una estación de botones de arranque y paro típica que estará ubicada en la consola, con tres juegos de contactos, usándose uno para arrancar, uno para operación automática y otro para parar.

Por medio de una estación de botones local ubicada en el sitio de instalación de las bombas

Por medio del uso de la pantalla y el teclado del sistema de control central.

- ◆ *Diagrama de Control Lógico DLC-005. "Control de válvulas de drenaje de sedimentador primario y secundario"*.

Las válvulas LV-TA02A y LV-TA04 se podrán controlar por medio de los siguientes dispositivos:

Por medio de una estación de botones de arranque y paro típica que estará ubicada en la consola, con dos juegos de contactos, usándose uno para abrir, y otro para parar.

Por medio de una estación de botones local ubicada en el sitio de instalación de las bombas.

Por medio del uso de la pantalla y el teclado del sistema de control central.

- ◆ *Diagrama de Control Lógico DLC-006. "Control de los turbosopladores"*

La entrada y salida del sistema de control analógico, así como el arranque y paro para los turbosopladores K-03 y K-04 se podrá controlar por medio de los siguientes dispositivos:

Por medio de una estación de botones de arranque y paro típica que estará ubicada en la consola, con tres juegos de contactos, usándose uno para arranque, uno para automático, y otro para parar

Por medio de una estación de botones local ubicada en el sitio de instalación de los turbosopladores, consistente de dos botones, uno de arranque y uno de paro

Por medio del uso de la pantalla y el teclado del sistema de control central.

- ◆ *Diagrama de Control Lógico DLC-007, "Control de las bombas GA06 y GA07 de recirculación del sedimentador secundario de la unidad 2"*

El control de las bombas GA06 y GA07 se podrá realizar por medio de los siguientes dispositivos:

Por medio de una estación de botones de arranque y paro típica que estará ubicada en la consola, con tres juegos de contactos, usándose uno para abrir, uno para operación automática y otro para parar.

Por medio de una estación de botones local que sólo consta de dos botones, uno para arranque y otro para paro y que estará ubicada en el sitio de instalación de las bombas

Por medio del uso de la pantalla y el teclado del sistema de control central.

- ◆ *Diagrama de Control Lógico DLC-08, "Control de las bombas del cárcamo de agua tratada GA08, GA09 y GA10"*

El control de las bombas GA08, GA09 y GA10 de la unidad 2 se podrá realizar por medio de los siguientes dispositivos:

Por medio de una estación de botones de arranque y paro típica que estará ubicada en la consola, con dos juegos de contactos, usándose uno para arranque, y el otro para el paro.

Por medio de una estación de botones local que sólo consta de dos botones, uno para arranque y otro para paro y que estará ubicada en el sitio de instalación de las bombas

Por medio del uso de la pantalla y el teclado del sistema de control central

- ◆ *Diagrama de Control Lógico DLC-09, "Control de las bombas GA14 y GA15 de agua tratada al periférico"*

El control de las bombas GA14 y GA15 se podrá realizar por medio de los siguientes dispositivos:

Por medio de una estación de botones de arranque y paro típica que estará ubicada en la consola, con dos juegos de contactos, usándose uno para arranque, y el otro para el paro.

Por medio de una estación de botones local que sólo consta de dos botones, uno para arranque y otro para paro y que estará ubicada en el sitio de instalación de las bombas

Por medio del uso de la pantalla y el teclado del sistema de control central

## 5.5 Diagramas de control analógico

Los diagramas de control analógico se refieren a los lazos de control para variables continuas que pueden controlarse en forma modulante, ejemplos de estos son el control de aire al tanque de aireación y la recirculación de agua cruda en el cárcamo de bombeo.

En esta sección se describen de los Diagramas de Control Analógico (DCAN), los cuales se pueden consultar en el ANEXO III.

### ♦ *Diagrama de Control Analógico DCAN-001 "Control de recirculación de agua al cárcamo de bombeo"*

El objetivo es gobernar la operación de la válvula FV-TA01 para mantener un mínimo de agua en el cárcamo de bombeo.

Todos los cálculos se realizan en los microprocesadores del sistema de control central.

Se utiliza un promediador lógico para promediar la señal de los transmisores de flujo FT-001, FT-002, FT-003 que están detectando el caudal que pasa por los canales desarenadores. Se suma el flujo total de los tres transmisores y se divide entre 3 entradas

A esta señal se le aplican las restricciones de que el flujo debe ser mayor a 0 lps y menor a 60 lps, para después convertirse en la señal punto de ajuste que ataca un controlador "lógico".

La información del valor del flujo medido calculada por el sistema se envía al "diagrama de control analógico 004" para que se utilice en otro procesamiento.

El controlador es de tipo proporcional (P) y habilita su operación automática cuando recibe señales digitales de la operación de cualquiera de las bombas GA03, GA04 o GA05.

El nivel del cárcamo, detectado por el transmisor LT-TA01 es la señal salvaje o variable a controlar, por lo tanto se compara contra la señal punto de ajuste del flujo promediado y su diferencia actúa como señal de error o de control para atacar la válvula FV-TA01, abriéndola o cerrándola según se requiera para mantener el nivel en el tanque de agua cruda.

Es una válvula de características lineales y de operación inversa, es decir, a cero flujo esta abierta al 100% y a flujo máximo, 60 lps su apertura es del 0%. Se selecciona este tipo de característica por la operación que se requiere dada la operación de la misma en una derivación de la línea de alimentación a la descarga de las bombas GA01 a GA05.

### ♦ *Diagrama de Control Analógico DCAN-002 "Control de aire al tanque de aireación"*

El objetivo de este arreglo es controlar la cantidad o volumen de aire que debe entrar a los tanques de aireación proveniente de los turbosopladores y que será regulado por la válvula de control FV-K03.

Todos los cálculos se realizan en los microprocesadores del sistema de control central, en los cuales se ejecutan operaciones lógicas como controladores, promediadores, entre muchas otras.

Se trata de un control en "cascada" en el que el controlador "maestro" es el que toma como señal "salvaje" el promedio de las señales de los analizadores de oxígeno disuelto (OD) de todos los tanques, el cual se compara contra un punto de ajuste preestablecido que es el valor buscado (en este proceso es de 0 a 1.5 mg/l de OD), la diferencia entre el OD medido y el del punto de ajuste genera una señal de error que se envía como punto de ajuste a el otro controlador conocido como el "esclavo". Se llama esclavo porque sigue el comportamiento del maestro.

Tanto el control maestro como el esclavo tienen funciones proporcional, integral, derivativo (PID)

La variable "salvaje" o a modular será la de flujo de aire que detecta el transmisor FT-TA03, la cual será comparada con la proveniente del controlador maestro. La diferencia entre estas genera una nueva señal de error por medio de la cual se abrirá o cerrará la válvula FV-K03 a través del convertidor electroneumático FY-K03.

◆ *Diagrama de Control Analógico DCAN-003 "Control de los turbosopladores".*

Su objetivo es proteger al turbosoplador en operación de entrar a la región de "surge".

Todos los cálculos se realizan en los microprocesadores del sistema de control central, en los cuales se ejecutan operaciones lógicas como controladores, promediadores, suma, multiplicación, división de señales y salidas digitales entre muchas otras.

Para la operación de este arreglo de control, se usa un permisivo proveniente del arreglo DLC-006 que se explicará más adelante y cuyo objetivo es que este control analógico sólo actúe cuando el turbosoplador este en operación .

El controlador proporcional + integral (PI), recibe como señal "salvaje o a controlar la suma de las señales de flujo de aire detectadas por los transmisores FT-K03 y FT-K04.

Por su parte la señal punto de ajuste se obtiene como un cálculo que relaciona las presiones de succión y de descarga con algunas constantes propias de la dinámica del turbosoplador y por medio de las cuales se pretende mantener al turbosoplador dentro de una región de operación estable. El punto de ajuste que proporciona el cálculo realizado por el microprocesador es el siguiente:

$$P.A = [1/k_2] [P_s(1/k_1) (f(t)) ]$$

Donde:

$P_s$  = Presión de succión medida por el transmisor PT-K03A

$P_D$  = Presión a la descarga medida por el transmisor PT-K03B

$f(t) = P_s / P_D$

$K_1$  y  $k_2$  son constantes que dependen de la dinámica del turbosoplador y su sistema de interconexión.

◆ *Diagrama de Control Analógico DCAN-004 "Control de dosificación de hipoclorito de sodio".*

El objetivo de este sistema de control analógico es lograr una dosificación adecuada al los tanques de cloración, proveniente del tanque de almacenamiento de hipoclorito.

Dado que la disolución apropiada del hipoclorito depende de la temperatura del agua, se toma como señal de referencia de proceso para el controlador proporcional más integral, el producto de la señal comparada TE-TA04A y TE-TA04B con la señal del tercer termopar TE-TA04C. Esta señal se compara con un punto de ajuste local, determinado empíricamente en el campo al arrancar y sintonizar el lazo de control, obteniéndose una señal de error que gobernará la salida de posición que ajustará la carrera del pistón de la bomba dosificadora, según el valor requerido y óptimo para el proceso.

## 5.6 Índice de instrumentos

En el índice de instrumentos se encuentran listados en forma exhaustiva y completa todos los instrumentos requeridos para la propuesta de modernización de instrumentación y automatización, como son: válvulas de control, medidores de oxígeno, analizadores de conductividad, pH, turbiedad, etc.

El índice de instrumentos es un documento de control para el proyecto cuyo objetivo es evitar cualquier omisión al solicitar presupuestos o cotizaciones a los proveedores y al realizar las estimaciones de instalación, arranque y calibración en el proyecto ejecutivo.

Es una herramienta que recopila en una forma tabular todos y cada uno de los instrumentos que intervienen en los lazos de medición, control lógico y analógico en donde es muy fácil localizar cualquiera de ellos por su etiqueta de identificación, o área de servicio.

Hacer una búsqueda de un instrumento en los diagramas de tuberías e instrumentación o en los diagramas de control lógico o analógico, para hacer alguna consulta o verificación, a veces puede ser difícil o confuso, ya que muchos de ellos son típicos y por lo tanto son válidos para varios instrumentos a la vez.

PART.	CANT.	TAGS	TIPO DE INSTRUMENTO	SERVICIO	HOJA DE DATOS
1	3	FE-001/FT001	Canales abiertos tipo Parshall	Canal desarenador 1	1-100/1FTP
		FE-002/FT002	para 120 lts por seg	Canal desarenador 2	1-100/1FTP
		FE-003/FT003	transmisor de flujo ultrasónico 4-20 mA	Canal desarenador 3	1-100/1FTP
2	8	FT-TA02A	Medidor de flujo magnético	Flujo de entrada a Sed. Primario	1-100/1FTM
		FT-TA09A	cubierta nema 4x, bridas acero	Flujo hacia unidad 1	1-100/1FTM
		FT-TA02C	al carbón 150#	Flujo de lodos a digestor	1-100/1FTM
		2FT-TA02B		Flujo de lodos a drenaje	1-100/1FTM
		FT-TA03		Flujo a Tanque de aireación	1-100/1FTM
		FT-TA04A		Ent. Tanque Sed. Sec.	1-100/1FTM
		FT-TA04B		Flujo Recirculación lodos Sed Secundario.	1-100/1FTM
		FT_TA04C		Flujo sed Sec a Drenaje	1-100/1FTM
3	3	PHE-001/PHT-001	Analizador de pH con montaje	Entrada a canales desarenadores	1-100/1PH
		PHE-TA06/PHT-TA06	de electrodos y transmisor	Tanque almacen Agua Tratada.	1-100/1PH
		PHE-TA03/PHT-TA03	tipo sumergido, basado en Microprocesador	Ent. Tanque de aireación	1-100/1PH
4	2	CE-001/CT-001	Analizador de Conductividad	Entrada a Canales desarenadores	1-100/1COND
		CE-TA06/CT-TA06	Montaje celda-transmisor basado en microprocesador	Tanque. Almacen A. Tratada	1-100/1COND
			0-10,0-100,0-1000 micromhos		
5	8	AE-TA03A/AT-TA03A	Analizador de Oxígeno Disuelto	Tanque de Aireación	1-100/1O2
		AE-TA03B/AT-TA03B			1-100/1O2
		AE-TA03C/AT-TA03C			1-100/1O2
		AE-TA03D/AT-TA03D			1-100/1O2
		AE-TA03E/AT-			1-100/1O2

		TA03E			
		AE-TA03F/AT-TA03F			1-100/1O2
		AE-TA03G/AT-TA03G			1-100/1O2
		AE-TA03H/AT-TA03H			1-100/1O2
6	1	AE-TA05/AT-TA05	Analizador de Cloro Residual Sensor y transmisor	Tanque de cloración TA-05	1-100/1ACR
7	2	AE-001/AT-001	Analizador de Turbiedad	Ent. Canal. Desarenador	1-100/1ATU
		AE-TA04/AT-TA04		Tanque Sedimentador Secundario.	1-100/1ATU
8	5	FE-K03/FT-K03	Transmisores de Presión Diferencial	Flujo de Aire a Tanque. Airea.	1-100/1EPMF
		FE-TA06A/FT-TA06A	Flujo de aire y agua, inteligentes protocolo Hart incluyen placa de	Flujo A. Tratada a 2a y 3a Sección de Chapultepec	1-100/1EPMF
		FE-GA14/FT-GA14	orificio y brida porta placa	Flujo A Tratada a salida a periférico	1-100/1EPMF
		FE-TA05/FT-TA05		Flujo Agua a Tanque Alm Ta-06	1-100/2EPMF
		FE-TA06B/FT-TA06B		Flujo A. Trat. a la Secc Chapultepec. Sal Tanque Regulación A Cruda a U1	1-100/2EPMF
9	1	PT-TA01	Transmisores de Presión Manométrica	Cabezal Desc. Bom Tanque A.Cruda	1-100/1TP
10	2	DPT-TA02	Transmisor de Presión Diferencial	Nivel de lodos Tanque Sed Primario	1-100/1TNL
		DPT-TA04		Nivel de lodos Tanque Sed Primario	1-100/1TNL
11	4	LT-TA01	Transmisores de Nivel	Tanque Reg Agua Cruda	1-100/TN
		LT-TA02		Tanque Sed. Prim.	1-100/TN
		LT-TA04		Tanque Sed. Sec	1-100/TN
		LT-TA06		Tanque Alm. Agua Tratada	1-100/TN
12	3	LV-TA02A/SV-TA02A	Válvulas de Control	Sal Tanque Sed Prim a Drenaje	1-100/1VC
		LV-TA02B/SV-TA02B	Incluye interruptores de Posición	Sal Tanque Sed Prim a Digestor	1-100/2VC
		LV-TA04/SV-TA04	Alta y Baja ZSL y ZSH	Tanque Sed. Sec a Drenaje	1-100/4VC
13	1	FV-GA06/FY-	Válvulas de Control	Recirc. Lodos Tanque	1-100/5VC



		GA06		Sed. Secundario.	
			Incluye convertidor E/N e int.		
			de Pos. alta y baja ZSL-GA06 y ZSH-GA06		
14	1	FV-TA01/FY-TA01	Válvulas de Control incluye convertidor E/N	Recirc. Agua Tanque A. Cruda	1-100/3VC
15	3	UV-001/ZT-001	Válvulas Motorizadas	Influente	1-100/1VM
		UV-002/ZT-002	Incluye interruptores de Pos.		1-100/1VM
		UV-003/ZT-003	Alto y Bajo ZSL-001 y ZSH-001		1-100/1VM
16	1	TE-001/TT-001	Termopar/Transmisor de Temp.	Entrada a Canales Desarenador	1-100/1TETT
17		PI-GA01	Manómetros	Desc. Bomb Tanque. Reg Cruda	1-100/MAN
		PI-GA02		Desc. Bomb Tanque. Reg Cruda	1-100/MAN
		PI-GA03		Desc. Bomb Tanque. Reg Cruda	1-100/MAN
		PI-GA04		Desc.aBomb Tanque. Reg Cruda	1-100/MAN
		PI-GA05		Desc.aBomb Tanque. Reg Cruda	1-100/MAN
		PI-GA16		Desc Bomba a Jardín Japonés	1-100/MAN
		PI-GA17		Desc Bomba a Jardín Japonés	1-100/MAN
		PI-GA08		Desc. Bomb a 2a y 3a Secc Ch.	1-100/MAN
		PI-GA09		Desc. Bomb a 2a y 3a Secc Ch.	1-100/MAN
		PI-GA10		Desc Bomb a 2a y 3a Secc Ch.	1-100/MAN
		PI-GA14		Desc. Bomb Sal a Periférico	1-100/MAN
		PI-GA15		Desc. Bomb Sal a Periférico	1-100/MAN
		PI-GA06		Desc.Bomb Recirc Sed Sec	1-100/MAN
		PI-GA07		Desc.Bomb Recirc Sed Sec	1-100/MAN
18	2	ZS-001	Interruptores de Posición	Rejillas Ent. Canales Desarenadores	1-100/1ZP
		ZS-002			1-100/1ZP
		ZS-003			1-100/1ZP
19	1	Sin	Sistema de Control Central Montado en Consola de Control	Toda la Planta	Espec. General

			para la planta Chapultepec basado en microprocesador todos los indicadores se configurarán en pantalla, así como todos los controladores y la ejecución de los diagramas lógicos y analógicos de control	
20	2	FY-GA06	Convertidor Electroneumático Ent. 3-15 psig, Sal. 4-20 mACD	1-100/CEN

## 5.7 Perfiles de oxígeno disuelto

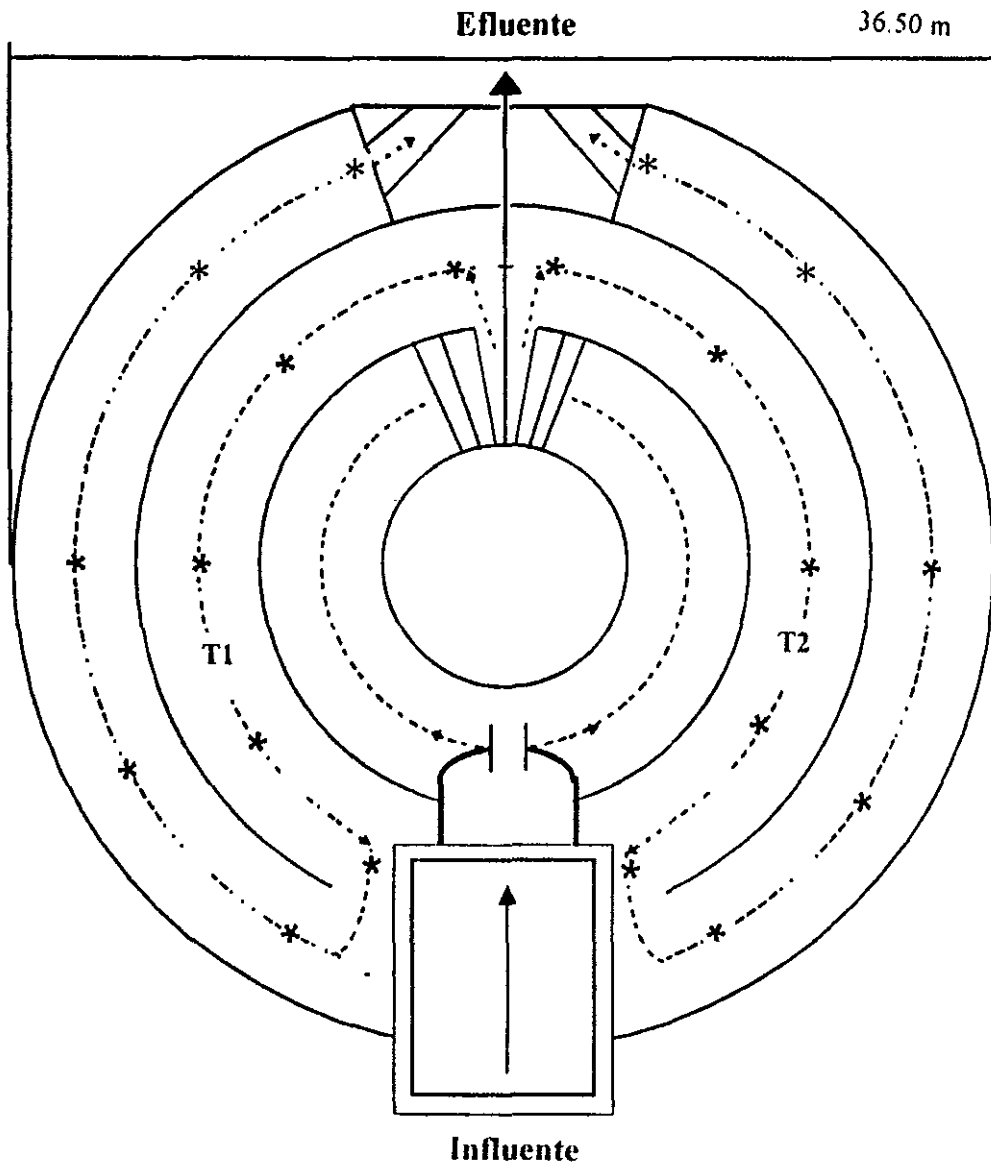
Uno de los puntos importantes en este trabajo es considerar el posible ahorro de energía que se tendría con el uso de un sistema de aireación controlado, de esta forma se consideró necesario medir el oxígeno disuelto en cada uno de los tanques de aireación de ambas unidades de la planta de tratamiento. Con esta información se pretende tener datos de campo de la función del proceso, para llevar a cabo la propuesta de implementación de un sistema de control adecuado.

El equipo que se utilizó en estas determinaciones, fue un medidor de oxígeno disuelto marca YSI, modelo 54A, con un electrodo de membrana para uso en campo. El equipo fue calibrado siguiendo las instrucciones del Standar Methods (1992) para mediciones de oxígeno disuelto y el manual de operación del equipo. En cada una de las determinaciones experimentales, se procedió a calibrar el equipo usando la técnica de la azida modificada de Winkler, y la técnica descrita en el manual de operación, tomando en cuenta para ello, la altitud a la que se trabaja, las temperaturas ambiente y del agua destilada. Además de esto, en cada determinación se anotaron los valores de presión y temperatura de descarga del turbosoplador así como el valor de amperaje y los pies cúbicos por minuto que registraba.

En la primera etapa de este trabajo desarrollado en campo, se determinaron los puntos de muestreo en los que se midió el oxígeno disuelto, para la primera unidad de la planta de Chapultepec se presentan las figuras 12 y 13. En la Fig. 12 se observa una vista de planta del tanque circular, en esta se localizan los diez puntos de muestreo señalados con asteriscos. En la Fig. 13 se presenta un corte longitudinal de los tanques que muestran los cuatro niveles de profundidad que se seleccionaron para realizar las mediciones. Para la segunda unidad se presentan, de manera similar las figuras 14 y 15. En la Fig. 14 se señalan los trece puntos en lo que se realizaron las determinaciones de oxígeno disuelto y la Fig. 15 muestra las cinco profundidades en las que se realizaron las mediciones.

En ambas unidades se consideraron dos ejes a 25 cm. de separación del muro de cada tanque de aireación, estos ejes se identificaron de acuerdo a la posición que guardan con respecto a la línea de aire como "lado de difusores" (L. D.) y "lado contrario a los difusores" (L. C.).

# TANQUES DE AIREACIÓN UNIDAD I DE TRATAMIENTO



- \* PUNTOS DE MEDICIÓN DE O<sub>2</sub> DISUELTO
- > LINEA DE FLUJO DE AGUA
- T1 TANQUE DE AIREACIÓN I
- T2 TANQUE DE AIREACIÓN 2

Fig. 12 Ubicación en planta de los puntos de medición de O<sub>2</sub> disuelto en la unidad I

## TANQUE DE AIREACIÓN UNIDAD I

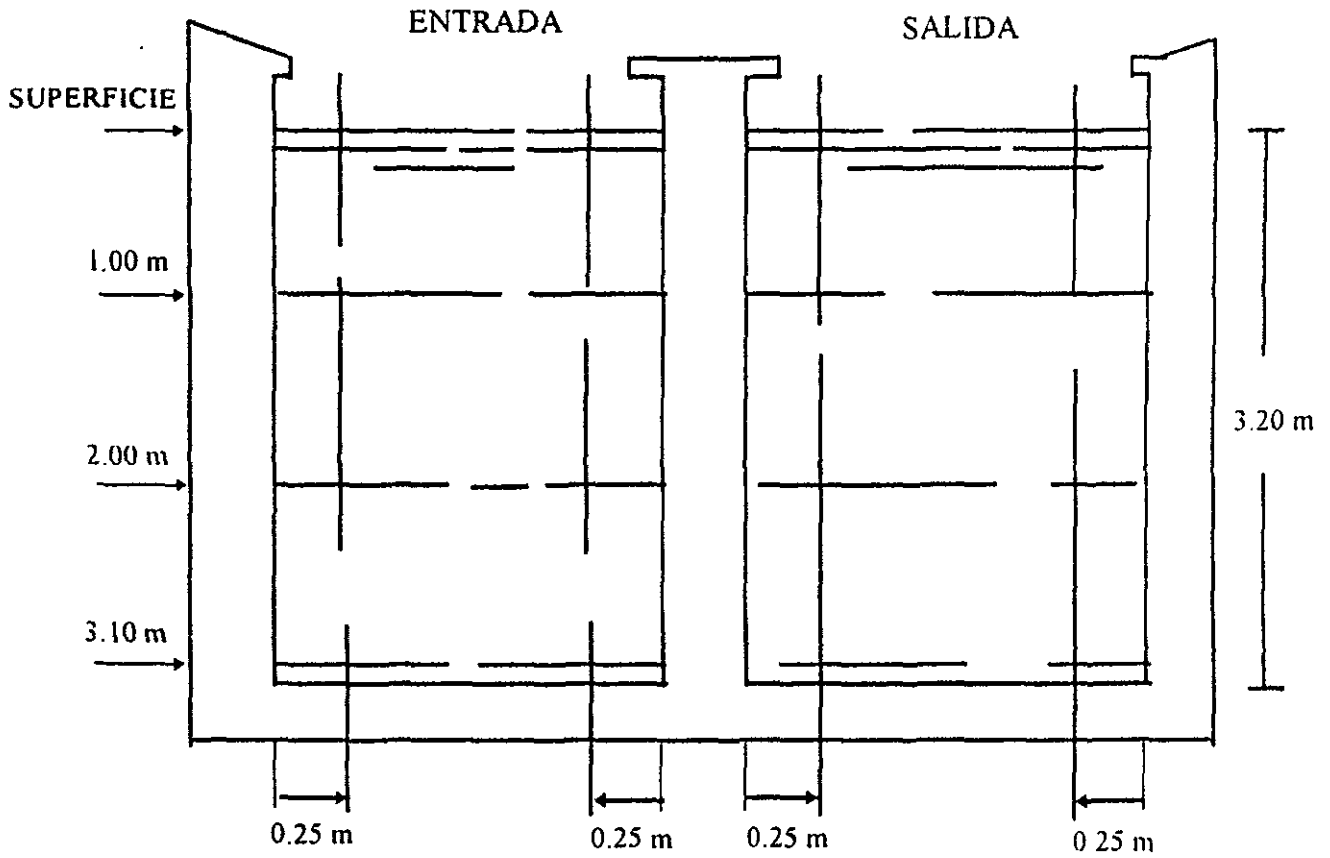


Fig. 13 Niveles de profundidad de los puntos de medición de  $O_2$  disuelto en la unidad I

# TANQUES DE AIREACIÓN UNIDAD II

EFLUENTE

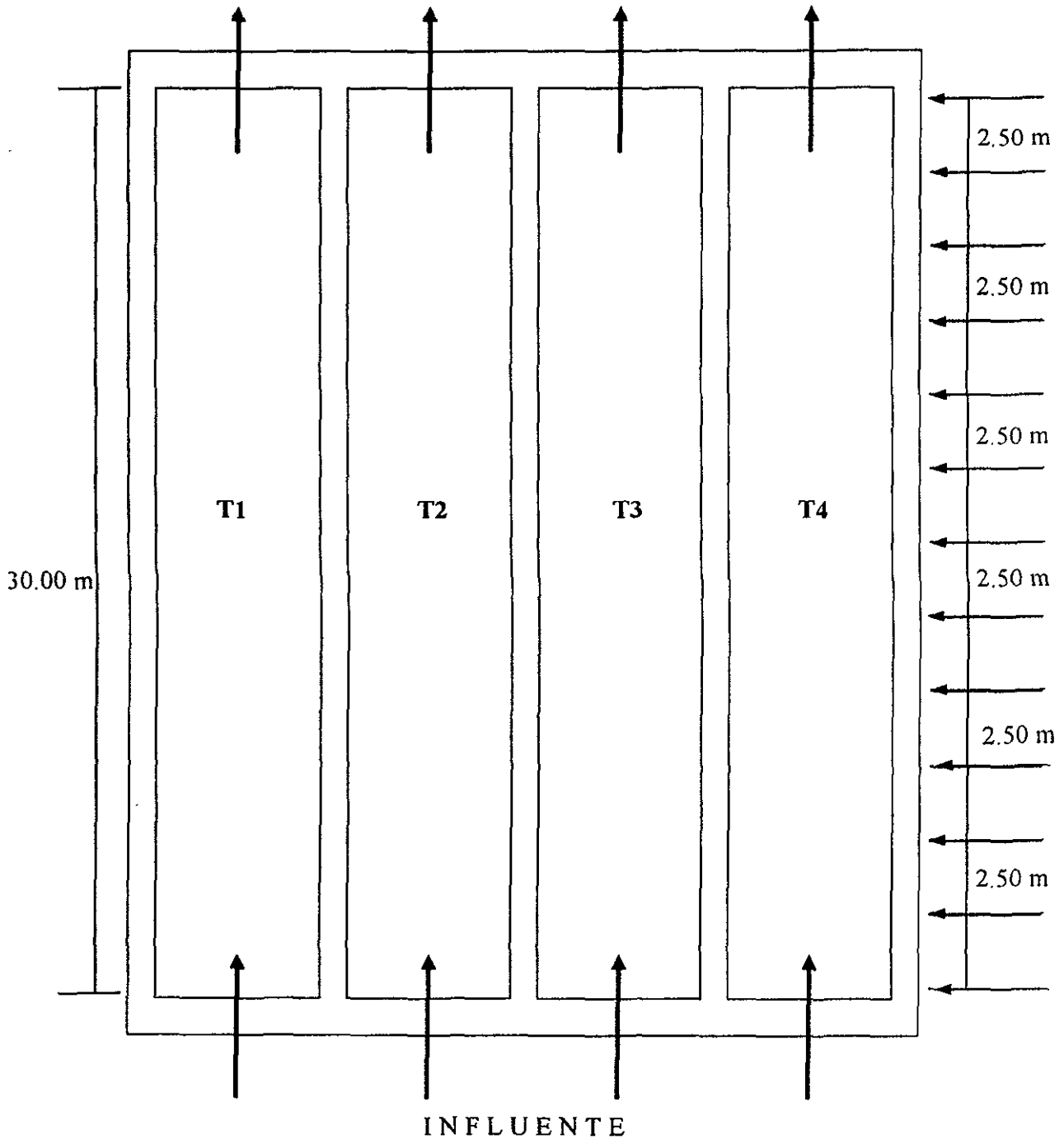
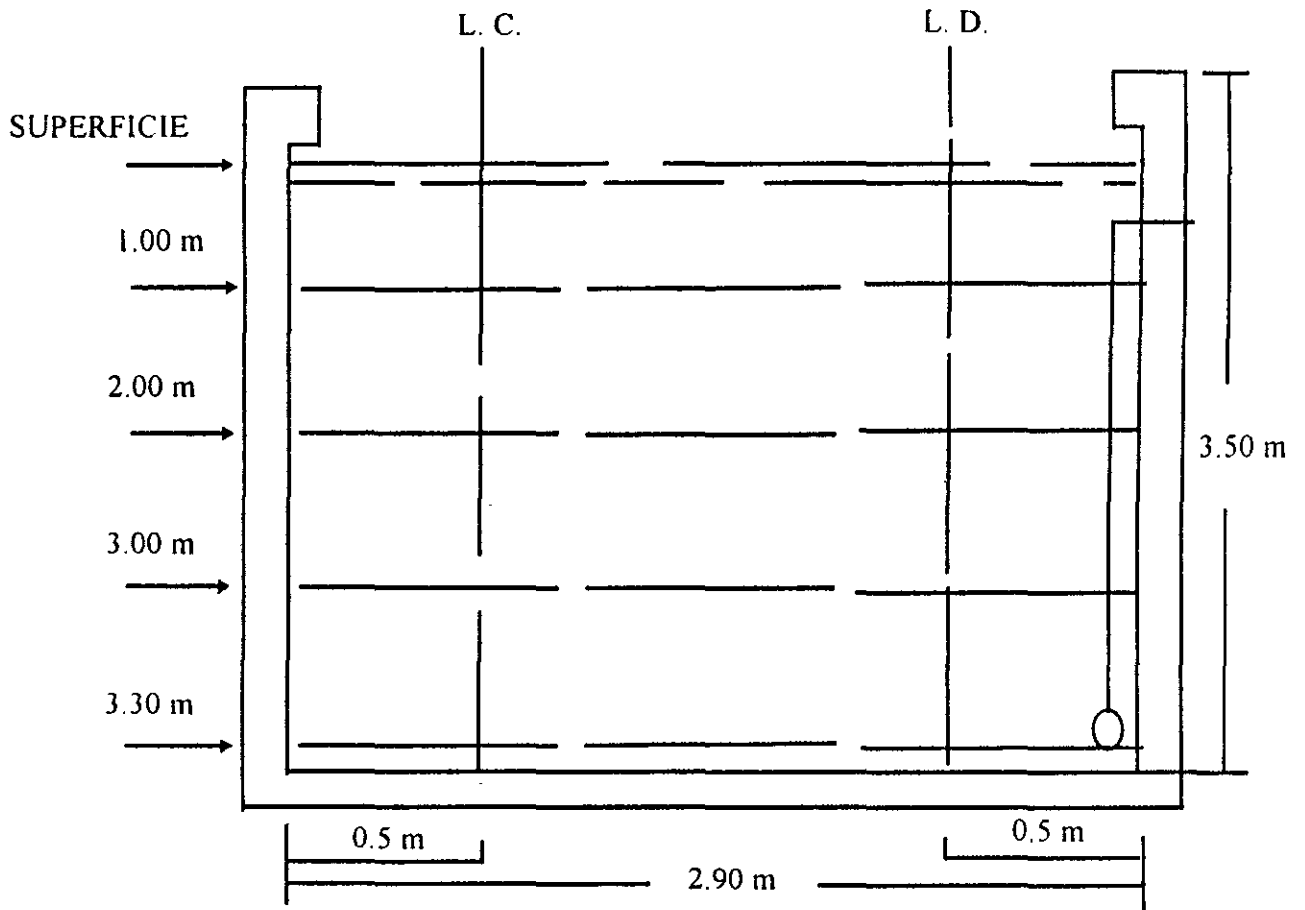


Fig. 14 Ubicación en planta de los puntos de medición de  $O_2$  disuelto en la unidad II.

## TANQUE DE AIREACIÓN UNIDAD II



L. D. LADO DE DIFUSORES

L. C. LADO CONTRARIO A LOS DIFUSORES

Fig. 15 Niveles de profundidad de los puntos de medición de  $O_2$  disuelto en la unidad II

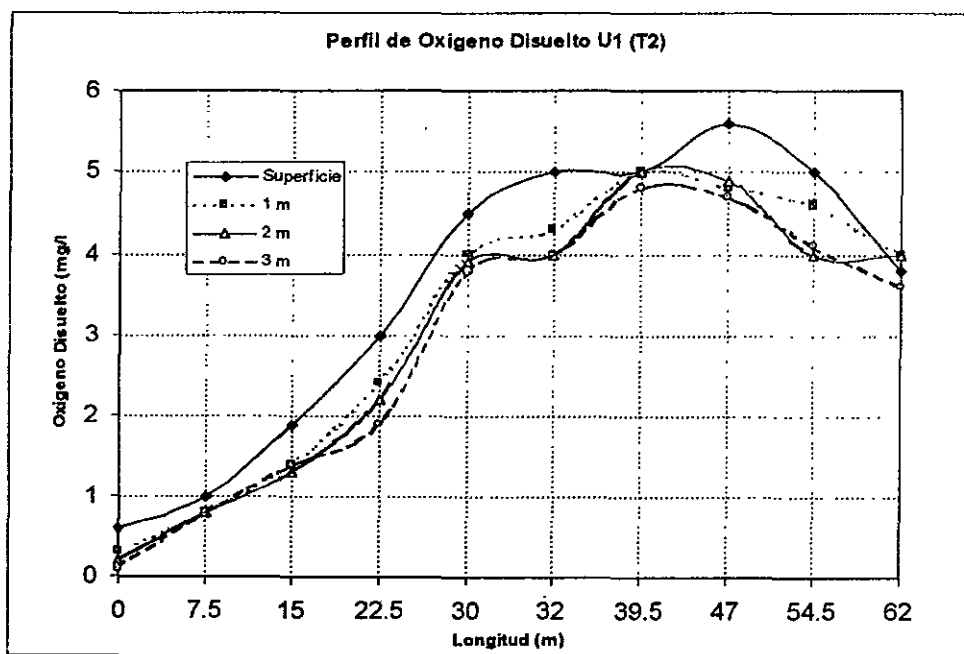
Se elaboró un registro con los datos del motor del turbosoplador, así como su presión y temperatura de descarga. La tabla 4 muestra la información.

Fecha	Presión de descarga (psig)	Temperatura de descarga (°C)	Amperaje del motor	CFM (pies cúbicos por minuto)
3/junio/1997	12	90	225	4700
4/junio/1997	12	90	225	4700
6/junio/1997	12	90	225	4700
17/junio/1997	14	98	236	5050
20/junio/1997	14	98	236	5050
30/julio/1997	14	98	200	3830

A continuación se diseñó una tabla para anotar los valores obtenidos, para cada día de las mediciones en campo; posteriormente se construyó la representación gráfica de cada una de ellas. Además se señala la unidad correspondiente, unidad 1 (U1) y unidad 2 (U2); así como el tanque en el que se realizaron los análisis.

Las determinaciones que se realizaron fueron con el objeto de conocer los valores de oxígeno disuelto en los tanques de aireación, pues era necesario saber como está operando la planta de tratamiento de Chapultepec.

Estas mediciones de campo, proporcionaron la información para obtener los perfiles de oxígeno disuelto en cada uno de los tanques, con lo cual se observa que en ocasiones existen valores muy por encima de los recomendados (1 -2 mg/l) en un proceso de lodos activados. Por ejemplo, puede observarse en la gráfica que para el día 6 de junio de 97, las mediciones realizadas en el tanque de aireación número 2 de la Unidad 1 se encuentran con valores que van desde los recomendados (1 a 2 mg/l de oxígeno hasta valores de 4 a 5.5 mg/l de oxígeno disuelto.



Con los resultados y la información obtenida, se justifica la propuesta de implementar un sistema de control de la aireación, lo cual proporcionará ahorros de consumo de energía eléctrica, y repercutirá en un beneficio económico, pues representa, según un artículo de la empresa "Capital Controls", un ahorro de energía de 20 a 40 %.

En el ANEXO IV se muestran las tablas y los gráficos realizados en las determinaciones de los perfiles de oxígeno disuelto. En ellos se pueden apreciar las variaciones que se presentan en el sistema en cada una de las unidades



## 6 CAPÍTULO: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

### 6.1 Generalidades

En la práctica, para realizar la evaluación económica de un proyecto, normalmente se reúnen grupos interdisciplinarios y cada uno de los especialistas desarrolla la parte que le corresponde. El resultado de esta interacción es un estudio completo acerca de la viabilidad técnica, económica y financiera, que sirve de base para decidir sobre su realización.

Una decisión de este tipo no puede ser tomada solamente por una persona, o ser analizada sólo desde un punto de vista. Es posible afirmar que una decisión debe estar basada en el análisis de un sin número de antecedentes con la aplicación de una metodología lógica que abarque la consideración de todos los factores que participan y afectan al proyecto. La toma de decisión, se debe basar en una cuidadosa evaluación de todos los costos y beneficios del proyecto.

### 6.2 Estudio de factibilidad

Para formular y evaluar un proyecto, es necesario contar con diferente información; y según la disponibilidad y confiabilidad de ésta se obtendrán resultados que nos permiten, con mayor o menor grado de precisión, decidir si conviene o no invertir en un proyecto. Es necesaria una planeación adecuada, analizar diversas alternativas, tomando en cuenta todos los aspectos. La toma de decisión, se debe basar en una cuidadosa evaluación de todos los costos y beneficios del proyecto.

El estudio de factibilidad es muy importante pues está enfocado al análisis de la alternativa más atractiva, se debe presentar toda la información técnica, así como las cotizaciones del equipo sugerido, planos y diagramas explicativos. El análisis para demostrar la factibilidad de un proyecto, es en sí, un ejercicio de evaluación económica del proyecto propuesto, en términos de los costos asociados con el mismo y los posibles beneficios globales y particulares de la propuesta.

Hinterhuber (1997) menciona que hoy en día no es posible hablar de los “costos de un proceso”, o de una mejora al mismo en forma aislada, sino que es “necesario ver el todo antes que las partes”. Por eso es que se propone que la evaluación se realice dentro de un proceso de Administración Estratégica de Costos, en donde se deben adoptar los siguientes criterios:

- ◆ Aunque el Gobierno del D.F. y la D.G.C.O.H. son organizaciones públicas no lucrativas, es conveniente adoptar una visión empresarial, ya que esto permite visualizar el panorama del estado actual y futuro al cual la organización desea dirigirse y que dará sentido a todas las acciones estratégicas tomadas.
- ◆ Las políticas y reglas de la misma organización, serán las que definan las “reglas del juego” en el proyecto.
- ◆ Deberán definirse los criterios de satisfacción para todos los actores relacionados directa o indirectamente con el proyecto.
- ◆ De esta manera, las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la D.G.C.O.H., pueden entenderse como “Unidades Estratégicas de Negocios”, o centro de acción colectiva que deben estar integrados y coordinados por la estrategia global de la organización.
- ◆ El entender una planta de tratamiento de agua residual como una unidad estratégica motiva al personal y lo impulsa a enrolarse en un proceso de aprendizaje permanente, evitando así reacciones de oposición al cambio y promoviendo la rápida asimilación de los nuevos sistemas y las nuevas tecnologías.

Con las consideraciones anteriores, entendemos que en el proceso de evaluación, hay que considerar la participación de los directivos responsables de la áreas funcionales, de los responsables de las unidades de proceso o, plantas, de los operadores, de los usuarios del producto de nuestro proceso, y de la comunidad en general, ya que todos y cada uno de ellos están relacionados con la operación de las plantas de tratamiento de agua residual.

Por lo tanto, los conceptos y criterios económicos aislados de “costo de equipamiento y proyecto de modernización” quedan rebasados como elementos únicos de evaluación y deberán ser medido no sólo contra los atributos de beneficio, sino contra los de satisfacción de los diferentes sectores involucrados.

En base a la visión anterior, proponemos que, tratándose de un proyecto de modernización, es indispensable mostrar en primera instancia, la forma como los cambios propuestos afectarán en términos de “Atributos de Satisfacción” a todo el personal y comunidad que estarán relacionados directa o indirectamente con el proyecto.

### **6.2.1 Primer nivel de evaluación: “Evaluación Social y de Servicio”**

En la construcción de la primera matriz de evaluación presentada en la Tabla 4, “Satisfacción a la comunidad...”, consideramos que el proyecto de modernización de la instrumentación y automatización de la PTAR Chapultepec, involucrará a diversos “sectores” y tendrá diversos impactos en la sociedad: Cada uno de los actores relacionados con el proyecto, tendrá distintos “atributos de satisfacción” cuya importancia tiene distinto valor o peso relativo. Se asigna una calificación para cada factor en términos de una comparación subjetiva de cual sería el estado de la variable en el escenario de que el proyecto fuese ejecutado. Finalmente se dan algunas recomendaciones sobre acciones de mejora.

### **6.2.2 Segundo nivel de evaluación: “Evaluación económica”**

Otra vertiente de la evaluación es la evaluación económica que es hecha a partir de la determinación de los costos asociados con el proyecto y su relación con los beneficios, el tiempo y tasa de retorno de la inversión, entre muchos otros indicadores de índole financiera y económica. Cabe destacar que para poder aplicar las fórmulas de para obtener los indicadores se requiere hacer una traducción de los beneficios a términos económicos, y previo a esto, hacer la determinación de cuales son las áreas de la planta que una vez ejecutado el proyecto de modernización , pueden aportar beneficios.

### **6.3 Determinación de áreas de beneficio:**

Una vez determinados los costos globales asociados con la propuesta de ingeniería básica para la modernización de la instrumentación y automatización de la planta Chapultepec, el siguiente paso es la determinación de las áreas que pueden presentar beneficios potenciales con los cambios propuestos.

Para tal efecto, se ha elegido y propuesto como metodología el uso de algunas herramientas de “evaluación tecnológica” las cuales se han adaptado y modificado, de tal forma que son aplicables con fines de evaluación.

Actor involucrado	Atributo de Satisfacción	Peso	Peor -2	-1	0	+1	Mejor +2	Puntuación	Acciones de mejora
Clientes: Usuarios	Precio	10		*				-10	Venta de agua tratada a particulares
	Calidad del Servicio	10			*			0	
	Calidad del agua	10			*			0	
Empleados Directivos	Estabilidad en el trabajo	10			*			0	Opciones de mejora para el personal con el entrenamniendo respectivo. Diseño del programa de consumo energético. Uso del registro histórico de operación para plan de mantenimiento.
	Ambiente de trabajo	8			*			0	
	Calidad de la gerencia	7			*			0	
	Mejora del control de la planta	7				*		7	
	Intercambio de información	6					*	12	
	Cálculos de consumos energéticos y reactivos	7					*	7	
	Registro histórico de operación	8					*	16	
Comunidad en general	Protección Ambiental	10			*			0	Creación de criaderos de trucha para pesca , cobrando según tamaño de la pieza, posibilidad de usarlas como alimento
	Creación y mantenimiento de empleos	10				*		10	
	Disponibilidad de agua para otros fines	8				*		8	
	Diversión	9			*			0	
Proveedores	Nuevo mercado de refacciones	10				*		10	Establecer programa de desarrollo para garantizar refaccion.
	Nuevo mercado de contratistas de obra	10				*		10	
Gobierno del Distrito Federal	Retorno de la inversión	6	*					-12	Reducción del ROI cobrando el agua producida y aumen-tando la eficiencia
	Tiempo de uso (vida útil)	8		*				-6	
	Atención de comunidad Polanco-Chapultepec	10					*	20	
Otros Organizaciones plantas o sistemas	Interconectabilidad con nodo central	7				*		7	Proyecto ejecutivo posterior.
	Interconectabilidad con sistemas superiores	7			*			0	

Total 83 Pts.

Tabla 4. Matriz de "Satisfacción a la comunidad por el proyecto de modernización de la I&C de la PTAR Chapultepec"

Invirtiendo los conceptos usados en la “Matriz de Portafolio de Riesgos”, utilizada por Taggar y Blaxter (1992), y en lugar de hacerla una matriz con elementos de riesgo, en los elementos básicos individuales de la matriz, se conceptualiza como una matriz cuyos elementos son las áreas de oportunidad, comparadas o mapeadas contra los elementos de beneficio. Podremos identificar y encontrar aquellas casillas de la matriz cuyo desarrollo e implementación permitan justificar el proyecto desde el punto de vista económico, dándole componentes de viabilidad.

Esquemáticamente, la operación de la planta es sencilla, como se muestra en la figura:

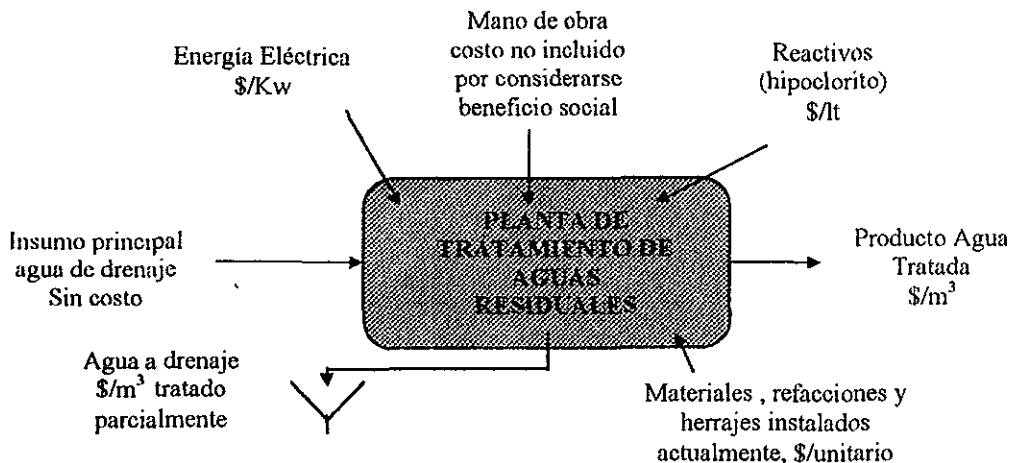


Fig. 16 Enfoque sistémico de entradas-salidas a la PTAR Chapultepec

Cabe aclarar que no se contempla como criterio de beneficio del proyecto el reducir costos de mano de obra por despedir a los operadores al modernizar la automatización y control. Por otra parte, si el proyecto se ejecuta, se podrán mejorar y facilitar las tareas del personal, además de su nivel técnico, al capacitarse para asimilar las nuevas tecnologías disponibles.

El criterio para la construcción de las columnas de la matriz es la consigna de mantener o aumentar la eficiencia de la planta, consideraremos beneficio relativo a la ejecución de la modernización propuesta a:

- ◆ todo aquel ahorro de los insumos que tienen un costo asociado por ejemplo al energía o los reactivos utilizados.
- ◆ todo aquel subsistema, área, dispositivo o instrumento, que contribuya con aumento en la productividad.
- ◆ todo aquel subsistema, área, dispositivo o instrumento, que contribuya con aumento en la calidad del producto.
- ◆ todo aquel subsistema, área, dispositivo o instrumento, que contribuya con aumento en la seguridad de la planta.
- ◆ todo aquel subsistema, área, dispositivo o instrumento, que contribuya con la disminución de desperdicios de cualquier índole.
- ◆ todo aquel subsistema, área, dispositivo o instrumento, que contribuya con aumento o mejora en la manejabilidad, explotación de la información y administración de la planta en su conjunto.

En los renglones consideraremos como áreas de estudio de la planta aquellas identificadas en la descripción de los diagramas de tuberías e instrumentación de la Unidad 1 y Unidad 2, discutidas en el capítulo 5 de características específicas del sistema propuesto. La razón de hacerlo así es que cada área

agrupa una operación unitaria dentro del proceso o una línea de enlace entre operaciones unitarias con la instrumentación respectiva propuesta en el proyecto de modernización. Para esta planta se tiene:

Beneficios →	Ahorro de energía	Ahorro de Reactivos	Aumento en la productividad	Aumento en la calidad del producto	Disminución de desperdicios	Mejora en la administración de la planta	Aumento en la seguridad
Area de la planta modernizada ↓							
1. Entrada del influente						Medio	
2. Desengrasador y tanque sedimen. Primario TA-09 y TA-10				Bajo	Bajo	Bajo	
3. Tanque de aireación TA-11				Alto		Medio	
4. Turbosopladores	Alto			Alto		Medio	
5. Línea de turbosopladores a tanques de aireación						Bajo	
6. Línea entre el tanque de aireación y el tanque sedimentador secundario						Bajo	
7. Tanque sedimentador secundario TA-12				Medio	Medio	Medio	
8. Tanque de cloración TA-15		Alto			Medio	Bajo	Bajo
9. Línea del tanque de hipoclorito GA-01 al tanque de cloración TA-15 y TA-05 de la unidad 2						Medio	
10 Consola de control central	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto

Rangos de Calificación: Alto = 3 Medio = 9 Bajo, Medio = 3 Bajo

La detección de las áreas de oportunidad se basa en los siguientes criterios:

1. Toda aquella casilla en donde se marca como alto el beneficio de alguna columna, nos señalará el área de la planta a la que hay que revisar y estudiar cuidadosamente, para determinar en que consisten los beneficios.
2. Cualquier área de la planta en la que las casillas marquen más de un beneficio alto o medio también deberá ser objeto de revisión.
3. Cualquier "beneficio", (columna) que califique con al menos tres "medios" en diferentes áreas, será considerado como de "alto" beneficio y por lo tanto su impacto deberá de evaluarse.

En el caso de la planta de tratamiento de aguas residuales Chapultepec, se tienen específicamente las siguientes posibilidades:

Por áreas (renglones):

- ❖ Son posibles altos ahorros de energía en los turbosopladores.
- ❖ El aumento en la calidad del producto puede obtenerse en la operación combinada de el tanque de aireación TA-11 y de los turbosopladores, ya que la calidad del agua tratada depende de que los microorganismos tengan una concentración adecuada de oxígeno disuelto en el tanque de aireación,
- ❖ Es posible obtener un ahorro de reactivos en el tanque de hipoclorito TA-15.
- ❖ El hecho de utilizar una consola de control central, puede incidir en un alto aumento a la productividad, en mejoras a la administración de la planta y a la seguridad de la misma.

Por beneficios (columnas):

- ❖ Ahorros de energía en los turbosopladores.
- ❖ Ahorros de reactivos en el tanque de cloración y su circuito de control.
- ❖ Aumento de calidad en el producto en la operación del tanque de aireación-turbosopladores y en el tanque sedimentador secundario (Turbiedad).
- ❖ Ahorro de desperdicios en: tanque sedimentador primario, tanque sedimentador secundario, (recirculaciones y exceso al drenaje) y tanque de cloración.
- ❖ Aumento en la cantidad del producto: Tanques sedimentadores, tanque de aireación
- ❖ Mejora en la administración de la planta prácticamente en todas las áreas

#### **6.4 Análisis económico financiero**

Para realizar el análisis económico, es necesario tener ciertos conocimientos sobre cuestiones de Ingeniería económica, para poder utilizar correctamente los conceptos de interés, valor del dinero en el tiempo y poder seleccionar el método conveniente para la evaluación financiera del proyecto. La parte del análisis económico pretende determinar cual es el monto de los recursos económicos necesarios para su realización, cuál será el costo total de la operación y mantenimiento de la modernización de la planta, así como los beneficios que servirán de base para su viabilidad.

Un concepto importante para el desarrollo de la evaluación económica, es el del "valor de dinero a través del tiempo", el cual nos dice que los flujos de efectivo pueden ser trasladados a cantidades equivalentes a cualquier punto del tiempo. Estas cantidades, pueden ser comparadas mediante diversos procedimientos, que nos permitan evaluar la conveniencia del proyecto a través de la comparación entre los beneficios y los costos. A continuación se mencionan los diferentes métodos:

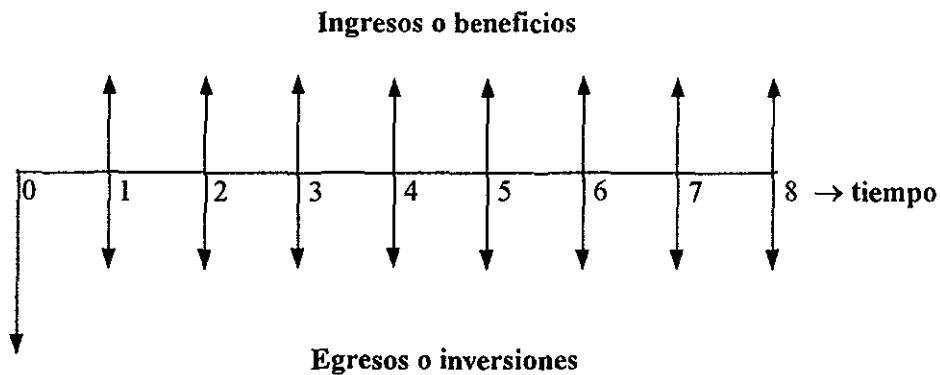
- ◆ Método del valor presente neto VPN
- ◆ Método de la tasa interna de retorno o rendimiento TIR
- ◆ Método de la relación beneficio costo B/C
- ◆ Método del valor anual equivalente VAE
- ◆ Método del año de recuperación del capital ARC

La selección de cual método usar dependerá del problema que se vaya a analizar, de las preferencias del analista y de cuál arroja los resultados en una forma que sea fácilmente comprendida para las personas involucradas.

Este estudio podría evaluarse desde dos puntos de vista; el primero, si la inversión fuera realizada por una empresa y el segundo, si dicha inversión se realizara por el sector gubernamental. Como se trata del análisis de un proyecto de inversión para la planta de tratamiento de aguas residuales Chapultepec y esta pertenece al D.D.F. entonces tendremos que desarrollar un análisis económico en el marco del gobierno. Newman (1992) señala: "El análisis económico gubernamental es el método de la relación beneficio-costo debido, a la legislación federal"... "Se ha convertido en un método tan familiar para la gente del gobierno como lo es la tasa de rendimiento para la gente de la industria".

Apoyándose en la cita anterior, en el desarrollo de este trabajo se utilizarán los métodos del valor presente neto (VPN) y la relación beneficio-costos (B/C). Antes de proceder al análisis económico del proyecto, se mencionará otro concepto necesario y útil en la evaluación del proyecto, este es el "flujo de efectivo", se dice que el flujo de efectivo es la diferencia entre el total del efectivo que se recibe (ingresos o beneficios) y el total de erogaciones (egresos o inversiones) para un periodo dado, casi siempre un año.

El medio más fácil de imaginarse un flujo de efectivo es el diagrama de flujo de efectivo, en el que cada flujo individual se representa como una flecha a lo largo de la escala del tiempo horizontal, los flujos positivos (ingresos netos) se representan por flechas hacia arriba y los flujos negativos (egresos netos) por flechas que apuntan hacia abajo. Se supone que cada flujo ocurre al final del periodo respectivo. A continuación se muestra un diagrama que representa el flujo de efectivo.



Durante la vida útil de la planta de tratamiento, se tienen costos de producción, los que se subdividen en costos de operación y de mantenimiento.

Una **inversión** es el gasto en que se incurre para la adquisición o instalación de un bien duradero, mientras que un **costo de operación** está asociado con los bienes y servicios que se consumen directamente durante el proceso de tratamiento del agua residual.

#### 6.4.1 Valor presente neto (VPN)

Este método es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera el proyecto y comparar esta equivalencia con las inversiones hechas. Cuando dicha equivalencia sea positiva, es decir cuando  $VPN > 0$ , entonces el proyecto se acepta.

La fórmula utilizada para evaluar el valor actualizado neto de los flujos generados para un proyecto, en general es:

$$VPN = - E_0 + \sum_{k=1}^n (B_k - E_k)(1+i)^{-k}$$

Donde:

VPN = Valor presente neto

i = Tasa de interés anual considerada, en por ciento

n = Número de años de la vida útil del proyecto

B<sub>k</sub> = Beneficio en el periodo k

E<sub>k</sub> = Inversión en el periodo k

E<sub>0</sub> = Inversión inicial

Esta fórmula considera el valor del dinero a través del tiempo, al seleccionar un valor adecuado de i. Para los análisis, se considera una tasa de interés anual y tanto los beneficios como las inversiones están en base anual.

Los criterios de aceptación de un proyecto son:

Opción	Criterio de decisión del proyecto
VPN > 0	Se acepta
VPN = 0	Es indiferente
VPN < 0	Se rechaza

Cuando tenemos que el valor de “n” es muy grande, el hacer el cálculo que indica la sumatoria puede resultar tedioso, por esta razón utilizamos las llamadas relaciones de equivalencia entre valor presente y anualidades uniformes. De este modo el valor presente de una anualidad (P dado A) se representa “P/A”, y es la igualdad es  $P = A [ (1+i)^n - 1 / i(1+i)^n ]$ . Cuando utilicemos esta relación la señalaremos como [P/A, i, n].

#### 6.4.2 Relación costo-beneficio

Este indicador resulta de dividir el valor actualizado neto de los beneficios entre el valor actualizado neto de las inversiones. La actualización se realiza en base a una tasa dada, generalmente TREMA (tasa de recuperación mínima atractiva).

Se expresa como:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{k=1}^n B_k (1+i)^{-k}}{\sum_{k=1}^n E_k (1+i)^{-k}}$$

Donde:

B/C = Relación beneficio-costo

i = Tasa de interés anual considerada, en por ciento

n = Número de años de la vida útil del proyecto

B<sub>k</sub> = Beneficio en el periodo k

E<sub>k</sub> = Inversión en el periodo k



Los criterios de aceptación de un proyecto son:

Opción	Criterio de decisión del proyecto
B/C > 1	Se acepta
B/C = 1	Es indiferente
B/C < 1	Se rechaza

Para iniciar el análisis económico de este proyecto necesitamos saber cuál es el valor comercial del m<sup>3</sup> de agua tratada, además requerimos obtener el costo de producción de ésta en la planta de Chapultepec; de esta forma se recabó la información siguiente:

<sup>1</sup>Costo del m<sup>3</sup> de agua tratada proporcionada por la D.G.C.O.H.  
Agua residual tratada a nivel secundario

a) De tomas de válvula tipo cuello de garza.	\$6.42
b) Cuando se surte en camiones-cisterna para su comercialización, incluyendo el transporte en el D.F., el 60% de la cuota prevista en el inciso b) de la fracción 1 del artículo 197 del Código Financiero del D.D.F., 31 de diciembre de 1996.	\$17.85

Es posible determinar el costo aproximado de producción del m<sup>3</sup> obteniendo los costos de operación y mantenimiento la planta. La siguiente información para desarrollar dicho cálculo fue proporcionada por el Ing. Valdés, director general de la empresa Ambiental Siglo XXI; se considera una planta similar a la de Chapultepec, con caudal de diseño de 160 lps en la cual se requerirá lo siguiente:

◆ Personal de operación directa	Sueldo / mes
1 jefe de planta	\$3,500.00
6 operadores	\$2,400.00
2 veladores	\$1,600.00
* Mantenimiento mecánico (Se utilizan 0.25 al mes)	
1 jefe de brigada	\$5,500.00
2 técnicos	\$3,500.00
* Mantenimiento civil (Se utilizan 0.15 al mes)	
1 jefe de brigada	\$5,500.00
2 técnicos	\$3,500.00
1 técnico laboratorista	\$ 3,200.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$29,300.00 por mes</b>

◆ Personal administrativo  
Es el 13 % del total del personal de operación directa.

Total = \$29,300.00 \* 0.13 = \$3,809.00 por mes

◆ Consumo eléctrico

El consumo eléctrico de una planta diseñada para tratar 160 lps., es de 450 HP, lo cual equivale a 605 Kw/hr.

El precio de Kw/hr = \$0.37 hasta el 1° de septiembre de 1997

El consumo de energía eléctrica es de \$161,172.00 por mes

<sup>1</sup> Fuente: Código financiero del D.D.F. 31 de diciembre de 1996.

◆ **Mantenimiento**

Los costos debidos a mantenimiento se obtienen sumando los costos de personal más consumo eléctrico y multiplicandolo por 0.3.

Total mantenimiento = ( \$29,300.00 + \$161,172.00) \* 0.3 = \$57,141.00 por mes

El total de estos costos es \$ 251,422.00 por mes; el caudal de agua tratada es 120 lps en el día, esto es 311,040.00 m<sup>3</sup>/mes, de tal forma tenemos:

$$\text{Costo m}^3/\text{agua tratada} = \frac{251,422 \text{ \$/mes}}{311,040 \text{ m}^3/\text{mes}} = 0.808 \text{ \$/ m}^3$$

**6.4.3 Análisis de la inversión:**

En el desarrollo de este apartado requerimos la información de la cotización del equipo y el sistema de control para la planta de tratamiento, pues requerimos conocer la inversión total del proyecto, a continuación se presenta la siguiente tabla:

	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO (Dólares)</b>	<b>PRECIO (Pesos)</b>
I	◆ Equipo electrónico Estaciones de proceso y software de operación y configuración	\$138,638	\$1,109,104
II	◆ Equipo de campo Transmisores, parshalls y ultrasónicos	\$151,007	\$1,208,056
III	◆ Capacitación	\$5,155	\$41,240
IV	◆ Ingeniería	\$11,700	\$93,600
V	◆ Servicio	\$11,623	\$92,984
VI	<b>Total</b>	<b>\$318,123</b>	<b>\$2,544,984</b>
VI	◆ Lote de refacciones	\$11,559	\$92,472

Tabla 5 Cotización para el proyecto de instrumentación y automatización PTAR Chapultepec

Para obtener el valor neto de las inversiones es necesario tomar en cuenta:

1. La inversión inicial necesaria para el proyecto de modernización será de \$380,000 dólares, si consideramos el tipo de cambio a \$8.00 por dólar (en el mes de octubre de 1997), entonces tendremos que la inversión será de \$3,040,000.00. El desarrollo del análisis económico se realizó con este valor.

Actualizando el valor de la inversión al mes de enero de 1999 y considerando el tipo de cambio a \$10.00 por dólar, el costo total del proyecto será de \$3,800,000.

2. Se considera necesario un equipo para la operación y mantenimiento de la instrumentación (O&M-Inst.), entonces requerimos un supervisor y un técnico por turno ( tomamos dos turnos ):
 

1 supervisor	\$3,500.00
1 técnico	\$2,400.00

 Se tendrá una erogación mensual de \$11,800.00, cabe mencionar que este es un caso crítico, pues lo adecuado será que se les proporcione capacitación a los mismos operadores de la planta; de esta forma, este gasto no será necesario, sin embargo para el análisis económico lo consideraremos.
3. Deben también de tomarse en cuenta los costos de reactivos y materiales diversos para el proceso, estos serán aproximadamente un 3% de los costos de mantenimiento de la planta, lo que nos dará un total de  $(0.03 * \$57,141.00) = \$1,714.20$  mensuales
4. Cada tres años se requiere solicitar un lote de refacciones, consumibles y reactivos, se considera un 5% del valor de los instrumentos, esto es:  $(0.05 * \$3,040,000.00) = \$152,000.00$  cada tres años, esto quiere decir que anualmente se necesitarán \$50,666.66
5. El consumo de energía de los instrumentos, transmisores y del sistema de control será de 20 amperes aproximadamente, si suponemos que la mayor parte de el consumo es por los turbosopladores que consumen 225 amperes, los costos de energía eléctrica se incrementarán en un 8.8%, lo que implica un gasto adicional de  $(0.088 * \$161,172.00) = \$14,326.4$  mensuales

De esta forma tenemos que las erogaciones o inversiones anualizadas son:

- |  |  |                                  |
|--|--|----------------------------------|
| 1. Inversión inicial                         |  | \$ 3,040,000.00 ( se da en t=0 ) |
| 2. Equipo O&M-Inst                           |  | \$ 141,600.00                    |
| 3. Costos de reactivos y materiales          |  | \$ 20,570.00                     |
| 4. Lote de refacciones, etc..                |  | \$ 50,666.66                     |
| 5. Consumo de energía instrumentos           |  | \$ 171,916.80                    |
| La suma de el punto 2 al 5 da como resultado |  | \$ 384,753.46                    |

#### 6.4.4 Análisis de los beneficios:

A continuación se listarán los beneficios económicos de los que se puede contabilizar su valor monetario.

1. El mayor beneficio que se tendrá con la ejecución de este proyecto, es el ahorro de energía con el sistema de control para la aireación, la empresa "Capital Control" reporta que se puede tener desde un 20 a 40 % de ahorro; esto es, si consideramos que se tendrá un 20% de ahorro en el consumo de energía eléctrica  $(0.2 * \$161,172.00) = \$32,234.4$  mensual.
2. Con la instrumentación, automatización y el sistema de control se garantiza que habrá un incremento en la producción de agua tratada, lo que puede significar de un 15 a 30% en incremento de la producción. Si tomamos que el caudal tratado es de 120 lps, entonces con un incremento de 15% podremos tratar como mínimo 138 lps. Si estos 18 lps de agua tratada se vendiera a un costo de \$1.5 por m<sup>3</sup>, entonces se tendrían los siguientes ingresos:  
 $120 \text{ lps} = 311,040 \text{ m}^3 / \text{mes}$   
 $(311,040 \text{ m}^3 / \text{mes} * 0.15 * 1.50 \text{ \$/m}^3) = \$69,984.00$  mensuales
3. Otro rubro importante de considerar es el ahorro por mejorar el sistema de información, pues debe de notarse que toda la información de las variables del proceso se podrán apreciar en pantalla, además se pueden tener informes diarios, semanales o mensuales de toda la información, los cuales podrían enviarse vía modem al Laboratorio Central o a las oficinas generales de la D.G.C.O.H., si existiera una red local de computadoras. Esta mejora en la manejabilidad o administración de la información representará un beneficio de alrededor de un 5% del valor total de la producción, esto es:  
 $(0.05 * 311,040 \text{ m}^3 / \text{mes} * 1.5 \text{ \$/m}^3) = \$ 23,328.00$  mensuales

4. Otro de los beneficios mencionados con anterioridad es el ahorro implementando el sistema de control de la cloración, sin embargo debido a que no se pudo obtener la información del gasto de hipoclorito de sodio que actualmente maneja la planta, entonces tampoco puede realizarse una comparación si existiera el sistema controlado, así es que por esta razón no se incluirá este factor. De esta forma tenemos que los beneficios anualizados son:

- |                                     |               |
|-------------------------------------|---------------|
| 1. Ahorro de energía                | \$ 386,812.80 |
| 2. Incremento en la producción      | \$ 839,808.00 |
| 3. Administración de la información | \$ 279,936.00 |

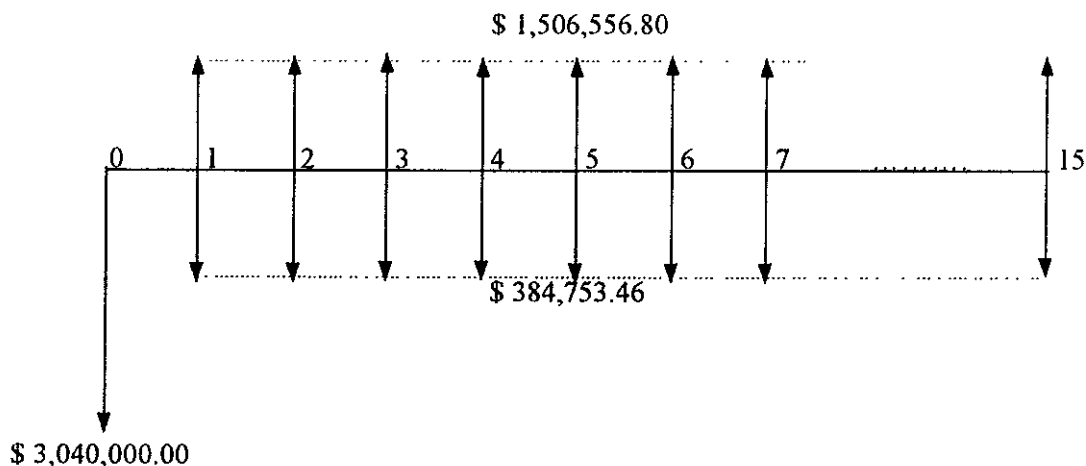
La suma total de los beneficios es \$ 1,506,556.80

Con la información anterior podemos proceder a realizar el análisis económico financiero del proyecto utilizando los conceptos de valor presente neto y relación beneficio costo.

### 6.5 Resultado del análisis económico financiero

A continuación se presentan los diagramas de flujo de efectivo, en los que se muestra el total de los egresos, es decir la inversión inicial requerida y los gastos anualizados, así como también los beneficios que se tendrán. En el análisis se consideró que la instrumentación tendrá un tiempo de vida útil de 15 años y la tasa de interés anual será de 10%, de esta forma tenemos:

#### Evaluación No. 1



Utilizando las ecuaciones presentadas para valor presente neto y relación beneficio costo, tenemos lo siguiente:

$$VPN = -3,040,000.00 - 384,753.46 [P/A, i = 10\%, n = 15] + 1,506,556.80 [P/A, i = 10\%, n = 15]$$

$$VPN = -3,040,000.00 - 384,753.46 [7.6060] + 1,506,556.80 [7.6060]$$

$$VPN = -3,040,000.00 - 2,926,465.40 + 11,458,871.02$$

$$VPN = 5,492,405.62$$

$$\frac{B}{C} = \frac{11,458,871.02}{(3,040,000.00 + 2,926,465.40)} = 1.92$$

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

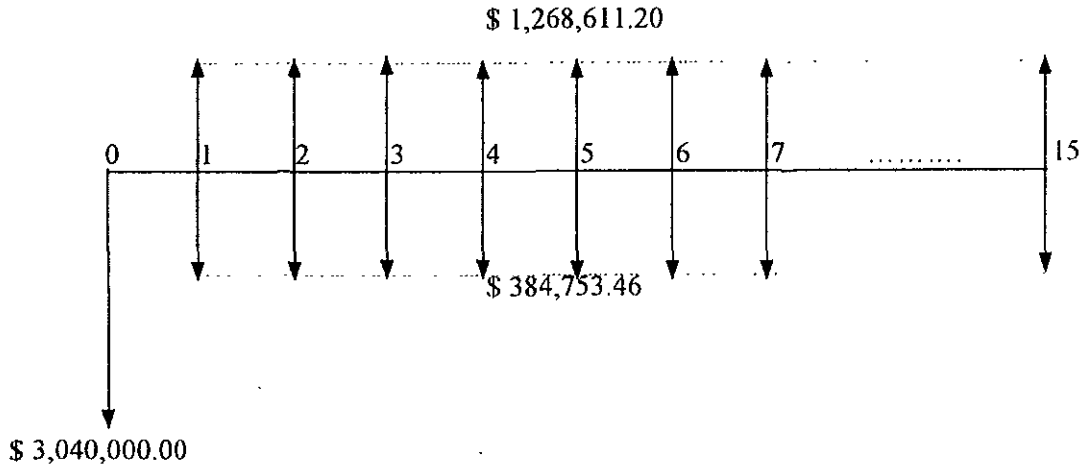
## Evaluación No. 2

En esta evaluación se realizó considerando en que el rubro de administración de la información representará un beneficio de alrededor de un 5% del valor total del incremento de la producción, esto es:  $(0.05 * 311,040 \text{ m}^3/\text{mes} * 0.15 * 1.5 \text{ \$/ m}^3) = \$ 3,499.20$  mensuales

De esta forma tenemos que los beneficios anualizados son:

4. Ahorro de energía	\$ 386,812.80
5. Incremento en la producción	\$ 839,808.00
6. Administración de la información	\$ 41,990.40

La suma total de los beneficios es \$ 1,268,611.20



Utilizando las ecuaciones presentadas para valor presente neto y relación beneficio costo, tenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{VPN} &= -3,040,000.00 - 384,753.46 [P/A, i = 10\%, n = 15] + 1,268,611.20 [P/A, i = 10\%, n = 15] \\ \text{VPN} &= -3,040,000.00 - 384,753.46 [7.6060] + 1,268,611.20 [7.6060] \\ \text{VPN} &= -3,040,000.00 - 2,926,465.40 + 9,649,056.78 \\ \text{VPN} &= 3,682,591.38 \end{aligned}$$

$$B = \frac{9,649,056.78}{(3,040,000.00 + 2,926,465.40)} = 1.61$$

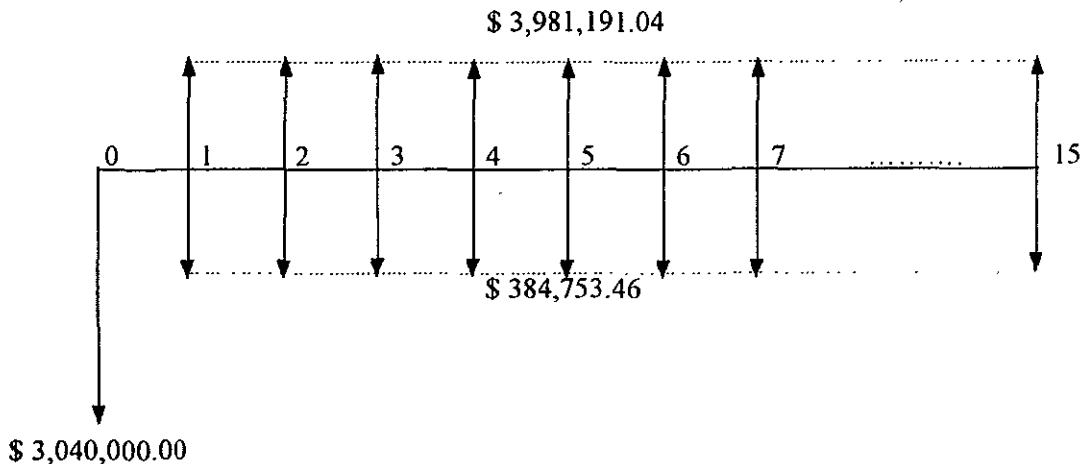
## Evaluación No. 3

Como último ejemplo se realizó una tercera evaluación en la que se presenta como cambio el valor de la relación beneficio costo si el incremento del 15% de la producción no se vende a \$1.50 por  $\text{m}^3$ , sino al valor proporcionado por la D.G.C.O.H para una agua residual tratada a nivel secundario, y de tomas de válvula tipo cuello de garza, que es \$6.42. Además para esta evaluación no se consideran los beneficios obtenidos por la manejabilidad o administración de la información.

Entonces tenemos que el cálculo de ingresos para los 18 lps de agua tratada es:  
 $(311,040 \text{ m}^3/\text{mes} * 0.15 * 6.42 \text{ \$/ m}^3) = \$229,531.52$  mensuales

De esta forma tenemos que los beneficios anualizados son:

- 7. Ahorro de energía \$ 386,812.80
  - 8. Incremento en la producción \$ 3,594,378.24
- La suma total de los beneficios es \$ 1,268,611.20



Utilizando las ecuaciones presentadas para valor presente neto y relación beneficio costo, tenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{VPN} &= -3,040,000.00 - 384,753.46 [P/A, i = 10\%, n = 15] + 3,981,191.04 [P/A, i = 10\%, n = 15] \\
 \text{VPN} &= -3,040,000.00 - 384,753.46 [7.6060] + 3,981,191.04 [7.6060] \\
 \text{VPN} &= -3,040,000.00 - 2,926,465.40 + 30,280,939.05 \\
 \text{VPN} &= 24,314,473.65
 \end{aligned}$$

$$\text{B} = \frac{30,280,939.05}{(3,040,000.00 + 2,926,465.40)} = 5.07$$

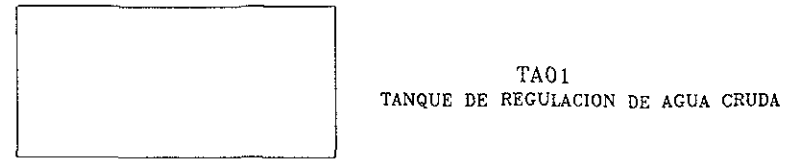
En los resultados anteriores se observa la variación que se presenta al calcular la relación beneficio costo de acuerdo con los aspectos que se consideren en el análisis; en los tres casos anteriores, se puede concluir que el proyecto es rentable pues la relación beneficio costo es mayor que uno, es decir el análisis económico muestra que es conveniente invertir en este proyecto, pues la inversión se recuperará y proporcionará beneficios económicos, además de los ya mencionados beneficios a la comunidad.

Además de este ejercicio se pueden realizar otros, en los cuales se puede apreciar la variación de la relación beneficio costo si el ahorro de energía no fuera del 20% sino del 30 o 40%, también si la producción se incrementara no en un 15% sino en otro valor mayor, o tal vez observar que pasa si trabajamos con una tasa de interés menor a la del 10%. Como se observa, cuando se realiza un evaluación económica de un proyecto en el sector gubernamental además de encontrarnos con la dificultad de elegir la tasa de interés adecuada, no podemos cuantificar en forma monetaria el beneficio que representa para la sociedad; de esta forma, dependiendo de los criterios de la persona que evalúe el proyecto, se podrán tener diversos resultados de la relación beneficio-costo.

A  
B  
C  
D  
E  
F  
G



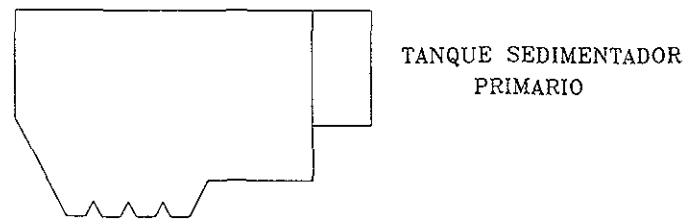
FOSA DE ENTRADA



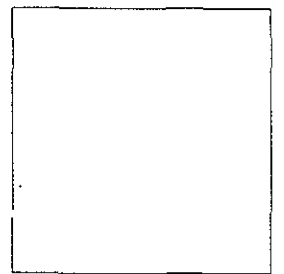
TA01  
TANQUE DE REGULACION DE AGUA CRUDA



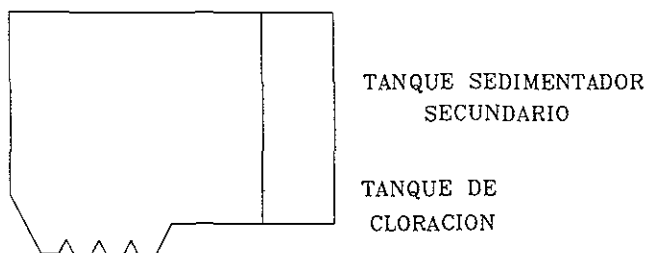
FILTROS  
CANALES DESARENADORES



TANQUE SEDIMENTADOR  
PRIMARIO



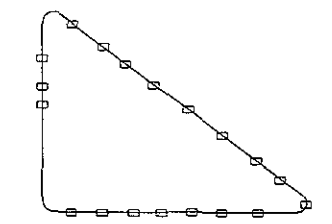
TANQUE DE AEREACION



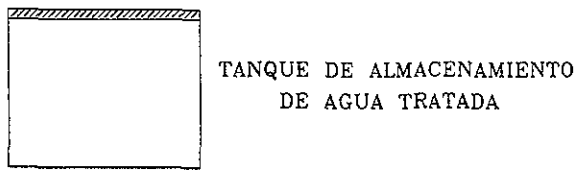
TANQUE SEDIMENTADOR  
SECUNDARIO



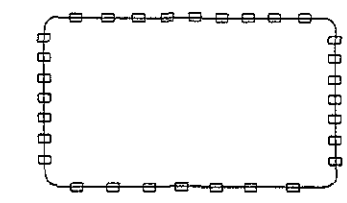
TANQUE DE  
CLORACION



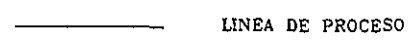
RASTRA SEDIMENTADOR



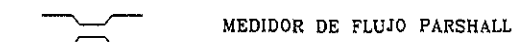
TANQUE DE ALMACENAMIENTO  
DE AGUA TRATADA



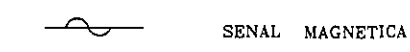
RASTRA SEDIMENTADOR



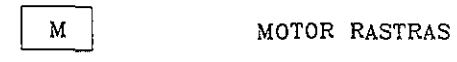
LINEA DE PROCESO



MEDIDOR DE FLUJO PARSHALL



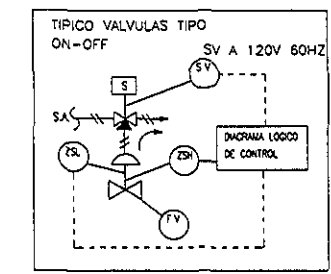
SENAL MAGNETICA



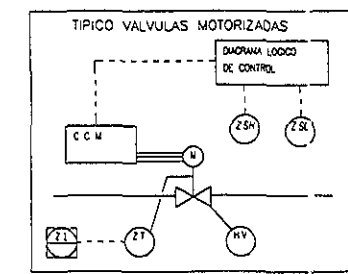
MOTOR RASTRAS



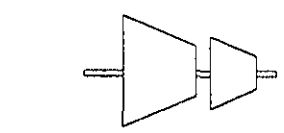
BOMBA DOSIFICADORA DE QUIMICOS



TIPICO VALVULAS TIPO  
ON-OFF




TIPICO VALVULAS MOTORIZADAS



COMPRESOR CENTRIFUGO

- VALVULA MOTORIZADA
- VALVULA MARIPOSA MANUAL
- VALVULA DE COMPUERTA MANUAL
- VALVULA DE COMPUERTA MANUAL
- REDUCCION
- PLACA DE ORIFICIO
- VALVULA DE CONTROL ON-OFF
- BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL
- BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL
- DRENAJE
- VALVULA CHECK
- MEDIDOR MAGNETICO
- FLECHA DE CONEXION
- VALVULA DE CONTROL ANALOGICA
- VALVULA SOLENOIDE
- DIFUSORES DE AIRE
- SENAL NEUMATICA
- SENAL DE SOFTWARE
- SENAL ELECTRICA
- INDICACION EN PANTALLA
- ELEMENTO PRIMARIO OXIGENO DISUELTO
- ELEMENTO PRIMARIO pH
- ELEMENTO PRIMARIO TURBIDEZ
- TRANSMISOR DE ANALISIS
- ELEMENTO PRIMARIO CONDUCTIVIDAD
- TRANSMISOR DE CONDUCTIVIDAD
- TRANSMISOR DE DENSIDAD
- ELEMENTO PRIMARIO DE FLUJO
- CONVERTIDOR DE SENAL CORRIENTE/PRESION
- VALVULA DE FLUJO
- TRANSMISOR DE FLUJO
- VALVULA MANUAL
- TRANSMISOR DE NIVEL
- VALVULA DE NIVEL
- MANOMETRO LOCAL
- TRANSMISOR DE PRESION
- TRANSMISOR DE pH
- VALVULA SOLENOIDE
- ELEMENTO PRIMARIO DE TEMPERATURA
- TRANSMISOR DE TEMPERATURA
- INTERRUPTOR POSICION ABIERTA
- INTERRUPTOR POSICION CERRADA
- TRANSMISOR DE POSICION



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

DIRECCION TECNICA	SUBDIRECCION DE PROGRAMACION
ESTUDIO : DE FACTIBILIDAD PARA LA AUTOMATIZACION E INSTRUMENTACION EN LA LINEA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CHAPU, TEPEC	
Escala : 1:500	
Plano : DISEÑO DE TUBERIA E INSTRUMENTACION LARGO 1	
No. de Archivo :	
Fecha : 1 NOV - 1988	
I. Q. ANGELICA OSTOIA MONTES	

## CONCLUSIONES

Se elaboró un estudio de factibilidad técnico-económica, para la instrumentación, el control y el monitoreo de la planta de tratamiento de aguas residuales "Chapultepec". Se concluye que el proyecto es económicamente rentable y puede llevarse a cabo, pues los resultados obtenidos con los dos métodos de evaluación económica propuestas así lo confirman. En otras palabras, la inversión inicial se recuperará y, dependiendo del tipo de análisis económico que se desarrolle y estudie, se obtendrán beneficios económicos similares o hasta casi cinco veces mayores a la cantidad inicial invertida en este proyecto. Además el proyecto contempla importantes beneficios sociales en diversos sectores de la sociedad.

La inversión total para llevar a cabo el proyecto es de \$380,000 dólares, considerando el tipo de cambio a \$8.00 por dólar (en el mes de octubre de 1997), la inversión requerida es de \$3,040,000.00 pesos y el tiempo de vida útil del proyecto es de 15 años. Con los análisis de la inversión y de los beneficios se realizaron tres ejercicios diferentes en los que se sugieren algunas variaciones para comparar los resultados de la evaluación económica financiera. En todos ellos el resultado es: el valor presente neto es mayor que cero ( $VPN > 0$ ) y la relación beneficio costo es mayor que uno ( $RBC > 1$ ), lo que nos da como resultado la aceptación del proyecto.

La planta de tratamiento de aguas residuales Chapultepec ha operado manualmente desde su puesta en marcha, el proyecto desarrollado demuestra que técnicamente es factible integrar a ella un sistema de control, monitoreo y automatización. Las ventajas que se obtendrán si se realiza este proyecto son:

1. Incremento del flujo de agua tratada desde un 15 hasta un 30%.
2. Calidad satisfactoria del agua tratada.
3. Cumplimiento de los parámetros establecidos por la norma.
4. Ahorros en el consumo de energía eléctrica.
5. Ingresos a partir del reuso de una parte del agua tratada.
6. Generación de reportes periódicos por jerarquía y gráficos que muestren las tendencias de las variables del proceso.
7. Mejora del flujo de información planta Chapultepec-D.G.C.O.H.

En este trabajo se desarrolló un diagnóstico actual de la operación y los parámetros físicos de la planta de Chapultepec. La parte inicial del trabajo puede catalogarse como descriptivo, pues se mencionan las características físicas y el funcionamiento de la planta, los parámetros de control con los que se realizó el balance de materia, pero hay que recalcar que es necesario conocer todos los detalles físicos y de proceso, pues esto ayudará a no cometer errores en la propuesta de ingeniería que sugiere qué se va a medir, dónde, cómo, por qué y con qué.

Como resultado del diagnóstico de los parámetros físicos se encontraron algunas modificaciones y adaptaciones realizadas en la planta, las cuales no se encontraron documentadas, sin embargo fueron tomadas en cuenta al realizar proyecto. Por ejemplo se encontraron cambios en las líneas de agua, de lodos y en los compresores. Con el balance de materia realizado se calculó la producción de lodos para la unidad 2, con una alimentación de 80 lps el resultado fue de 326.2 kg./día de lodos, éste valor sirvió para especificar el sistema de control de recirculación de lodos. Además, se encontró que en la unidad más cercana al turbosoplador (unidad 1), los niveles de oxígeno disuelto se incrementan de 3 a 5 mg/l, desde aproximadamente una tercera parte de la longitud del tanque.



De la metodología propuesta para la modernización de la planta de Chapultepec, la parte medular es la elaboración de los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's), pues contienen la información para las modificaciones e implementaciones necesarias, además del sistema de control propuesto. La propuesta incluye la adquisición de 67 equipos; de los cuales, 16 son analizadores de parámetros como pH, turbiedad, conductividad, oxígeno disuelto y cloro residual. Para medir flujos se especificaron 15 instrumentos incluyendo transmisores de nivel, además de considerar la implementación de 8 válvulas, 14 manómetros, 8 transmisores de presión diferencial y el sistema de control para la automatización y monitoreo.

De los DTI's se desprenden los diagramas lógicos y analógicos de control, los primeros explican con detalle la operación de las señales digitales asociadas a los sistemas electromecánicos, los segundos se refieren a los lazos de control para variables continuas que pueden controlarse en forma modulante. En estos diagramas se encuentra condensada y resumida toda la información técnica del proyecto.

Las propuestas para mejorar el funcionamiento de la planta son:

- a) Implementación del sistema de control de la aereación, con el que se pueden obtener ahorros de un 20 % en energía eléctrica, lo que equivale a un beneficio económico de \$32,234.4/mes. Además con este sistema, se disminuirán los valores de oxígeno disuelto de 4-5 mg/l hasta 1-2 mg/l recomendados para sistemas de lodos activados.
- b) Instalación del control de la dosificación de hipoclorito de sodio, con objeto de reducir el gasto de hipoclorito y evitar sobredosificar, lo cual provoca problemas de corrosión en las tuberías subsecuentes.

## RECOMENDACIONES

Es importante que el gobierno del Distrito Federal, considere la propuesta de instrumentación, automatización y control de la planta de tratamiento de aguas residuales "Chapultepec" para realizar el proyecto ejecutivo.

Por otra parte se considera que en México resulta imperativo estimular, desarrollar y llevar a la práctica la administración y gestión de los datos de operación, pues con el creciente avance tecnológico se requiere eficacia y rapidez en el manejo de información de las plantas de tratamiento.

Tomando en cuenta los resultados preliminares obtenidos en el sistema de aereación, es necesario continuar con un mayor número de estudios para proponer diversas alternativas de control y analizar cuál es la mejor opción tecnológica desde el punto de vista técnico y económico.

Por último es importante mencionar que deben buscarse alternativas de consumidores para reusar el agua tratada, por ejemplo puede utilizarse para el lavado de autos, en las industria cercanas para algunos servicios, para el riego en viveros, etc. Incluso podría plantearse el usar esta agua para desarrollar un criadero de truchas o utilizarla para realizar el recambio total del agua del lago de Chapultepec.

## BIBLIOGRAFÍA

- ◆ AWWA American Water Works Association. "Water Treatment Plant Design".. Ed. McGraw-Hill. U.S.A. 1990
- ◆ Babcock, Russell. H. "Instrumentación y control en el tratamiento de aguas potables, industriales y de desecho". Centro regional de ayuda técnica. Ed. Limusa Wiley. México. 1971. p.p 105-111.
- ◆ Briggs, R. and Grattan K.T.V. (1992) "Instrumentation control and automation in the control of biological effluent treatment" *ISA Transactions*. Vol. 31, No. 1, pp. 111-123.
- ◆ Camilleri, J. (1988) "The stepped approach to plant automation" *InThech*. Vol 31, No.1, pp. 31-33.
- ◆ Capital Controls Company. "Advantages of dissolved oxygen aereation control in wastewater".Capital Controls Company, Inc. 3000 Advance Lane Colmar, PA 18915 U.S.A.
- ◆ Capital Controls Company. "Water Quality Monitors for Wastewater Treatment".Capital Controls Company, Inc. 3000 Advance Lane Colmar, PA 18915 U.S.A.
- ◆ Capodaglio, A. G. (1994) "Evaluation of modelling techniques for wastewater treatment plant automation" *Wat. Sci. Tech*. Vol 30, No. 2, pp. 149-156.
- ◆ Cournoyer, R., Jakopp, T., and Friberg, G.E. *Patent No. 4,894,162*. Jan. 16, 1990.
- ◆ DDF, Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. "Diagnóstico de la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales y establecimiento de la metodología de evaluación de toxicidad de residuos". México, D.F. 1996.
- ◆ DDF, Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. "Evaluación de sistemas biológicos de tratamiento (Operación y muestreo del dispositivo experimental)". México, D.F. 1981.
- ◆ DDF, Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. "Rehabilitación de 1ª y 2ª unidades de tratamiento de aguas residuales Chapultepec". México, D.F. 1990.
- ◆ Eckenfelder, W.W. "Industrial Water Pollution Control". 2a. edición. Ed. McGraw-Hill. (1989)
- ◆ Gassó, S. and Baldasano, J.M. (1992) "Plant design and economics for wastewater treatment plants via the CAD/CAE system 'SIMTAR'" ". *Water. Sci. Technol*. Vol. 25, No.4-5, pp. 411-412.
- ◆ Gilman, H.D. and Thompson, F.P. (1992) "Programmable logic controllers find a home in wastewater treatment" *ISA Transactions*. Vol. 31, No. 1, pp. 125-130.
- ◆ Goodman, L.B. and Englande, A.J. (1974) "A unified model of the activated sludge process". *J. Water Pollut. Control Fed.*, Vol. 54, No. 8, pp.1176-1184.
- ◆ Hill, R.C. *Patent No. 4,387,020*. Jun. 7, 1983.
- ◆ Hinterhuber, H.H., (1997), "Strategic cost management: preliminar lessons from european companies", *International J Technol. Management*, Special Issue on Strategic Cost Management, Vol.13, No. 1, pp.1-14.
- ◆ Hunter, R.M. and Stewart, F.M. *Patent No. 5,423,226*. Jun.13, 1995.
- ◆ Klapwijk, A., Spanjers, H. and Temmink, H. (1993) "Control of activated sludge plants based on mesurement of respiration rates". *Water. Sci. Technol*. Vol. 28, No.8, pp. 369-376.
- ◆ Manning, A. (1990) "New levels of automation" *Water/ Eng. & Management*. pp. 24-26.
- ◆ Manning, A. (1992) "Pragmatic opportunities for instrumentation and automation within environmmtal engineering systems" *ISA Transactions*. Vol. 31, No. 1, pp. 9-15.
- ◆ Mendelsohn A. (1994) "Controllors add sophistication to sewage systems" *Computer design*. pp. 73-76.
- ◆ Metcalf & Eddy, "Wastewater Engineering. Treatment, disposal and reuse". 3a Ed. Mc Graw-Hill. Inc. Singapur. 1991.
- ◆ Monod, J. (1949) "The Growth of Bacterial Cultures" *Ann. Rev. Microbiol.*, Vol 3.

- ◆ MOP No. 8 "Design of Municipal Wastewater Treatment Plants". Water Pollution Control Federation. American Society of Civil Engineers . Manual of practice No.8. U.S.A. 1977
- ◆ Newman D.G. "Análisis económico en Ingeniería". Ed. McGraw-Hill. 1992.
- ◆ Normas ISA Versión 5.1 "Simbología de Instrumentos".
- ◆ Novotny, V. and Capodaglio, A. G. (1992) "Strategy of Stochastic real time control of wastewater treatment plants". *ISA Transactions*. Vol. 31, No. 1, pp. 73-85.
- ◆ Olsson, G., Anderson, B., Hellström B.G., Holmström, H., Reinius, L.G. and Vopatek, P. (1989) "Measurements, data analysis and control methods in wastewater treatment plants –state of the art and future trends" ". *Water. Sci. Technol.* Vol. 21, No.10-11, pp. 1333-1345.
- ◆ Ramalho, R.S. "Introduction to Wastewater Treatment Processes". Academic Press. U.S.A 1983. pp. 167-339.
- ◆ Ramalho, R.S. "Tratamiento de Aguas Residuales". Ed. Reverté España. 1991
- ◆ Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater (1992) 18<sup>th</sup> Edition. U.S.A.
- ◆ Smith, C.A. y Corripio, A.B. (1991) "Control automático de procesos. Teoría y práctica". Ed. Limusa. 1991.
- ◆ Speirs, G.W. and Hill, R.D. (1987) "Field verification of on-line instrumentation at a municipal wastewater treatment plant" ". *Water. Sci. Technol.* Vol. 19, No.3-4, pp. 669-680.
- ◆ Sweeney, M. W. (1991) "Instrumentation and automation". *Res J. Water Pollut. Control Fed.*, Vol. 63, No. 4, pp.424-425.
- ◆ Taggart, J. H. and Blaxter, T. J. (1992) "Strategy in Pharmaceutical R&D: a portfolio risk matrix", *R&D Management*. Vol. 22, No.3, pp241-254.
- ◆ Truax, D.D. (1995) "Optimization, modeling, and automation of wastewater treatment facilities". *Water. Environ. Res.* Vol. 67, No.4, pp. 499-502.
- ◆ Vassos, T.D. (1993) "Future directions in instrumentation, control and automation in the water and wastewater industry" ". *Water. Sci. Technol.* Vol. 28, No.11-12, pp. 9-14.
- ◆ Watts, J.B. and Garber, W.F. (1993) "Instrument and system maintenance: a design and operational necessity". *Water. Sci. Technol.* Vol. 28, No.11-12, pp. 447-456.
- ◆ WPCF Water Pollution Control Federation (1991). "Activated Sludge Microbiology". U.S.A. 1984.
- ◆ WPCF Water Pollution Control Federation. "Instrumentation in Wastewater Treatment Plants" Manual of Practice No. 21. U.S.A. 1978.
- ◆ Yang, X., Jaw, F.L., Maneshin, S.K. and Kolb, M.E. *Patent No. 5,552,319*. Sep. 3, 1996.

ANEXO I

MATRIZ DE VARIABLES CONSIDERADAS EN LA INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CHAPULTEPEC.

A) VARIABLE DE ANÁLISIS.

- TIPO DE VARIABLE * SITIO DE MEDICIÓN.	DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA VARIABLE.	COMENTARIOS.
- ANALIZADOR DE CLORO RESIDUAL * TANQUE DE CONTACTO DE CLORO	ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS	SE RECOMIENDA INSTALAR FILTRO DEBIDO A LOS SÓLIDOS PRESENTES. EL CLORO EN SOLUCIÓN ACUOSA NO ES ESTABLE. EL MÉTODO DE ANÁLISIS AMPEROMÉTRICO NO SE AFECTA POR INTERFERENCIAS DE COLOR, TURBIEDAD, HIERRO, MANGANESO Y NITRITO.
- OXÍGENO DISUELTO * TANQUE DE AIREACIÓN	CONCENTRACIÓN DE LA CANTIDAD DE OXÍGENO DISUELTO (mg/l) EN UN CAUCE SUPERFICIAL  MANTIENE LA POBLACIÓN DE BACTERIAS AEROBIAS.  RANGO DE CONCENTRACIÓN: 1 A 2 (mg/l).	ES BUENO REALIZAR LA MEDICIÓN PRECISA DE TEMPERATURA PARA COMPENSAR LA MEDICIÓN DE OXÍGENO DISUELTO. LA ACUMULACIÓN DE SÓLIDOS EN LA MEMBRANA REDUCE LA TASA DE TRANSFERENCIA DE OXÍGENO EN EL ELECTRODO. EL OXÍGENO DEBE MONITOREARSE ANTES DE LA ENTRADA A LODOS ACTIVADOS. POCO OXÍGENO CAUSARÁ DENITRIFICACIÓN Y PRODUCCIÓN DE NITRÓGENO. CON EXCESO DE OXÍGENO LOS LODOS NO SE ASENTARÁN SATISFACTORIAMENTE.
- pH. * CANALES DESARENADORES. * TANQUE DE AIREACIÓN. * CÁRCAMO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA (EFLUENTE).	VALOR DE ACIDEZ O ALCALINIDAD DE LA SOLUCIÓN, LA ESCALA VA DE 1 A 14. CONCENTRACIÓN DE IONES DE HIDRÓGENO EN LA SOLUCIÓN. EL SISTEMA DE MEDICIÓN TÍPICO UTILIZA TRES ELECTRODOS: MEDICIÓN, REFERENCIA Y COMPENSACIÓN. ACTUALMENTE EXISTEN SISTEMAS QUE INCLUYEN LOS TRES ELEMENTOS EN UN SOLO ELECTRODO.	EL MEDIDOR DE PH DEBE INCLUIR COMPENSACIÓN AUTOMÁTICA DE LA TEMPERATURA.  SE RECOMIENDA USAR LIMPIADORES DE ELECTRODOS ULTRASÓNICOS ASÍ COMO REALIZAR LIMPIEZA MECÁNICA Y ABRASIVA MANUAL PERIÓDICAMENTE.  CUIDADO CON LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA, HAY QUE EVITAR PROBLEMAS DE TIERRA.

- TIPO DE VARIABLE * SITIO DE MEDICIÓN.	DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA VARIABLE.	COMENTARIOS.
- TURBIEDAD. * CANALES DESARENADORES * TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO. * TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA	SE CORRELACIONA DIRECTAMENTE CON LA CANTIDAD DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN UN FLUIDO YA SEAN ARCILLA, LIMO, MICROORGANISMOS, ETC.	CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS DE 20 - 10500 mg/l (1.0%).  EL SISTEMA DE "HAZ DE LUZ" PUEDE CAUSAR LECTURAS ERRÓNEAS EXISTE INTERFERENCIA DE LAS BURBUJAS Y LAS PARTÍCULAS.  UNA LIGERA PRESURIZACIÓN DE LA CELDA DE FLUJO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN MANTIENE LAS BURBUJAS EN SOLUCIÓN EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS.
- CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. * CANALES DESARENADORES. * CÁRCAMO DE TRATAMIENTO DE AGUA TRATADA	CANTIDAD DE SALES DISUELTAS PRESENTES EN UN FLUIDO	LA MEDICIÓN EN EL AGUA CRUDA INDICA QUE NO HAY CONTAMINANTES SÉPTICOS.
- FOSFATOS.  * NO SE CONSIDERA ANÁLISIS EN EL EFLUENTE DE LA PLANTA, YA QUE TENEMOS EVIDENCIAS DE QUE SUS NIVELES ESTÁN DENTRO DE LA NORMA.	CONTAMINANTE DE EFECTO INHIBITORIO, CAUSANTE DE EFECTOS DE COAGULACIÓN.	GENERALMENTE SE MONITOREA EN LA DESCARGA PORQUE LA PRESENCIA DE FOSFATO PUEDE INCREMENTAR EL CRECIMIENTO DE PLANTAS ACUÁTICAS Y AFECTAR EL MEDIO AMBIENTE.
- HIDROCARBUROS EN AGUA.  * TANQUE DESGRASADOR DE LA UNIDAD 2.	CONTAMINANTE DEL AGUA.  LA CAPA DE HIDROCARBUROS EVITA LA TRANSFERENCIA DE GASES (O <sub>2</sub> Y CO <sub>2</sub> ), ADEMÁS SON COMPUESTOS TÓXICOS QUE AFECTAN A LOS MICROORGANISMOS E INHIBEN EL PROCESO DE TRATAMIENTO.	SEÑAL DE ALARMA BAJO LA PRESENCIA DE GASOLINA EN EL INFLUENTE DE LA PLANTA Y PERMITE TOMAR ACCIONES CORRECTIVAS.  SE SUGIERE PARA DETECTAR DESCARGAS DE GASOLINA QUE PASAN AL INFLUENTE LÍMITE INFERIOR DE DETECCIÓN 0.3 ml DE ACEITE EN AGUA.

B) VARIABLES FÍSICAS.

- TIPO DE VARIABLE * SITIO DE MEDICIÓN.	DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA VARIABLE.	COMENTARIOS.
- TEMPERATURA.  * CANALES DESARENADORES. * TANQUE DE AIREACIÓN. * COMPRESORES Y SOPLADORES	VARIABLE IMPORTANTE DEBIDO A SU EFECTO EN: LA ACELERACIÓN DE REACCIONES QUÍMICAS. REDUCCIÓN DE SOLUBILIDAD DE LOS GASES. INTENSIFICACIÓN DE OLORES.	EL SENSOR DE TEMPERATURA SERÁ SELECCIONADO PARA TABAJAR BIEN HASTA: 100 GRADOS CENTÍGRADOS. LA MEDICIÓN SERÁ REALIZADA MEDIANTE UN TERMOPAR
- FLUJO.  - FLUJO DE AGUA: * CANALES DESARENADORES. * TUBERÍA DE DESCARGA DE LAS BOMBAS. * TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO. * TANQUE DE AIREACIÓN. * TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO. * TANQUE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA.	VOLUMEN POR UNIDAD DE TIEMPO EN CONDICIONES ESPECÍFICAS DE TEMPERATURA Y PRESIÓN. GENERALMENTE SE UTILIZAN MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO O VELOCIDAD. LOS PRINCIPALES TIPOS DE INSTRUMENTOS SON: - CARGA VARIABLE. - ÁREA VARIABLE. - DESPLAZAMIENTO POSITIVO. - TURBINAS O MEDIDORES DE FLUJO EN MASA Y VERTEDEROS Y CANALONES (PARA CANALES ABIERTOS). - MAGNÉTICOS.	MEDICIÓN REALIZADA MEDIANTE EL PRINCIPIO DE FLUJO SÓNICO.  BOMBAS: SE ADICIONA SOLAMENTE TRANSMISOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL
- FLUJO DE AIRE.  * COMPRESORES.		SE LLEVARÁ A CABO CON EL ELEMENTO PRIMARIO DE MEDICIÓN ACTUAL O SE IMPLEMENTARÁN PLACAS DE ORIFICIO, PARA AMBOS CASOS SE SUMINISTRARÁN TRANSMISORES DE FLUJO DE PRESIÓN DIFERENCIAL.
- PRESIÓN.  * TUBERÍA DE DESCARGA DE BOMBAS * COMPRESORES.	INTENSIDAD DE FUERZA POR UNIDAD DE ÁREA.	SE LLEVARÁ A CABO MEDIANTE UN TRANSMISOR DE PRESIÓN MANOMÉTRICA.

- TIPO DE VARIABLE * SITIO DE MEDICIÓN.	DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA VARIABLE.	COMENTARIOS.
- NIVEL.  * TANQUE DE REGULACIÓN DE AGUA CRUDA. * TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIPOCLORITO DE SODIO.	SEPARACIÓN DE LAS ENTRECARRAS DE UN FLUIDO SEPARADAS RESPECTO A UN PLANO DE REFERENCIA.	SE USARÁ UN TRANSMISOR DE NIVEL DEL TIPO CAPACITIVO.
* NIVEL DE LODOS.	LOS LODOS POR LO GENERAL SON DADOS A PARTIR DE: SÓLIDOS SUSPENDIDOS DEL AGUA CRUDA PRECIPITACIONES QUÍMICAS REMOVIDAS DEL AGUA CRUDA. BIOMASA EN EXCESO PRODUCIDA POR LOS EFECTOS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS.	EL NIVEL DE LODOS EN EL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN SE MEDIRÁ MEDIANTE UN TRANSMISOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL CON SISTEMA DE BURBUJEO.

ANEXO II

PARÁMETROS DE CONTROL PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES CHAPULTEPEC

FECHA	PARAMETRO	INFLUENTE			EFLUENTE U		
		MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX	MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX
Sep-95	pH	7.13	6.52	7.42	7.31	7.18	7.48
	COLOR	118.75	75	150	15	5	25
	TURBIDEZ	101.25	90	113	3.52	2.34	5.29
	CONDUCTIVIDAD	495.25	471	560	381.75	349	422
	D.B.O. TOTAL	211.25	161	285	3	1	6
	D.B.O.SOLUBLE	64.25	54	70	1	1	1
	D.Q.O. TOTAL	407.5	367	491	26	21	31
	D.Q.O. SOLUBLE	175.5	171	187	20	10	26
	S.T.	534.5	506	558	294	270	320
	S.T.F.	293.5	288	302	241	218	264
	S.T.V.	241	214	266	53	48	56
	S.D.T.	351.5	331	379	291	270	315
	S.D.F.	232.5	165	265	241	218	264
	S.D.V.	119	69	214	50	48	52
	S.S.T.	183	127	207	4.5	4	5
	S.S.F.	61	27	127	4	4	4
	S.S.V.	123	4	180	4.5	4	5
	S.S.	5.87	4	8	0.1	0.1	0.1
	COLIF. FECALES	15250000	13000000	19000000	2525.25	1	1000
	COLIF. TOTALES	130000000	80000000	160000000	42252	10	9000
NITROGENO TOTAL	25.55	20.2	30	2.09	0.96	3.6	
FOSFORO TOTAL	8.9	7.2	10.65	4.04	3.04	4.6	
Oct-95	pH	7.44	7.26	7.82	7.155	6.95	7.32
	COLOR	150	150	150	12.5	5	20
	TURBIDEZ	108.4	98	118	3.965	2.51	6.93
	CONDUCTIVIDAD	537.6	512	568	394.333	353	422
	D.B.O. TOTAL	190.8	175	211	2.166	1	4
	D.B.O.SOLUBLE	74.2	60	87	1.166	1	2
	D.Q.O. TOTAL	445.2	412	530	31.5	11	42
	D.Q.O. SOLUBLE	237.4	205	320	28.571	11	42
	S.T.	561.6	526	606	327.33	300	354
	S.T.F.	297.2	262	320	244.66	214	274
	S.T.V.	264.4	236	208	82.66	76	98
	S.D.T.	361.2	330	416	324.66	296	354
	S.D.F.	257.6	222	300	244.66	214	274
	S.D.V.	103.6	70	141	80	72	98
	S.S.T.	200.4	166	240	4.664	4	8
	S.S.F.	40.4	4	66	4	4	4
	S.S.V.	160.8	140	193	4.66	4	8
	S.S.	5.02	3.5	6.5	0.1	0.1	0.1
	COLIF. FECALES	42600000	19000000	100000000	2074.4	2	220
	COLIF. TOTALES	108400000	60000000	620000000	2161.6	8	400
NITROGENO TOTAL	28.2	24	34	2.976	0.96	5.3	
FOSFORO TOTAL	9.238	8.68	9.95	13.683	10.9	15.5	

Fuente: Información proporcionada por el Laboratorio Central de la D.G.C.O.H. (Bitácora 1995-1996).



**PARÁMETROS DE CONTROL PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES CHAPULTEPEC**

FECHA	PARAMETRO	INFLUENTE			EFLUENTE D		
		MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX	MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX
Nov-95	pH	7.3075	7.2	7.5	7.07	6.88	7.27
	COLOR	137.5	100	150	11.25	5	15
	TURBIDEZ	102.25	72	128	4.655	2.43	6.98
	CONDUCTIVIDAD	526	447	593	359.25	300	430
	D.B.O. TOTAL	171	120	254	4.25	3	6
	D.B.O.SOLUBLE	62	19	93	1.33	1	2
	D.Q.O. TOTAL	342.25	234	438	25.25	21	27
	D.Q.O. SOLUBLE	177	137	240	21.25	11	27
	S.T.	547.5	446	604	299.5	266	334
	S.T.F.	277.5	204	316	224.5	192	258
	S.T.V.	270	242	300	75	58	94
	S.D.T.	389.5	374	415	292	257	326
	S.D.F.	261.25	204	307	222.25	192	258
	S.D.V.	128.25	79	179	69.75	58	88
	S.S.T.	158	63	226	8.5	4	15
	S.S.F.	17.25	4	46	5.25	4	9
	S.S.V.	141.75	63	209	6.25	4	9
	S.S.	5.625	4	7.5	0.1	0.1	0.1
	COLIF. FECALES	18250000	9000000	24000000	26900	1200	3000
	COLIF. TOTALES	97500000	50000000	120000000	142519000	33000	9000
	NITROGENO TOTAL	31.25	22	42	1.665	0.96	2
	FOSFORO TOTAL	8.325	7.58	9	3.4425	2.15	4.64
Dic-95		MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX	MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX
	pH	7.293	7.15	7.56	7.285	7	7.63
	COLOR	91.66	75	125	17.625	10	38
	TURBIDEZ	101.66	57	128	5.3175	3	9.4
	CONDUCTIVIDAD	462.66	300	593	406.25	390	439
	D.B.O. TOTAL	170	86	258	3.75	2	7
	D.B.O.SOLUBLE	81.66	52	108	2.75	1	5
	D.Q.O. TOTAL	383.33	234	488	37.75	33	42
	D.Q.O. SOLUBLE	198.66	161	232	34.5	32	38
	S.T.	513.33	354	648	332	320	344
	S.T.F.	282	208	340	256	236	272
	S.T.V.	231.33	146	308	76	48	94
	S.D.T.	357.66	224	467	325.25	315	334
	S.D.F.	230.66	178	259	254.25	236	272
	S.D.V.	127	46	208	71	43	89
	S.S.T.	155.66	130	181	6.75	4	12
	S.S.F.	51.33	30	81	4.75	4	7
	S.S.V.	104.33	100	113	5	4	6
	S.S.	3.5	1.5	5	0.1	0.1	0.1
	COLIF. FECALES	9700000	8000000	100000	2047.5	70	180
	COLIF. TOTALES	102966666.7	150000000	8900000	14125	52000	2500
	NITROGENO TOTAL	20.59	8.77	29	1.375	0.96	2.24
	FOSFORO TOTAL	7.26	3.5	10.2	4.4925	4.2	4.7

Fuente: Información proporcionada por el Laboratorio Central de la D.G.C.O.H. (Bitácora 1995-1996).

**PARÁMETROS DE CONTROL PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES CHAPULTEPEC**

FECHA	PARAMETRO	INFLUENTE			EFLUENTE U		
		MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX	MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX
Ene-96							
	pH	7.115	7.05	7.16	7.14	6.89	7.48
	COLOR	100	75	125	14.583	10	17.5
	TURBIDEZ	124	113	138	4.2883	3.29	5.36
	CONDUCTIVIDAD	574.5	560	601	426.33	382	447
	D.B.O. TOTAL	232.75	199	286	6.166	3	8
	D.B.O.SOLUBLE	93.5	80	109	1.66	1	3
	D.Q.O. TOTAL	518.5	487	560	37.33	29	43
	D.Q.O. SOLUBLE	237.5	211	268	31.66	21	38
	S.T.	603	576	652	338.66	294	374
	S.T.F.	350	320	412	260	210	308
	S.T.V.	253	164	322	78.66	64	98
	S.D.T.	352	332	364	323.83	278	347
	S.D.F.	283.5	230	364	256.83	206	297
	S.D.V.	73.5	20	123	78.66	64	98
	S.S.T.	251	212	293	14.83	8	31
	S.S.F.	63.5	36	90	5.16	4	11
	S.S.V.	187.5	155	250	11.66	4	20
	S.S.	4.75	3	7.5	0.1	0.1	0.1
	COLIF. FECALES	14500000	4000000	10000000	1546.66	5700	1000
	COLIF. TOTALES	97000000	100000000	78000000	15616.66	10000	4500
	NITROGENO TOTAL	27.75	27	29	2.826	1.27	5.52
	FOSFORO TOTAL	9.1975	8.45	10.2	4.3316	3.47	4.65
Feb-96		MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX	MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX
	pH	7.1	6.88	7.24	7.15	7	7.32
	COLOR	91.66	75	100	13.75	12.5	15
	TURBIDEZ	152	96	206	4.2425	3.3	5.67
	CONDUCTIVIDAD	563.66	552	571	448.75	390	479
	D.B.O. TOTAL	260.33	160	414	5	4	8
	D.B.O.SOLUBLE	77.33	59	106	1.5	1	2
	D.Q.O. TOTAL	554.66	408	632	23.25	19	29
	D.Q.O. SOLUBLE	248.66	210	320	23.25	19	29
	S.T.	661.33	548	754	348.5	298	392
	S.T.F.	330.66	326	338	274	224	314
	S.T.V.	330.66	220	428	74.5	70	78
	S.D.T.	426.66	413	435	340	289	386
	S.D.F.	304	298	315	274	224	314
	S.D.V.	122.66	114	137	66	61	72
	S.S.T.	234.66	135	322	8.5	6	10
	S.S.F.	26.66	11	40	4	4	4
	S.S.V.	208	106	311	8.5	6	10
	S.S.	6.16	4	7.5	0.1	0.1	0.1
	COLIF. FECALES	31300000	28000000	60000000	3147.5	10000	1000
	COLIF. TOTALES	141666666.7	190000000	35000000	29450	10000	8800
	NITROGENO TOTAL	31.33	21	38	6.38	0.62	11.2
	FOSFORO TOTAL	8.946	7.64	10.4	5.3025	4.5	6.81

Fuente: Información proporcionada por el Laboratorio Central de la D.G.C.O.H. (Bitácora 1995-1996).

**PARÁMETROS DE CONTROL PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES CHAPULTEPEC**

FECHA	PARAMETRO	INFLUENTE			EFLUENTE U		
		MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX	MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX
Mar-96	pH	7.265	7.12	7.35	7.17	7.08	7.32
	COLOR	103.75	15	150	30	15	75
	TURBIDEZ	79	5	108	18.2	1.4	67
	CONDUCTIVIDAD	554.5	474	597	438	406	459
	D.B.O. TOTAL	152.25	2	233	1	102	
	D.B.O.SOLUBLE	58.75	1	88	9.5	1	35
	D.Q.O. TOTAL	403.5	19	566	81.5	21	249
	D.Q.O. SOLUBLE	158.25	19	215	46.25	21	108
	S.T.	424.02	0.1	592	344.5	316	424
	S.T.F.	303	0.1	592	228.5	218	242
	S.T.V.	227	94	290	116	86	182
	S.D.T.	371075	291	425	303.25	268	320
	S.D.F.	289.25	262	322	215.5	190	230
	S.D.V.	82.5	29	157	87.75	78	102
	S.S.T.	158.25	69	217	42.25	4	156
	S.S.F.	14.75	4	34	16	4	52
	S.S.V.	144.5	65	200	29.25	4	104
	S.S.	4.33	3	5	0.575	0.1	2
	COLIF. FECALES	1505005	20	7200000	5000026.75	18	64
	COLIF. TOTALES	107000550	120000000	2200	22503822	90000000	3200
NITROGENO TOTAL	19.16	2.5	30	6.9025	0.51	16.4	
FOSFORO TOTAL	7.6	4.4	9.5	4.15	3.8	4.4	
Abr-96		MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX	MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX
	pH	7.292	7.24	7.43	7.3014	7.12	7.57
	COLOR	92.857	75	150	20.714	15	50
	TURBIDEZ	73.1428	41	128	2.621	1.15	5.3
	CONDUCTIVIDAD	384.625	18	581	383.714	337	459
	D.B.O. TOTAL	115.285	37	212	2.571	1	6
	D.B.O.SOLUBLE	43.857	16	76	1.714	1	3
	D.Q.O. TOTAL	274.714	142	506	27.428	19	37
	D.Q.O. SOLUBLE	113.1428	63	180	25.285	19	37
	S.T.	465.428	356	602	301.714	274	356
	S.T.F.	266	222	316	238	188	282
	S.T.V.	199.428	122	298	63.714	36	90
	S.D.T.	316.571	275	390	293.142	266	343
	S.D.F.	234.428	200	268	238	188	282
	S.D.V.	82.142	41	122	55.1428	31	82
	S.S.T.	148.857	81	276	8.571	5	13
	S.S.F.	32.142	4	50	4	4	4
	S.S.V.	117.285	74	229	8.571	5	13
	S.S.	2.657	1.3	4	0.1	0.1	0.1
	COLIF. FECALES	20857142.76	19000000	10000000	364.33	14	1000
COLIF. TOTALES	8314857.143	30000000	100000000	3070.33	10000	5900	
NITROGENO TOTAL	22.36	12.1	30	2.398	0.96	3.5	
FOSFORO TOTAL	5.71	2.7	8.9	3.2871	2.5	4.8	

Fuente: Información proporcionada por el Laboratorio Central de la D.G.C.O.H. (Bitácora 1995-1996).

**PARÁMETROS DE CONTROL PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES CHAPULTEPEC**

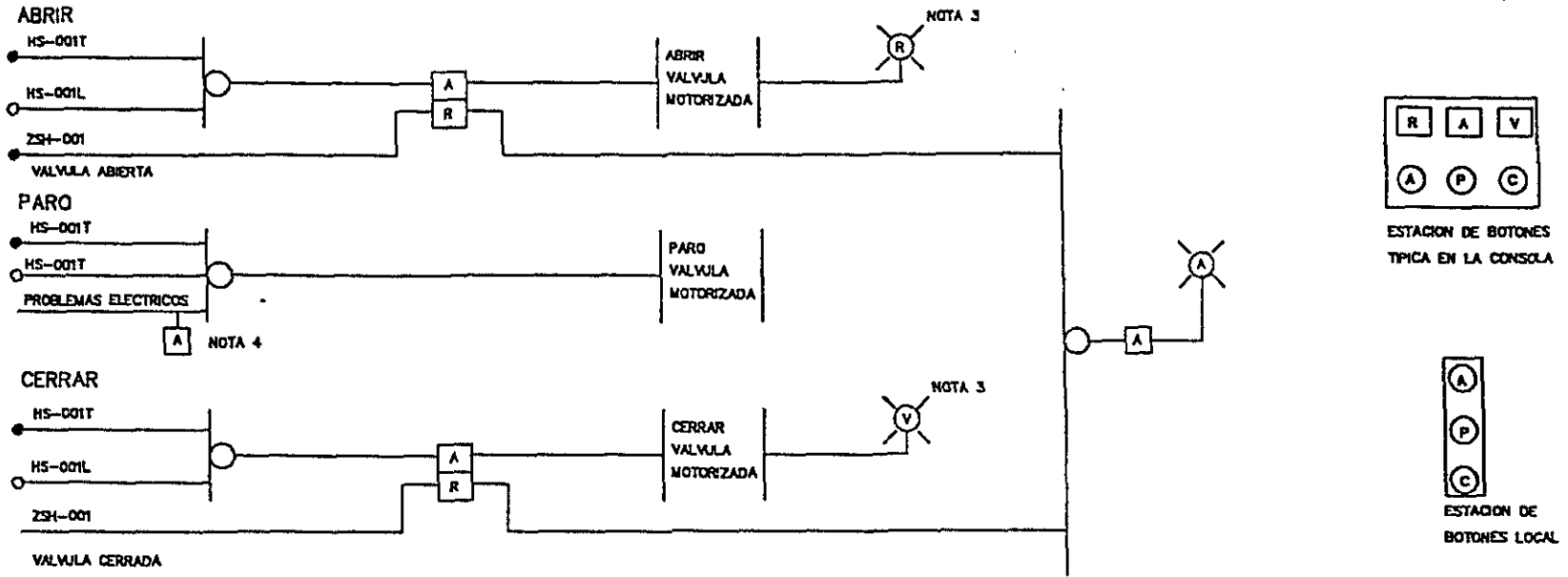
FECHA	PARAMETRO	INFLUENTE			EFLUENTE		
		MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX	MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX
May-96							
	pH	7.323	7.25	7.39	7.17	7.09	7.25
	COLOR	183.33	100	300	18.75	15	20
	TURBIDEZ	153.66	118	213	2.05	1.6	2.5
	CONDUCTIVIDAD	552.33	489	598	411.75	389	460
	D.B.O. TOTAL	208	189	228	3.75	1	6
	D.B.O.SOLUBLE	84.66	76	100	1	1	1
	D.Q.O. TOTAL	469.66	424	505	31.75	21	42
	D.Q.O. SOLUBLE	193.66	176	208	31.75	21	42
	S.T.	592.66	552	646	297.5	284	310
	S.T.F.	318.66	298	352	227.5	222	240
	S.T.V.	274	254	294	70	60	88
	S.D.T.	357.33	299	417	291.75	277	305
	S.D.F.	269.33	247	309	227.5	222	240
	S.D.V.	88	47	109	64.25	53	83
	S.S.T.	235.33	224	253	5.75	5	7
	S.S.F.	49.33	43	59	4	4	4
	S.S.V.	186	165	207	5.75	5	7
	S.S.	4.33	4	5	0.1	0.1	0.1
	COLIF. FECALES	42333333.3	38000000	51000000	3550.66	600	10000
	COLIF. TOTALES	157666666.6	190000000	830000000	25462.25	19	1000
	NITROGENO TOTAL						
	FOSFORO TOTAL	13.32	7.43	24	4.06	3.76	4.43
Jun-96							
		MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX	MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX
	pH	7.324	7.26	7.39	7.108	6.82	7.22
	COLOR	145	100	200	22.4	15	37
	TURBIDEZ	104	83	120	3.04	2	3.4
	CONDUCTIVIDAD	521	479	549	401	389	429
	D.B.O. TOTAL	171	151	184	2.4	1	4
	D.B.O.SOLUBLE	78	74	84	1.2	1	2
	D.Q.O. TOTAL	432.4	397	446	27	15	39
	D.Q.O. SOLUBLE	243.2	223	283	27	15	39
	S.T.	541.2	520	558	332	306	358
	S.T.F.	312	290	326	264.8	244	292
	S.T.V.	229.2	218	246	67.2	32	90
	S.D.T.	356.4	306	415	324.8	301	350
	S.D.F.	283.6	262	317	264.8	244	292
	S.D.V.	72.8	35	110	60	27	83
	S.S.T.	184.8	143	228	7.2	5	9
	S.S.F.	28.4	7	45	4	4	4
	S.S.V.	156.4	136	183	7.2	5	9
	S.S.	4.8	4	6	0.1	0.1	0.1
	COLIF. FECALES	37400000	18000000	51000000	1897.25	20	1000
	COLIF. TOTALES	128800000	190000000	850000000	10666	10000	130
	NITROGENO TOTAL	23	23	23	0.96	0.96	0.96
	FOSFORO TOTAL	8.198	7.79	8.6	4.002	3.6	4.2

Fuente: Información proporcionada por el Laboratorio Central de la D.G.C.O.H. (Bitácora 1995-1996).

**PARÁMETROS DE CONTROL PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES CHAPULTEPEC**

FECHA	PARAMETRO	INFLENTE			EFFLUENTE		
		MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX	MEDIA	VALOR MIN	VALOR MAX
Jul-96							
	pH	7.313	7.2	7.38	6.89	6.65	7
	COLOR	95.8333	75	150	23.75	12.5	50
	TURBIDEZ	96.833	80	104	3.2833	2	5
	CONDUCTIVIDAD	549.66	491	593	390.8333	339	450
	D.B.O. TOTAL	182.66	152	208	25800	10000	3800
	D.B.O.SOLUBLE	73.83	65	80	1.33	1	2
	D.Q.O. TOTAL	390.66	347	418	31.333	21	38
	D.Q.O. SOLUBLE	196.166	167	231	27.8333	21	38
	S.T.	547	496	632	323.66	272	366
	S.T.F.	321.66	270	432	237.66	158	270
	S.T.V.	225.33	94	306	86	52	118
	S.D.T.	375	335	408	316.33	265	357
	S.D.F.	295.66	268	362	237.66	158	270
	S.D.V.	82.66	20	140	78.66	45	109
	S.S.T.	172	104	244	7.33	4	9
	S.S.F.	19	4	27	4	4	4
	S.S.V.	153.66	104	222	7.33	4	9
	S.S.	3.666	1	7	0.1	0.1	0.1
	COLIF. FECALES	30600000	2100000	39000000	3145.4	7	1000
	COLIF. TOTALES	145500000	110000000	830000000	25800	10000	3800
	NITROGENO TOTAL	27.6	22	32	2.104	0.96	5.1
	FOSFORO TOTAL	22.66	21	26	3.74166	3.39	4.5
Ago-96							
	pH	7.38	7.25	7.63	7.13	7.08	7.23
	COLOR	100	75	150	18.75	15	25
	TURBIDEZ	79.5	66	91	4.3	3	7.3
	CONDUCTIVIDAD	534.5	491	563	436	379	501
	D.B.O. TOTAL	153.75	130	194	3.75	2	6
	D.B.O.SOLUBLE	63.5	49	78	3	1	6
	D.Q.O. TOTAL	341.25	227	409	38	27	60
	D.Q.O. SOLUBLE	197.75	138	252	36.5	27	60
	S.T	504	466	542	341.5	308	392
	S.T.F.	283.5	262	306	252.5	234	294
	S.T.V.	220.5	204	236	89	60	102
	S.D.T.	376.5	354	402	333.25	297	388
	S.D.F.	271.75	262	281	252.5	234	294
	S.D.V.	104.75	85	127	80.75	49	98
	S.S.T.	127.5	108	150	8.25	4	14
	S.S.F.	12.75	4	25	13.75	4	43
	S.S.V.	115.75	107	125	8.25	4	14
	S.S.	2.775	0.1	4	0.1	0.1	0.1
	COLIF. FECALES	29750000	25000000	8000000	4620.75	4200	10000
	COLIF. TOTALES	112500000	120000000	40000000	52477.5	48000	910
	NITROGENO TOTAL	23.66	21	28	1.17333	0.96	1.6
	FOSFORO TOTAL	6.1225	5.49	6.8	3.8175	3.1	4.99

Fuente: Información proporcionada por el Laboratorio Central de la D.G.C.O.H. (Bitácora 1995-1996).



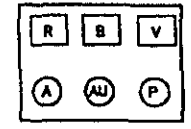
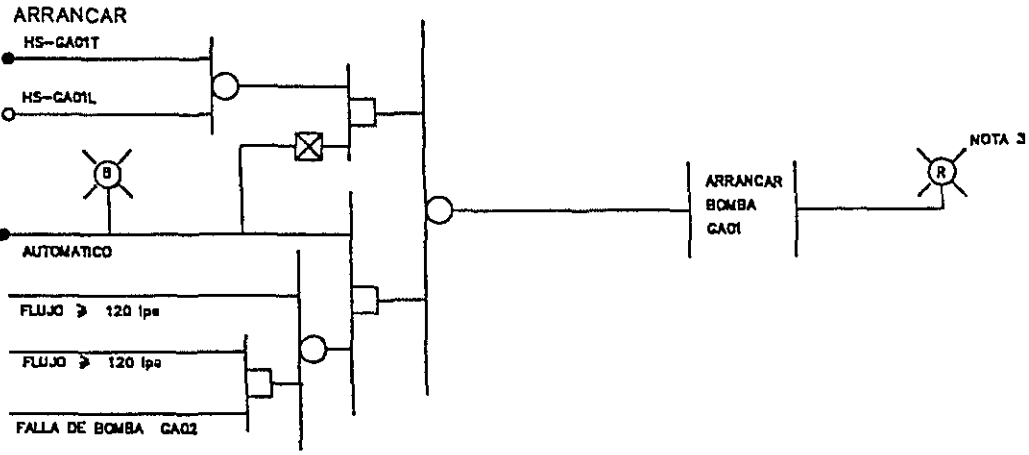
ANEXO III

RECORRIDO	ABIERTA	CERRADA
ZSH 001		
ZSL 001		

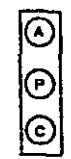
VALVULA MOTORIZADA	BOTONERA CONSOLA	BOTONERA LOCAL	LIMITE
UV-001	HS-001T	HS-001L	ZSH-001 ZSL-001
UV-002	HS-002T	HS-002L	ZSH-002 ZSL-002
UV-003	HS-003T	HS-003L	ZSH-003 ZSL-003

- 1.- LOS INTERRUPTORES DE POSICION ZSH Y ZSL ESTARAN INTEGRADOS EN EL MOTOR DE LA VALVULA
- 2.- LA LOGICA SE REALIZARA EN EL SISTEMA DE CONTROL DEL MICROPROCESADOR
- 3.- ESTAS LUCES ESTARAN INTEGRADAS EN LA ESTACION DE BOTONES LOCAL
- 4.- ESTA ALARMA SE PRESENTA EN LA PANTALLA
- 5.- LOS BOTONES SON DE CONTACTOS MOMENTANEOS

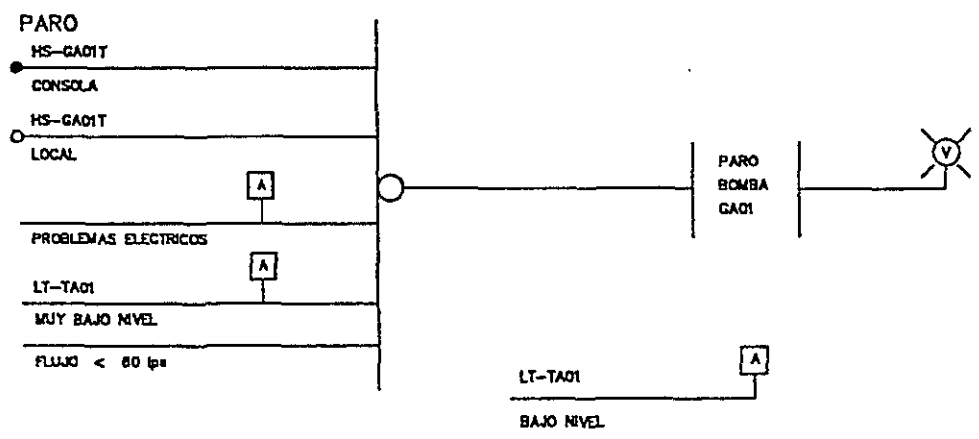
DLC-001 Diagrama Lógico de Control "Válvulas motorizadas de entrada del influente"



ESTACION DE BOTONES  
TIPICA EN LA CONSOLA



ESTACION DE  
BOTONES LOCAL

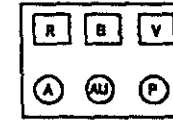
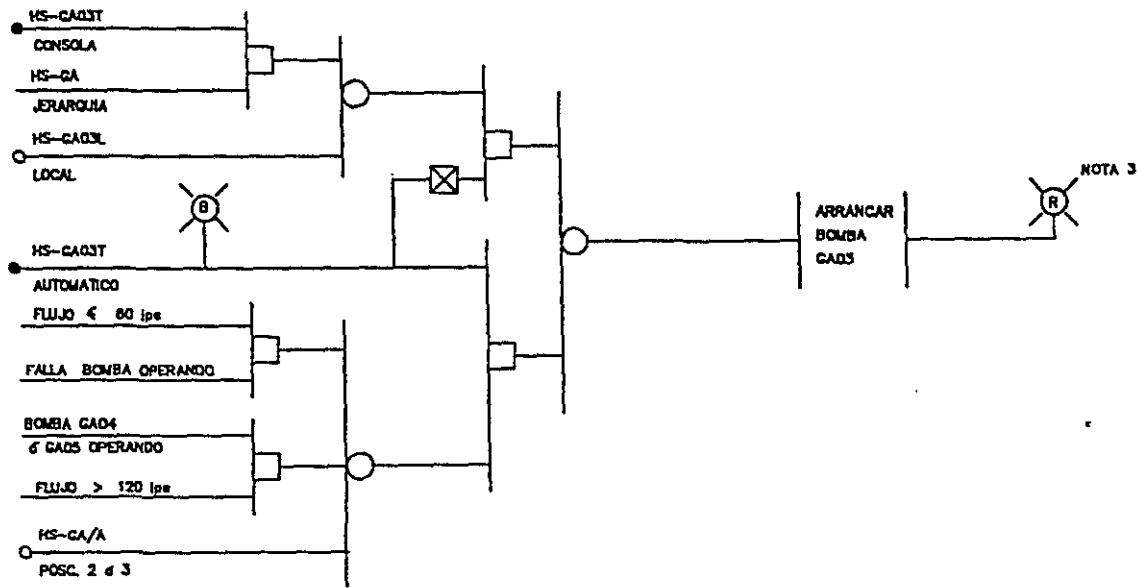


BOMBA	BOTONERA CONSOLA	BOTONERA LOCAL
GA-001	HS-001T	HS-001L
GA-002	HS-002T	HS-002L

- 1.- LA LOGICA SE REALIZARA EN EL SISTEMA DE CONTROL DEL MICROPROCESADOR
- 2.- LAS LUCES ESTARAN INTEGRADAS EN LA ESTACION DE BOTONES LOCAL
- 3.- LAS ALARMAS SE PRESENTAN EN LA PANTALLA
- 4.- LOS BOTONES SON DE CONTACTOS MOMENTANEOS

DLC-002 Diagrama Lógico de Control "Control de arranque y paro de las bombas GA-01 y GA-02 del cárcamo TA01"

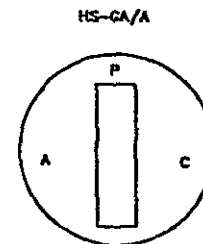
ARRANCAR



ESTACION DE BOTONES TÍPICA EN LA CONSOLA



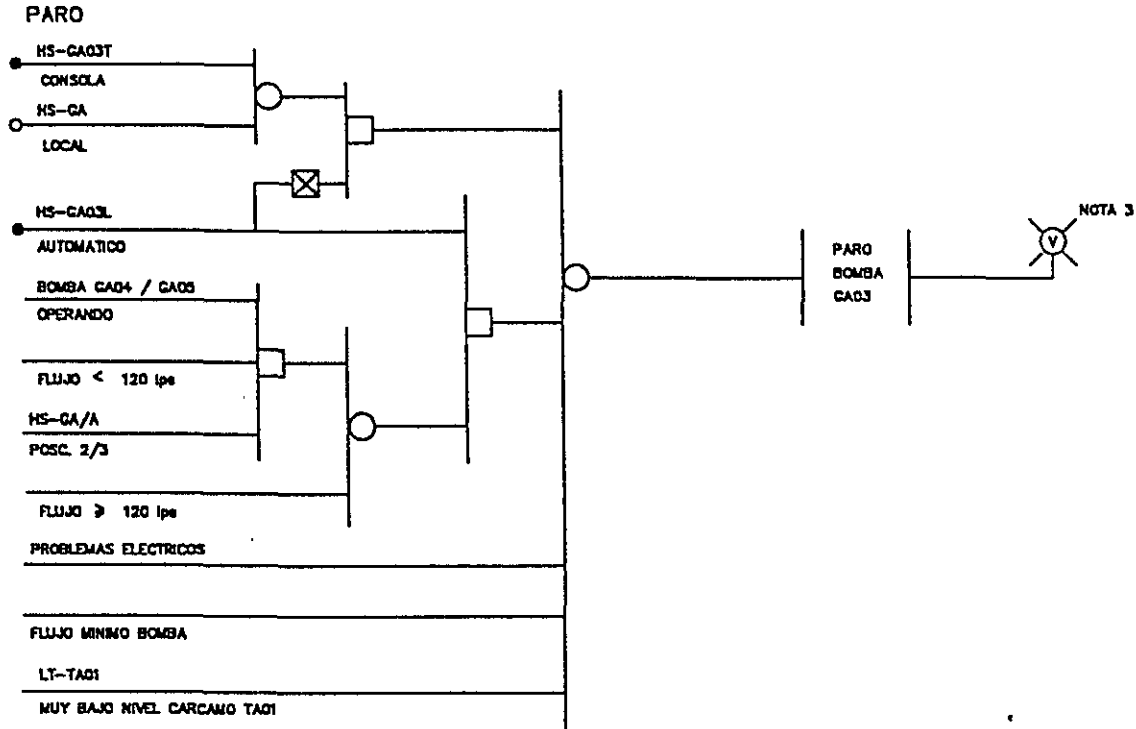
ESTACION DE BOTONES LOCAL



COMUTADOR DE 3 POSICIONES PARA JERARQUIZAR LA OPERACION Y RESERVA DE LAS BOMBAS

DLC-003 Diagrama Lógico de Control "Control de arranque y operación automática de las bombas GA-03, GA-04 y GA-05 del cárcamo TA-01"

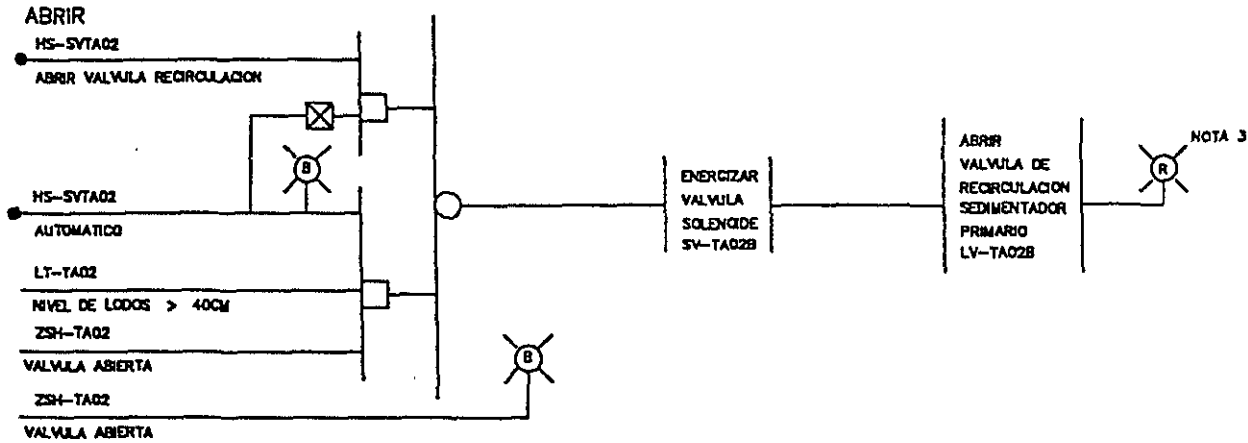




POSICION	BOMBA GA03	BOMBA GA04	BOMBA GA05
1	OPERANDO	RESERVA	RESERVA
2	RESERVA	OPERANDO	RESERVA
3	RESERVA	RESERVA	OPERANDO

- 1.- LA LOGICA SE REALIZARA EN EL SISTEMA DE CONTROL DEL MICROPROCESADOR
- 2.- LAS LUCES ESTARAN INTEGRADAS EN LA ESTACION DE BOTONES LOCAL
- 3.- LAS ALARMAS SE PRESENTAN EN LA PANTALLA
- 4.- LOS BOTONES SON DE CONTACTOS MOMENTANEOS

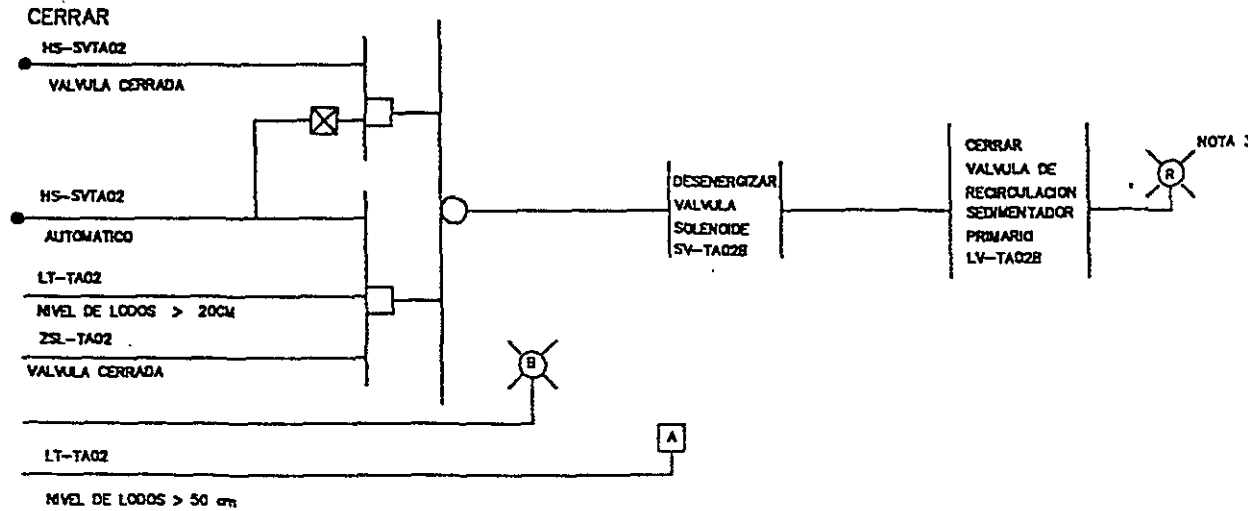
DLC-003 Diagrama Lógico de Control "Control de paro y operación automática de las bombas GA-03, GA-04 y GA-05 del cárcamo TA-01"



ESTACION DE BOTONES TÍPICA EN LA CONSOLA

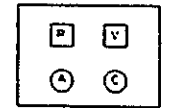
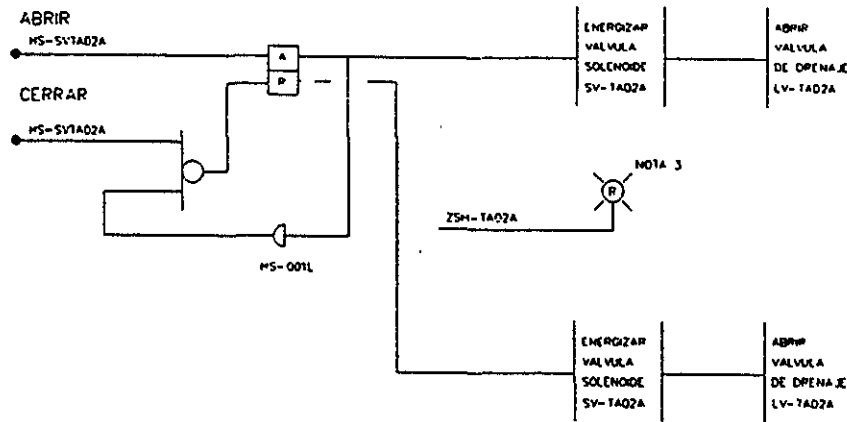


ESTACION DE BOTONES LOCAL



- 1.- LA LÓGICA SE REALIZARÁ EN EL SISTEMA DE CONTROL DEL MICROPROCESADOR
- 2.- LAS LUZES ESTARÁN INTEGRADAS EN LA ESTACION DE BOTONES LOCAL
- 3.- LAS ALARMAS SE PRESENTAN EN LA PANTALLA
- 4.- LOS BOTONES SON DE CONTACTOS MOMENTANEOS
- 5.- LOS PUNTOS DE AJUSTE DEL NIVEL DE LODOS SERÁN SUMINISTRADOS POR EL TRANSMISOR

DLC-004 Diagrama Lógico de Control "Control de válvulas de la recirculación de lodos del sedimentador primario"



ESTACION DE BOTONES  
UNICA EN LA CONSOLA



ESTACION DE  
BOTONES LOCAL

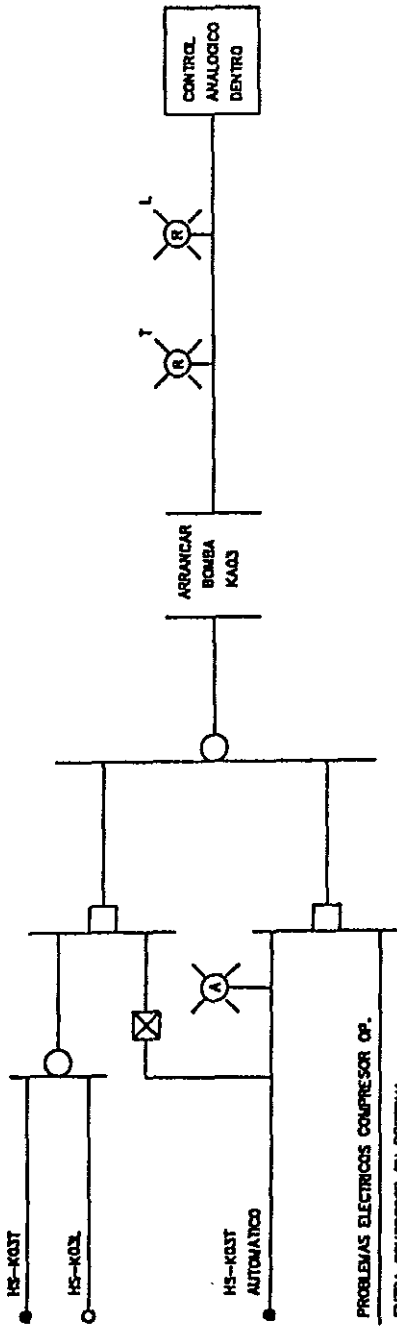
COMUTADOR	SOLENOIDE	INTERRUPTORES	VALVULA
MS-SV1A04	SV1A04	ZSH/ZSL-1A04	LV1A04
MS-SV1A02	SV1A02	ZSH/ZSL-1A02	LV1A02



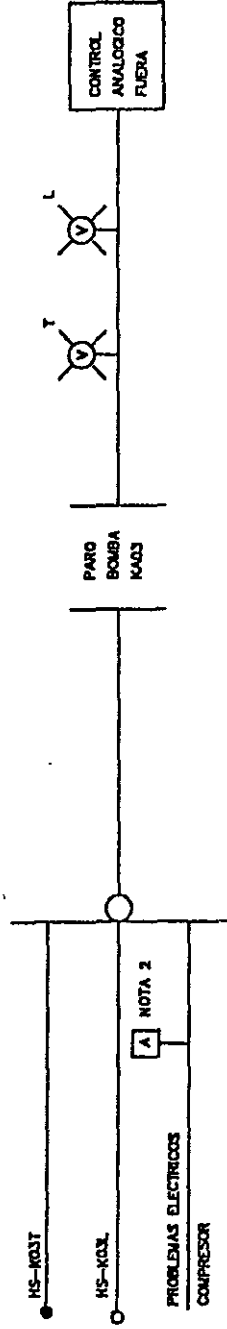
- 1.- LOS INTERRUPTORES DE POSICION ZSH Y ZSL ESTARAN INTEGRADOS EN LA VALVULA
- 2.- LA LOGICA SE REALIZARA EN EL SISTEMA DE CONTROL DEL MICROPROCESADOR
- 3.- LAS LUCES ESTARAN INTEGRADAS EN LA ESTACION DE BOTONES LOCAL
- 4.- LOS BOTONES SON DE CONTACTOS MOMENTANEOS

DLC-005 Diagrama Lógico de Control "Control de válvulas de drenaje de sedimentador primario y secundario"

**ARRANQUE**



**PARO**



COMPRESOR K03	HS-K03T	HS-K03L
COMPRESOR K04	HS-K04T	HS-K04L



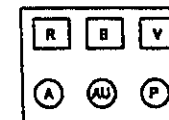
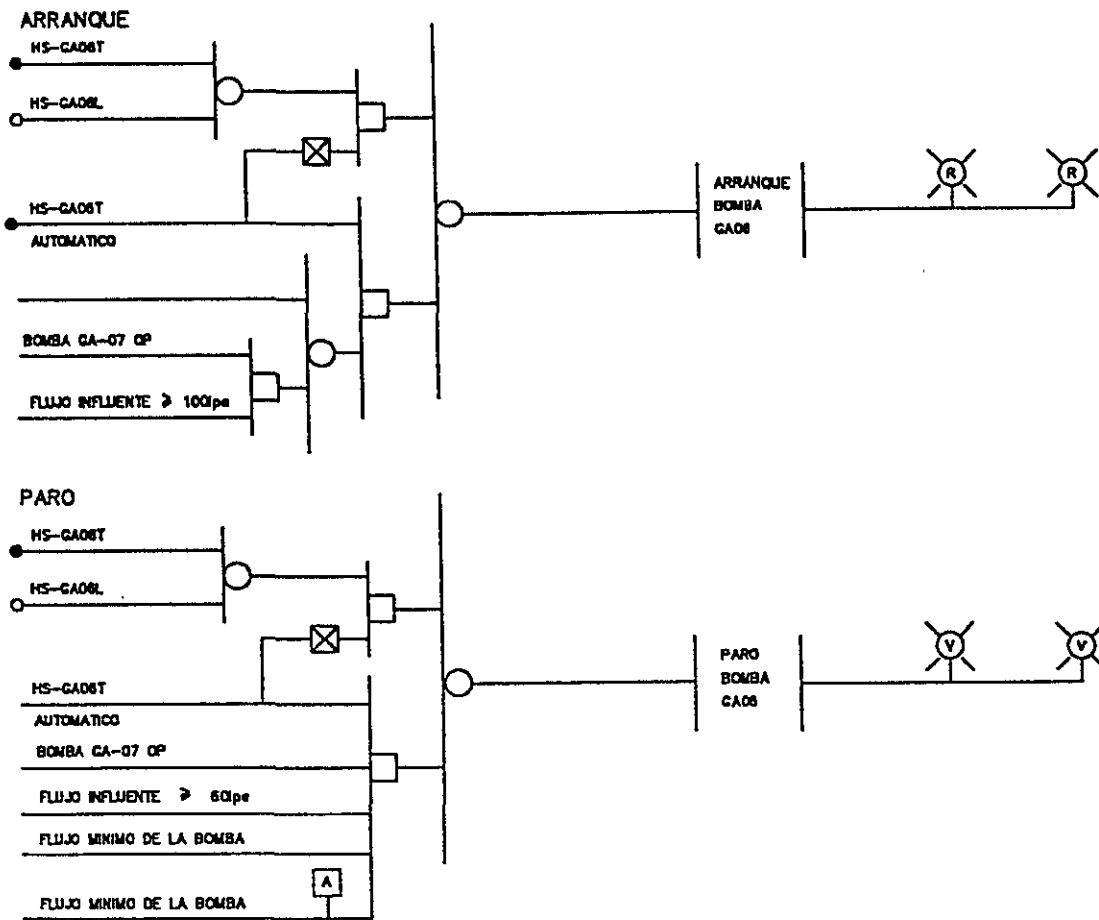
ESTACION DE BOTONES TÍPICA EN LA CONSOLA



ESTACION DE BOTONES LOCAL

- 1.- LA LÓGICA SE REALIZARÁ EN EL SISTEMA DE CONTROL DEL MICROPROCESADOR
- 2.- LAS LUCES ESTARÁN INTEGRADAS EN LA ESTACION DE BOTONES LOCAL
- 3.- LAS ALARMAS SE PRESENTAN EN LA PANTALLA
- 4.- LOS BOTONES SON DE CONTACTOS MOMENTÁNEOS

DLC-006 Diagrama Lógico de Control "Control de los turbospladores"



ESTACION DE BOTONES  
TIPICA EN LA CONSOLA

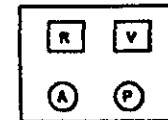


ESTACION DE  
BOTONES LOCAL

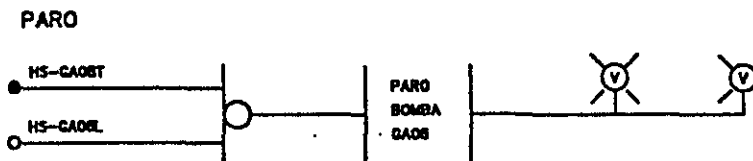
BOMBA GA12	HS-GA12T	HS-GA12L
BOMBA GA13	HS-GA13T	HS-GA13L

- 1.- LA LOGICA SE REALIZARA EN EL SISTEMA DE CONTROL DEL MICROPROCESADOR
- 2.- LAS LUCES ESTARAN INTEGRADAS EN LA ESTACION DE BOTONES LOCAL.
- 3.- LAS ALARMAS SE PRESENTAN EN LA PANTALLA
- 4.- LOS BOTONES SON DE CONTACTOS MOMENTANEOS

DLC-007 Diagrama Lógico de Control "Control de las bombas GA-06 y GA-07 de recirculación del sedimentador secundario de la unidad 2"



ESTACION DE BOTONES  
TÍPICA EN LA CONSOLA

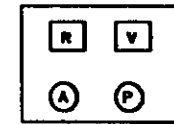
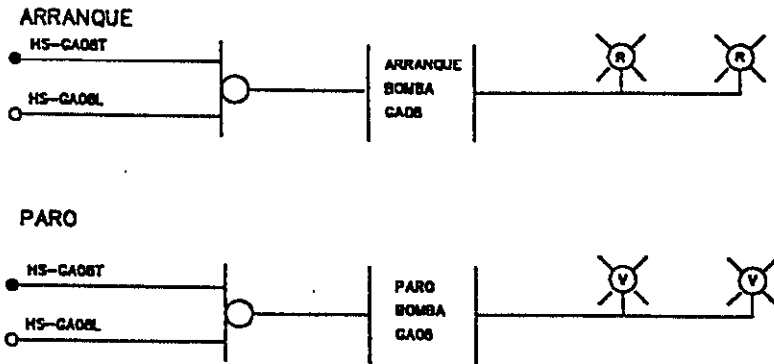


ESTACION DE  
BOTONES LOCAL

BOMBA GA08	HS-CA08T	HS-CA08L
BOMBA GA09	HS-CA09T	HS-CA09L
BOMBA GA10	HS-CA10T	HS-CA10L

- 1.- LA LÓGICA SE REALIZARÁ EN EL SISTEMA DE CONTROL DEL MICROPROCESADOR
- 2.- LAS LUCES ESTARÁN INTEGRADAS EN LA ESTACION DE BOTONES LOCAL
- 3.- LAS ALARMAS SE PRESENTAN EN LA PANTALLA
- 4.- LOS BOTONES SON DE CONTACTOS MEMENTANEOS

DLC-008 Diagrama Lógico de Control "Control de las bombas del cárcamo de agua tratada GA-08, GA-09 y GA-10"



ESTACION DE BOTONES  
TÍPICA EN LA CONSOLA

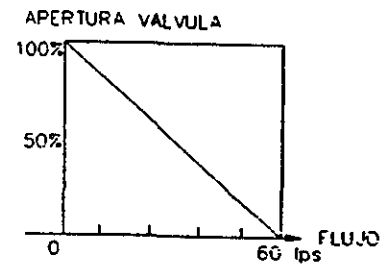
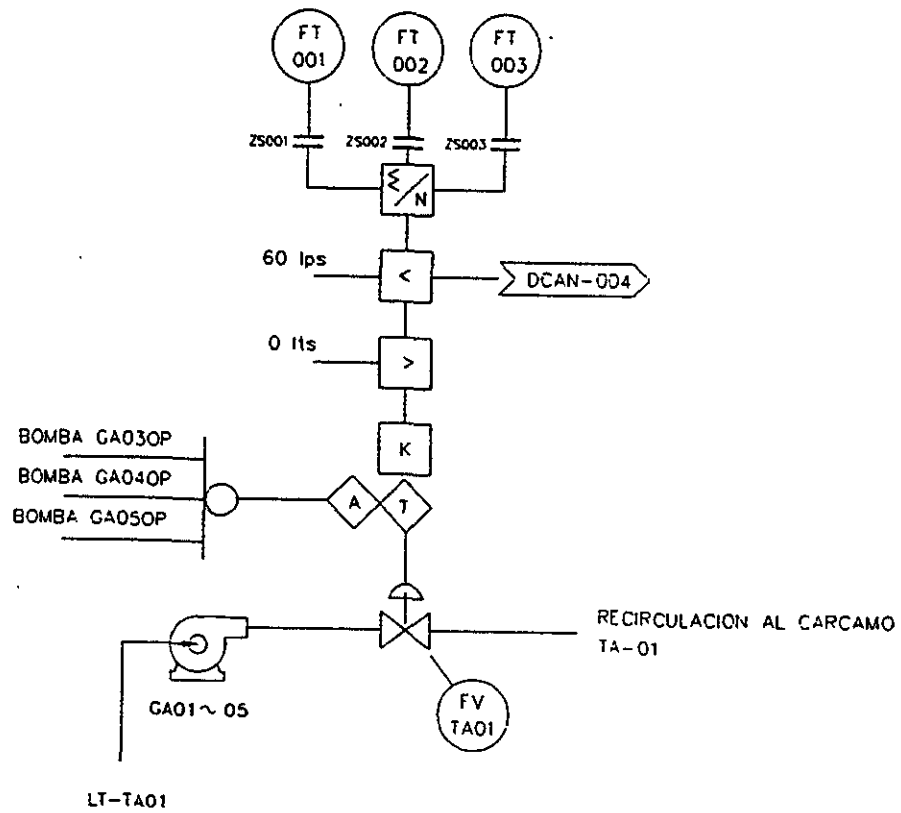


ESTACION DE  
BOTONES LOCAL

BOMBA GA14	HS-GA14T	HS-GA14L
BOMBA GA15	HS-GA15T	HS-GA15L

- 1.- LA LÓGICA SE REALIZARÁ EN EL SISTEMA DE CONTROL DEL MICROPROCESADOR
- 2.- LAS LUCES ESTARÁN INTEGRADAS EN LA ESTACION DE BOTONES LOCAL
- 3.- LAS ALARMAS SE PRESENTAN EN LA PANTALLA
- 4.- LOS BOTONES SON DE CONTACTOS MOMENTANEOS

DLC-009 Diagrama Lógico de Control "Control de las bombas GA-14 y GA-15 de agua tratada al periférico"



DCAN-001 Diagrama Analógico de Control "Control de recirculación de agua al cárcamo de bombeo"



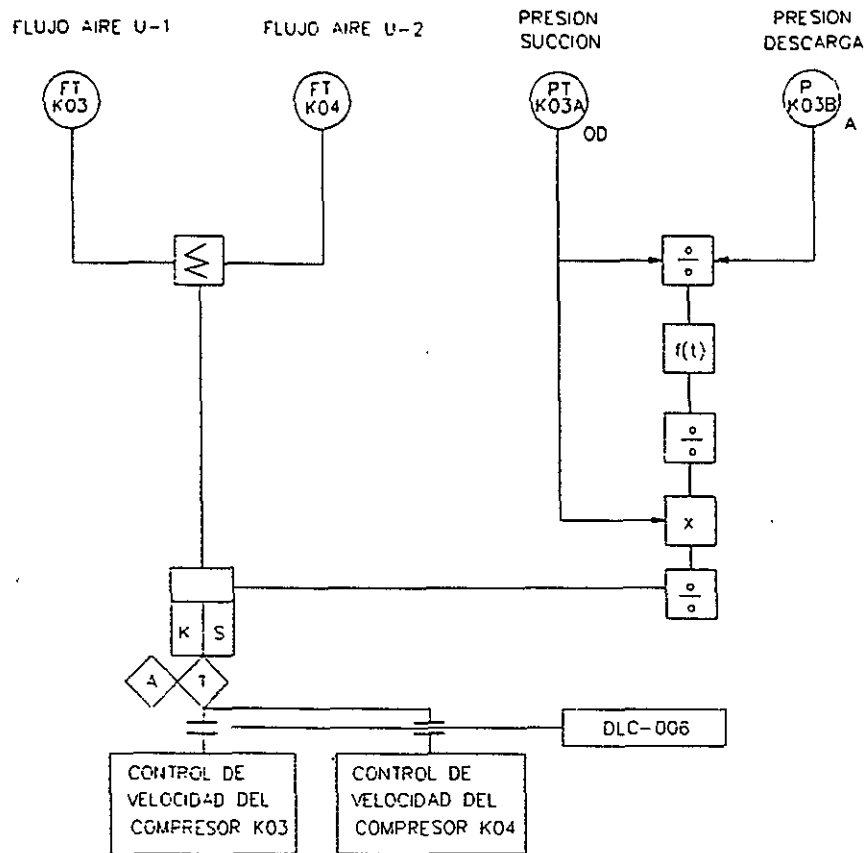


DIAGRAMA DE CONTROL ANALOGICO  
DEL COMPRESOR CENTRIFUGO K03  
DCAN-003

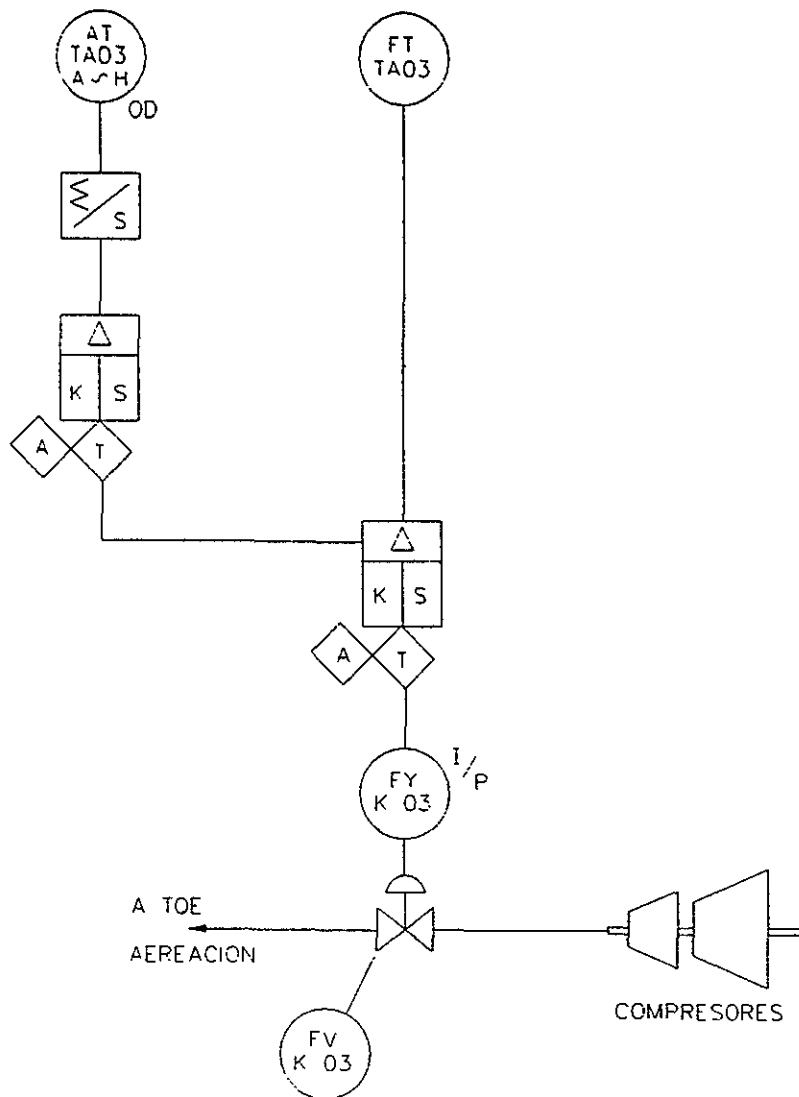
1.-ESTE ARREGLO PROTEGE AL COMPRESOR  
DE ENTRAP EN SU REGION DE SURGE

2.-LA SEÑAL DEL CONTROL LOGICO  
DLC-006 PERMITE LA OPERACION  
DEL CONTROL ANALOGICO SOLO  
CUANDO EL COMPRESOR ESTE OPERANDO

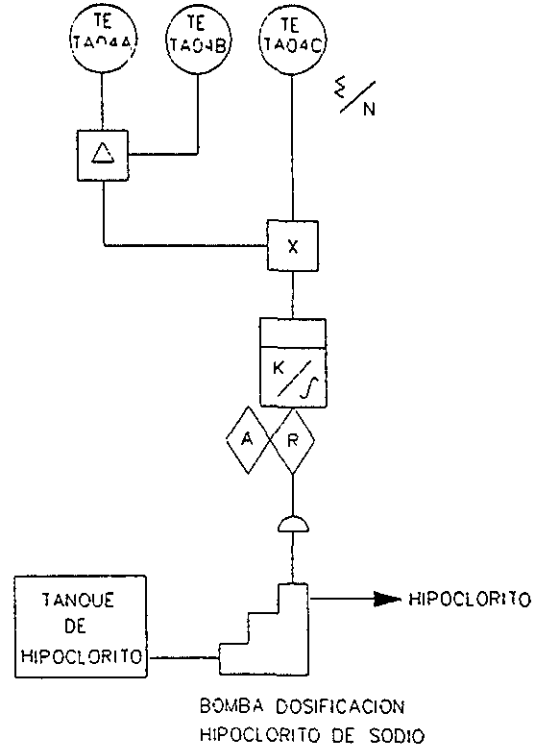
DCAN-002 Diagrama Analógico de Control "Control de aire al tanque de aireación"

OXIGENIO DISUELTO  
TANQUE AEREACION

FLUJO DE  
AIRE U-1



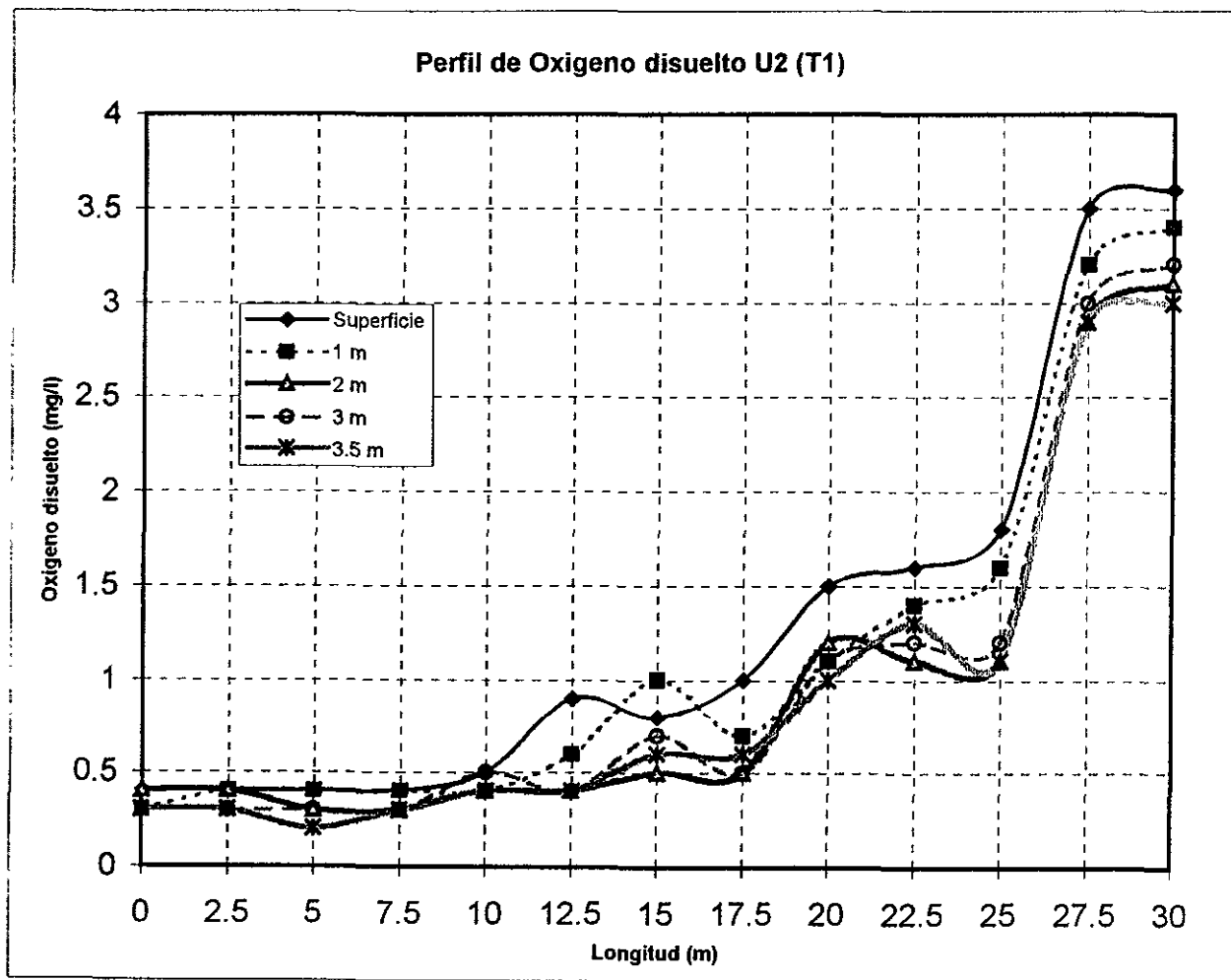
DCAN-003 Diagrama Analógico de Control "Control de los turbosopladores"



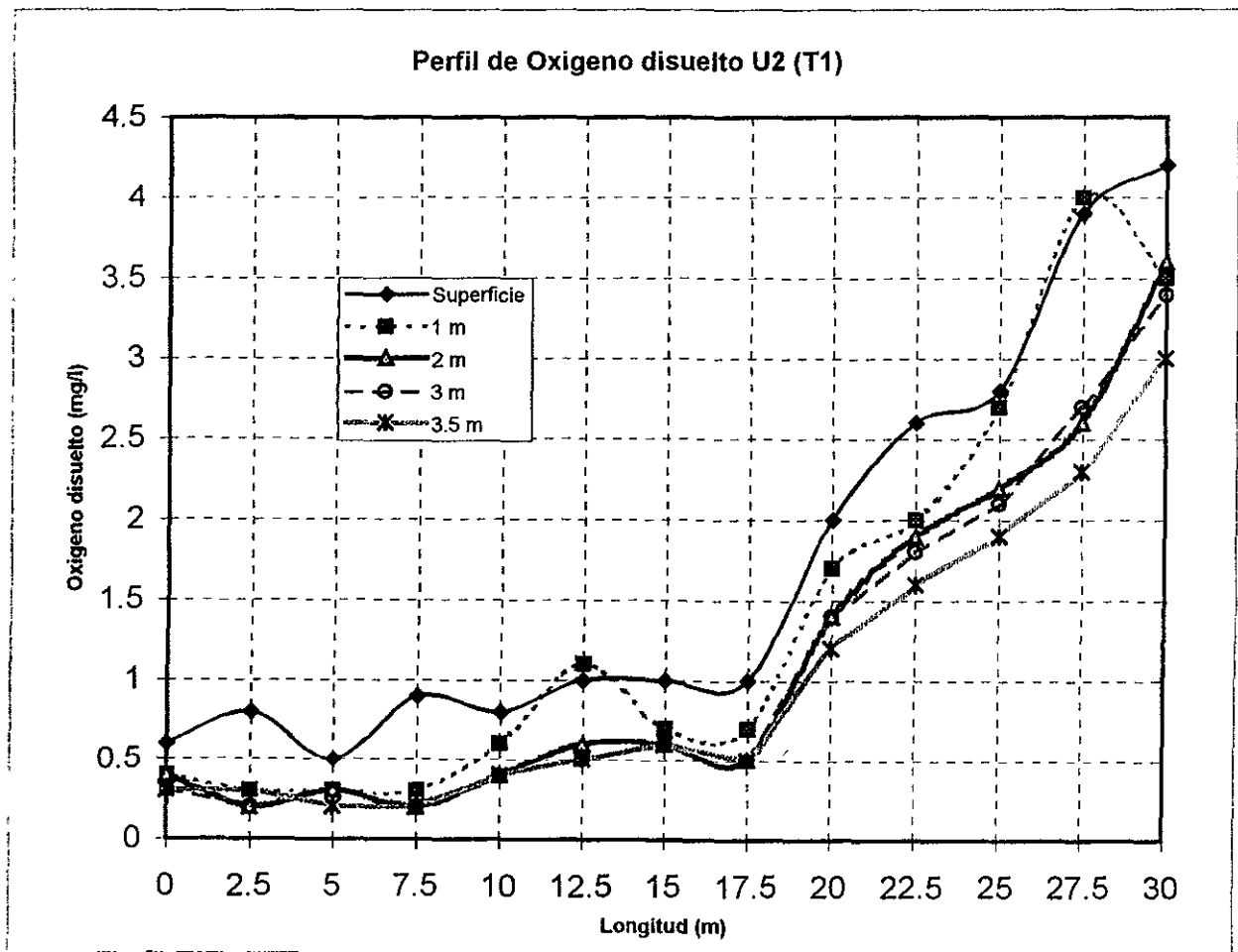
DCAN-004 Diagrama Analógico de Control "Control de la dosificación de hipoclorito de sodio"

**ANEXO IV PERFILES DE OXÍGENO DISUELTO EN LOS TANQUES DE AERACIÓN DE LA PLANTA DE CHAPULTEPEC.**

Perfil de oxígeno disuelto Tanque de Aereacion U2 (L.C.-T1) Fecha : 3-6-1997					
Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3 m	3.5 m
0	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3
2.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3
5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2
7.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
10	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4
12.5	0.9	0.6	0.4	0.4	0.4
15	0.8	1	0.5	0.7	0.6
17.5	1	0.7	0.5	0.5	0.6
20	1.5	1.1	1.2	1.1	1
22.5	1.6	1.4	1.1	1.2	1.3
25	1.8	1.6	1.1	1.2	1.1
27.5	3.5	3.2	2.9	3	2.9
30	3.6	3.4	3.1	3.2	3



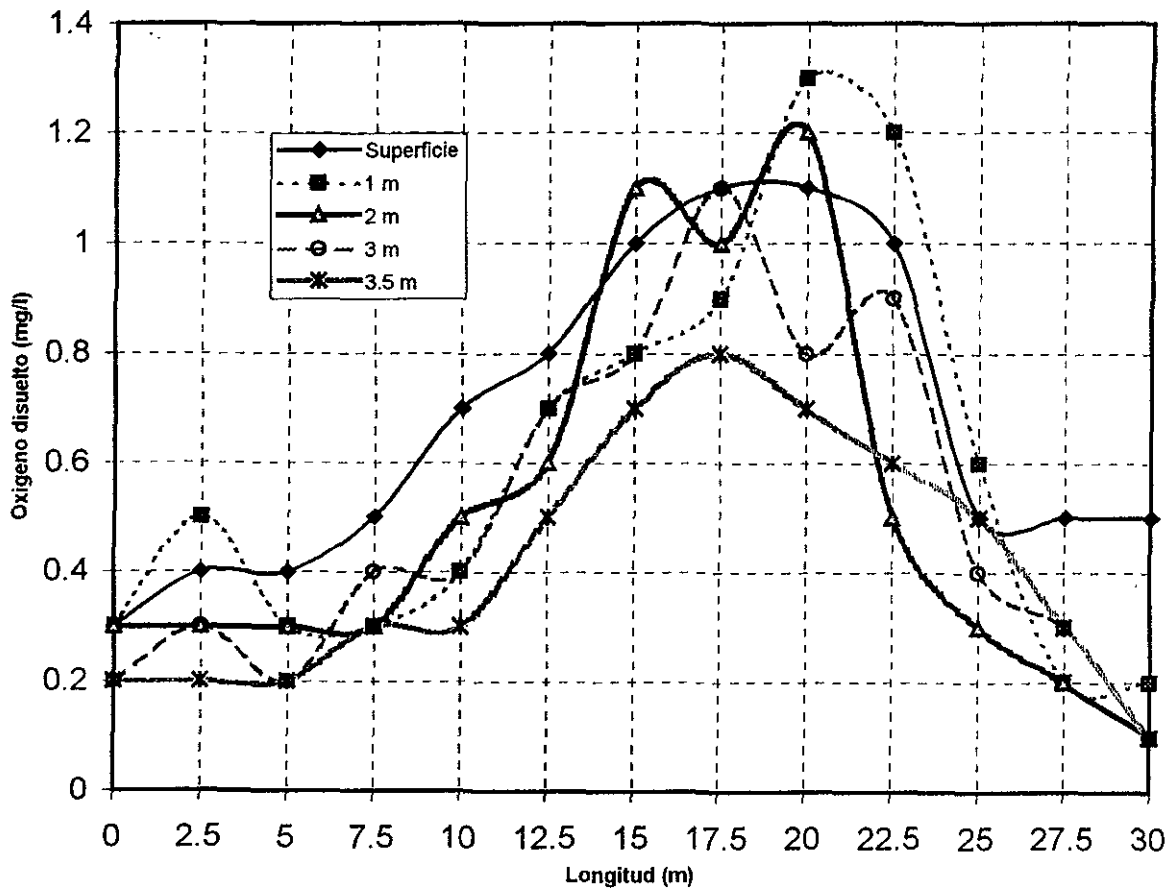
Perfil de oxígeno disuelto Tanque de Aereacion U2 (L.D.-T1) Fecha : 3-6-1997					
Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3 m	3.5 m
0	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3
2.5	0.8	0.3	0.2	0.2	0.3
5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2
7.5	0.9	0.3	0.2	0.2	0.2
10	0.8	0.6	0.4	0.4	0.4
12.5	1	1.1	0.6	0.5	0.5
15	1	0.7	0.6	0.6	0.6
17.5	1	0.7	0.5	0.5	0.5
20	2	1.7	1.4	1.4	1.2
22.5	2.6	2	1.9	1.8	1.6
25	2.8	2.7	2.2	2.1	1.9
27.5	3.9	4	2.6	2.7	2.3
30	4.2	3.5	3.6	3.4	3



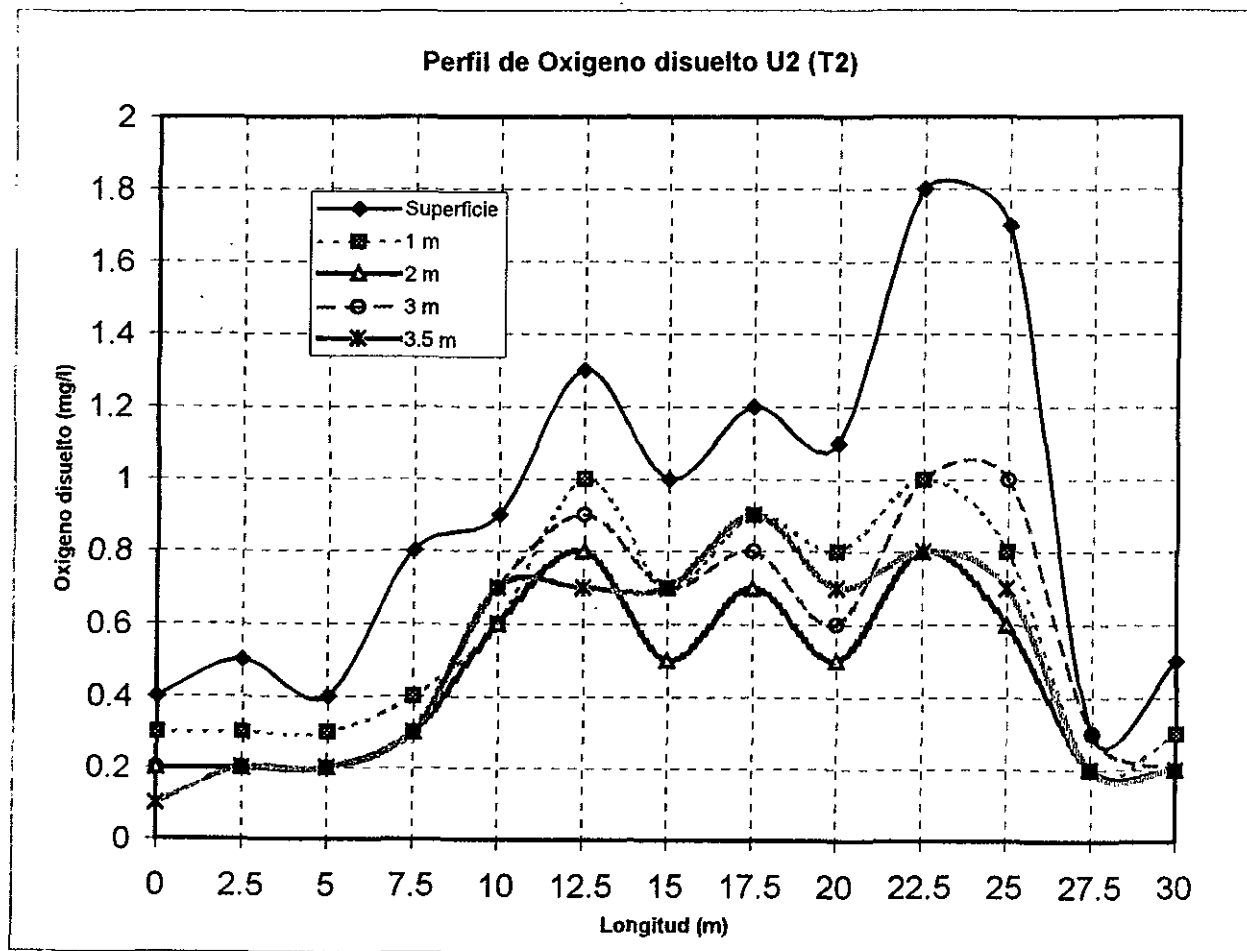
Perfil de oxígeno disuelto Tanque de Aereacion U2 (L.C.-T2) Fecha : 4-6-1997

Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3 m	3.5 m
0	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
2.5	0.4	0.5	0.3	0.3	0.2
5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2
7.5	0.5	0.3	0.3	0.4	0.3
10	0.7	0.4	0.5	0.4	0.3
12.5	0.8	0.7	0.6	0.7	0.5
15	1	0.8	1.1	0.8	0.7
17.5	1.1	0.9	1	1.1	0.8
20	1.1	1.3	1.2	0.8	0.7
22.5	1	1.2	0.5	0.9	0.6
25	0.5	0.6	0.3	0.4	0.5
27.5	0.5	0.2	0.2	0.3	0.3
30	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1

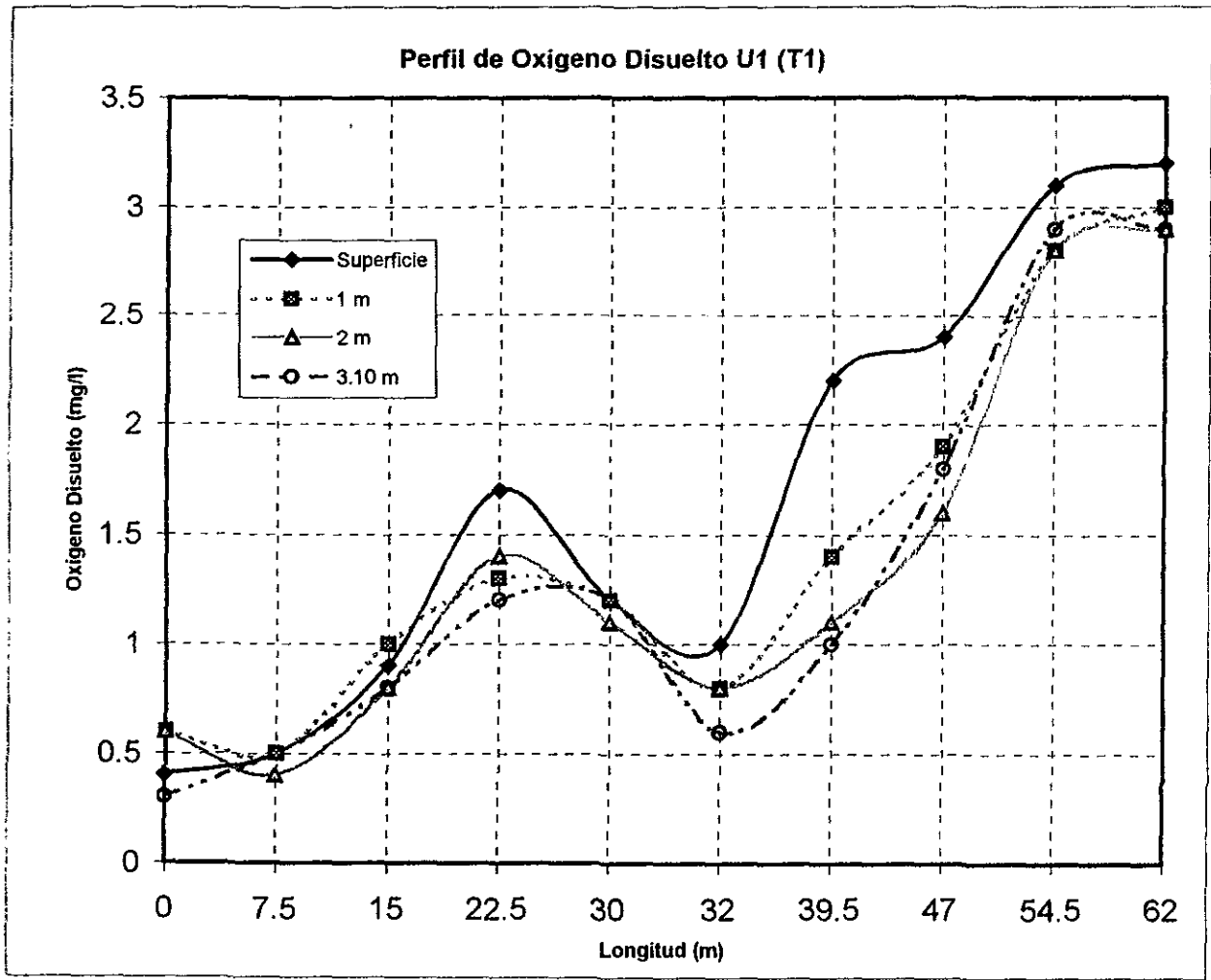
Perfil de Oxígeno disuelto U2 (T2)



Perfil de oxígeno disuelto Tanque de Aereacion U2 (L.D.-T2) Fecha : 4-6-1997					
Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3 m	3.5 m
0	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1
2.5	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2
5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2
7.5	0.8	0.4	0.3	0.3	0.3
10	0.9	0.6	0.6	0.7	0.7
12.5	1.3	1	0.8	0.9	0.7
15	1	0.7	0.5	0.7	0.7
17.5	1.2	0.9	0.7	0.8	0.9
20	1.1	0.8	0.5	0.6	0.7
22.5	1.8	1	0.8	1	0.8
25	1.7	0.8	0.6	1	0.7
27.5	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2
30	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2

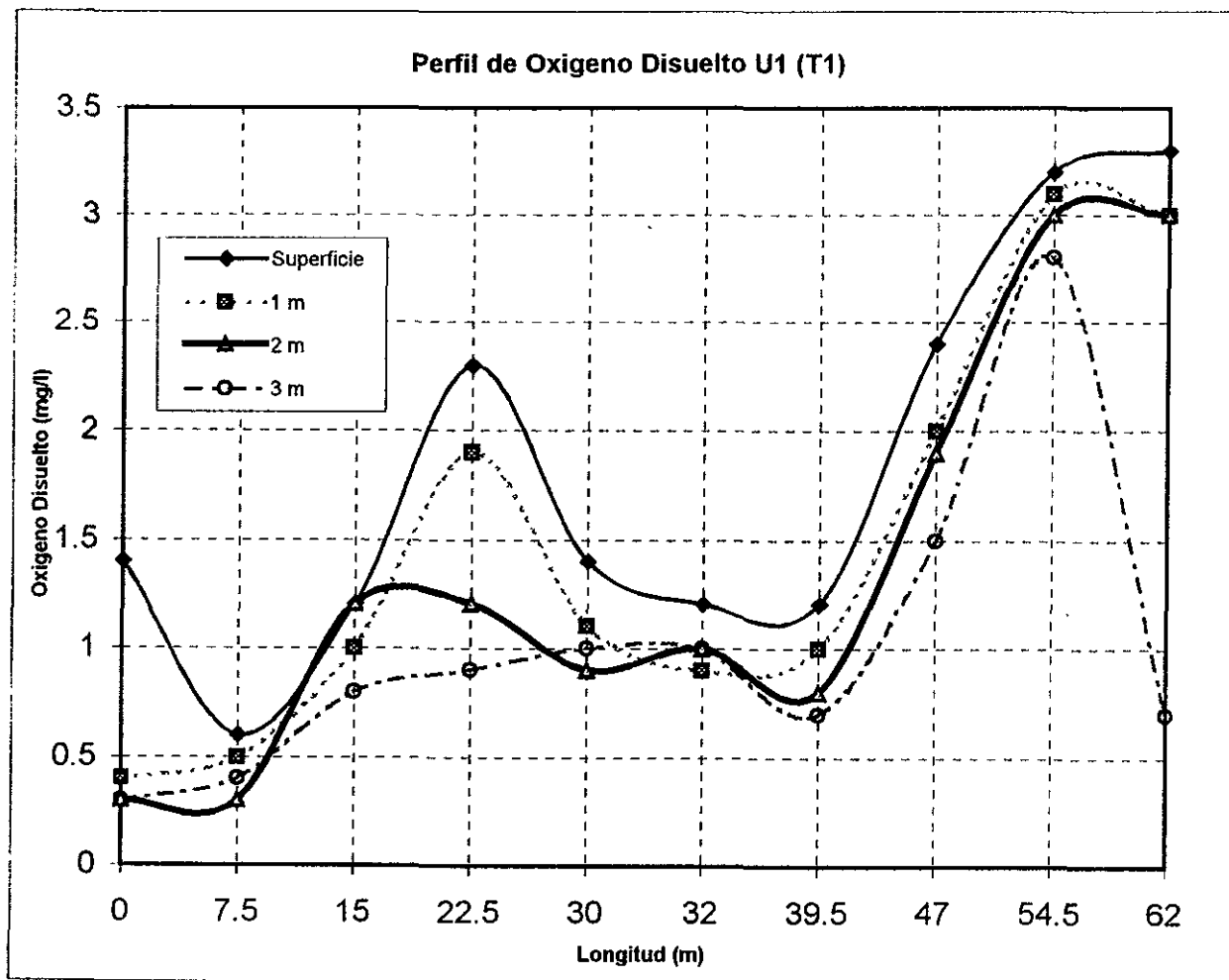


Perfil de oxígeno disuelto T. Aereación U1 (L.C.-T1) Fecha : 5-6-1997				
Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3.10 m
0	0.4	0.6	0.6	0.3
7.5	0.5	0.5	0.4	0.5
15	0.9	1	0.8	0.8
22.5	1.7	1.3	1.4	1.2
30	1.2	1.2	1.1	1.2
32	1	0.8	0.8	0.6
39.5	2.2	1.4	1.1	1
47	2.4	1.9	1.6	1.8
54.5	3.1	2.8	2.8	2.9
62	3.2	3	2.9	2.9

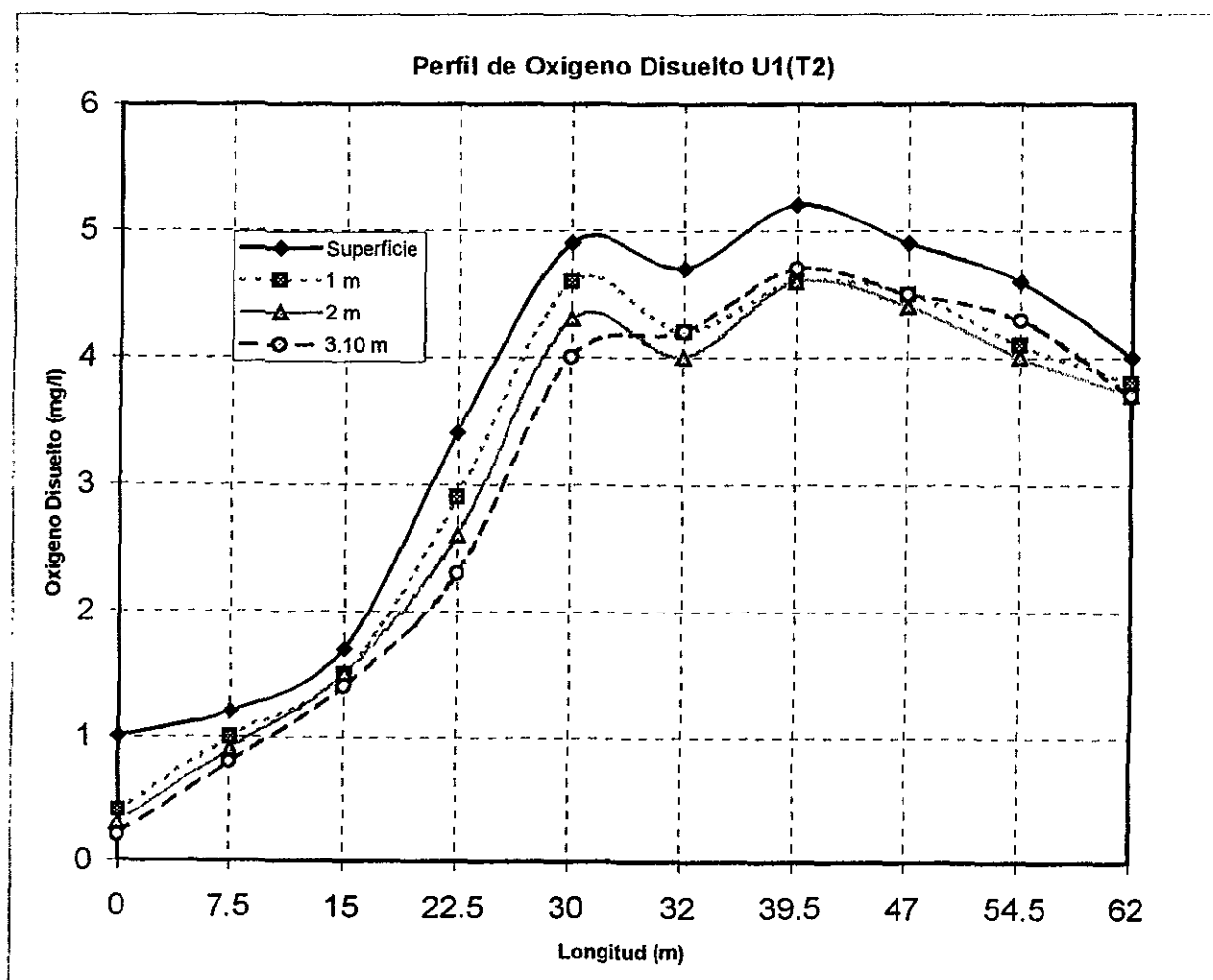




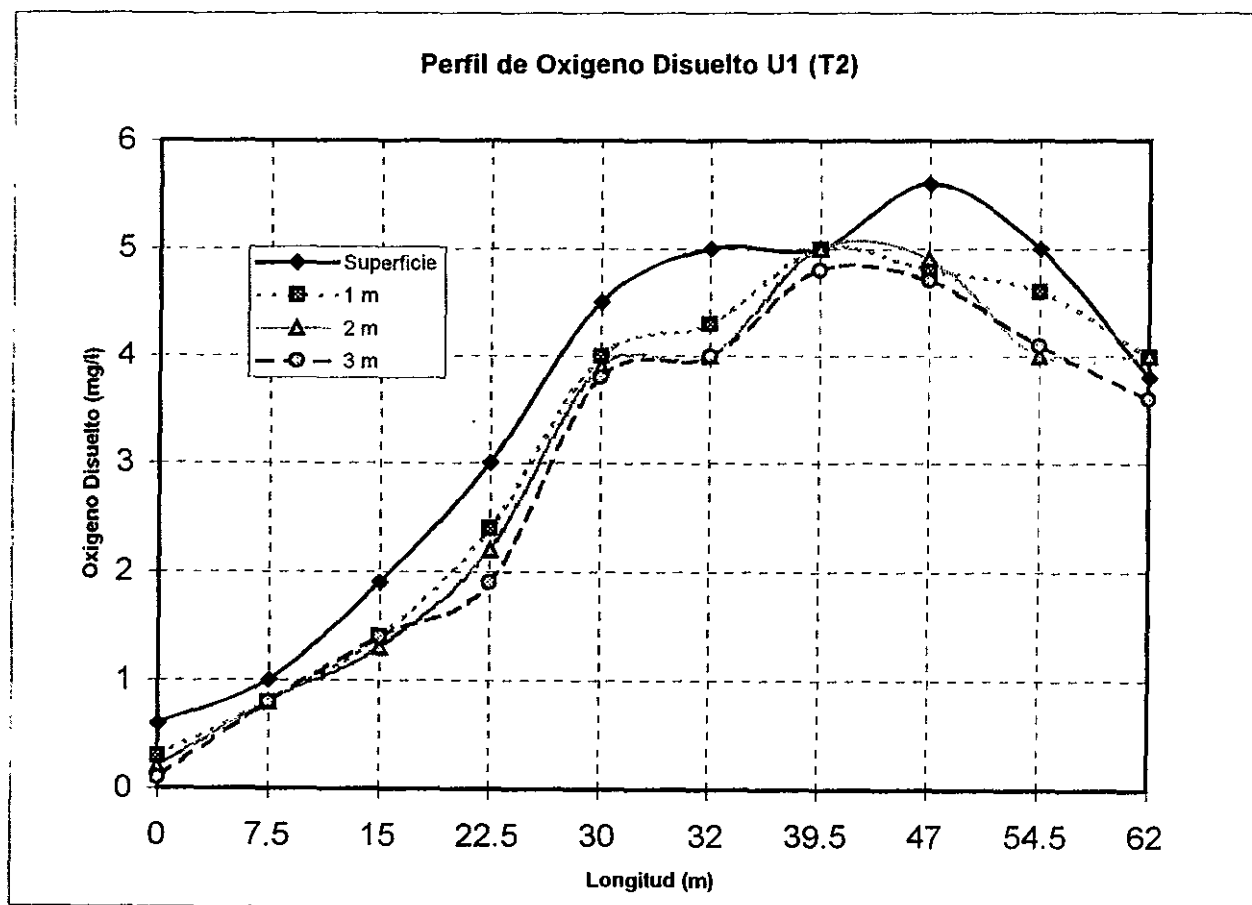
Perfil de oxígeno disuelto T. Aereacion U1 (L.D.-T1) Fecha : 5-6-1997				
Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3 m
0	1.4	0.4	0.3	0.3
7.5	0.6	0.5	0.3	0.4
15	1.2	1	1.2	0.8
22.5	2.3	1.9	1.2	0.9
30	1.4	1.1	0.9	1
32	1.2	0.9	1	1
39.5	1.2	1	0.8	0.7
47	2.4	2	1.9	1.5
54.5	3.2	3.1	3	2.8
62	3.3	3	3	0.7



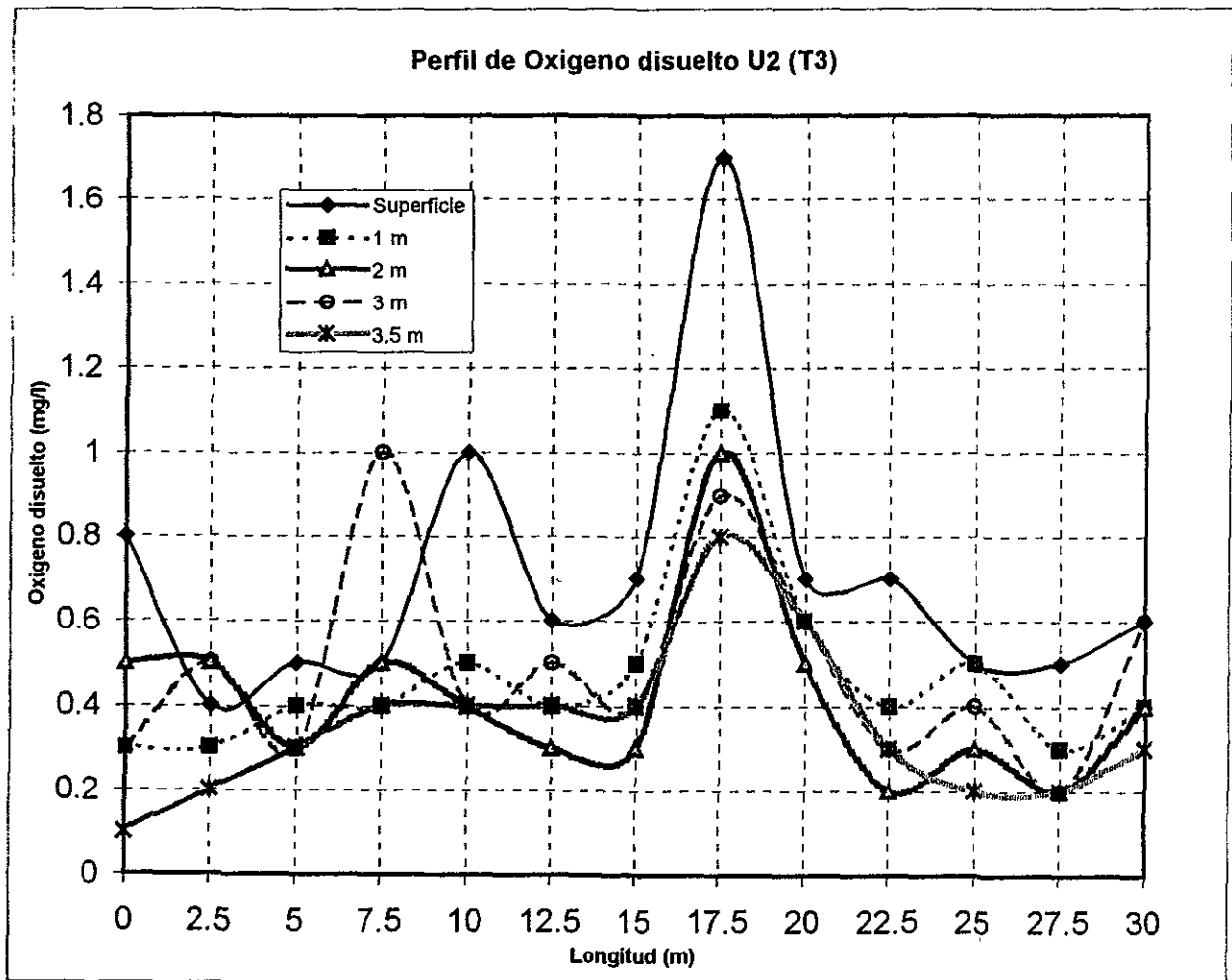
Perfil de oxígeno disuelto T. Aereacion U1 (L.C.-T2) Fecha : 6-6-1997				
Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3.10 m
0	1	0.4	0.3	0.2
7.5	1.2	1	0.9	0.8
15	1.7	1.5	1.5	1.4
22.5	3.4	2.9	2.6	2.3
30	4.9	4.6	4.3	4
32	4.7	4.2	4	4.2
39.5	5.2	4.6	4.6	4.7
47	4.9	4.5	4.4	4.5
54.5	4.6	4.1	4	4.3
62	4	3.8	3.7	3.7



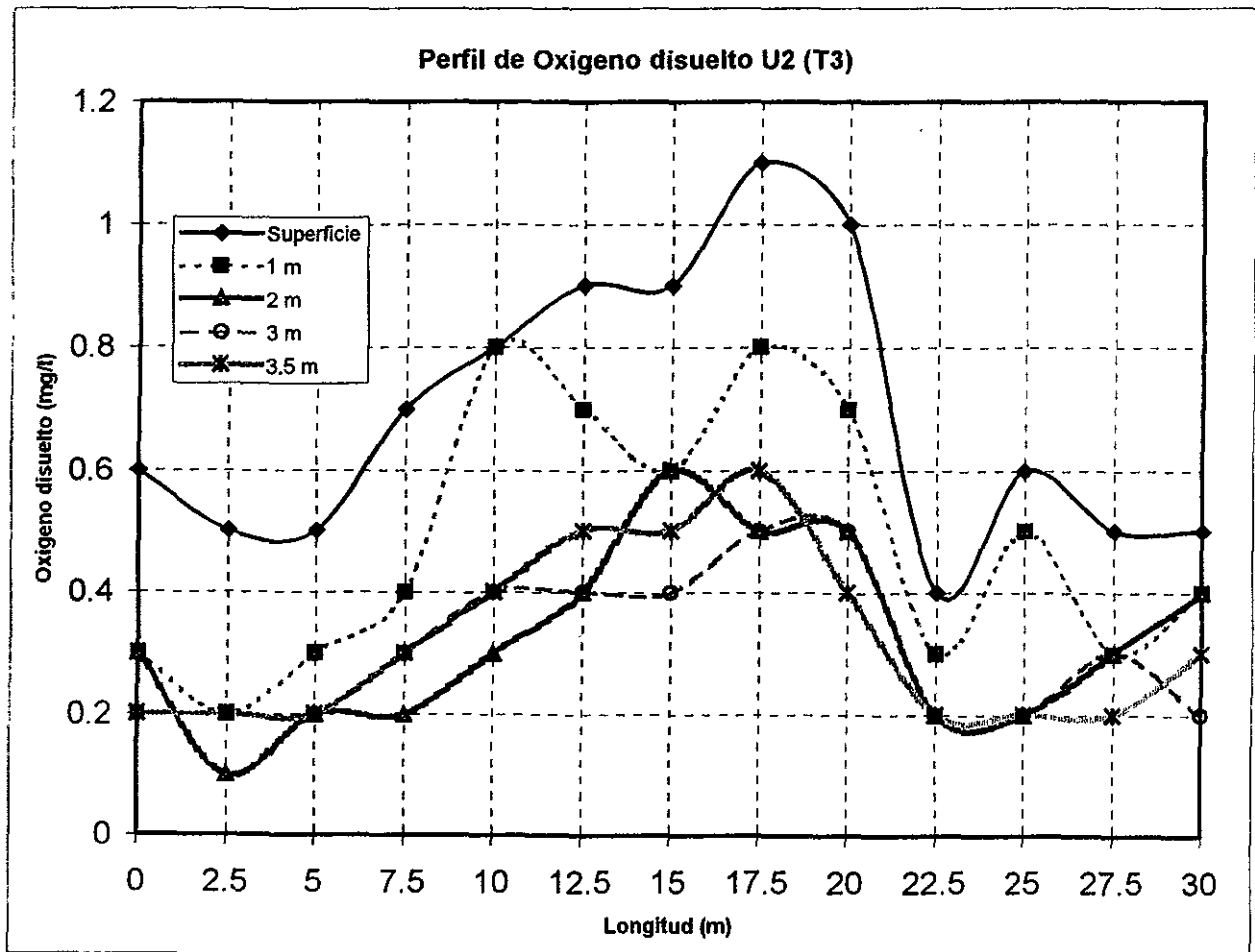
Perfil de oxígeno disuelto T. Aereacion U1 (L.D.-T2) Fecha : 6-6-1997				
Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3 m
0	0.6	0.3	0.2	0.1
7.5	1	0.8	0.8	0.8
15	1.9	1.4	1.3	1.4
22.5	3	2.4	2.2	1.9
30	4.5	4	3.9	3.8
32	5	4.3	4	4
39.5	5	5	5	4.8
47	5.6	4.8	4.9	4.7
54.5	5	4.6	4	4.1
62	3.8	4	4	3.6



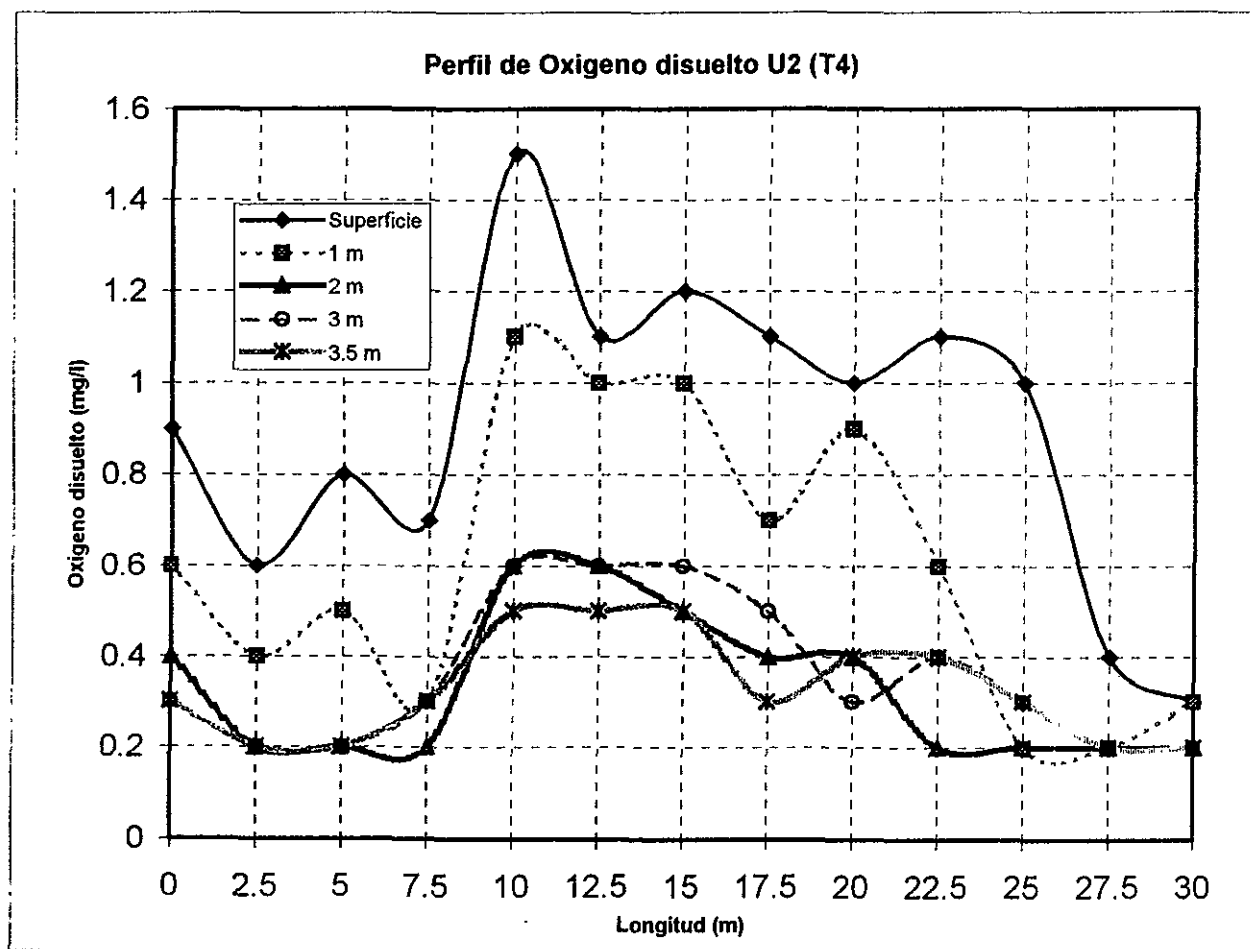
Perfil de oxígeno disuelto Tanque de Aereacion U2 (L.C.-T3) Fecha : 17-6-1997					
Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3 m	3.5 m
0	0.8	0.3	0.5	0.3	0.1
2.5	0.4	0.3	0.5	0.5	0.2
5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3
7.5	0.5	0.4	0.5	1	0.4
10	1	0.5	0.4	0.4	0.4
12.5	0.6	0.4	0.3	0.5	0.4
15	0.7	0.5	0.3	0.4	0.4
17.5	1.7	1.1	1	0.9	0.8
20	0.7	0.6	0.5	0.6	0.6
22.5	0.7	0.4	0.2	0.3	0.3
25	0.5	0.5	0.3	0.4	0.2
27.5	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2
30	0.6	0.4	0.4	0.6	0.3



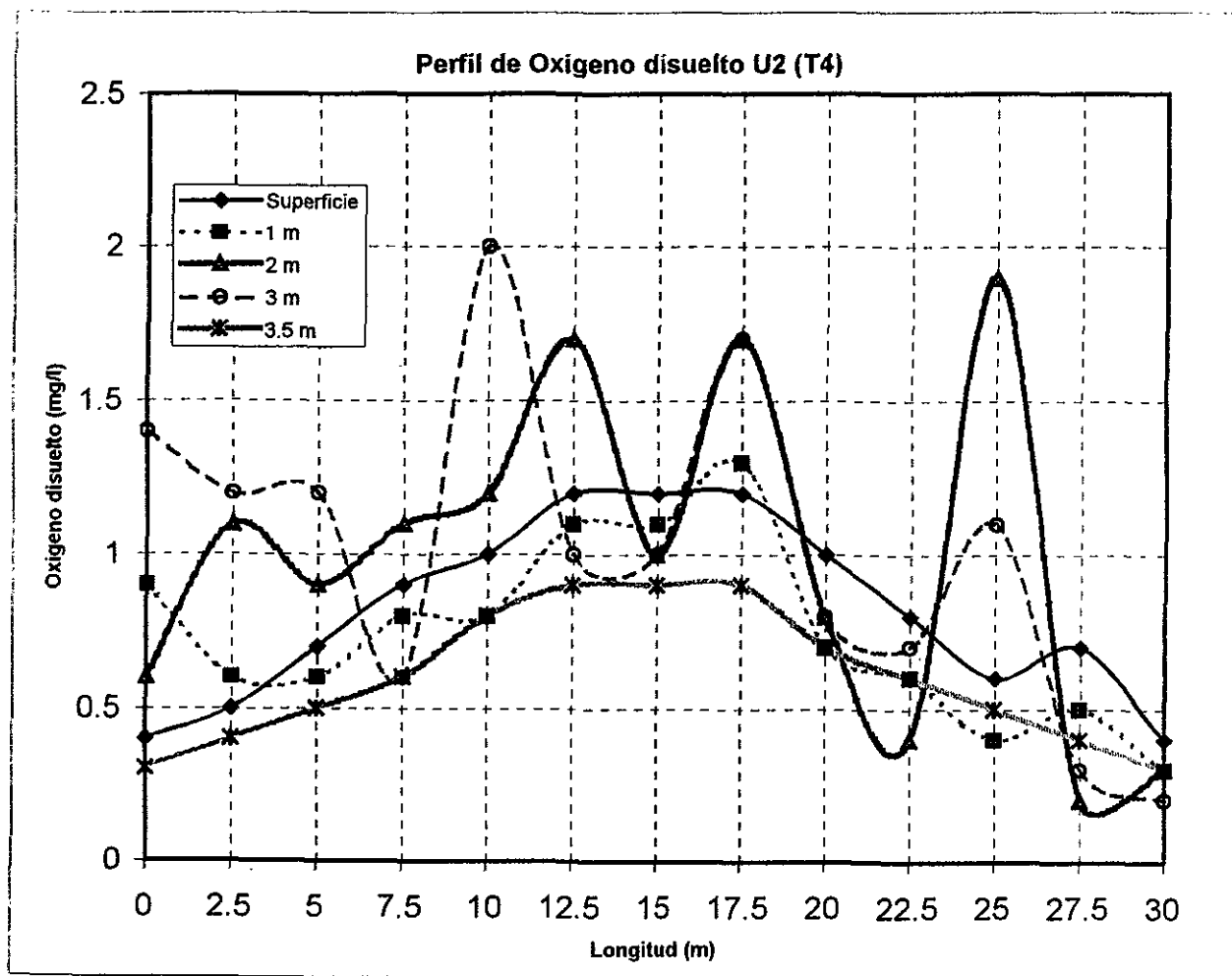
Perfil de oxigeno disuelto Tanque de Aereacion U2 (L.D.-T3) Fecha : 17-6-1997					
Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3 m	3.5 m
0	0.6	0.3	0.3	0.2	0.2
2.5	0.5	0.2	0.1	0.2	0.2
5	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2
7.5	0.7	0.4	0.2	0.3	0.3
10	0.8	0.8	0.3	0.4	0.4
12.5	0.9	0.7	0.4	0.4	0.5
15	0.9	0.6	0.6	0.4	0.5
17.5	1.1	0.8	0.5	0.5	0.6
20	1	0.7	0.5	0.5	0.4
22.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2
25	0.6	0.5	0.2	0.2	0.2
27.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2
30	0.5	0.4	0.4	0.2	0.3



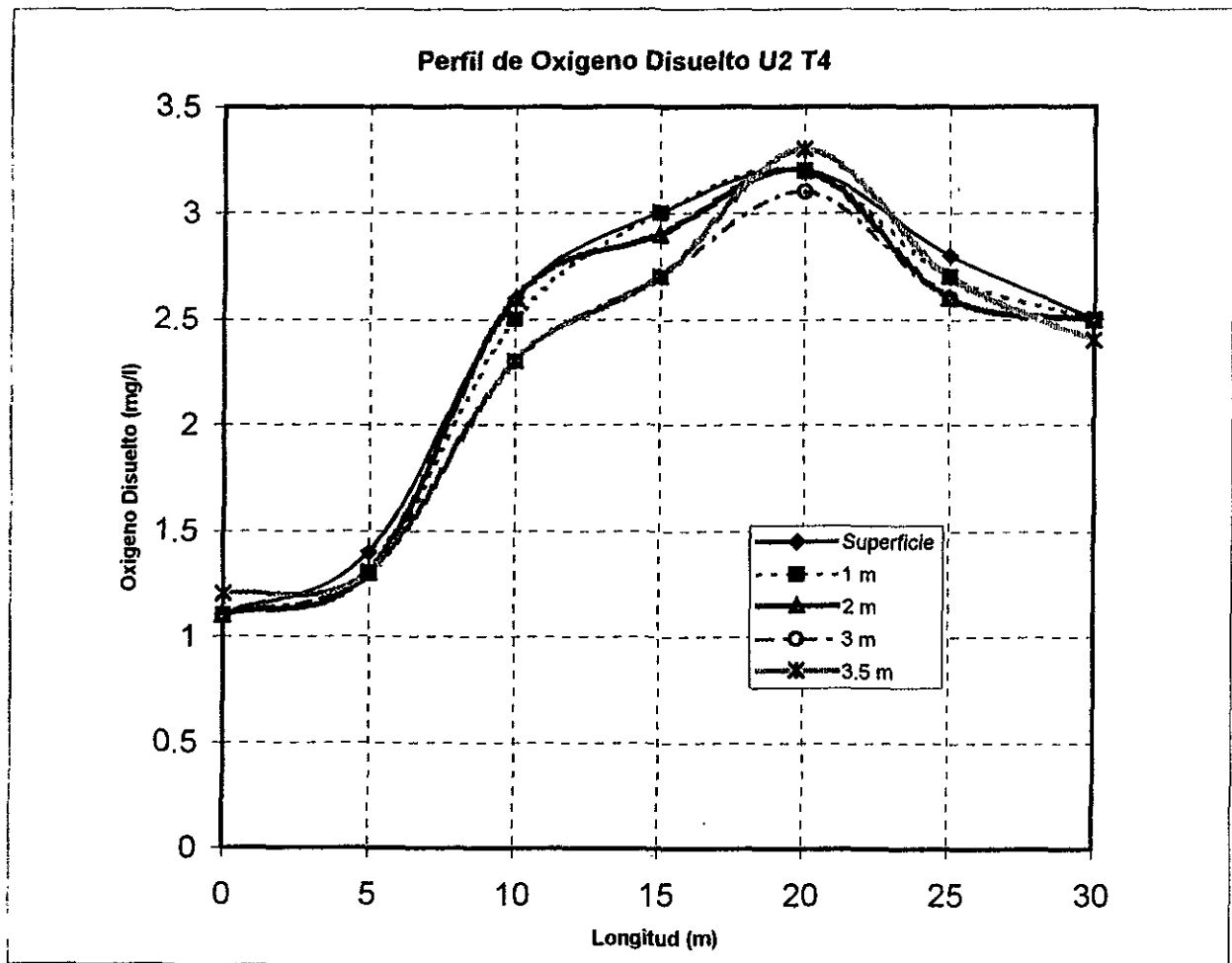
Perfil de oxígeno disuelto Tanque de Aereacion U2 (L.D.-T4) Fecha : 20-6-1997						
Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3 m	3.5 m	
0	0.9	0.6	0.4	0.3	0.3	
2.5	0.6	0.4	0.2	0.2	0.2	
5	0.8	0.5	0.2	0.2	0.2	
7.5	0.7	0.3	0.2	0.3	0.3	
10	1.5	1.1	0.6	0.6	0.5	
12.5	1.1	1	0.6	0.6	0.5	
15	1.2	1	0.5	0.6	0.5	
17.5	1.1	0.7	0.4	0.5	0.3	
20	1	0.9	0.4	0.3	0.4	
22.5	1.1	0.6	0.2	0.4	0.4	
25	1	0.2	0.2	0.3	0.3	
27.5	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	
30	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	



Perfil de oxígeno disuelto Tanque de Aereacion U2 (L.C.-T4) Fecha : 20-6-1997					
Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3 m	3.5 m
0	0.4	0.9	0.6	1.4	0.3
2.5	0.5	0.6	1.1	1.2	0.4
5	0.7	0.6	0.9	1.2	0.5
7.5	0.9	0.8	1.1	0.6	0.6
10	1	0.8	1.2	2	0.8
12.5	1.2	1.1	1.7	1	0.9
15	1.2	1.1	1	1	0.9
17.5	1.2	1.3	1.7	1.7	0.9
20	1	0.7	0.8	0.8	0.7
22.5	0.8	0.6	0.4	0.7	0.6
25	0.6	0.4	1.9	1.1	0.5
27.5	0.7	0.5	0.2	0.3	0.4
30	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3

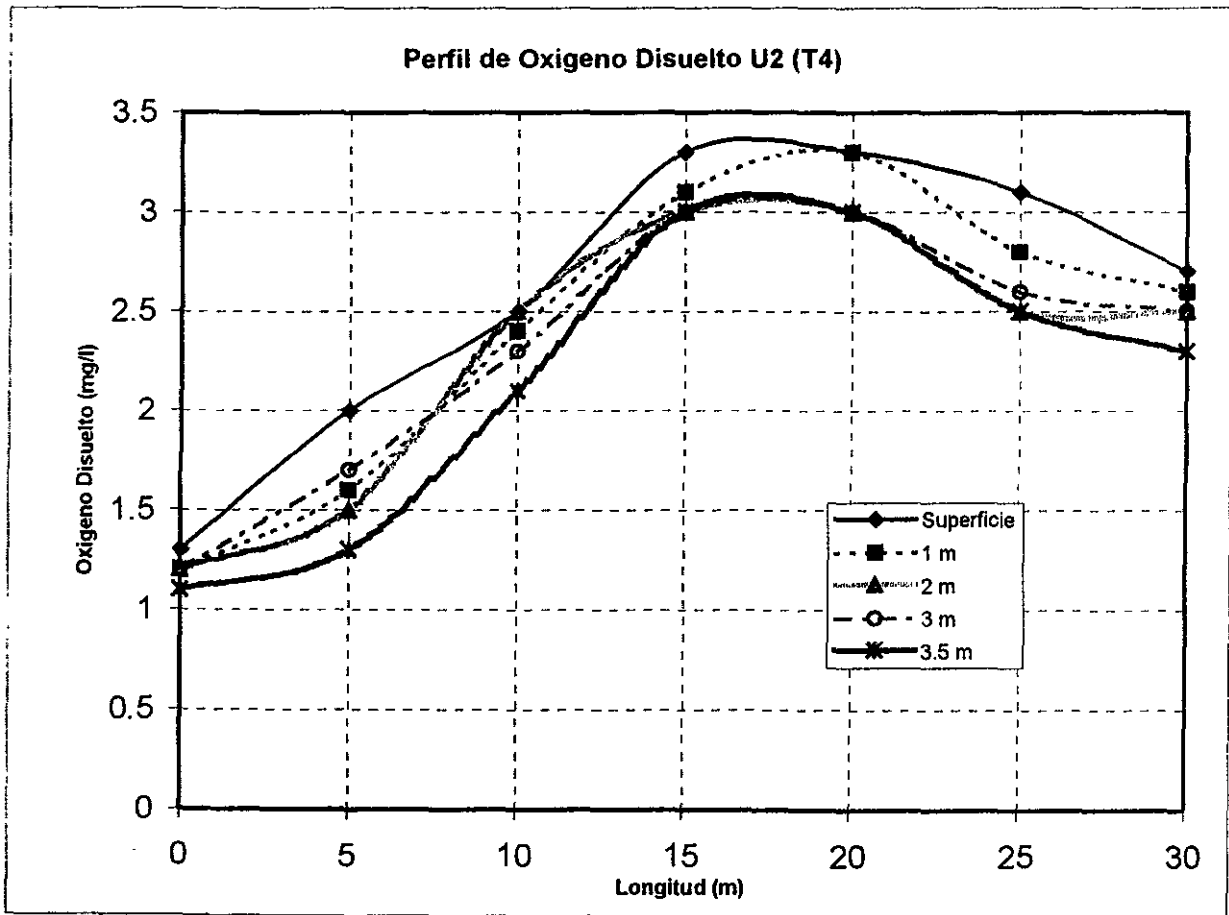


Perfil de oxígeno disuelto Tanque de Aereacion U2 (L.C.-T4) Fecha : 30-7-1997					
Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3 m	3.5 m
0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2
5	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3
10	2.6	2.5	2.6	2.3	2.3
15	3	3	2.9	2.7	2.7
20	3.2	3.2	3.2	3.1	3.3
25	2.8	2.7	2.6	2.6	2.7
30	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4





Perfil de oxígeno disuelto Tanque de Aereacion U2 (L.D.-T4) Fecha : 30-7-1997					
Longitud (m)	Superficie	1 m	2 m	3 m	3.5 m
0	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1
5	2	1.6	1.5	1.7	1.3
10	2.5	2.4	2.5	2.3	2.1
15	3.3	3.1	3	3	3
20	3.3	3.3	3	3	3
25	3.1	2.8	2.5	2.6	2.5
30	2.7	2.6	2.5	2.5	2.3



## ANEXO V

### 1) ESPECIFICACIÓN PARA EL SISTEMA DE MEDICIÓN DE ANÁLISIS Y MUESTREOS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE CHAPULTEPEC

Esta especificación establece las características con las que se debe suministrar el Sistema de Análisis y Muestreos de la Planta de Tratamiento de aguas de Chapultepec.

#### REQUERIMIENTOS COMERCIALES

#### LA ADQUISICIÓN FINAL DEL EQUIPO SE HARÁ DE ACUERDO A LA LEY DE ADQUISICIONES DEL SECTOR GUBERNAMENTAL

Se espera la cotización a los 15 días de la recepción de ésta por el concursante, se solicita en el caso de no poder concursar, presentar carta de declinación, debe incluir;

- a) **Carta de declaración de cumplimiento**
- b) **Lista de materiales con precios unitario, tiempo o programa de entregas.**
- c) **Cantidad de días recomendados para los siguientes servicios:**
  - Entrenamiento, o capacitación para operación y mantenimiento
  - Supervisión de montaje
  - Supervisión para Puesta en Servicio
- d) **Lista de partes de repuesto recomendadas para:**
  - Dos años de operación
- e) **Entrega LAB México D.F.**
- f) **Precios firmes en dólares**
- g) **Vigencia de 90 días**
- h) **Los pagos se harán a los 30 días a partir de la recepción del equipo, el montaje, las pruebas y la aceptación del Sistema. No se tiene contemplado dar anticipos. El pago será en moneda nacional al tipo de cambio del día en que se realice éste.**
- i) **El concursante debe tomar en consideración que se suministrarán fianzas para garantizar:**
  - Suministro del equipo
  - Garantía de operación durante 12 meses de operación o 24 meses después de su entrega; lo que ocurra primero.

Estas garantías solo serán liberadas por el Cliente.

## **Introducción**

Este equipo, detecta y mide la calidad del agua del influente y efluente, así como en diversos puntos del proceso, las variables que se requieren medir en la planta son:

- ◆ Flujo de influente y efluente
- ◆ Flujo de lodos
- ◆ Medición de nivel de lodos
- ◆ Conductividad
- ◆ Oxígeno disuelto
- ◆ pH
- ◆ Turbidez
- ◆ Cloro disuelto

Características Generales.

### **Flujo de influente**

La medición del influente se realizará en tres canales abiertos a la entrada de la planta, cada uno con un canal tipo Parshall fabricado en fibra de vidrio de una sola pieza para manejar un flujo máximo de 120 lps suministrado junto con un transmisor de flujo tipo ultrasónico con una señal aislada de 4 a 20 mA, dos señales de contacto seco para alarmas, indicador digital, incluyendo transductor de tipo megáfono, el cable coaxial necesario para la conexión entre el transductor y el transmisor (aproximadamente 30 mts), la clasificación de la caja NEMA 4 a prueba de agua para montaje en exterior, suministro de 120 VCA.

Como alternativa se aceptan transmisores del tipo capacitivo siempre y cuando se suministren junto con el Canal Parshall

### **Flujo de lodos**

Los medidores de flujo del influente a los equipos aereador, sedimentadores, etc., y flujo de lodos serán del tipo magnético.

Medidor de tipo magnético con bridas.

La conductividad mínima a medir del líquido será de 5 uS/cm, opera a temperatura ambiente, la repetibilidad 0.1% de rango, la cubierta debe ser NEMA 4X, se debe considerar la sumergencia accidental; la conexión al proceso se hará con bridas de acero al carbón 150#, el recubrimiento interno (liner) del medidor es de teflón, el material de los electrodos debe ser 316SS en Flush, el convertidor en base al microprocesador, deberá estar montado en el medidor, señal de salida de 4 a 20 mA, indicador LCD, detección de flujo cero.

### **Medición de pH.**

Se debe suministrar el conjunto completo de electrodo y transmisor.

Un sensor construido con electrodos y un electrolito, membrana tipo galvanométrico, debe incluir una compensación integral de temperatura. Este elemento trabajará sumergido, debe incluir el cable del sensor hasta el transmisor, con un mínimo de 3.4 metros, material del sensor de Kinar, debe incluir accesorios de montaje en tubería y poste de soporte para sensor y transmisor.

Los transmisores de medición de pH deben tener electrónica del tipo microprocesador con alta impedancia de entrada e indicador integrado. La señal de salida debe ser de 4 a 20 mA C D.

## **Medición de Conductividad.**

Los sistemas de medición de conductividad constan de celdas de conductividad y transmisores-indicadores.

La celda o elemento sensor y su montaje de inmersión que envía su señal a un transmisor el cual generará una señal automáticamente compensada por temperatura. Este elemento trabajará sumergido; se incluye el cable del sensor hasta el transmisor, mínimo 3.4 metros, Electrodo y cuerpo del sensor de 316SS, PES, o estándar del fabricante adecuado para aguas residuales; debe incluir accesorios de montaje en tubería y poste de soporte para sensor y transmisor.

Los elementos para medición en tanques son del tipo inmersión.

Los transmisores de medición de Conductividad deben ser en base a microprocesadores con alta impedancia de entrada e indicador integrado. La señal de salida debe ser de 4 a 20 mA

## **Medición de Oxígeno disuelto en el Agua.**

La medición del oxígeno disuelto es una de las variables mas importantes dentro del proceso de los aereadores de las Unidades de la Planta. Los analizadores solicitados deben cumplir con: un elemento sensor construido con los electrodos y un electrolito, membrana tipo galvanométrico, debe incluir un termistor que junto con el circuito del transmisor generará una señal automáticamente compensada por temperatura. Este elemento trabajará sumergido, incluyendo el cable del sensor hasta el transmisor, mínimo 3.4 metros, cubierta del sensor de PVC, electrodos de oro y cobre, debe incluir accesorios de montaje en tubería y poste de soporte para sensor y transmisor.

Un transmisor con una señal aislada de 4 a 20 mA, indicador integrado de triple escala y cuatro rangos seleccionables de forma manual, 0-2, 0-5, 0-10, 0-20 mg/L de oxígeno disuelto. Clasificación de la caja NEMA 3 a prueba de polvo y lluvia para montaje en exteriores fabricada de fibra de vidrio reforzada en poliéster resistente a la corrosión, suministro de 120 VCA.

## **Medición de Cloro residual**

El analizador de Cloro residual es un dispositivo amperométrico/polarigráfico y debe medir la variable continuamente en el fluido de proceso.

El analizador debe constar de:

Un elemento sensor constituido con electrodos y un electrolito el cual produce una señal de bajo nivel al transmisor que es proporcional a la concentración residual, membrana tipo galvanométrico, debe incluir un termistor que junto con el circuito del transmisor generará una señal automáticamente compensada por temperatura. Este elemento trabajará sumergido, incluyendo el cable del sensor hasta el transmisor, mínimo 3 metros, Cubierta del sensor de PVC, electrodos de oro y cobre, debe incluir accesorios de montaje en tubería y poste de soporte para sensor y transmisor.

Un transmisor con una señal aislada de 4 a 20 mA, indicador despliegue de LCD, rangos seleccionables de forma manual, 0-0.25, 0-0.5, 0-1, 0-2, 0-5, 0-10, 0-20 mg/L Clasificación de la caja NEMA 3 a prueba de polvo y lluvia para montaje en exteriores fabricada de fibra de vidrio reforzada en poliéster resistente a la corrosión, suministro de 120 VCA.

## **Medición de Turbidez**

El sistema analizador de Turbidez consiste de lo siguiente:

- ◆ El elemento sensor y el analizador es del tipo colorimétrico de flujo continuo.
- ◆ El transmisor tiene indicador local del valor de la medición
- ◆ El sistema de análisis tiene contactos DPDT para alarmar
- ◆ El rango de señal de salida del transmisor debe ser 4 a 20 mA CD.

## **2) ESPECIFICACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE LA CONSOLA DE CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE CHAPULTEPEC.**

Esta especificación establece las características con las que se debe fabricar la consola de control que será suministrada y colocada en el cuarto del operador.

### **REQUERIMIENTOS COMERCIALES**

#### **LA ADQUISICIÓN FINAL DEL EQUIPO SE HARÁ DE ACUERDO A LA LEY DE ADQUISICIONES DEL SECTOR GUBERNAMENTAL**

Se espera la cotización a los 15 días de la recepción de esta por el concursante, se solicita en el caso de no poder concursar, presentar carta de declinación, debe incluir;

- a) **Carta de declaración de cumplimiento**
- b) **Lista de materiales con precios unitario, tiempo o programa de entregas.**
- c) **Entrega LAB México D.F.**
- d) **Precios firmes en Dólares**
- e) **Vigencia de 90 días**
- f) **Los pagos se harán de acuerdo a un programa establecido de acuerdo a las entregas de equipo y servicios, a los 30 días a partir de la recepción del equipo, el montaje, las pruebas y la aceptación del Sistema. No se tiene contemplado dar anticipos. El pago será en moneda nacional al tipo de cambio del día en que se realice este.**
- g) **El concursante debe tomar en consideración que se suministraran fianzas para garantizar:**
  - Suministro del equipo
  - Garantía de operación durante 12 meses de operación o 24 meses después de su entrega, lo que ocurra primero.
  - Estas garantías solo serán liberadas por el Cliente.

### **REQUERIMIENTOS TÉCNICOS**

Desde la consola principal de control, se arranca, opera y paran las Unidades de Tratamiento de la Planta, así como los equipos comunes, la consola se diseñará de tal manera que contendrá dos PC's, suministradas por otros, con sus respectivos monitores identificadas como Estaciones de Control del Operador y un mímico de operación con botoneras y luces. La operación será con el operador sentado considerando que debe alcanzar de manera fácil la botonera más distante.

#### **Las características de la consola son:**

Superficie inclinada casi horizontal en donde se colocará el mímico, superficie a nivel para colocar las Estaciones de Control del Operador; debe estar diseñada para contener los gabinetes de las computadoras con su teclado de operación, mouse, monitor e impresora.

Superficie inclinada casi vertical, para colocar en un futuro ventanas de alarmas e indicadores.

Todo fabricado en lámina rolada calibre 12 de acero al carbón, autosoportada usando ángulo y solera de 1" (o lo que recomiende el fabricante), en la parte superior de la mesa colocar un resaque para protección del material acrílico con que estará fabricado el mímico y perfiles de acero inoxidable en la junta de la consola con el acrílico, acceso posterior mediante puerta, y acceso con puertas por debajo del mímico para facilitar el conexionado de los botones y luces.

También en la parte superior se deberán colocar los gabinetes de las PC's para fácil acceso al manejo de diskettes flexibles. Incluirá los soportes internos adecuados para pandulets, y tablillas terminales las cuales deberán ser identificadas de manera clara y con números negros con fondo blanco. La clasificación eléctrica debe ser NEMA 1. Se suministrarán los accesorios necesarios para ocultar el cableado posterior de las PC's.

En la parte inferior la consola debe contar con un bastidor con los bocados ovalados para sujetarla al piso incluyendo una base de hule para amortiguar las vibraciones del equipo mecánico anexo al cuarto de control.

Las dimensiones aproximadas se muestran en el diagrama anexo:

**Equipo y material incluido en la fabricación de la consola.**

**Diagrama mímico**

Mímico fabricado en acrílico blanco opaco de grosor suficiente para soportar el material y botoneras montadas. Las líneas de proceso, equipo e identificaciones podrán ser mediante material adherible con grosores que den una buena presentación del proceso, se deberán hacer los bocados adecuados para la recepción de las botoneras solicitadas. Se anexa dibujo del mímico para la referencia correspondiente.

Los colores que deberán usarse son:

Canales, Fosas, aereadores, Sedimentadores primarios y secundarios, etc. de color negro

Líneas de proceso de color azul

Bombas, compresores, etc. de color rojo.

**Lote de cable y panduit**

Cable multiconductor del No 18, con identificadores y cintas de amarre, panduit suficiente para colocar el cableado suministrado.

**Lote de tablillas terminales**

Tablillas suficientes para las conexiones de conmutador, los botones y luces, de diseño para montaje en riel, incluyendo éste, se debe suministrar un 20% de tablillas para adiciones futuras.

**Botonera de contactos momentáneos, con luz integrada.**

El color de la luz debe ser rojo para arranque, verde para el paro, y blanco para automático.

La forma del botón debe ser cuadrada de 8.1 mm, las luces para 24 VCD.

Se debe suministrar un 20% de botoneras para refacción.

**Conmutador**

Conmutador redondo para montaje en consola de tres posiciones de 16 mm. para manejo de contactos a 24 VCD, incluyendo uno adicional como refacción.

Botonera c/luz roja	Botonera c/luz verde	Botonera c/luz blanca	Conmutador
25 pzas.	25 pzas.	18 pzas.	1 pza

**Accesorios**

Incluye una lámpara de luz blanca con su apagador y un enchufe.

Dado que el equipo de cómputo trabaja con 120 VCA se deben suministrar los enchufes necesarios para 2 PC's. 2 Monitores y 1 Impresora colocados de forma interna y de fácil acceso a los equipos, así

como tablillas adecuadas para la llegada de la energía colocando fusibles de protección para sobrecargas.

**La propuesta del concursante debe considerar lo siguiente:**

Una breve descripción del suministro, incluir precios unitarios para poder negociar adiciones y cancelaciones, la moneda de la propuesta puede estar en dólares, pagaderos en moneda nacional al tipo de cambio vigente, la vigencia debe ser de 90 días calendario, tiempo de entrega, lugar de entrega Almacén del cliente de INCAM en México D.F., no se darán anticipos, se puede considerar pagos parciales de acuerdo al avance de fabricación.

**En el caso de asignarse el pedido correspondiente, el fabricante debe cumplir con lo siguiente:**

Suministrar programa de avance de fabricación, y quedar de común acuerdo con INCAM o su cliente en visitas a la fábrica para verificación del avance.

El fabricante debe suministrar los siguientes dibujos para aprobación como parte del alcance de esta especificación considerando por lo menos dos envíos mediante un original y dos copias:

Plano de taller mostrando en elevación, lado lateral y frente de la consola, incluyendo los de los soportes y detalles internos de fabricación.

Diagramas de alambrado punto a punto.

También debe proporcionar la información técnica de las botoneras, tablillas etc. para futuras adquisiciones.

Para la aceptación de la consola se deberán hacer las pruebas adecuadas de conductividad, encendido de luces y operación de las botoneras, para lo cual el fabricante debe llamar a INCAM o a su cliente cuando se encuentre listo para realizar las pruebas anteriores y embarque de la consola.

### **3) ESPECIFICACIÓN PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE CHAPULTEPEC.**

Se emite esta especificación para la adquisición de un Sistema de Control para automatizar la operación de la Planta de Tratamiento de aguas de Chapultepec perteneciente a la DGCOH del Departamento del Distrito Federal.

#### **REQUERIMIENTOS COMERCIALES**

#### **LA ADQUISICIÓN FINAL DEL EQUIPO SE HARÁ DE ACUERDO A LA LEY DE ADQUISICIONES DEL SECTOR GUBERNAMENTAL**

Se espera la cotización a los 15 días de la recepción de ésta por el concursante, se solicita en el caso de no poder concursar, presentar carta de declinación, debe incluir;

- a) **Carta de declaración de cumplimiento**
- b) **Lista de materiales con precios unitario, tiempo o programa de entregas.**
- c) **Cantidad de días recomendados para los siguientes servicios:**
  - Entrenamiento, o capacitación para operación y mantenimiento
  - Supervisión de montaje
  - Supervisión para Puesta en Servicio
- d) **Lista de partes de repuesto recomendadas para:**
  - Arranque y Puesta en Servicio,
  - Dos años de operación
- e) **Entrega LAB México D.F.**
- f) **Precios firmes en Dólares**
- g) **Vigencia de 90 días**
- h) **Lista de Clientes en donde se haya utilizado el Sistema propuesto.**
- i) **Descripción de los lugares en donde se llevaría a cabo la ingeniería, la fabricación, ensamble y pruebas.**
- j) **Los pagos se harán de acuerdo a un programa establecido de acuerdo a las entregas de equipo y servicios, a los 30 días a partir de la recepción del equipo, el montaje, las pruebas y la aceptación del Sistema. No se tiene contemplado dar anticipos. El pago será en moneda nacional al tipo de cambio del día en que se realice este.**
- k) **El concursante debe tomar en consideración que se suministrarán fianzas para garantizar:**
  - Suministro del equipo
  - Garantía de operación durante 12 meses de operación o 24 meses después de su entrega lo que ocurra primero.
  - Estas garantías solo serán liberadas por el Cliente.



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El propósito de este documento es describir los requerimientos para un Sistema de control en base a microprocesadores, ya sea en base a Control Distribuido o en Controladores Lógicos Programables, es importante que el concursante establezca que el equipo propuesto no es nuevo desarrollo, por lo que debe indicar en la carta de garantía de cumplimiento.

Se deberá suministrar información con objeto de demostrar que los equipos se fabrican de acuerdo con las Normas ISO 9000.

**De preferencia, se deben incluir con la Cotización los siguientes dibujos:**

Dimensiones Generales

Catálogos técnicos

Características o necesidades de la conexión a tierra

Suministro eléctrico

Interconexión del equipo

Arreglo general de equipo

Arreglo de la estructura

Arquitectura de control.

El Sistema debe ser dimensionado para que lleve a cabo el Control Analógico y Lógico, la presentación de información al operador mediante pantallas tipo TRC, el manejo de las variables mediante reportes, presentación de mímicos, etc.

La planta consta de un cárcamo de recepción de aguas negras, dos Unidades de Tratamiento de aguas con sedimentadores primarios, secundarios y aerador, tanques de cloración, y cárcamo de agua clara. Incluyendo bombas para el manejo del agua, compresores de aire y bombas de dosificación de cloración.

### Alcance

#### 1.- Estaciones de Operación

Dos (2) Estaciones de Control del Operador (se solicita que cualquiera pueda trabajar como Estación de Ingeniería). Deben ser tipo PC's con las características de última generación, como son:

Procesador Pentium, 1.2 GB HD, 32 MB de RAM, Diskettes de 3 1/2", teclado, mouse, Tarjetas para interconexión de las PC's, Modem, Monitor de 19" SVGA, programas para trabajar en ambiente Windows 97, se deben suministrar las Licencias de todos los programas que se suministren. (incluyendo Sistema Operativo MS DOS, Hoja de cálculo, Procesador de palabra, Base de datos, programas de Software del proveedor para configurar, realizar mímicos, reportes de alarmas, etc.) el sistema debe tener la capacidad de generar los dibujos de ingeniería de los programas de control analógico y secuencial, para editar la revisión "tal como se construyó", en cuanto se termine la puesta en servicio.

#### 2. Software del Proveedor

El software a suministrar debe tener la capacidad de realizar lo siguiente:

##### Estación del Operador

Despliegues gráficos y numéricos

Operación modelada sobre estándar Windows

Selección rápida y directa de tags  
Interfase de control gráfica total  
Archivo de tendencias  
Explotación de información  
Sistema de diagnóstico

#### **Estación de ingeniería**

Configuración, definición de parámetros, y puesta en servicio  
Configuración de funciones automáticas  
Configuración de interfase del operador con despliegues y logs  
Configuración gráfica  
Librería de bloques funcionales  
Librería de símbolos gráficos, con capacidad para generar los gráficos propios del usuario  
Funciones para pruebas En-Línea  
Ayuda integrada En-Línea

#### **Software para PC**

Recepción de archivos  
Visualización gráfica de archivos de tendencia  
Archivos de tendencia en tabulador  
Despliegue de datos en forma tabular  
Conversión de archivos a ASCII

### **3. Impresora para la generación de reportes**

Esta impresora debe tener la capacidad de generar reportes tabulados así como la información que esté mostrada en la pantalla.

### **4. Sistema de control**

Basado en microprocesador, montado en gabinetes NEMA 4 que incluyen los racks de montaje, el módulo procesador, los módulos de comunicación, de entrada y salida, y suministro de energía, sin ventilación forzada durante la operación.

Todos los módulos deben ser inmunes a las ondas electromagnéticas, de construcción robusta, conexiones en la parte frontal de los módulos, con cubierta de metal para protección mecánica y eléctrica, sin dipswitches para direccionamiento de los módulos, éste debe ser por software.

Cotizar los módulos y gabinetes necesarios para el manejo de :

75 entradas analógicas, 32 salidas analógicas

200 entradas digitales, 150 salidas digitales

#### **4.1 Módulo procesador**

El módulo procesador contiene el CPU de 32 bits, escalable RISC, Coprocesador para ETHERNET, 8 MB en RAM, configuración de hardware almacenada en EEPROM, memoria Flash EEPROM para actualización del software, interfases RS232C y RS484, interruptor de encendido/paro, botón de reset, leds para estado, batería de litio intercambiable de respaldo con vida de 3 años.

Barrido de

Entradas/Salidas

digitales 2mS mínimo

analógicas 10mS mínimo

Tiempo de procesamiento:

para 1000 instrucciones menos de 2 mS para lista de instrucciones lógicas

menos de 3 mS para punto fijo aritmético

menos de 4.6 mS para punto flotante aritmético

#### 4.2 Módulo de comunicaciones

Este módulo debe incluir cuatro (4) interfaces seriales maestro MODBUS, configurables a RS232C, RS482, RS422 vía elementos externos del circuito., aislamiento eléctrico individual por canal, una (1) interfase para servicio y diagnóstico, capacidad de modem, sin aislamiento eléctrico, botón de reset, leds para despliegue del estado de la energía, error en el hardware y en el software, monitoreo de la batería y sobretemperatura, velocidad de transferencia 1200 a 19000 bauds para todas las interfaces, batería de litio intercambiable para 3 años.

#### 4.3 Módulo de eslabonamiento

Distribución del suministro de voltaje de 24 volts, y señal de falla de energía de la unidad de potencia, monitoreo del suministro de energía y de la batería, leds desplegando el estado del módulo, conexión de unidades adicionales de entradas/salidas, protección para corto circuito y sobrevoltaje, batería de respaldo.

#### 4.4 Módulos de entrada/salida

Estos módulos son los de adquisición de los valores binarios y analógicos de las variables del proceso y envío de comandos para la operación de los equipos; las capacidades solicitadas pueden ser las siguientes:

<b>Entradas analógicas</b> 16 entradas entrada 4 a 20 mA	<b>Salidas analógicas</b> 16 salidas salida 4 a 20 mA
<b>Entrada digital</b> 16 o 32 entradas señal baja 0 - 5 v señal alta 18 a 230V	<b>Salida digital</b> 16 a 32 salidas 120 VCA

Los valores de voltaje que se están previendo se indican en el listado de señales de entradas/salidas adjunta.

#### 4.5 Módulos de suministro de energía

Entrada de 115 VCA o (230 VCA seleccionable), salida 24 VCD, LEDS para despliegue del estado de la salida, prueba de circuito abierto, límite de sobrecorriente, protección Electromagnética, cambio en 20 mS a energía de respaldo en el evento de falla del voltaje primario.

Se deben incluir todos los accesorios y cables necesarios para un correcto funcionamiento.

La distancia entre las estaciones de control y los gabinetes de módulos será de aproximadamente 30 M

Se debe suministrar la información técnica completa y suficiente para que se puedan verificar las características indicadas en esta especificación o su mejora, indicando en que consiste ésta, así mismo se solicita una descripción de desviaciones técnicas, cuando éstas existan.

En el caso de obtener el pedido, se deben suministrar los dibujos y diagramas del Sistema (en AUTOCAD y un juego en original para reproducibles y otro en copia), Manuales de operación y Mantenimiento.

Se deben enviar en el transcurso del diseño un juego de originales y 3 copias para aprobación de ingeniería de:

- ◆ Los controles analógicos y lógicos programados
- ◆ Los mímicos y diagramas de tendencia
- ◆ Lista de alarmas, variables de tendencia
- ◆ Reportes de secuencia, etc.

## 5. Requerimientos y otros servicios solicitados

### 5.1 Curso de capacitación

Se establece un curso para el cliente que contemple el aprendizaje de la correcta operación del sistema desde el cuarto de control, y otro para mantenimiento. Cada uno para 8 personas incluyendo todo el material didáctico necesario.

### 5.2 Refacciones incluidas

Se pide un listado de las refacciones necesarias para la Puesta en Servicio las cuales serán sin costo adicional. Así mismo otro listado de refacciones para soportar una operación de dos años.

**Se debe garantizar el suministro de refacciones para este Sistema propuesto durante por lo menos 10 años.**

### 5.3 Obsolescencia

**Se debe entregar una carta en donde el equipo suministrado no entrará en obsolescencia en un periodo de por lo menos 5 años y en el caso de no tener previsto lo anterior, de qué manera se puede mantener el equipo propuesto dentro de los parámetros de actualización de hardware o software.**

### 5.4 Módulos de suministro de energía

Después de colocada la Orden de compra, para la aceptación del Sistema de control, se deberán hacer las pruebas adecuadas en fábrica y en Sitio, por lo que el Proveedor debe entregar un programa de fabricación, ensamble y protocolos de prueba para verificar el sistema en su operación en Hardware, Software comercial y Software de control, así como debe establecer con INCAM el momento de enviar a los inspectores para realizar las pruebas en fábrica.

### 5.5 Supervisión de instalación

Incluir cotización por la supervisión e instalación por al menos 8 semanas, según calendario por acordar mutuamente.

### 5.6 Configuración y puesta en servicio

Solicitamos agreguen la cotización por los servicios de ingeniería de configuración y puesta en servicio del sistema, considerando como mínimo:

• Diagrama de control lógico	12
• Diagrama de control analógico	6
• Gráfico dinámico con distintas áreas de la planta	15
• Tendencias históricas de variables múltiples	10
• Reportes tabulares y/o combinados	10

#### **4) ESPECIFICACIÓN PARA LOS TRANSMISORES (TRANSDUCTORES) PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE CHAPULTEPEC**

Esta especificación cubre los requisitos fundamentales que deben cumplir las válvulas de control que se adquirirán.

##### **Requerimientos comerciales**

Se solicita que la cotización incluya:

- a) Declaración de cumplimiento técnico.
- b) Lista de transmisores con precios unitario, unidades y tiempo o programa de entregas.
- c) Supervisión de montaje  
Supervisión para Puesta en Servicio
- d) Lista de partes de repuesto recomendadas para:  
Arranque y Puesta en Servicio  
Un año de operación
- e) Considerar la entrega LAB México D.F.
- f) Precios firmes en Dólares
- g) Vigencia de 90 días
- h) Declaración de garantía de operación durante 12 meses o 24 meses después de su embarque, lo que ocurra primero.
- i) Los pagos se harán de acuerdo a un programa establecido de acuerdo a las entregas de equipo y servicios, los 30 días a partir de la recepción del equipo, el montaje, las pruebas y la aceptación del Sistema. No se tiene contemplado el suministro de anticipos.

##### **Introducción**

Este equipo detecta y mide las variables de la planta, transformándolas en señales eléctricas de 4 a 20 mA las cuales son recibidas por el Sistema de Control de la Planta.

Las principales variables a medir son nivel de tanques y cárcamos, densidad de lodos, flujo de aire.

##### **TRANSMISORES DE PRESIÓN Y PRESIÓN DIFERENCIAL**

(Flujo de agua clarificada, Nivel y Densidad en los tanques sedimentadores primarios y secundarios)

###### **Características Técnicas**

Transmisores electrónicos inteligentes con protocolo HART, en señal de salida de 4 a 20 mA, Suministro de energía de 24 VCD, indicador local integrado, material de las partes húmedas de 316SS o mejor, material del cuerpo de 316SS, etc.

Favor de referirse a las hojas de datos para mayor información.

1. Para la densidad se acepta la alternativa de los medidores del tipo flotador con las características electrónicas similares a las establecidas anteriormente. Flotador fabricado en SS316, densidad 1.2 aproximadamente, sumergido 3.5 metros, rango de medición 40 centímetros.
2. Los transmisores de flujo de agua clarificada deben incluir el suministro de las placas de orificio, con bridas portaplaca.

## **5) ESPECIFICACIÓN PARA LAS VÁLVULAS DE CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE CHAPULTEPEC.**

Esta especificación cubre los requisitos fundamentales que deben cumplir las válvula de control que se adquirirán.

### **REQUERIMIENTOS COMERCIALES**

#### **LA ADQUISICIÓN FINAL DEL EQUIPO SE HARÁ DE ACUERDO A LA LEY DE ADQUISICIONES DEL SECTOR GUBERNAMENTAL**

Se espera la cotización a los 15 días de la recepción de ésta por el concursante, se solicita en el caso de no poder concursar, presentar carta de declinación, debe incluir:

- a) **Carta de declaración de cumplimiento**
- b) **Lista de materiales con precios unitario, tiempo o programa de entregas.**
- c) **Lista de partes de repuesto recomendadas para:**  
Arranque y Puesta en Servicio,  
Dos años de operación
- d) **Entrega LAB México D.F.**
- e) **Precios firmes en Dólares**
- f) **Vigencia de 90 días**
- g) **Los pagos se harán de acuerdo a un programa establecido de acuerdo a las entregas de equipo y servicios, a los 30 días a partir de la recepción del equipo, el montaje, las pruebas y la aceptación del Sistema. No se tiene contemplado dar anticipos. El pago será en moneda nacional al tipo de cambio del día en que se realice éste.**
- h) **El concursante debe tomar en consideración que se suministrarán fianzas para garantizar:**  
Suministro del equipo  
Garantía de operación durante 12 meses de operación o 24 meses después de su entrega, lo que ocurra primero.  
Estas garantías solo serán liberadas por el Cliente.

### **REQUERIMIENTOS TÉCNICOS**

Las válvulas de control son el elemento final de control que manipula directamente el flujo de uno o más fluidos de proceso, en respuesta a señales provenientes de controladores y otros componentes de un circuito de control. Se consideran dos tipos de válvulas; para control analógico, y para control abierto-cerrado (on-off).

Serán operadas mediante actuadores neumáticos, y contarán con posicionadores y válvulas solenoides en los casos en que se requiera

#### **1. REQUISITOS DE DISEÑO.**

Las válvulas de control deben diseñarse de acuerdo a los datos de proceso establecidos en las hojas de datos anexas y se deben cumplir los siguientes requisitos de diseño.

## 1.1 NIVEL DE RUIDO

De acuerdo a lo establecido en las normas ANSI SI.2, ANSI SI.4 y OSHA 70.2, las válvulas no deben producir niveles de ruido mayores a 90 DBa, con la medición realizada a 0.9 m corriente abajo de la válvula y a 0.9 m de la línea bajo las condiciones de operación.

## 1.2 CUERPO DE LA VÁLVULA

El diseño de las válvulas bridadas deben estar de acuerdo con lo indicado en la Norma ANSI B16.5. La presión de diseño para las válvulas con conexiones bridadas es de clase 125#.

- Las válvulas de cuerpo normalizado, solo se suministran en los siguiente tamaños:

19 mm (3/4"), 25 mm (1"), 38 mm (1 1/2"), 51 mm (2"), 76 mm (3"), 101 mm (4"), 152 mm (6"), 203 mm (8"), 254 mm (10") y 304 mm (12").

- Las dimensiones de cara a cara cumplen con la Norma ANSI B16.10.

- El tipo de cuerpo esta diseñado para operar satisfactoriamente.

En el cuerpo de la válvula aparecerán los siguientes datos, siguiendo los procedimientos de MSS - SP.25:

+ Marca y modelo del fabricante.

+ Clase del material.

+ Tamaño y clase del cuerpo

+ Una flecha o referencia (entrada y salida) que indiquen la dirección de flujo a través de las válvulas.

+ Diámetro de cédula de las conexiones.

+ Presión de la prueba hidrostática.

+ Otros datos que deben aparecer para cumplir con MSS-SP.25, se tienen que grabar en la placa de identificación.

Bonete de la válvula.

-Este es diseño del fabricante.

-Los pernos cumplen con lo indicado en la norma ANSI B16.5.

-El material del empaque cumple con las normas ANSI B16.5.

Partes internas.

-Las partes internas son de preferencia tipo jaula. El diseño puede ser no balanceado utilizando tapones guiados por la misma jaula o con guías superiores, o balanceados con tapón tipo pistón y jaula con puerto caracterizado.

-Cuando el anillo de asiento no sea retenido por la jaula este puede ser integral o roscado al cuerpo de la válvula, con sello mayor de 686 KPa (7 kg/cm).

-El diseño de interiores para condiciones de alta caída de presión, cavilación o aplicado para disminución del nivel de ruido está dentro de las siguientes restricciones:

+ Se usa el diseño de partes internas balanceadas para evitar actuadores grandes, para presiones mayores de 35 Kg/cm o en jaulas mayores de 152 mm. + El resorte del piloto debe ser capaz de mantener abierto el puerto del piloto con una presión diferencial hasta de 3.5 Kg/cm (343 KPa) entre la cámara de balance y la presión de salida. La cámara de balance releva cuando menos el 1000% del llenado cuando exista piloto interno.

↓ La máxima fuga permitida en el asiento satisface los requisitos establecidos en la Norma FCI-70-2, basada en el tipo de interiores especificados. Los requisitos para fuga clase V se aplicarán a todos los interiores con piloto interno, a todas las válvulas clasificadas como válvulas de bloqueo

## VÁLVULAS MARIPOSA

El ensamble del cuerpo de la válvula de control tipo mariposa es sin bridas; construcción uso rudo con giro del disco de paso, están diseñadas para control modulante o para control de dos posiciones (on-off).

Montaje entre bridas, rango del cuerpo: Hierro clase ANSI 125 o 250; acero clase ANSI 150, 300, característica de flujo, aproximadamente igual porcentaje

Materiales de construcción: Hierro forjado, acero al carbón

Disco de la válvula: Bronce-Aluminio, Acero al carbón

Flecha de la válvula: Acero inoxidable

Recubrimiento del cuerpo y anillos "O" si se requiere de Nitrilo, Etileno-propileno, Silicon o Viton.

Actuador Neumático: Resorte-diafragma normalmente cerrado o abierto (según de especifique).

## ACTUADORES.

Actuadores Neumáticos.

Realizan la acción de apertura, cierre y completa modulación, sin que se presenten oscilaciones o perturbaciones ocasionados por turbulencias en el fluido.

- Los actuadores de pistón pueden ser de doble acción o con resorte de retorno. Todos los actuadores de pistón de acción modulane, se suministran con posicionador y/o traductor de acuerdo a la hoja de datos.

- Cuando se especifique que se debe suministrar un actuador manual (volante). El volante puede estar montado en la parte superior o lateral. Los volantes limitan la carrera de la válvula en la dirección requerida y se pueden desacoplar totalmente de la carrera de la válvula en la posición neutral.

- Si el posicionamiento del elemento final es mediante circuitos electrónicos, los actuadores podrán estar equipados con un transmisor analógico para la indicación remota de la posición de la válvula de 0 a 100%, siempre y cuando este indicado en la hoja de datos de la válvula.

**Accesorios.**

Los actuadores podrán estar equipados con 2 (dos) interruptores de posición 1 (uno) para abierto y 1 (uno) para cerrado, si así se requiere, para la cantidad de interruptores referirse a las hojas de datos anexas.

Cuando las condiciones para el control o las características del proceso de la válvula lo requieren se suministra un posicionador electro neumático que recibe la señal del control analógico y generar la señal neumática (0.2 a 1 bar) requerido por el actuador.

↓ Todas las terminales roscadas serán de acuerdo a las normas NPT con roscas normalizadas.

↓ Las cubiertas para dispositivos eléctricos son a prueba de intemperie y el conduit para conexiones eléctricas es de 13mm (1/2") de diámetro como mínimo, con conexión roscada o cables sellados.

↓ Las cubiertas para dispositivos neumáticos son a prueba de intemperie y las conexiones deben ser de 6.3 mm (1/4") de diámetro en conexión roscada.



↓ El aislamiento de las bobinas de las válvulas solenoides son clase NEMA 4 y su cubierta a prueba de intemperie con conexión para conduit de 13 mm (1/2") de diámetro o cables sellados con conexión roscada. Las válvulas solenoides de 3 vías son del tipo universal.

↓ Se suministran combinaciones de filtro y regulador de presión de aire de suministro de 5.6 - 10.5 bar.

↓ Los interruptores de límite indican las posiciones o apertura de la válvula y son del tipo cierre rápido y exentos de vibración residual.

### **Dimensionamiento de la válvula.**

- Se efectúan todos los cálculos necesarios para la selección de la válvula, basados en la hoja de datos, de acuerdo con las normas ISA 39.1 y 39.3.

- La válvula es dimensionada para obtener una regulación adecuada, a mínimo y máximo flujo. La capacidad de la válvula es suficiente para admitir el flujo máximo al 80% de capacidad máxima de la válvula .

- Además se toman en consideración los siguientes criterios.

↓ La velocidad de salida para servicios de líquidos en una fase, no debe exceder de 12.2 m/s.

### **Características Técnicas.**

#### **Materiales.**

- Los materiales cumplirán con las siguientes especificaciones .

↓ Las partes no metálicas de la válvula deben diseñarse para un tiempo promedio de vida de 20,000 horas para servicio modulante y/o 1,000 ciclos de trabajo para servicio en dos posiciones.

↓ Las partes de aceros inoxidable endurecidos solo se utilizarán cuando las condiciones de proceso lo requieran

↓ Los materiales del cuerpo deben cumplir con las normas ASTM:

Acero al carbón fundido: ASTM A216 WCB

Acero al carbón forjado: ASTM A105, grados 1 y 2

Acero aleado: ASTM A217 grado WC9\*, (2 1/2% Cr y 1% Molibdeno )

Acero inoxidable fundido: ASTM A351, grado CF8 o CF8M.

Acero inoxidable forjado: ASTM A182, grado F304 o F316.

Para servicio con evaporación instantánea con o sin cavilación y simultáneamente con caídas de presión a través de la válvula, mayores de 980 KPa (10 Kg/cm<sup>2</sup>) el cuerpo debe contener por lo menos 4% de Cromo (ASTM A217 grado C5). En el caso de usar aceros aleados, suministrarán extensiones en los extremos y soldados a la válvula, del material de la tubería y con relevado de esfuerzos.

- Los interiores para válvulas en servicio de flasheo o cavilación se seleccionarán para disminuir los daños

- El acabado de las superficies para válvulas fundidas debe cumplir con lo establecido en la norma MMS-SP-55.

- Los materiales para el vástago de las válvulas deben cumplir con las normas ASTM.

## ANEXO VI

### FORMATOS DE HOJAS DE DATOS PARA EL EQUIPO ESPECIFICADO.

A continuación se presentan las hojas de datos que son también otro tipo de documento de *control del proyecto* y que son utilizadas para solicitar cotización de los instrumentos de medición necesarios a los proveedores.

En ellas se muestran las características requeridas tanto de proceso como de materiales, rangos, montajes, escalas, entre muchas otras.

Con estos documentos el proveedor esta en posibilidad de emitir una cotización, sin conocer todo el proceso o el proyecto, además de que facilita el intercambio de información y garantiza tanto que se han incluido todos los instrumentos o partidas necesarias, como que los materiales y equipos que se solicitan son los adecuados para el servicio señalado y las condiciones de diseño.

SERVICIO: TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO				
FLUIDO: AGUA TRATADA				
TAG No: AE-TA04 / AT-TA04				
TIPO INFRARROJO <input type="checkbox"/>		ULTRAVIOLETA <input type="checkbox"/>		PARAMAGNETICO <input type="checkbox"/>
OTRO: <u>COLORIMETRICO</u>				
DESCRIPCION MONITOR <input checked="" type="checkbox"/>		CONTINUO O EN LINEA <input checked="" type="checkbox"/>		LABORATORIO <input type="checkbox"/>
REGISTRADOR <input type="checkbox"/>		SEÑAL ENTRADA A COMPUTADORA <input checked="" type="checkbox"/>		
RANGO: 0-9999 NTU				
SEÑAL DE SALIDA: 4-20 mA CD CON ALARMA				
No. DE CORRIENTES QUE DEBERAN SER ANALIZADAS: UNA				
TIEMPO DE RESPUESTA DESEADO: 30, 60, 90 (SELECCIONABLE)				
SUMINISTRO DISPONIBLE: 120 VOLTS 60 Hz				
TEMP. MEDIO AMBIENTE (C)	ALTA: 25	BAJA: 15	MEDIA: 18	
UNIDAD DE CONTROL		TABLERO <input type="checkbox"/>	MONTAJE EN YUGO <input checked="" type="checkbox"/>	
ANALIZADOR/SISTEMA DE MUESTREO			MANTAJE EN YUGO <input checked="" type="checkbox"/>	
GABINETE A PRUEBA DE INTEMPERIE <input checked="" type="checkbox"/>		SUMINIST. COMO UNIDADES SEPARADAS <input type="checkbox"/>		
MUESTREADOR SUMINISTRADO POR VENDEDOR <input checked="" type="checkbox"/>			USUARIO <input type="checkbox"/>	
DISTANCIA ENTRE EL ANALIZADOR Y LA UNIDAD DE CONTROL (m)				
CLASIFICACION ELECTRICA		ANALIZADOR NEMA 4X		
		UNIDAD DE CONTROL		
ACCESORIOS		GAS DE CALIBRACION <input type="checkbox"/>		
		REGISTRADOR <input type="checkbox"/>		
		SELECTOR AUTOMATICO DE CORRIENTE <input type="checkbox"/>		
FABRICANTE				
MODELO				
NOTAS:				
PRESION NORMAL/MAXIMA ( kPa ):		77	77	
TEMP. NORMAL/MAXIMA ( C )		20	25	
A	20/07/1997	P/ CONCURSO		AOM DSS
No.	FECHA	REVISIONES		
U N A M DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA		ANALIZADOR DE TURBIDEZ		
NOTAS				
1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBE SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"				
PROY. CHAPULTEPEC				
HOJA DE DATOS No.			REV	
I-100 / 2			A	

SERVICIO: ENTRADA CANAL DESARENADOR

FLUIDO: AGUA RESIDUAL CRUDA

TAG No: AE-001 / AT-001

TIPO INFRARROJO  ULTRAVIOLETA  PARAMAGNETICO

OTRO: COLORIMETRICO

DESCRIPCION MONITOR  CONTINUO O EN LINEA  LABORATORIO

REGISTRADOR  SEÑAL ENTRADA A COMPUTADORA

RANGO: 0-9999 NTU

SEÑAL DE SALIDA: 4-20 mA CD CON ALARMA

No. DE CORRIENTES QUE DEBERAN SER ANALIZADAS: UNA

TIEMPO DE RESPUESTA DESEADO: 30, 60, 90 (SELECCIONABLE)

SUMINISTRO DISPONIBLE: 120 VOLTS 60 Hz

TEMP. MEDIO AMBIENTE (C) ALTA: 25 BAJA: 15 MEDIA: 18

UNIDAD DE CONTROL TABLERO  MONTAJE EN YUGO

ANALIZADOR/SISTEMA DE MUESTREO MANTAJE EN YUGO

GABINETE A PRUEBA DE INTEMPERIE  SUMINIST. COMO UNIDADES SEPARADAS

MUESTREADOR SUMINISTRADO POR VENDEDOR  USUARIO

DISTANCIA ENTRE EL ANALIZADOR Y LA UNIDAD DE CONTROL (m)

CLASIFICACION ELECTRICA ANALIZADOR NEMA 4X

UNIDAD DE CONTROL

ACCESORIOS GAS DE CALIBRACION

REGISTRADOR

SELECTOR AUTOMATICO DE CORRIENTE

FABRICANTE

MODELO

NOTAS:

PRESION NORMAL/MAXIMA (kPa)	77	77
-----------------------------	----	----

TEMP. NORMAL/MAXIMA (C)	20	25
-------------------------	----	----

A	20/07/1997	P/ CONCURSO	AOM	DSS	NOTAS	1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBE SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"
No.	FECHA	REVISIONES				

U N AM DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA	ANALIZADOR DE TURBIDEZ	PROY. CHAPULTEPEC
		HOJA DE DATOS No. REV
		I-100 / 1 A

SERVICIO: TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO					
FLUIDO: AGUA TRATADA					
TAG No: AE-TA12 / AT-TA12					
TIPO		INFRARROJO <input type="checkbox"/>	ULTRAVIOLETA <input type="checkbox"/>	PARAMAGNETICO <input type="checkbox"/>	
OTRO: <u>COLORIMETRICO</u>					
DESCRIPCION		MONITOR <input checked="" type="checkbox"/>	CONTINUO O EN LINEA <input checked="" type="checkbox"/>	LABORATORIO <input type="checkbox"/>	
REGISTRADOR		<input type="checkbox"/>	SEÑAL ENTRADA A COMPUTADORA <input checked="" type="checkbox"/>		
RANGO: 0-9999 NTU					
SEÑAL DE SALIDA: 4-20 mA CD CON ALARMA					
No. DE CORRIENTES QUE DEBERAN SER ANALIZADAS: UNA					
TIEMPO DE RESPUESTA DESEADO: 30, 60, 90 (SELECCIONABLE)					
SUMINISTRO DISPONIBLE: 120 VOLTS 60 Hz					
TEMP. MEDIO AMBIENTE (C)		ALTA: 25	BAJA: 15	MEDIA: 18	
UNIDAD DE CONTROL		TABLERO <input type="checkbox"/>	MONTAJE EN YUGO <input checked="" type="checkbox"/>		
ANALIZADOR/SISTEMA DE MUESTREO			MANTAJE EN YUGO <input checked="" type="checkbox"/>		
GABINETE A PRUEBA DE INTEMPERIE <input checked="" type="checkbox"/>			SUMINIST. COMO UNIDADES SEPARADAS <input type="checkbox"/>		
MUESTREADOR SUMINISTRADO POR VENDEDOR <input checked="" type="checkbox"/>			USUARIO <input type="checkbox"/>		
DISTANCIA ENTRE EL ANALIZADOR Y LA UNIDAD DE CONTROL (m)					
CLASIFICACION ELECTRICA		ANALIZADOR NEMA 4X			
		UNIDAD DE CONTROL			
ACCESORIOS		GAS DE CALIBRACION		<input type="checkbox"/>	
		REGISTRADOR		<input type="checkbox"/>	
		SELECTOR AUTOMATICO DE CORRIENTE		<input type="checkbox"/>	
FABRICANTE					
MODELO					
NOTAS:					
PRESION NORMAL/MAXIMA ( kPa)		77	77		
TEMP. NORMAL/MAXIMA ( C )		20	25		
A	20/07/1997	P/ CONCURSO		AOM	DSS
No.	FECHA	REVISIONES			
UNAM DEP-FI		ANALIZADOR DE TURBIDEZ			NOTAS
FACULTAD DE					1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBE
INGENIERIA					SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"
					PROY. CHAPULTEPEC
		HOJA DE DATOS No.		REV	
		I-100 / 3		A	

FLUIDO	AGUA CRUDA		AGUA TRATADA		
PRESION NORMAL/ MAXIMA ( kPa )	77	77	77	77	
TEMPERATURA: NORMAL / MAX. ( °C )	20	25	20	25	
FLUJO: NORMAL / MAXIMO ( m3/s )	0.12	0.16	0.12	0.16	
PESO ESP. @ 20 °C / @COND. OPER.	1	1	1	1	
TIPO	INMERSION		INMERSION		
CONEXION	#		#		
RANGO DEL INSTRUMENTO	#		#		
MATERIAL DE ELECTRODOS	#		#		
MATERIAL DEL AISLADOR	#		#		
CONSTANTE DE CELDA	#		#		
COMPENSADOR TEMPERATURA	#		#		
TIPO DE COMPENSADOR	#		#		
RANGO DE COMP. TEMP.	#		#		
TEMP. DE REFERENCIA	#		#		
TIPO DE CONDUCTOR	#		#		
LONGITUD DEL CONDUCTOR	3 METROS		3 METROS		
CAMBIADOR DE CATIONES	SI		SI		
MODELO	#		#		
FABRICANTE	#		#		
RECEPTOR	CT-001 AGUA INFLUENTE		CT-TA06 AGUA TRATADA		
<b>MONTAJE</b>	YUGO		YUGO		
RANGO DE OPERACION	0-100 o 0-1000 µmhos		0-100 o 0-1000 µmhos		
RANGO DEL INSTRUMENTO	0-1000 µmhos		0-1000 µmhos		
TIPO DE ESCALA	LINEAL		LINEAL		
PRECISION	#		#		
SEÑAL DE SALIDA	4-20 mA		4-20 mA		
COMPENS. DE TEMPERATURA	AUTOMATICA		AUTOMATICA		
RANGO COMP. TEMPERATURA	5-60 °C		5-60 °C		
TEMPERATURA DE REFERENCIA	25°C		25°C		
SUMINISTRO ELECTRICO	127 V CA, 60 HZ		127 V CA, 60 HZ		
CLASIFICACION ELECTRICA	NEMA 4X		NEMA 4X		
TIPO DE CUBIERTA	#		#		
TAMANO CONEXION CONDUIT	19 ó 13 mm (3/4 ó 1/2") ♂ NPT		19 ó 13 mm (3/4 ó 1/2") ♂ NPT		
Nº CONTACTOS PARA ALARMA	#		#		
TIPO DE CONTACTOS	SPDT ó DPDT		SPDT ó DPDT		
CAPACIDAD INTERRUPTIVA	5A RESISTIVA A 127 V CA		5A RESISTIVA A 127 V CA		
SELECTOR DE FUNCIONES	SI		SI		
Nº DE POSICIONES	#		#		
EXPANSION DE ESCALA	SI		SI		
SUPRESION DE CERO	SI		SI		
METODO DE CALIBRACION	#		#		
ENTRADA DE	CE-001 AGUA INFLUENTE		CE-TA06 AGUA EFLUENTE		
TRANSMITE A	SISTEMA DE CONTROL		SISTEMA DE CONTROL		
	PLC ó SCD		PLC ó SCD		
Nº DE ORDEN DE COMPRA	#		#		
FABRICANTE	#		#		
MODELO	#		#		
DIAGRAMA Nº	M-302		M-302		
SERVICIO	C. ELEC. AGUA INFLUENTE A		C. ELEC. AGUA INFLUENTE A		
	PLANTA DE TRATAMIENTO		ALMAC. AGUA TRATADA		
Nº DE IDENTIFICACIÓN	CT-001 AGUA INFLUENTE		CT-TA06 AGUA TRATADA		
					1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBEN SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"
A	20/07/1997	P/ CONCURSO	AOM	OSS	NOTAS
No	FECHA	REVISIONES			
UNAM DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA		CELDA DE CONDUCTIVIDAD Y TRANSMISOR INDICADOR		PROY CHAPULTEPEC	
				HOJA DE DATOS No.	REV
				I - 100 / 1 COND.	A

FLUIDO MEDIDO	FLUIDO		AIRE COMPRIMIDO	AGUA TRATADA	AGUA TRATADA
	A MAXIMO FLUJO	TEMPERATURA	80°C	20°C	20°C
		PRESION		P	P
	GRAV. ESP. A	60°F			
		T			
	VISCOSIDAD A T				
	VAPOR SOBRE CAL. O CALIDAD				
	G A S	PESO MOLECULAR			
		SOBRE COMPRESIBILIDAD A T, P			
	FLUJO MINIMO A T Y P				
MAXIMO FLUJO	T, P				
	COND. STD. (NOTA 2)				
FLUJO DISEÑO COND. STD. (NOTA 4)					
MANOMETRO	ΔP DISEÑO COND. STD. (NOTA 4)		2.5 m (100") H2O	2.5 m (100") H2O	2.5 m (100") H2O
	TIPO		CELDA PRES. DIFERENCIAL	CELDA PRES DIFERENCIAL	CELDA PRES DIFERENCIAL
	FLUIDO DE SELLO	MATERIAL	#	#	#
G. E A 60 F		#	#	#	
ELEMENTO	TIPO (NOTA 3)		PLACA ORIFICIO CONCENTRICA	PLACA ORIFICIO CONCENTRICA	PLACA ORIFICIO CONCENTRICA
	MATERIAL		30455	31655	31655
	CLASIFICACION CALIDAD		#	#	#
	AGUJERO (NOTA 4)		#	#	#
β (NOTA 4) β = d/D		> 0.25 y < 0.75	> 0.25 y < 0.75	> 0.25 y < 0.75	
TUBERIAS	DIAM. NOMINAL		8"	10"	10"
	CEDULA / D. INT.				
	MATERIAL		ACERO CARBON, ASTM A106	ACERO CARBON, ASTM A106	ACERO CARBON, ASTM A106
	TIPO DE TOMAS		EN BRIDAS	EN BRIDAS	EN BRIDAS
	BRIDAS RANGO, CARAS		#	#	#
	SOPORTE DE ELEMENTO TIPO ANILLO	MATERIAL	#	#	#
		TIPO ANILLO	#	#	#
NOTAS	1 - LA PRESION ANTES Y DESPUES DEL ELEMENTO SON P1 Y P2 RESPECTIVAMENTE				
	2 - CONDICIONES ESTANDAR		°F	PSIA	PRES. BAROM. PSIA
	3 - LA FABRICACION DEL ELEMENTO DEBERA ESTAR DE ACUERO AL "ASME FLUID METERS" 1971				
	4 - INFORMACION POR VENDEDOR "V" Y CALCULOS REQUERIDOS DEL MISMO				
	5 - ELEMENTO RECEPTOR		FT-K03	FT-TA05	FT-TA06B
	6 - SEÑAL DE SALIDA		4-20 mA	4-20 mA	4-20 mA
	7 - TRANSMITE A		SISTEMA DE CONTROL	SISTEMA DE CONTROL	SISTEMA DE CONTROL
COMPRA	No DE ORDEN DE COMPRA				
	FABRICANTE		#	#	
	MODELO		#	#	
GENERAL	DIAGRAMA No		M-301	M-302	M-302
	SERVICIO		MEDICION DE FLUJO AIRE A TANQUE DE AEREACION TA11	MEDICION DE FLUJO AGUA TRATADA A TANQUE TA06	MEDICION DE FLUJO AGUA TRATADA A PRIMERA SECC. CHAPULTEPEC
No DE IDENTIFICACION			FE-K03B	FE-TA05	FE-TA06B
			1. LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBEN SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"		
A	20/07/1997	P/ CONCURSO		AOM	DSS
No.	FECHA	REVISIONES			
UN AM DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA			ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDICION DE FLUJO TIPO PRESION DIFERENCIAL		PROYECTO CHAPULTEPEC
					HOJA DE DATOS No
					REV
					1-100 / 2EPMF
					A

FLUIDO MEDIDO	FLUIDO		AIRE COMPRIMIDO	AGUA TRATADA	AGUA TRATADA
	A MAXIMO FLUJO	TEMPERATURA	80°C	20°C	20°C
		PRESION		P	P
	GRAV. ESP A	60°F			
		T			
	VISCOSIDAD A T				
	VAPOR SOBRE CAL O CALIDAD				
	G A S	PESO MOLECULAR			
		SOBRE COMPRESIBILIDAD A T, P			
	FLUJO MINIMO A T Y P				
MAXIMO FLUJO	T. P				
	COND. STD (NOTA 2)				
FLUJO DISENO COND. STD. (NOTA 4)					
MANOMETRO	AP DISENO COND. STD. (NOTA 4)		2.5 m (100") H2O	2.5 m (100") H2O	2.5 m (100") H2O
	TIPO		CELDA PRES. DIFERENCIAL	CELDA PRES. DIFERENCIAL	CELDA PRES. DIFERENCIAL
FLUIDO DE SELLO	MATERIAL	#	#	#	
	G E A 60 F	#	#	#	
ELEMENTO	TIPO (NOTA 3)		PLACA ORIFICIO CONCENTRICA	PLACA ORIFICIO CONCENTRICA	PLACA ORIFICIO CONCENTRICA
	MATERIAL		30455	31655	31655
	CLASIFICACION CALIDAD		#	#	#
	AGUJERO (NOTA 4)		#	#	#
	β (NOTA 4) β = d/D		> 0.25 y < 0.75	> 0.25 y < 0.75	> 0.25 y < 0.75
TUBERIAS	DIAM NOMINAL		8"	10"	6"
	CEDULA / D INT				
	MATERIAL		ACERO CARBON, ASTM A106	ACERO CARBON, ASTM A106	ACERO CARBON, ASTM A106
	TIPO DE TOMAS		EN BRIDAS	EN BRIDAS	EN BRIDAS
	BRIDAS, RANGO, CARAS		#	#	#
	SOPORTE DE ELEMEN. TIPO ANILLO	MATERIAL	#	#	#
		TIPO ANILLO	#	#	#
NOTAS	1- LA PRESION ANTES Y DESPUES DEL ELEMENTO SON P1 Y P2 RESPECTIVAMENTE				
	2- CONDICIONES ESTANDAR °F PSIA PRES. BAROM PSIA				
	3- LA FABRICACION DEL ELEMENTO DEBERA ESTAR DE ACUERO AL "ASME FLUID METERS" 1971				
	4- INFORMACION POR VENDEDOR "V" Y CALCULOS REQUERIDOS DEL MISMO				
	5- ELEMENTO RECEPTOR		FT-K03	FE-TA06	FT-GA14
	6- SEÑAL DE SALIDA		4-20 mA	4-20 mA	4-20 mA
	7- TRANSMITE A		SISTEMA DE CONTROL PLC ó SCD	SISTEMA DE CONTROL PLC ó SCD	SISTEMA DE CONTROL PLC ó SCD
COMPRA	No DE ORDEN DE COMPRA				
	FABRICANTE		#	#	#
	MODELO		#	#	#
GENERAL	DIAGRAMA No		M-302	M-302	M-302
	SERVICIO		MEDICION DE FLUJO AIRE A TANQUE DE AEREAACION TA03	MEDICION DE FLUJO AGUA TRATADA A 2ª Y 3ª SECC. CHAPULTEPEC	MEDICION DE FLUJO AGUA TRATADA SALIDA A PERIFERICO
No DE IDENTIFICACION			FE-K03A	FE-TA06A	FE-GA14
			1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBEN SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"		
A	20/07/1997	P/ CONCURSO	AOM	DSS	
No	FECHA	REVISIONES			
UNAM DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA		ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDICION DE FLUJO TIPO PRESION DIFERENCIAL			PROYECTO CHAPULTEPEC
					HOJA DE DATOS No. REV
					1-100 / 1EPMF A



1		TAG	FT-TA02A	FT-TA09A	FT-TA02C	FT-TA02B
2		Servicio	Sed. Prim	Sal. Unidad1	Lodos a Dig.	Lodos a Dren
3		Localización	M-302	M-303	M-304	M-305
4	CONEXIÓN	Tam Línea Cédula	16"	16"	9"	10"
5		Tipo de Conexiones	#			
6		Mat. de Conexiones	#			
7	MEDIDOR	Mat. del Tubo	#			
8		Mat. de la línea	#			
9		Tipo de Electrodo	#			
10		Mat. del Electrodo	#			
11		Mat del Envolvente	#			
12		Sum de Energ/Cód. Elect	120VAC,60 Hz	120VAC,60 Hz	120VAC,60 Hz	120VAC,60 Hz
13		Conex. Tierra tipo y Mat	#			
14	Clasificación de Caja	Nema 4 o 4X	Nema 4 o 4X	Nema 4 o 4X	Nema 4 o 4X	
15						
16	FLUIDO	Fluido	Agua cruda	Agua cruda	Lodos prim.	Lodos prim.
17		Flujo Max Unidades	80 lps	80 lps	80 lps	80 lps
18		Velocidad Max Unid				
19		Flujo Normal/Flujo Min	60 lps / 20 lps	60 lps / 20 lps	60 lps / 20 lps	60 lps / 20 lps
20		Temp Max/Temp Min	25 C / 15 C	25 C / 15 C	25 C / 15 C	25 C / 15 C
21		Pres. Max/Pesión Min				
22		Conductividad Min	350 µmhos	350 µmhos	350 µmhos	350 µmhos
23		Posibilidad de Vacío	No	No	No	No
24						
25	INSTRUM ASOCIADO	Inst. Tag No	FT-TA02A	FT-TA09A	FT-TA02C	FT-TA02B
26		Función				
27		Montaje	En Yugo	En Yugo	En Yugo	En Yugo
28		Clasificación de Caja				
29		Long de Cable				
30		Sum de Energía	120VAC, 60Hz	120VAC, 60Hz	120VAC, 60Hz	120VAC, 60Hz
31		Tipo de Ajuste de Span				
32	TRANS	Salida del Transductor	4-20 mA CD	4-20 mA CD	4-20 mA CD	4-20 mA CD
33						
34	DESPLIEGUE	Tamaño Escala/Rango	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante
35		Mov. Graf./Velocidad	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante
36		Rango Graf/Graf No	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante
37		Integrador	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante
38	CONTROL	Modos/Señal Salida	No Requerido	No Requerido	No Requerido	No Requerido
39		Acción/Auto/Man	No Requerido	No Requerido	No Requerido	No Requerido
40						
41	ALARMA	No. de Cont./Forma	2 Contactos	3 Contactos	4 Contactos	5 Contactos
42		Rango/Cod. Elect	2-5 A	2-5 A	2-5 A	2-5 A
43		Acción	SPDT	SPDT	SPDT	SPDT
44		Fabricante	#			
45		Modelo del Medidor	#			
46		Modelo del Instrumento	#			
47						

Notas: Servicio para medición del flujo de Agua Tratada y Lodos

Rev. No.	Por/Fecha	Proyecto No.	Notas:
		Aprobado por:	1.-Los espacios marcados con # deberan ser proporcionados por el fabricante
		Hoja de Datos No. 1-100/ITMF	
DTI M-301 y M-302			U N AM DEP-FI
Fecha: 20/07/1997		Medidores de Flujo Magnéticos	FACULTAD DE INGENIERIA

1		TAG	FT-TA03	FT-TA04A	FT-TA04B	FT-TA04C
2		Servicio	A TQ. Aereacion	E. Tq. Sed.Sec.	Rec. Lodos S. S.	Sed. Sec. Dren.
3		Localización	M-302	M-303	M-304	M-305
4	CONEXIÓN	Tamaño Línea	8"	12"	8"	8"
5		Tipo de Conexiones	#			
6		Mat. de Conexiones	#			
7	MEDIDOR	Mat. del Tubo	#			
8		Mat. de la línea	#			
9		Tipo de Electrodo	#			
10		Mat. del Electrodo	#			
11		Mat del Envolverte	#			
12		Sum de Energ/Cód. Elect	120VAC,60 Hz	120VAC,60 Hz	120VAC,60 Hz	120VAC,60 Hz
13	Conex. Tierra tipo y Mat					
14	Clasificación de Caja	Nema 4 o 4X	Nema 4 o 4X	Nema 4 o 4X	Nema 4 o 4X	
15						
16	FLUIDO	Fluido	Agua cruda	Agua cruda	Lodos sec.	Lodos sec.
17		Flujo Max Unidades	80 lps	80 lps	45 lps	60 lps
18		Velocidad Max Unid				
19		Flujo Normal/Flujo Mín	60 lps / 20 lps	60 lps / 20 lps	45 lps / 45 lps	30 lps / 20 lps
20		Temp Max/Temp Mín	25 C / 15 C	25 C / 15 C	25 C / 15 C	25 C / 15 C
21		Pres. Max/Pesión Mín				
22		Conductividad Mín	350 µmhos	350 µmhos	350 µmhos	350 µmhos
23		Posibilidad de Vacío	No	No	No	No
24						
25	INSTRUM ASOCIADO	Inst. Tag No	FT-TA03	FT-TA04A	FT-TA04B	FT-TA04C
26		Función				
27		Montaje	En Yugo	En Yugo	En Yugo	En Yugo
28		Clasificación de Caja				
29		Long de Cable				
30		Sum de Energía	120VAC, 60Hz	120VAC, 60Hz	120VAC, 60Hz	120VAC, 60Hz
31		Tipo de Ajuste de Span				
32	TRANS	Salida del Transductor	4-20 mA CD	4-20 mA CD	4-20 mA CD	4-20 mA CD
33						
34	DESPLIEGUE	Tamaño Escala/Rango	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante
35		Mov. Graf./Velocidad	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante
36		Rango Graf/Graf No	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante
37		Integrador	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante	Std. Fabricante
38	CONTROL	Modos/Señal Salida	No Requerido	No Requerido	No Requerido	No Requerido
39		Acción/Auto/Man	No Requerido	No Requerido	No Requerido	No Requerido
40						
41	ALARMA	No. de Cont./Forma	2 Contactos	3 Contactos	4 Contactos	5 Contactos
42		Rango/Cod. Elect	2-5 A	2-5 A	2-5 A	2-5 A
43		Acción	SPDT	SPDT	SPDT	SPDT
44		Fabricante	#			
45		Modelo del Medidor	#			
46		Modelo del Instrumento	#			
47						

Notas: Servicio para medición del flujo de Agua Tratada y Lodos

Rev. No	Por/Fecha	Proyecto No.	Notas:
A		Aprobado por:	1.-Los espacios marcados con # deberan ser proporcionados por el fabricante
		Hoja de Datos No. 1-100/2 TMF	
DTI M-301 y M-302			U N AM DEP-FI
Fecha: 20/07/1997		Medidores de Flujo Magnéticos	FACULTAD DE INGENIERIA

COND. DE SERVICIO	FLUIDO		AGUA TQ. AEREACION		AGUA TQ. AEREACION		AGUA TQ. AEREACION	
	PRESION NORMAL MAXIMA ( kPa )		77	77	77	77	77	77
	TEMPERATURA: NORMAL / MAX. ( °C )		20	25	20	25	20	25
	FLUJO: NORMAL / MAXIMO (m3/h)		0.06	0.08	0.06	0.08	0.06	0.08
ELEMENTO SENSOR	TIPO		INMERSION		INMERSION		INMERSION	
	CONEXION: ENTRADA / SALIDA		#	#	#	#	#	#
	RANGO DE OPERACION		0-3 mg/l		0-3 mg/l		0-3 mg/l	
	RANGO DEL INSTRUMENTO		#	#	#	#	#	#
	MATERIAL DE LOS ELECTRODOS		#	#	#	#	#	#
	MATERIAL DEL PORTAELECTRODOS		#	#	#	#	#	#
	RANGO NOMINAL DE PRESION		#	#	#	#	#	#
	FLUJO MINIMO PERMISIBLE		#	#	#	#	#	#
COMPEN. SACION	COMPENS. POR PRESION		AUTOMATICA		AUTOMATICA		AUTOMATICA	
	COMPENS. POR TEMPERATURA		AUTOMATICA		AUTOMATICA		AUTOMATICA	
	RANGO COMP. POR TEMPERATURA		#	#	#	#	#	#
VARIOS	TIPO DE CONDUCTOR		#	#	#	#	#	#
	LONGITUD DEL CONDUCTOR		3 METROS		3 METROS		3 METROS	
	RECEPTOR		AT-TA03A		AT-TA03B		AT-TA03C	
CARACTERISTICAS GENERALES	MONTAJE		YUGO		YUGO		YUGO	
	RANGO DE OPERACION		0-3 mg/l		0-3 mg/l		0-3 mg/l	
	RANGO DEL INSTRUMENTO		0-10 ó 0-20 mg/l		0-10 ó 0-20 mg/l		0-10 ó 0-20 mg/l	
	TIPO DE ESCALA		LINEAL		LINEAL		LINEAL	
	PRECISION		#	#	#	#	#	#
	SEÑAL DE SALIDA		4-20 mA		4-20 mA		4-20 mA	
COMPEN. TEMP	COMPENS. DE TEMPERATURA		AUTOMATICA		AUTOMATICA		AUTOMATICA	
	RANGO COMP. TEMPERATURA		5-60 °C		5-60 °C		5-60 °C	
	TEMPERATURA DE REFERENCIA		25°C		25°C		25°C	
	SUMINISTRO ELECTRICO		127 V CA, 60 HZ		127 V CA, 60 HZ		127 V CA, 60 HZ	
CAJA	CLASIFICACION ELECTRICA		NEMA 4X		NEMA 4X		NEMA 4X	
	TIPO DE CUBIERTA							
	TAMAÑO CONEXION CONDUIT		19 ó 13 mm (3/4 ó 1/2") φ NPT		19 ó 13 mm (3/4 ó 1/2") φ NPT		19 ó 13 mm (3/4 ó 1/2") φ NPT	
ALARMAS	No CONTACTOS PARA ALARMA							
	TIPO DE CONTACTOS		SPDT ó DPDT		SPDT ó DPDT		SPDT ó DPDT	
	CAPACIDAD INTERRUPTIVA		5A RESISTIVA A 127 V CA		5A RESISTIVA A 127 V CA		5A RESISTIVA A 127 V CA	
	SELECTOR DE FUNCIONES		SI		SI		SI	
ACCESORIOS	No DE POSICIONES		#	#	#	#	#	#
	EXPANSION DE ESCALA		SI		SI		SI	
	SUPRESION DE CERO		SI		SI		SI	
	METODO DE CALIBRACION		#	#	#	#	#	#
	ENTRADA DE		AE-TA03A		AE-TA03B		AE-TA03C	
VARIOS	TRANSMITE A		SISTEMA DE CONTROL		SISTEMA DE CONTROL		SISTEMA DE CONTROL	
			PLC ó SCD		PLC ó SCD		PLC ó SCD	
	No DE ORDEN DE COMPRA							
COMPRA	FABRICANTE		#	#	#	#	#	#
	MODELO		#	#	#	#	#	#
	DIAGRAMA No		M-302		M-302		M-302	
GENERAL	SERVICIO		OXIGENO DISUELTO EN TQ. DE AEREACION TA03		OXIGENO DISUELTO EN TQ. DE AEREACION TA03		OXIGENO DISUELTO EN TQ. DE AEREACION TA03	
	DIAMETRO DE LA LINEA							
No DE IDENTIFICACION			AT-TA03A		AT-TA03B		AT-TA03C	
A 20/07/1997 P/ CONCURSO			AOM	DSS	NOTAS			
No FECHA REVISIONES					1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBEN SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"			
U N AM DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA			ELEMENTO PRIMARIO Y TRANSMISOR INDICADOR DE OXIGENO DISUELTO				PROY. CHAPULTEPEC	
							HOJA DE DATOS No. REV	
							1-100 / 1 02 A	





COND. DE SERVICIO	FLUIDO		AGUA TQ. AEREACION		AGUA TQ. AEREACION		AGUA TQ. AEREACION	
	PRESION NORMAL MAXIMA ( kPa )		77	77	77	77	77	77
	TEMPERATURA: NORMAL / MAX. ( °C )		20	25	20	25	20	25
	FLUJO: NORMAL / MAXIMO (m3/s)		0.06	0.08	0.06	0.08	0.06	0.08
ELEMENTO SENSOR	TIPO		INMERSION		INMERSION		INMERSION	
	CONEXION ENTRADA / SALIDA	#	#	#	#	#	#	
	RANGO DE OPERACION		0-3 mg/l	0-3 mg/l	0-3 mg/l	0-3 mg/l	0-3 mg/l	
	RANGO DEL INSTRUMENTO	#		#		#		
	MATERIAL DE LOS ELECTRODOS	#		#		#		
	MATERIAL DEL PORTAELECTRODOS	#		#		#		
	RANGO NOMINAL DE PRESION	#		#		#		
COMPENSACION	FLUJO MINIMO PERMISIBLE	#		#		#		
	COMPENS POR PRESION		AUTOMATICA	AUTOMATICA	AUTOMATICA	AUTOMATICA	AUTOMATICA	
	COMPENS POR TEMPERATURA		AUTOMATICA	AUTOMATICA	AUTOMATICA	AUTOMATICA	AUTOMATICA	
VARIOS	RANGO COMP POR TEMPERATURA	#		#		#		
	TIPO DE CONDUCTOR	#		#		#		
	LONGITUD DEL CONDUCTOR		3 METROS	3 METROS	3 METROS	3 METROS	3 METROS	
CARACTERISTICAS GENERALES	RECEPTOR		AT-TA11A	AT-TA11B	AT-TA11B	AT-TA11C	AT-TA11C	
	MONTAJE		YUGO		YUGO		YUGO	
	RANGO DE OPERACION		0-3 mg/l	0-3 mg/l	0-3 mg/l	0-3 mg/l	0-3 mg/l	
	RANGO DEL INSTRUMENTO		0-10 ó 0-20 mg/l	0-10 ó 0-20 mg/l	0-10 ó 0-20 mg/l	0-10 ó 0-20 mg/l	0-10 ó 0-20 mg/l	
	TIPO DE ESCALA		LINEAL	LINEAL	LINEAL	LINEAL	LINEAL	
	PRECISION	#		#		#		
	SEÑAL DE SALIDA		4-20 mA	4-20 mA	4-20 mA	4-20 mA	4-20 mA	
COMPENS TEMP	COMPENS. DE TEMPERATURA		AUTOMATICA	AUTOMATICA	AUTOMATICA	AUTOMATICA	AUTOMATICA	
	RANGO COMP. TEMPERATURA		5-60 °C	5-60 °C	5-60 °C	5-60 °C	5-60 °C	
	TEMPERATURA DE REFERENCIA		25°C	25°C	25°C	25°C	25°C	
	SUMINISTRO ELECTRICO		127 V CA, 60 HZ	127 V CA, 60 HZ	127 V CA, 60 HZ	127 V CA, 60 HZ	127 V CA, 60 HZ	
CAJA	CLASIFICACION ELECTRICA		NEMA 4X	NEMA 4X	NEMA 4X	NEMA 4X	NEMA 4X	
	TIPO DE CUBIERTA							
	TAMAÑO CONEXION CONDUIT		19 ó 13 mm (3/4 ó 1/2") φ NPT	19 ó 13 mm (3/4 ó 1/2") φ NPT	19 ó 13 mm (3/4 ó 1/2") φ NPT	19 ó 13 mm (3/4 ó 1/2") φ NPT	19 ó 13 mm (3/4 ó 1/2") φ NPT	
ALARMAS	No CONTACTOS PARA ALARMA							
	TIPO DE CONTACTOS		SPDT ó DPDT	SPDT ó DPDT	SPDT ó DPDT	SPDT ó DPDT	SPDT ó DPDT	
	CAPACIDAD INTERRUPTIVA		5A RESISTIVA A 127 V CA	5A RESISTIVA A 127 V CA	5A RESISTIVA A 127 V CA	5A RESISTIVA A 127 V CA	5A RESISTIVA A 127 V CA	
ACCESORIOS	SELECTOR DE FUNCIONES		SI	SI	SI	SI	SI	
	No DE POSICIONES	#		#		#		
	EXPANSION DE ESCALA		SI	SI	SI	SI	SI	
	SUPRESION DE CERD		SI	SI	SI	SI	SI	
VARIOS	METODO DE CALIBRACION	#		#		#		
	ENTRADA DE		AE-TA11A	AE-TA11B	AE-TA11B	AE-TA11C	AE-TA11C	
	TRANSMITE A		SISTEMA DE CONTROL	SISTEMA DE CONTROL	SISTEMA DE CONTROL	SISTEMA DE CONTROL	SISTEMA DE CONTROL	
COMPRA			PLC ó SCD	PLC ó SCD	PLC ó SCD	PLC ó SCD	PLC ó SCD	
	No DE ORDEN DE COMPRA							
	FABRICANTE	#		#		#		
GENERAL	MODELO	#		#		#		
	DIAGRAMA No		M-301	M-301	M-301	M-301	M-301	
	SERVICIO		OXIGENO DISUELTO EN TQ. DE AEREACION TA11	OXIGENO DISUELTO EN TQ. DE AEREACION TA11	OXIGENO DISUELTO EN TQ. DE AEREACION TA11	OXIGENO DISUELTO EN TQ. DE AEREACION TA11	OXIGENO DISUELTO EN TQ. DE AEREACION TA11	
	DIAMETRO DE LA LINEA							
No DE IDENTIFICACION			AT-TA11A	AT-TA11B	AT-TA11B	AT-TA11C	AT-TA11C	
A		20/07/1997	P/ CONCURSO	AOM	DSS	NOTAS		
No.		FECHA	REVISIONES	1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBEN SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"				
U N A M DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA		ELEMENTO PRIMARIO Y TRANSMISOR INDICADOR DE OXIGENO DISUELTO				PROY. CHAPULTEPEC		
						HOJA DE DATOS No	RFV	
						I-100 / 4 02	A	

COND. DE SERVICIO	FLUIDO		AGUA TQ. AEREACION		AGUA TQ. AEREACION		AGUA TQ. AEREACION	
	PRESION NORMAL MAXIMA ( kPa )		77	77	77	77	77	77
	TEMPERATURA: NORMAL / MAX. ( °C )		20	25	20	25	20	25
	FLUJO: NORMAL / MAXIMO (m <sup>3</sup> /h)		0.06	0.08	0.06	0.08	0.06	0.08
ELEMENTO SENSOR	TIPO		INMERSION		INMERSION		INMERSION	
	CONEXION: ENTRADA / SALIDA		#	#	#	#	#	#
	RANGO DE OPERACION		0-3 mg/l		0-3 mg/l		0-3 mg/l	
	RANGO DEL INSTRUMENTO		#	#	#	#	#	#
	MATERIAL DE LOS ELECTRODOS		#	#	#	#	#	#
	MATERIAL DEL PORTAELECTRODOS		#	#	#	#	#	#
	RANGO NOMINAL DE PRESION		#	#	#	#	#	#
	FLUJO MINIMO PERMISIBLE		#	#	#	#	#	#
COMPEN SACION	COMPENS. POR PRESION		AUTOMATICA		AUTOMATICA		AUTOMATICA	
	COMPENS. POR TEMPERATURA		AUTOMATICA		AUTOMATICA		AUTOMATICA	
	RANGO COMP. POR TEMPERATURA		#	#	#	#	#	#
VAROS	TIPO DE CONDUCTOR		#	#	#	#	#	#
	LONGITUD DEL CONDUCTOR		3 METROS		3 METROS		3 METROS	
	RECEPTOR		AT-TA11D		AT-TA11E		AT-TA11F	
CARACTERISTICAS GENERALES	MONTAJE		YUGO		YUGO		YUGO	
	RANGO DE OPERACION		0-3 mg/l		0-3 mg/l		0-3 mg/l	
	RANGO DEL INSTRUMENTO		0-10 ó 0-20 mg/l		0-10 ó 0-20 mg/l		0-10 ó 0-20 mg/l	
	TIPO DE ESCALA		LINEAL		LINEAL		LINEAL	
	PRECISION		#	#	#	#	#	#
	SEÑAL DE SALIDA		4-20 mA		4-20 mA		4-20 mA	
COMPENS TEMP	COMPENS. DE TEMPERATURA		AUTOMATICA		AUTOMATICA		AUTOMATICA	
	RANGO COMP. TEMPERATURA		5-60 °C		5-60 °C		5-60 °C	
	TEMPERATURA DE REFERENCIA		25°C		25°C		25°C	
	ALIMINISTRO ELECTRICO		127 V CA, 60 HZ		127 V CA, 60 HZ		127 V CA, 60 HZ	
CAJA	CLASIFICACION ELECTRICA		NEMA 4X		NEMA 4X		NEMA 4X	
	TIPO DE CUBIERTA							
	TAMAÑO CONEXION CONDUIT		19 ó 13 mm (3/4 ó 1/2") φ NPT		19 ó 13 mm (3/4 ó 1/2") φ NPT		19 ó 13 mm (3/4 ó 1/2") φ NPT	
ALARMAS	No CONTACTOS PARA ALARMA							
	TIPO DE CONTACTOS		SPDT ó DPDT		SPDT ó DPDT		SPDT ó DPDT	
	CAPACIDAD INTERRUPTIVA		5A RESISTIVA A 127 V CA		5A RESISTIVA A 127 V CA		5A RESISTIVA A 127 V CA	
ACCESORIOS	SELECTOR DE FUNCIONES		SI		SI		SI	
	No DE POSICIONES		#	#	#	#	#	#
	EXPANSION DE ESCALA		SI		SI		SI	
	SUPRESION DE CERO		SI		SI		SI	
	METODO DE CALIBRACION		#	#	#	#	#	#
VARIOS	ENTRADA DE		AE-TA11D		AE-TA11E		AE-TA11F	
	TRANSMITE A		SISTEMA DE CONTROL		SISTEMA DE CONTROL		SISTEMA DE CONTROL	
			PLC ó SCD		PLC ó SCD		PLC ó SCD	
COMPRA	No DE ORDEN DE COMPRA							
	FABRICANTE		#	#	#	#	#	#
	MODELO		#	#	#	#	#	#
GENERAL	DIAGRAMA No		M-301		M-301		M-301	
	SERVICIO		OXIGENO DISUELTO EN TQ. DE AEREACION TA11		OXIGENO DISUELTO EN TQ. DE AEREACION TA11		OXIGENO DISUELTO EN TQ. DE AEREACION TA11	
	DIAMETRO DE LA LINEA							
	No DE IDENTIFICACION		AT-TA11D		AT-TA11E		AT-TA11F	
A 20/07/1997		P/ CONCURSO		AOM	DSS	NOTAS		
No FECHA		REVISIONES		1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBEN SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"				
U N AM DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA		ELEMENTO PRIMARIO Y TRANSMISOR INDICADOR DE OXIGENO DISUELTO				PROY. CHAPULTEPEC		
						HOJA DE DATOS No	REV	
						1-100 / 5 O2	A	

SERVICIO: TANQUE DE CLORACION AGUA TRATADA (CLORO LIBRE)					
FLUIDO: AGUA TRATADA					
TAG No. AE-TA05 / AT-TA05					
TIPO		INFRARROJO <input type="checkbox"/>	ULTRAVIOLETA <input type="checkbox"/>	PARAMAGNETICO <input type="checkbox"/>	
OTRO: CONTINUO O EN LINEA					
DESCRIPCION		MONITOR <input checked="" type="checkbox"/>	LAZO CONTROL CERRADO <input type="checkbox"/>	LABORATORIO <input type="checkbox"/>	
REGISTRADOR		<input type="checkbox"/>	SEÑAL ENTRADA A COMPUTADORA <input checked="" type="checkbox"/>		
RANGO (mg/l): 0-.25, 0-0.5, 0-1, 0-2, 0-5, 0-10, 0-20					
SEÑAL DE SALIDA: 4-20 mA CD CON ALARMA					
No. DE CORRIENTES QUE DEBERAN SER ANALIZADAS: UNA					
TIEMPO DE RESPUESTA DESEADO: 2.5 min.					
SUMINISTRO DISPONIBLE: 120 VOLTS 60 Hz					
TEMP. MEDIO AMBIENTE (C)		ALTA: 25	BAJA: 15	MEDIA: 18	
UNIDAD DE CONTROL		TABLERO <input type="checkbox"/>	MONTAJE EN YUGO <input checked="" type="checkbox"/>		
ANALIZADOR/SISTEMA DE MUESTREO			MANTAJE EN YUGO <input checked="" type="checkbox"/>		
GABINETE A PRUEBA DE INTEMPERIE <input checked="" type="checkbox"/>		SUMINIST. COMO UNIDADES SEPARADAS <input type="checkbox"/>			
MUESTREADOR SUMINISTRADO POR VENDEDOR <input checked="" type="checkbox"/>			USUARIO <input type="checkbox"/>		
DISTANCIA ENTRE EL ANALIZADOR Y LA UNIDAD DE CONTROL (m): 1.5 APROX.					
CLASIFICACION ELECTRICA		ANALIZADOR: NEMA 4X			
		UNIDAD DE CONTROL			
ACCESORIOS		GAS DE CALIBRACION		<input type="checkbox"/>	
		REGISTRADOR		<input type="checkbox"/>	
		SELECTOR AUTOMATICO DE CORRIENTE		<input type="checkbox"/>	
FABRICANTE: #					
MODELO: #					
NOTAS:					
PRESION NORMAL/MAXIMA (kPa)		77	77		
TEMP. NORMAL/MAXIMA (C)		20	25		
NOTAS					
1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBE SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"					
No.	FECHA	REVISIONES		AOM	DSS
A	20/07/1997	P/ CONCURSO			
U N A M DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA		ANALIZADOR DE CLORO RESIDUAL SENSOR Y TRANSMISOR			PROY. CHAPULTEPEC
				HOJA DE DATOS No.	REV
				I-100 / 1	A



SERVICIO: TANQUE DE CLORACION AGUA TRATADA (CLORO LIBRE)																																					
FLUIDO: AGUA TRATADA																																					
TAG No. AE-TA13 / AT-TA13																																					
TIPO INFRARROJO <input type="checkbox"/>			ULTRAVIOLETA <input type="checkbox"/>			PARAMAGNETICO <input type="checkbox"/>																															
OTRO: CONTINUO O EN LINEA																																					
DESCRIPCION MONITOR <input checked="" type="checkbox"/>			LAZO CONTROL CERRADO <input type="checkbox"/>			LABORATORIO <input type="checkbox"/>																															
REGISTRADOR <input type="checkbox"/>			SEÑAL ENTRADA A COMPUTADORA <input checked="" type="checkbox"/>																																		
RANGO ( mg/l ) : 0-.25, 0-0.5, 0-1, 0-2, 0-5, 0-10, 0-20																																					
SEÑAL DE SALIDA: 4-20 mA CD CON ALARMA																																					
No. DE CORRIENTES QUE DEBERAN SER ANALIZADAS: UNA																																					
TIEMPO DE RESPUESTA DESEADO: 2.5 min.																																					
SUMINISTRO DISPONIBLE: 120 VOLTS 60 Hz																																					
TEMP. MEDIO AMBIENTE (C)			ALTA: 25		BAJA: 15		MEDIA: 18																														
UNIDAD DE CONTROL				TABLERO <input type="checkbox"/>		MONTAJE EN YUGO <input checked="" type="checkbox"/>																															
ANALIZADOR/SISTEMA DE MUESTREO					MANTAJE EN YUGO <input checked="" type="checkbox"/>																																
GABINETE A PRUEBA DE INTEMPERIE <input checked="" type="checkbox"/>				SUMINIST. COMO UNIDADES SEPARADAS <input type="checkbox"/>																																	
MUESTREADOR SUMINISTRADO POR VENDEDOR <input checked="" type="checkbox"/>					USUARIO <input type="checkbox"/>																																
DISTANCIA ENTRE EL ANALIZADOR Y LA UNIDAD DE CONTROL (m): 1.5 APROX.																																					
CLASIFICACION ELECTRICA			ANALIZADOR: NEMA 4X																																		
			UNIDAD DE CONTROL <input type="checkbox"/>																																		
ACCESORIOS			GAS DE CALIBRACION <input type="checkbox"/>																																		
			REGISTRADOR <input type="checkbox"/>																																		
			SELECTOR AUTOMATICO DE CORRIENTE <input type="checkbox"/>																																		
FABRICANTE: #																																					
MODELO: #																																					
NOTAS:																																					
PRESION NORMAL/MAXIMA ( kPa )			77			77																															
TEMP. NORMAL/MAXIMA ( C )			20			25																															
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:5%;"></td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%;"></td> <td style="width:15%;"></td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>20/07/1997</td> <td colspan="3">P/ CONCURSO</td> <td>AOM</td> <td>DSS</td> <td colspan="4" rowspan="2" style="text-align:center; vertical-align:middle;">NOTAS</td> </tr> <tr> <td>No.</td> <td>FECHA</td> <td colspan="3">REVISIONES</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>																				A	20/07/1997	P/ CONCURSO			AOM	DSS	NOTAS				No.	FECHA	REVISIONES				
A	20/07/1997	P/ CONCURSO			AOM	DSS	NOTAS																														
No.	FECHA	REVISIONES																																			
UNAM DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA							ANALIZADOR DE CLORO RESIDUAL SENSOR Y TRANSMISOR			1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBE SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"																											
										PROJ. CHAPULTEPEC																											
										HOJA DE DATOS No.	REV																										
							I-100 / 2		A																												

SERVICIO: TANQUE REGULACION AGUA CRUDA					
FLUIDO: AGUA RESIDUAL CRUDA					
TAG No. LT-TA01					
TIPO <input checked="" type="checkbox"/> DOS HILOS ADMITANCIA RF <input type="checkbox"/> ULTRASONICO <input checked="" type="checkbox"/> CAPACITANCIA					
APLICACION: MEDICION CONTINUA DE NIVEL DE TANQUES					
DESCRIPCION MONITOR <input type="checkbox"/> TRANSMISOR CIEGO <input checked="" type="checkbox"/> LABORATORIO <input type="checkbox"/>					
REGISTRADOR <input type="checkbox"/>					
RANGO ( m ) : 3.00 (LONGITUD DEL SENSOR)					
SEÑAL DE SALIDA: 4-20 mA CD CON ALARMA					
EXACTITUD: (+- 2% DEL SPAN)					
LINEALIDAD: (+- .5% DEL SPAN)					
SUMINISTRO DISPONIBLE: 120 VOLTS 60 Hz					
TEMP. MEDIO AMBIENTE (C)		ALTA: 25	BAJA: 15	MEDIA: 18	
UNIDAD ELECTRONICA TABLERO <input type="checkbox"/> MONTAJE EN YUGO <input checked="" type="checkbox"/>					
SENSOR: MONTAJE STD. FABRICANTE					
CAJA DEL TRANSMISOR: NEMA 4X <input checked="" type="checkbox"/> SUMINIST. COMO UNIDADES SEPARADAS <input type="checkbox"/>					
AISLAMIENTO: 10000 omhs					
PROTECCION A RAYOS INTERCONSTRUIDA					
ACCESORIOS		INCLUIR 5 PIES DE CABLE <input checked="" type="checkbox"/>			
		INCLUIR DOS RELEVADORES SPDT DE 5A <input checked="" type="checkbox"/>			
FABRICANTE: #					
MODELO: #					
NOTAS:					
TANQUES ATMOSFERICOS					
PRESION NORMAL/MAXIMA ( kPa ):		77	77		
TEMP. NORMAL/MAXIMA ( C )		20	25		
A	20/07/1997	P/ CONCURSO		AOM	DSS
No.	FECHA	REVISIONES			
U N A M DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA		TRANSMISORES DE NIVEL POR CAPACITANCIA O ADMITANCIA			NOTAS
					1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEB SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"
					PROY. CHAPULTEPEC
				HOJA DE DATOS No.	REV
				I-100 / 1	A

<b>SERVICIO: TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA TRATADA</b>																																																												
<b>FLUIDO: AGUA TRATADA</b>																																																												
TAG No. LT-TA06																																																												
TIPO <input checked="" type="checkbox"/> DOS HILOS ADMITANCIA RF <input type="checkbox"/> ULTRASONICO <input checked="" type="checkbox"/> CAPACITANCIA																																																												
APLICACION: MEDICION CONTINUA DE NIVEL DE TANQUES																																																												
DESCRIPCION MONITOR <input type="checkbox"/> TRANSMISOR CIEGO <input checked="" type="checkbox"/> LABORATORIO <input type="checkbox"/>																																																												
REGISTRADOR <input type="checkbox"/>																																																												
RANGO ( m ) : 5.00 (LONGITUD DEL SENSOR)																																																												
SEÑAL DE SALIDA: 4-20 mA CD CON ALARMA																																																												
EXACTITUD: (+- 2% DEL SPAN)																																																												
LINEALIDAD: (+- .5% DEL SPAN)																																																												
SUMINISTRO DISPONIBLE: 120 VOLTS 60 Hz																																																												
TEMP. MEDIO AMBIENTE (C)		ALTA: 25	BAJA: 15	MEDIA: 18																																																								
UNIDAD ELECTRONICA		TABLERO <input type="checkbox"/>	MONTAJE EN YUGO <input checked="" type="checkbox"/>																																																									
SENSOR: MONTAJE STD. FABRICANTE																																																												
CAJA DEL TRANSMISOR: NEMA 4X <input checked="" type="checkbox"/>		SUMINIST. COMO UNIDADES SEPARADAS <input type="checkbox"/>																																																										
AISLAMIENTO: 10000 omhs																																																												
PROTECCION A RAYOS INTERCONSTRUIDA																																																												
ACCESORIOS		INCLUIR 5 PIES DE CABLE <input checked="" type="checkbox"/>																																																										
		INCLUIR DOS RELEVADORES SPDT DE 5A <input checked="" type="checkbox"/>																																																										
FABRICANTE: #																																																												
MODELO: #																																																												
NOTAS:																																																												
TANQUES ATMOSFERICOS																																																												
PRESION NORMAL/MAXIMA ( kPa ):		77	77																																																									
TEMP. NORMAL/MAXIMA ( C )		20	25																																																									
<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td rowspan="2">NOTAS</td> <td>1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEB</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>20/07/1997</td> <td colspan="2">P/ CONCURSO</td> <td>AOM</td> <td>DSS</td> <td>SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"</td> </tr> <tr> <td>No.</td> <td>FECHA</td> <td colspan="2">REVISIONES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>PROY. CHAPULTEPEC</td> </tr> <tr> <td colspan="2">UN AM DEP-FI</td> <td colspan="4">TRANSMISORES DE NIVEL POR</td> <td></td> <td>HOJA DE DATOS No.</td> </tr> <tr> <td colspan="2">FACULTAD DE</td> <td colspan="4">CAPACITANCIA O ADMITANCIA</td> <td></td> <td>REV</td> </tr> <tr> <td colspan="2">INGENIERIA</td> <td colspan="4"></td> <td></td> <td>1-100 / 2</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="4"></td> <td></td> <td>A</td> </tr> </table>												NOTAS	1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEB	A	20/07/1997	P/ CONCURSO		AOM	DSS	SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"	No.	FECHA	REVISIONES					PROY. CHAPULTEPEC	UN AM DEP-FI		TRANSMISORES DE NIVEL POR					HOJA DE DATOS No.	FACULTAD DE		CAPACITANCIA O ADMITANCIA					REV	INGENIERIA							1-100 / 2								A
						NOTAS	1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEB																																																					
A	20/07/1997	P/ CONCURSO		AOM	DSS		SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"																																																					
No.	FECHA	REVISIONES					PROY. CHAPULTEPEC																																																					
UN AM DEP-FI		TRANSMISORES DE NIVEL POR					HOJA DE DATOS No.																																																					
FACULTAD DE		CAPACITANCIA O ADMITANCIA					REV																																																					
INGENIERIA							1-100 / 2																																																					
							A																																																					

SERVICIO: TANQUE ALMACENAMIENTO HIPOCLORITO DE SODIO																											
FLUIDO: HIPOCLORITO DE SODIO COMERCIAL																											
TAG No. LT-TH																											
TIPO <input checked="" type="checkbox"/> DOS HILOS ADMITANCIA RF <input type="checkbox"/> ULTRASONICO <input checked="" type="checkbox"/> CAPACITANCIA																											
APLICACION: MEDICION CONTINUA DE NIVEL DE TANQUES																											
DESCRIPCION MONITOR <input type="checkbox"/> TRANSMISOR CIEGO <input checked="" type="checkbox"/> LABORATORIO <input type="checkbox"/>																											
REGISTRADOR <input type="checkbox"/>																											
RANGO ( m ) : 1.2 (LONGITUD DEL SENSOR)																											
SEÑAL DE SALIDA: 4-20 mA CD CON ALARMA																											
EXACTITUD: (+- 2% DEL SPAN)																											
LINEALIDAD: (+- .5% DEL SPAN)																											
SUMINISTRO DISPONIBLE: 120 VOLTS 60 Hz																											
TEMP. MEDIO AMBIENTE (C)		ALTA: 25	BAJA: 15	MEDIA: 18																							
UNIDAD ELECTRONICA TABLERO <input type="checkbox"/>			MONTAJE EN YUGO <input checked="" type="checkbox"/>																								
SENSOR: MONTAJE STD. FABRICANTE																											
CAJA DEL TRANSMISOR: NEMA 4X <input checked="" type="checkbox"/>			SUMINIST. COMO UNIDADES SEPARADAS <input type="checkbox"/>																								
AISLAMIENTO: 10000 omhs																											
PROTECCION A RAYOS INTERCONSTRUIDA																											
ACCESORIOS		INCLUIR 5 PIES DE CABLE <input checked="" type="checkbox"/>																									
		INCLUIR DOS RELEVADORES SPDT DE 5A <input checked="" type="checkbox"/>																									
FABRICANTE: #																											
MODELO: #																											
NOTAS:																											
TANQUES ATMOSFERICOS																											
PRESION NORMAL/MAXIMA ( kPa ):		77	77																								
TEMP. NORMAL/MAXIMA ( C )		20	25																								
<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td rowspan="3">NOTAS</td> <td rowspan="3">1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBEN SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>20/07/1997</td> <td colspan="2">P/ CONCURSO</td> <td>AOM</td> <td>DSS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>No.</td> <td>FECHA</td> <td colspan="2">REVISIONES</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>												NOTAS	1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBEN SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"	A	20/07/1997	P/ CONCURSO		AOM	DSS		No.	FECHA	REVISIONES				
						NOTAS	1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBEN SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"																				
A	20/07/1997	P/ CONCURSO		AOM	DSS																						
No.	FECHA	REVISIONES																									
U N A M D E P - F I		TRANSMISORES DE NIVEL POR CAPACITANCIA O ADMITANCIA				PROY. CHAPULTEPEC																					
FACULTAD DE INGENIERIA						HOJA DE DATOS No.	REV																				
						I-100 / 3	A																				





FLUIDO		AGUA CRUDA	SERVICIO	DIAGRAMA No.	M-302																																																			
GRAVEDAD ESPECIFICA A ( )			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="10">CONDICIONES DE OPERACION</th> </tr> <tr> <th>L / min</th> <th>CANT. FLUJO</th> <th>P1 ( )</th> <th>P2 ( )</th> <th>ΔP DISP. ( )</th> <th>ΔP PERM. ( )</th> <th>T1 (° )</th> <th>Co o Ca (calorias)</th> <th>Co o Ca (calorias)</th> <th>NIVEL SONORO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MIN.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MAX.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			CONDICIONES DE OPERACION										L / min	CANT. FLUJO	P1 ( )	P2 ( )	ΔP DISP. ( )	ΔP PERM. ( )	T1 (° )	Co o Ca (calorias)	Co o Ca (calorias)	NIVEL SONORO	MIN.										MAX.																				
CONDICIONES DE OPERACION																																																								
L / min	CANT. FLUJO	P1 ( )				P2 ( )	ΔP DISP. ( )	ΔP PERM. ( )	T1 (° )	Co o Ca (calorias)	Co o Ca (calorias)	NIVEL SONORO																																												
MIN.																																																								
MAX.																																																								
VISCOSIDAD A ( )		op																																																						
PRESION DE VAPO R A ( )																																																								
PRESION CRITCA A ( )																																																								
VEL DESCARGA A ( ) EN ( #																																																								
VEL SONICA DEL FLUIDO A ( )		---																																																						
% PESO EVAPORACION INSTANT.		---																																																						
CATEGORIA SISMICA																																																								
CLASE NUCLEAR			<table border="1"> <tr> <td>ΔP ( )</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CV</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P ( )</td> <td></td> </tr> <tr> <td>T (°C)</td> <td>25</td> </tr> </table>			ΔP ( )		CV		P ( )		T (°C)	25																																											
ΔP ( )																																																								
CV																																																								
P ( )																																																								
T (°C)	25																																																							
TIPO		#	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="5">ACTUADOR NEUMATICO</th> <th>TIPO</th> <th colspan="2">DIAFRAGMA Y RESORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TAMAÑO Y AREA</td> <td colspan="2">#</td> </tr> <tr> <td>ENTRADA</td> <td colspan="2">---</td> </tr> <tr> <td>VOLANTE Y MONTAJE</td> <td colspan="2">---</td> </tr> <tr> <td>AJUSTE EN BANCO</td> <td colspan="2">#</td> </tr> <tr> <td>PRESION AIRE</td> <td colspan="2">30</td> </tr> <tr> <td>SUMINISTRO (PSIG)</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>MARCA Y No. DE MODELO</td> <td colspan="2">#</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		ACTUADOR NEUMATICO	TIPO	DIAFRAGMA Y RESORTE		TAMAÑO Y AREA	#		ENTRADA	---		VOLANTE Y MONTAJE	---		AJUSTE EN BANCO	#		PRESION AIRE	30		SUMINISTRO (PSIG)			MARCA Y No. DE MODELO	#										<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="10">VALVULA SOLENOIDE</th> <th>TIPO</th> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CLASE NEMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VOL BOBINA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ENERGIZAR PARA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONEXIONES EXTREMOS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MATERIAL DEL CUERPO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MARCA Y No. DE MODELO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TAG. No.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		VALVULA SOLENOIDE	TIPO		CLASE NEMA		VOL BOBINA		ENERGIZAR PARA		CONEXIONES EXTREMOS		MATERIAL DEL CUERPO		MARCA Y No. DE MODELO		TAG. No.	
ACTUADOR NEUMATICO	TIPO	DIAFRAGMA Y RESORTE																																																						
	TAMAÑO Y AREA	#																																																						
	ENTRADA	---																																																						
	VOLANTE Y MONTAJE	---																																																						
	AJUSTE EN BANCO	#																																																						
PRESION AIRE	30																																																							
SUMINISTRO (PSIG)																																																								
MARCA Y No. DE MODELO	#																																																							
VALVULA SOLENOIDE	TIPO																																																							
	CLASE NEMA																																																							
	VOL BOBINA																																																							
	ENERGIZAR PARA																																																							
	CONEXIONES EXTREMOS																																																							
	MATERIAL DEL CUERPO																																																							
	MARCA Y No. DE MODELO																																																							
	TAG. No.																																																							
	TAMAÑO		#																																																					
	MATERIAL		#																																																					
PRESION NOMINAL ANSI		150 #																																																						
CONEXIONES EXTREMOS		#																																																						
EXTENSIONES EXTREMOS		---																																																						
TIPO BONETE		#																																																						
MATERIAL PERNO BONETE		#																																																						
EMPAQUE		#																																																						
LUBRICADOR / VALV AISLANTE		#																																																						
LUBRICANTE		#																																																						
TAPON DE DRENADO		#																																																						
FLUJO ABRIR / CERRAR		ABRIR																																																						
TAMAÑO DE PUERTO		#	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="10">INDICADOR DE POSICION</th> <th>TIPO</th> <th colspan="2">ELEC-NEU</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RANGO SEÑAL</td> <td colspan="2">DIRECTO</td> </tr> <tr> <td>ENTRADA ( PSIG</td> <td colspan="2">INVERSO</td> </tr> <tr> <td>LEVA / CARACTERISTICA</td> <td colspan="2">SI</td> </tr> <tr> <td>MARCA Y No. DE MODELO</td> <td colspan="2">#</td> </tr> <tr> <td>REGULADOR DE AIRE/ PRES. AJUSTE</td> <td>SI</td> <td>#</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		INDICADOR DE POSICION	TIPO	ELEC-NEU		RANGO SEÑAL	DIRECTO		ENTRADA ( PSIG	INVERSO		LEVA / CARACTERISTICA	SI		MARCA Y No. DE MODELO	#		REGULADOR DE AIRE/ PRES. AJUSTE	SI	#																																	
INDICADOR DE POSICION	TIPO	ELEC-NEU																																																						
	RANGO SEÑAL	DIRECTO																																																						
	ENTRADA ( PSIG	INVERSO																																																						
	LEVA / CARACTERISTICA	SI																																																						
	MARCA Y No. DE MODELO	#																																																						
	REGULADOR DE AIRE/ PRES. AJUSTE	SI				#																																																		
BALANCEADO O DESBAL		#																																																						
CARACTERISTICA		IGUAL PORCENTAJE (= %)																																																						
TIPO DE GUIA		#																																																						
ESPEC. Y CLASE FUGA		ANSI III																																																						
MATERIAL		#																																																						
No DE ASIENTOS		#																																																						
CONDICIONES AMBIENTALES			NOTAS: 1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBE SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"																																																					
			No. ORDEN COMPRA																																																					
			FABRICANTE Y MODELO																																																					
20/07/1997	PI CONCURSO	AOM	DSS	NUMERO DE IDENTIFICACION	FV-TA01																																																			
FECHA	REVISIONES																																																							
UNAM DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA		VALVULAS DE CONTROL			PROYECTO CHAPULTEPEC																																																			
					HOJA DE DATOS No. REV																																																			
					I-100 / 3 VC A																																																			









CONDICIONES DE SERVICIO		FLUIDO	LODOS SED. SEC.	SERVICIO	DIAGRAMA No.	M-301
CONDICIONES DE SERVICIO	GRAVEDAD ESPECIFICA A ( )				CONDICIONES DE OPERACION	
	VISCOSIDAD A ( )		cp		L/min	CANT. FLUJO
	PRESION DE VAPO R A ( )				P1	P2
	PRESION CRITICA A ( )				ΔP DISP.	ΔP PERM.
	VEL DESCARGA A ( ) EN ( #				T1	Co o Ca (calorias)
	VEL SONICA DEL FLUIDO A ( )					Co o Ca (calorias)
	% PESO EVAPORACION INSTANT.					NIVEL SONORO
	CATEGORIA SISMICA					
CLASE NUCLEAR						
FTE PRES ( )						PRES. EXTREMO ( ) TAM. LINEA 8" STD CEDULA ( )
L. NO. LINEA ( )				POSICION FALLA AIRE ( )		M A X I M O ΔP ( ) CV P ( ) T (°C) 25
CUERPO	TIPO	#		ACTUADOR NEUMATICO	TIPO	DIAFRAGMA Y RESORTE
	TAMAÑO	#			TAMAÑO Y AREA	#
	MATERIAL	#			ENTRADA	3-15 psig
	PRESION NOMINAL ANSI	150 #			VOLANTE Y MONTAJE	
	CONEXIONES EXTREMOS				AJUSTE EN BANCO	#
	EXTENSIONES EXTREMOS				PRESION AIRE	30
	TIPO BONETE	#			SUMINISTRO (PSIG)	
	MATERIAL PERNO BONETE	#			MARCA Y No #	
	EMPAQUE	#			DE MODELO	
	LUBRICADOR / VALV. AISLANTE	#				
LUBRICANTE	#					
TAPON DE DRENADO	#					
FLUJO ABRIR / CERRAR						
PARTES INTERNAS	TAMAÑO DE PUERTO	#		POSICIONADOR	TIPO	
	BALANCEADO O DESBAL.	#			RANGO SEÑAL	
	CARACTERISTICA	IGUAL PORCENTAJE (= %			ENTRADA ( )	
	TIPO DE GUIA	#			LEVA / CARACTERISTICA	
	ESPEC Y CLASE FUGA				MARCA Y No. DE MODELO	
	MATERIAL	#			REGULADOR DE AIRE/ PRES. AJUSTE	SI
	No DE ASIENTOS	#				
CONDICIONES AMBIENTALES				NOTAS: 1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # LLENADOS POR "VENDED		
				No. ORDEN COMPRA		
				FABRICANTE Y MODELO		
A	20/07/1997	P/ CONCURSO		AOM	DSS	NUMERO DE IDENTIFICACION LV-TA12
No.	FECHA	REVISIONES				
UNAM DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA				VALVULAS DE CONTROL		PROYECTO CHAPULTEPEC
						HOJA DE DATOS No. REV
						I-100 / 7 VC A

FLUIDO		Lodos SED. SEC.	SERVICIO	DIAGRAMA No.	M-301							
CONDICIONES DE SERVICIO	GRAVEDAD ESPECIFICA A ( )		CONDICIONES DE OPERACION									
	VISCOSIDAD A ( ) cp		L / min	CANT. FLUJO ( )	P1 ( )	P2 ( )	ΔP DISP. ( )	ΔP PERM. ( )	T1 (°)	Co o Ca (calorias)	Co o Ca (calorias)	NIVEL SONORO
	PRESION DE VAPO R A ( )		MIN									
	PRESION CRITICA A ( )		MAX.									
	VEL. DESCARGA A ( ) EN ( #											
	VEL SONICA DEL FLUIDO A ( )											
	% PESO EVAPORACION INSTANT.											
	CATEGORIA SISMICA											
	CLASE NUCLEAR											
							PRES EXTREMO TAM LINEA 8" CEDULA STD ΔP ( ) CV P ( ) T (°C) 25					
C U E R P O	TIPO	#	TIPO	DIAFRAGMA Y RESORTE		TIPO						
	TAMAÑO	#	TAMAÑO Y AREA	#		CLASE NEMA						
	MATERIAL	#	ENTRADA	3-15 psig		VOL BOBINA						
	PRESION NOMINAL ANSI	150 #	VOLANTE Y MONTAJE			ENERGIZAR PARA						
	CONEXIONES EXTREMOS		AJUSTE EN BANCO	#		CONEXIONES EXTREMOS						
	EXTENSIONES EXTREMOS		PRESION AIRE	30		MATERIAL DEL CUERPO						
	TIPO BONETE	#	SUMINISTRO (PSIG)			MARCA Y No DE MODELO						
	MATERIAL PERNO BONETE	#	MARCA Y No DE MODELO			TAG. No.						
	EMPAQUE	#	TIPO			No. DE CONTACT	"A					
	LUBRICADOR / VALV AISLANTE	#	RANGO SEÑAL			ABIERTO/ CERRAD	"C					
LUBRICANTE	#	ENTRADA ( )			CLASE NEMA / VOLTAJE	NEMA 24 V C						
TAPON DE DRENADO	#	LEVA / CARACTERISTICA			POLOS DEL INTERRUPTOR	SPDT						
FLUJO ABRIR / CERRAR	ABRIR	MARCA Y No DE MODELO			MARCA Y No DE MODELO							
PARTES INTERNAS	TAMAÑO DE PUERTO	#	REGULADOR DE AIRE/ PRES. AJUSTE	SI		TAG. No.	ZSH-GA12					
	BALANCEADO O DESBAL.	#	NOTAS: 1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # LLENADOS POR "VENDEDOR" 2.- ESTA VALVULA REQUIERE TRANSDUCTOR DE 1/2" INTEGRADO Y EL TAG ES FY-GA12				TAG. No.	ZSL-GA12				
	CONDICIONES AMBIENTALES											
	CARACTERISTICA	IGUAL PORCENTAJE (= %	No. ORDEN COMPRA		FABRICANTE Y MODELO							
	TIPO DE GUIA	#	AOM DSS		NUMERO DE IDENTIFICACION							
	ESPEC Y CLASE FUGA	#			FV-GA12							
	MATERIAL	#										
	No DE ASIENTOS	#										
	UN AM DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA		VALVULAS DE CONTROL		PROYECTO CHAPULTEPEC		HOJA DE DATOS No.	REV				
							I-100 / 8VC	A				

SERVICIO	ENTRADA INFLUENTE	ENTRADA INFLUENTE	ENTRADA INFLUENTE
TAMAÑO DE LINEA	8"	8"	14"
CEDULA			
TAG No	UV-001	UV-002	UV-003
FLUIDO	AGUA RESIDUAL CRUDA	AGUA RESIDUAL CRUDA	AGUA RESIDUAL CRUDA
FLUJO MAXIMO ( lps )	60	60	100
FLUJO DE OPERACION ( lps )	40	40	80
DENSIDAD ( g/l )	1	1	1
VISCOSIDAD A ( )		cp	
PREBION DE VAPO R A ( )			
PREBION CRITICA A ( )			
VEL DESCARGA A ( ) EN ( #	#	#	#
NIVEL DE RUIDO CALCULADO dBA	#	#	#
CATEGORIA SISMICA	No aplica	No aplica	No aplica
CLASE NUCLEAR	No aplica	No aplica	No aplica
TIPO	#	#	#
TAMAÑO	#	#	#
MATERIAL	#	#	#
PRESION NOMINAL ANSI	150 #	150 #	150 #
CONEXIONES EXTREMOS	BRIDAS	BRIDAS	BRIDAS
TIPO BONETE	#	#	#
MATERIAL PERNO BONETE	#	#	#
EMPAQUE	#	#	#
LUBRICADOR / VALV AISLANTE	#	#	#
LUBRICANTE	#	#	#
TAPON DE DRENADO	#	#	#
FLUJO ABRIR / CERRAR	ABRIR	ABRIR	ABRIR
FORMA DE INTERIORES	#	#	#
MATERIAL DE INTERIORES	#	#	#
NIVEL MAX. RUIDO dBA	#	#	#
MODELO Y TAMAÑO	#	#	#
TIPO DE ACTUADOR	#	#	#
CIERRA AL	DESENERGIZAR	DESENERGIZAR	DESENERGIZAR
ABRE AL	ENERGIZAR	ENERGIZAR	ENERGIZAR
POSICION A FALLA	ABRIR TOTALMENTE	ABRIR TOTALMENTE	ABRIR TOTALMENTE
TIPO VOLANTE Y LOCALIZACION	#	#	#
FABRICANTE Y MODELO	#	#	#
TIPO	#	#	#
SEÑAL DE ENTRADA	220 / 120 VAC	220 / 120 VAC	220 / 120 VAC
SEÑAL DE SALIDA	CONTACTO DPDT	CONTACTO DPDT	CONTACTO DPDT
PRESION SUMINISTRO AIRE	#	#	#
MARCA Y MODELO	#	#	#
SEÑAL DE ENTRADA	#	#	#
SEÑAL DE SALIDA	4-20 mA	4-20 mA	4-20 mA
DIAGRAMA	M-302	M-302	M-302

CONDICIONES AMBIENTALES

NOTAS:  
1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # LLENADOS POR \*VENDED

				No. ORDEN COMPRA
				FABRICANTE Y MODELO
20/07/1997	PI/CONCURSO	AOM	DSS	
FECHA	REVISIONES			

UNAM DEP-FI FACULTAD DE INGENIERIA	VALVULAS MOTORIZADAS	PROYECTO CHAPULTEPEC	
		HOJA DE DATOS No.	REV
		I-100 / 1 VM	A

C A J A	TIPO DE CONSTRUCCION	LLENO DE GLICERINA	E L E M E N T O	TIPO	BOURDON	E L E M E N T O	PROTECCION VACIO	USE CODIGO ACCES- (F)	A C C E S O R I O S	TIPO Y MATERIAL AMORTIGUADOR	EMBOLO 3 *(1)
	MATERIAL	STD. FABRICANTE		TIPO MOVIMIENT	STD. FABRICANTE		PROTECCION SOBRRERANGO	USE CODIGO ACCES- (F)		TIPO Y MATERIAL DE SIFON	
	MONTAJE	LOCAL		MATERIALES MOVIMIENTO	304 SS		TIPO AJUSTE CER	STD. FABRICANTE			
	COLOR	STD. FABRICANTE		TAMAÑO Y TIPO CONEXION	1/2 " NPT		TAMAÑO NOMINAL	152.6 mm (6")		*(1) (A1) LATON (A2) ACERO (A3) ACERO INOXIDABL (A4) MONEL	COMPRA
	TIPO DE VIDRIO	INASTILLABLE		LOCALIZACION CONEXION	INFERIOR		COLORES	BLANCA CON Nos. NEGROS			FABRICANTE
	ANILLO ROSCADO O INSERTO	INSERTO		EXACTITUD GARANTIZADA	(+/-) ½ %						#
	DISPOSITIVO DE ESCAPE	DISCO									No.ORDEN COMPR
REV.	No. IDENTIFICACI	SERVICIO	P R O C E S O			RANGO ESCALA	MATERIAL ELEM./CONEXION	DIAG. No.	ACCESORIOS	MODELO	
A	PI-GA01	DESCARGA BOMBA GA-01	FLUIDO	PSIG. MAX.	(°C)		316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#	
A	PI-GA02	DESCARGA BOMBA GA-02	AGUA CRUDA	8	20	#	316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#	
A	PI-GA03	DESCARGA BOMBA GA-03	AGUA CRUDA	8	20	#	316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#	
A	PI-GA04	DESCARGA BOMBA GA-04	AGUA CRUDA	8	20	#	316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#	
A	PI-GA05	DESCARGA BOMBA GA-05	AGUA CRUDA	8	20	#	316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#	
A	PI-GA06	DESCARGA BOMBA GA-06	LODOS SED. SECUNDARIO	4	20	#	316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#	
NOTAS:											
1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBEN SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"											
A	20/07/1997	P/ CONCURSO	AOM	DSS							
No.	FECHA	REVISIONES									
U N A M D E P - F I FACULTAD DE INGENIERIA			I N D I C A D O R E S D E P R E S I O N								
P R O Y E C T O C H A P U L T E P E C											
H O J A D E D A T O S N o .									REV		
1-100 / 1 M A N									A		

C A J A	TIPO DE CONSTRUCCION	LLENO DE GLICERINA	ELEMENTO	TIPO	BOURDON	ELEMENTO	PROTECCION VACIO	USE CODIGO ACCES- (F)	ACCESORIOS	TIPO Y MATERIAL AMORTIGUADOR	EMBOLO 3 *(1)
	MATERIAL	STD. FABRICANTE		MATERIALES	STD. FABRICANTE		PROTECCION SOBRERRANGO	USE CODIGO ACCES- (F)		TIPO Y MATERIAL DE SIFON	
	MONTAJE	LOCAL		MOVIMIENTO	TAMAÑO Y TIPO		TIPO AJUSTE CER	STD. FABRICANTE			
	COLOR	STD. FABRICANTE		CONEXION	1/2 " NPT						
	TIPO DE VIDRIO	INASTILLABLE		LOCALIZACION	INFERIOR	ESCALA	TAMAÑO NOMINAL	152.6 mm (6")	*(1)	COMPRA	
	ANILLO ROSCADO O INSERTO	INSERTO		CONEXION	EXACTITUD GARANTIZADA		(+/-) ½ %	COLORES	BLANCA CON Nos. NEGROS	(A1) LATON	FABRICANTE
	DISPOSITIVO DE ESCAPE	DISCO		EXACTITUD GARANTIZADA	(+/-) ½ %		(A2) ACERO	(A3) ACERO INOXIDABL	No.ORDEN COMPR		
	(A4) MONEL	#									
REV.	No. IDENTIFICACI	SERVICIO	PROCESO			RANGO ESCALA	MATERIAL ELEM./CONEXION	DIAG. No.	ACCESORIOS	MODELO	
A	PI-GA07	DESCARGA BOMBA GA-07	FLUIDO	PSIG. MAX.	(°C)						
			LODOS SED. SECUNDARIO	4	20	#	316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#	
A	PI-GA08	DESCARGA BOMBA GA-08	AGUA TRATADA	8	23	#	316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#	
A	PI-GA09	DESCARGA BOMBA GA-09	AGUA TRATADA	8	23	#	316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#	
A	PI-GA10	DESCARGA BOMBA GA-10	AGUA TRATADA	8	23	#	316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#	
A	PI-GA11	DESCARGA BOMBA GA-11	LODOS SED. SECUNDARIO	4	20	#	316 SS	M-301	AMORTIGUADOR	#	
A	PI-GA12	DESCARGA BOMBA GA-12	LODOS SED. SECUNDARIO	4	20	#	316 SS	M-301	AMORTIGUADOR	#	
NOTAS:											
1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBEN SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"											
A	20/07/1997	PI CONCURSO	AOM	DSS							
No.	FECHA	REVISIONES									
U N A M D E P - F I			INDICADORES DE PRESION							PROYECTO CHAPULTEPEC	
FACULTAD DE INGENIERIA										HOJA DE DATOS No.	REV
										1-100 / 2 MAN	A

C A J A	TIPO DE CONSTRUCCION	LLENO DE GLICERINA	ELEMENTO	TIPO	BOURDON	ELEMENTO	PROTECCION VACIO	USE CODIGO ACCES- (F)	ACCESORIOS	TIPO Y MATERIAL AMORTIGUADOR	EMBOLO 3 *(1)	
	MATERIAL	STD. FABRICANTE		TIPO MOVIMIENT	STD. FABRICANTE		PROTECCION SOBERRANGO	USE CODIGO ACCES- (F)		TIPO Y MATERIAL DE SIFON		
	MONTAJE	LOCAL		MATERIALES MOVIMIENTO	304 SS		TIPO AJUSTE CER	STD. FABRICANTE				
	COLOR	STD. FABRICANTE		TAMAÑO Y TIPO CONEXION	1/2 " NPT		TAMAÑO NOMINAL	152.6 mm (6")		(1)	COMPRA	
	TIPO DE VIDRIO	INASTILLABLE		LOCALIZACION CONEXION	INFERIOR		COLORES	BLANCA CON Nos. NEGROS		(A1)	LATON	FABRICANTE
	ANILLO ROSCADO O INSERTO	INSERTO		EXACTITUD GARANTIZADA	(+/-) ½ %					(A2)	ACERO	#
	DISPOSITIVO DE ESCAPE	DISCO								(A3)	ACERO INOXIDABL	No.ORDEN COMPR
						(A4)	MONEL	#				
REV.	No. IDENTIFICACI	SERVICIO	PROCESO			RANGO ESCALA	MATERIAL ELEM./CONEXION	DIAG. No.	ACCESORIOS	MODELO		
			FLUIDO	PSIG. MAX.	(°C)							
A	PI-GA13	DESCARGA BOMBA GA-13	LODOS SED. SECUNDARIO	4	20	#	316 SS	M-301	AMORTIGUADOR	#		
A	PI-GA14	DESCARGA BOMBA GA-14	AGUA TRATADA	4	23	#	316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#		
A	PI-GA15	DESCARGA BOMBA GA-15	AGUA TRATADA	4	23	#	316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#		
A	PI-GA16	DESCARGA BOMBA GA-16	AGUA TRATADA	2	23	#	316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#		
A	PI-GA17	DESCARGA BOMBA GA-17	AGUA TRATADA	2	23	#	316 SS	M-302	AMORTIGUADOR	#		
A	20/07/1997	P/ CONCURSO	AOM	DSS								
No.	FECHA	REVISIONES										
U N A M D E P - F I FACULTAD DE INGENIERIA			INDICADORES DE PRESION			PROYECTO CHAPULTEPEC						
						HOJA DE DATOS No.			REV			
						1-100 / 3 MAN			A			

NOTAS:  
1.- LOS ESPACIOS MARCADOS CON # DEBEN SER LLENADOS POR EL "VENDEDOR"



