

8  
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

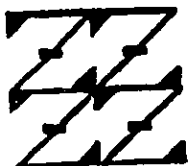
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA.**

**“DISEÑO INTEGRAL DE UNA PLANTA  
POTABILIZADORA DE AGUA”**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO QUIMICO**  
P R E S E N T A :  
**LIDIA GRADA MARTINEZ**

277946

DICIEMBRE 1999.



LO HUMANO  
-12  
DE NUESTRA REFLEXION

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/0041/98

ASUNTO: Asignación de Jurado

C. LIDIA GRADA MARTÍNEZ

Presente

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, le comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:

*Presidente: I.Q. Raúl Ramón Mora Hernández*  
*Vocal: I.Q. Dionisio Deseano Cobos*  
*Secretario: I.Q. Antonio Avalos Ramírez*  
*Suplente: I.Q. Martha Flores Becerril*  
*Suplente: Biol. Ma. Eugenia Ibarra Hernández*

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

México, D.F., 9 de Noviembre de 1998

EL JEFE DE LA CARRERA

I.Q. ARTURO E. MENDEZ GUTIERREZ

Irm

*A DIOS:*

Le agradezco la Vida.

*A MI PAPÁ:*

Te ofrezco este trabajo, agradeciéndote todo el cariño, apoyo y comprensión que me diste durante todo el tiempo que estuviste con nosotros (que me hubiera gustado que fuera más).

*A MI MAMÁ:*

Que me apoyas y me enseñas con tu fortaleza y amor a continuar viviendo a pesar de las grandes adversidades.

*A MIS HERMANOS:*

Que trataré de brindarles mi ayuda en la medida que me lo permitan y me sea posible.

*A MIS TÍOS, PRIMOS Y PERSONAS ESPECIALES:*

Que en algún momento me brindaron sus consejos, experiencias, sugerencias y propuestas para continuar

*A MIS AMIGOS, LOS VERDADEROS:*

Quienes han estado presentes conmigo en: las preocupaciones, adversidades y alegrías, con quienes he construido una profunda amistad y me siento dichosa de contar con todos ustedes.

*A MI ASESOR Y SU FAMILIA.*

Por su paciencia y ayuda en la elaboración de este trabajo.

*A MIS PROFESORES.*

*A MI UNIVERSIDAD.*

# C O N T E N I D O

RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. GENERALIDADES.	
2 Generalidades .....	9
2.1 Sistema Hidráulico del Valle de México.....	15
2.2 Infraestructura de los sistemas hídricos del área metropolitana.....	19
2.2.1 Fuentes Subterráneas de Abastecimiento.....	19
2.2.2 Fuentes Superficiales de Abastecimiento.....	20
III. EL AGUA	
3.1 Características Generales.....	31
3.2 Propiedades del Agua.....	32
3.2.1 Propiedades Físicas .....	32
3.2.2 Propiedades Químicas.....	33
3.2.3 Propiedades Biológicas.....	34
3.3 Agentes que afectan la calidad del agua.....	35
3.4 Marco legal de regulación de la calidad del agua para consumo humano .....	37
3.5 Calidad del agua para consumo humano.....	40
3.5.1 Organolépticas y Físicas.....	40
3.5.2 Fisicoquímicas .....	41
3.5.3 Microbiológicas .....	42
3.5.4 Plaguicidas .....	42

#### IV. TECNOLOGIA DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA.

4 Tecnología de potabilización del agua .....	43
4.1 Proceso Físico .....	43
4.1.1 Filtración.....	44
4.2 Procesos Químicos.....	54
4.2.1 Suavización .....	54
4.2.2 Desmineralización.....	60
4.2.3 Osmosis Inversa .....	63
4.3 Desinfección.....	70
4.3.1 Cloración .....	72
4.3.2 Ozono .....	79
4.3.3 Ultravioleta.....	88

#### V. PROYECTO EJECUTIVO DE LA PLANTA POTABILIZADORA

5.1 Ingeniería Conceptual .....	95
5.1.1 Criterios de selección del sitio.....	105
5.1.2 Criterios de selección de la tecnología.....	108
5.1.3 Imagen del producto .....	110
5.2 Diseño de la planta potabilizadora .....	116
5.2.1 Bases de diseño .....	117
5.2.2 Descripción del proyecto .....	118
5.2.3 Alcance del proyecto .....	118
5.2.4 Objetivos del proyecto .....	119
5.2.5 Distribución de la planta y los equipos .....	119
5.2.6 Capacidad instalada.....	121
5.2.7 Proceso de producción .....	121
5.2.8 Memoria de cálculo .....	125
5.2.9 Descripción técnica del proyecto .....	130
5.3 Estudio de mercadotecnia.....	135

5.3.1 Mercado .....	135
5.3.2 Antecedentes y proyección de la demanda .....	136
5.3.3 Capacidad instalada.....	137
5.3.4 Comportamiento de la oferta.....	137
5.3.5 Mecanismo de comercialización y/o distribución.....	137
5.4 Estudio de factibilidad económica.....	138
5.4.1 Insumos.....	138
5.4.2 Inversión esperada.....	139
5.4.3 Costo de operación.....	141
5.4.4 Producción.....	142
5.4.5 Presupuesto de ventas.....	147
5.4.6 Costos variables y fijos.....	148
5.4.7 Evaluación financiera.....	151
VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	156
VII. CONCLUSIONES .....	169
BIBLIOGRAFIA.....	170
APENDICE.....	



## RESUMEN

El abastecimiento de agua potable se ha convertido en un problema mundial, esto se debe en gran parte a la explotación de dicho recurso tan necesario para la vida. Hace algunos años, el agua podía ser consumida directamente de los mantos freáticos, en la actualidad existe el temor de ingerirla directamente de los mismos, debido básicamente a la desconfianza en su calidad.

Esta problemática ha desarrollado un mercado que en décadas pasada no existía, esto es: las fábricas de purificación de agua, mismos que deben cumplir los parámetros físicos, químicos y biológicos establecidos por la autoridad responsable en cada entidad. Esta actividad genera satisfactores a la comunidad, empleos y favorece la economía del país, en este aspecto, la tecnología existente en el país es similar a la de países desarrollados.

El estudio que se presenta, comprende una breve descripción de la problemática actual en nuestro país para el suministro y calidad del agua para consumo humano, identificando las zonas que presentan deficiencias en el suministro de agua potable, así mismo aquellas tecnologías, para obtener agua con las características necesarias para consumo humano (sistemas de potabilización), de igual manera se fundamenta el análisis de factibilidad para la instalación de una planta potabilizadora en el Valle de México, que permita cumplir con la demanda de agua potable en el sitio donde se proyecte la instalación, y asegure la calidad óptima de la misma, tomando en consideración actores tales como: abundancia o escasez del agua en la fuente de abastecimiento y el sistema de tratamiento más idóneo, para con ello hacer una pequeña contribución a la problemática existente, ya que una de las finalidades de la carrera de Ingeniería Química es proporcionar soluciones viables a problemas que afecten a la comunidad aplicando los conocimientos adquiridos en esta rama.

## 1. INTRODUCCION

Uno de los servicios imperativos en la sociedad moderna a nivel mundial es el abastecimiento de agua; sin el preciado líquido, ni el individuo ni la comunidad podrían subsistir. Asimismo, conforme crecen las comunidades humanas, se hace más serio el problema de abastecimiento. Nuestro país no es ajeno a la problemática mundial de escasez de agua. Al igual que otras urbes del mundo, los problemas de la ciudad de México son producto de una compleja interacción de los factores políticos, económicos y sociales. Sin embargo, mientras que las grandes civilizaciones del mundo, generalmente se establecieron en las márgenes de un gran río, la civilización Azteca se sitió sobre una laguna, este hecho, marcó el inicio de una incesante lucha por y contra el agua. Los habitantes de la ciudad han modificado su medio físico, la mayoría para su beneficio, pero generando otros conflictos, así mismo con el paso del tiempo los problemas de la ciudad han rebasado las fronteras del Valle de México.

Actualmente el 85% de la población tiene acceso a los servicios de agua potable, una de cada cuatro personas, habita en lugares localizados a más de 2000 metros sobre el nivel del mar, donde se cuenta con el 4% del escurrimiento de agua dulce. Así mismo, una de cada cuatro personas habitan en lugares que se encuentran localizados por debajo de 500 mts sobre el nivel del mar. Por estas características, en varias regiones del país existen problemas de abastecimiento de agua.

La zona metropolitana del Valle de México que comprende el Distrito Federal y 17 municipios conurbados del Estado de México, cuenta con cerca de 20 millones de habitantes. La zona lacustre del Valle ha desaparecido, así mismo la distribución del agua no es uniforme, esto es, existen usuarios del servicio que reciben patrones de consumo comparables a los de ciudades con disponibilidad limitada de agua y en otros casos donde el crecimiento es desordenado; el suministro es problemático y costoso.

La zona metropolitana del Valle de México consume aproximadamente  $62 \text{ m}^3$  de agua por segundo:  $35 \text{ m}^3/\text{s}$  en el Distrito Federal y  $27 \text{ m}^3/\text{s}$  en los municipios conurbados.

Del caudal necesario para abastecer a la ciudad de agua, el 66% se obtiene mediante pozos localizados en el valle sobre los que está asentada la ciudad. El empleo de esta fuente de abastecimiento ha provocado hundimientos del terreno, lo cual presenta una afectación al funcionamiento hidráulico de las redes de distribución. El porcentaje restante se provee, por medio de infraestructuras hidráulicas, de fuentes localizadas en el exterior del Valle de México, uno de ellos es el acuífero del Valle de Lerma localizado a 60 km de la ciudad así como el sistema de agua superficiales, conocido como Cutzamala localizado a 127 km de la ciudad de México y a una altitud aproximada de 1000 metros por debajo del Valle de México.

Anteriormente la calidad de los mantos acuíferos y del agua subterránea era excelente por ello durante las últimas décadas se le dio más importancia a la cantidad de agua potable más no así a su calidad. Sin embargo al transcurrir el tiempo y acentuarse la sobre explotación, se extrajo agua proveniente de mantos acuíferos poco permeables, lo que permite que el agua permanezca más tiempo en contacto con formaciones geológicas, que contienen algunas sustancias que son diluidas y por lo tanto altera la calidad química del líquido. Por otro lado, el crecimiento urbano ha degradado la calidad del agua, debido a los asentamientos humanos en zonas rocosas y permeables de la ciudad; donde casi siempre se carece del servicio de drenaje, asimismo, las aguas residuales pueden contaminar directamente el acuífero o el agua de lluvia que escurre y lo recarga.

Según la Comisión Nacional de Agua, la mayoría de los mexicanos podemos beber el agua del grifo, no obstante, la posibilidad de que este contaminada inquieta a muchas personas en la actualidad. Los encargados de los sistemas de distribución buscan con ahínco los medios para suministrar un líquido puro y saludable, pero la demanda rebasa los esfuerzos realizados. En marzo de 1996, se tomaron 28 muestras de agua en distintos puntos de 7 colonias del sur y del oriente del Distrito Federal para su análisis, cuyo resultado demuestran que todas presentan un alto contenido de bacterias<sup>1</sup>.

En el municipio de San Fernando, estado de Tamaulipas, los habitantes observaron que desde tiempo atrás el agua salía muy turbia, para lo cual

caracterizaron una muestra, cuyo resultado fue una concentración de coliformes 1200 veces mayor al límite máximo permitido por las normatividad vigente.

En ambos sitios no se registraron casos de enfermedad, que pudieran asociarse de manera concluyente a la contaminación del líquido. La Dra. Alejandra Moreno Altamirano, coordinadora de Investigación del Departamento de Salud Pública de la UNAM, opina que, es muy posible que algunas personas hayan presentado enfermedades gastrointestinales y que no hayan acudido a los servicios médicos, esto es, "Si se les hubiera practicado un coprocultivo, seguramente se habría visto que tenían amibas o salmonella."<sup>1</sup>

La degradación en la calidad del agua que se abastece al Valle de México a través de la Comisión Nacional del Agua, señala la necesidad de completar los procesos de desinfección por cloro; por procesos de potabilización más eficaces, para asegurar la calidad del agua.<sup>1</sup>

Conforme se han ido perfeccionando la tecnología del agua, han aumentando las exigencias respecto a las propiedades y atributos del agua potable, insistiendo en que estas sean claras y estén razonablemente libres de sales, exentas de sustancias tóxicas y gérmenes patógenos causantes de diversas enfermedades.

Los agentes contaminantes que más preocupan a los especialistas son: virus, parásitos intestinales y bacterias; ciertos productos químicos (Inorgánicos, como el

---

<sup>1</sup> Ref. Bibliográfica No. 11

plomo y los nitratos y orgánicos como el benceno) y subproductos de la desinfección del agua.

Por lo común la gente tiene más temor a los productos químicos que a los microbios, debido a que muchos de ellos se han asociado con el cáncer y otras enfermedades, esto es, los subproductos de la desinfección del agua despertaron sospechas cuando se descubrió su asociación con el cáncer en los animales de laboratorio. En el caso de los humanos, varios estudios a largo plazo indicaron una mayor incidencia de cáncer entre quienes bebían agua clorada de superficie.

Los cuatro contaminantes que suelen detectarse con más frecuencias en cantidades superiores a las permitidas por la SSA, son: los nitratos, las bacterias, el plomo y el radio. La contaminación con nitratos sólo puede producirse en fuentes del agua potable antes de que esta llegue a las plantas de tratamiento. A los niños menores de un año, los nitratos les provocan cianosis tóxica, también conocida como: "Síndrome del niño Azul", el cual es un trastorno sanguíneo que en ocasiones resulta mortal.

La contaminación con bacterias y plomo ocurre una vez que el agua ha salido de la planta de tratamiento, durante su recorrido por la tubería de distribución, ya que el plomo puede provenir de las cañerías domésticas. El plomo lesiona los riñones, entorpece el desarrollo cerebral de los niños provocando trastornos en el aprendizaje y en la conducta.

Por lo común, los materiales radioactivos del agua, proceden del radio o del uranio que se encuentra naturalmente en ciertas tierras, donde el radio causa cáncer, sobre todo de los huesos, mientras que se ha visto que el uranio causa trastornos renales.

En la medida en que ha crecido la sospecha sobre la calidad sanitaria del agua que se bebe, se ha incrementado la demanda de agua purificada y ha favorecido el surgimiento de fábricas improvisadas que carecen de instalaciones adecuadas.

En Septiembre de 1997 la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) efectuó una investigación a nivel nacional para determinar la calidad del agua embotellada de distintas marcas que se encuentran a la venta del público, donde de 305 marcas de agua purificada envasada en garratón con presentación de 19 litros todas no cumplen con la normatividad vigente.

En este estudio se realizaron tres tipos de prueba: calidad sanitaria, composición química y contenido neto, la calidad sanitaria, fue el aspecto más importante del análisis y se evaluó determinando la cantidad de microorganismos presentes en el agua de "mesofílicos aerobios", los cuales a pesar de ser inocuos para la salud manifiestan un manejo sanitario deficiente del producto.

De los resultados obtenidos el 8 % no presentaron marca ni etiquetas, además se encontraron irregularidades en su calidad sanitaria.

## **II. GENERALIDADES**



En esta problemática lucha por el agua, los viejos problemas de la ciudad, el crecimiento acelerado y el hundimiento del suelo, tienen un nuevo componente, la dependencia de fuentes de abastecimiento cada vez más alejadas, de esta manera, para suministrar de agua al Valle de México con la cantidad y calidad requerida, es necesario tomar en cuenta una gran diversidad de factores técnicos, políticos, jurídicos, administrativos, económicos y sociales.

Tomando en consideración las deficiencias de la Comisión Nacional del Agua, el proyecto de Tesis, contempla una breve descripción de la problemática actual en el suministro y calidad del agua para consumo humano, se identifican las zonas que presentan deficiencias en el suministro de agua potable, asimismo, las tecnologías para obtener agua con las características necesarias para el consumo humano, y por último el análisis de factibilidad para la instalación de una planta potabilizadora en el Valle de México, que permita asegurar una cantidad y calidad óptima, tomando en cuenta el factor de población, abundancia o escasez del agua en la fuente de abastecimiento y el sistema de tratamiento más idóneo.

## 2. GENERALIDADES

El valle de México se encuentra ubicado en la Mesa Central, con una extensión de 9600 km<sup>2</sup>, su forma es semejante a la de una elipse: su eje mayor, de noroeste a sureste, mide unos 110 km y su eje menor, de este a oeste, tiene una longitud de 80 km aproximadamente, completamente rodeado de montañas, la altitud de su planicie central oscila entre 2240 y 2390 m.s.n.m <sup>\*</sup> constituyendo una cuenca cerrada sin salidas naturales para los escurrimientos que se generan dentro de la misma.

El valle contiene varios lagos, entre los cuales se encuentran el de Texcoco, la laguna de Zumpango en el noroeste, mientras que el lago de Chalco, se extinguió por completo a principios del presente siglo. Los dos primeros lagos y los canales de Xochimilco son los últimos vestigios de otros mas grandes y numerosos que formaban parte de un solo cuerpo de agua poco profundo. Hacia el noroeste del valle se ubica un área de numerosas elevaciones volcánicas y con depresiones que ocupan algunas lagunas de menor importancia, tal como las de Apan, Tochac y Tecocomulco, las cuales desaparecen en el estiaje.

El clima del Valle de México se clasifica como subtropical de altura, templado, semi seco y sin estación invernal definida. La temperatura media anual es de

---

<sup>\*</sup> m.s.n.m = metros sobre el nivel del mar.

15°C. Por otro lado las lluvias ocurren en los meses de mayo a octubre y la sequía abarca todo el año. La precipitación media anual es de 700 mm.

Las cadenas montañosas que rodean el valle de México lo protegen de la acción directa de los huracanes. Las lluvias de verano son concentradas y de corta duración, la distribución temporal de las lluvias es muy desfavorable desde el punto de vista de su aprovechamiento o control, ya que casi la totalidad de la precipitación de un año se concentra en un número muy reducido de tormentas. Así, durante una sola tormenta es posible que se precipite entre 7 y el 10% de la lluvia media anual; de este volumen, más del 50% se precipita en tan solo 30 minutos, provocando crecientes. Así se explica la paradoja que a vivido el Valle de México, donde, a lo largo de la historia el exceso de lluvia ha contrastado con la falta de ella, debido a la dificultad de controlar los escurrimientos generados durante las tormentas, reflejándose en la problemática de desalojar estas aguas.

En la figura 2.1, se muestra la orografía y lagos del Valle de México.



Desde el punto de vista hidrográfico, el valle de México puede dividirse en once zonas, tal como se muestra en la figura 2.2.

La zona I comprende las cuencas de los ríos que descienden de la sierra del Chichinautzin, la cual presenta formaciones basálticas de gran permeabilidad. El caudal medio de los ríos San Gregorio, San Lucas, Santiago y San Buenaventura, situados en esta zona, es únicamente de 38 l/s, sin embargo, durante tormentas excepcionales ocurren avenidas importantes, especialmente en el río San Buenaventura, donde se han presentado caudales cercanos a los 100 m<sup>3</sup> /s.

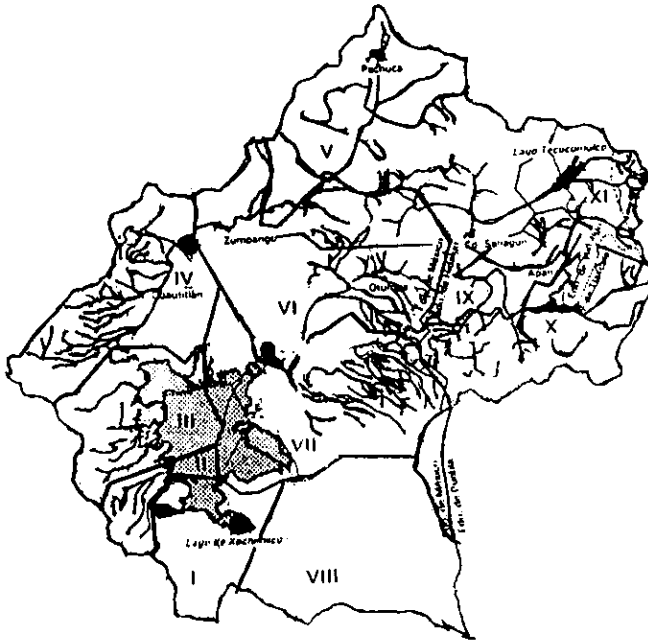
Las zonas II y III incluyen el área urbanizada de la ciudad de México y los ríos que bajan hacia ella desde el poniente del valle. Estas corrientes son intermitentes, salvo los ríos Magdalena, Mixcoac, Tacubaya, Hondo y Tlatnepantla, los cuales tienen escurrimientos perennes.

La zona IV abarca las cuencas desde los ríos Tepetzotlán y Cuautitlán que se originan en el noroeste del valle. Las zonas V y VI corresponden básicamente a las cuencas de los ríos de las Avenidas de Pachuca y San Juan Teotihuacan, respectivamente.

En la zona VII se incluyen los ríos que desembocan en el lago de Texcoco por el oriente. La zona VIII, localizada también en el oriente, comprende los ríos que se

sitúan entre el San Francisco y el Milpa Alta; en esta zona se genera un caudal medio de  $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$ , finalmente las zonas IX, X y XI se extienden desde la cuenca del río Tizar hasta las corrientes alimentadoras del río Tecocomulco generando aproximadamente  $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ , en un principio estas zonas no formaban parte de la cuenca, pero se incorporan a ella de forma artificial.

El conjunto de las corrientes de la cuenca del valle de México tienen un caudal de  $19 \text{ m}^3/\text{s}$ , que equivalen al 9% del volumen que llueve en un año.



**PROYECTO:**  
**DISEÑO INTEGRAL**  
**DE UNA PLANTA**  
**POTABILIZADORA.**

**FIGURA 2.2**  
**HIDROGRAFIA**  
**DE LA CUENCA DEL**  
**VALLE DE MEXICO**

**ELABORO:**  
**LIDIA GRADA**  
**MARTINEZ**

## 2.1 SISTEMA HIDRAULICO DEL VALLE DE MEXICO

En la época en que se fundó la gran Tenochtitlán, el funcionamiento hidrológico del Valle de México había producido una serie de lagos y lagunas. Extensos bosques cubrían las laderas montañosas y mantenían fijo el suelo de estas áreas, por lo que los escurrimientos contenían poco azolve. Los depósitos subterráneos, llenos a su capacidad, mantenían el flujo de numerosos manantiales. El suelo era relativamente estable, la evaporación y transpiración de los lagos, así como la vegetación, propiciaban un clima confortable y menos variable que en la actualidad, el balance hidrológico permanecía prácticamente inalterado donde el volumen de lluvia se depositaba en los lagos y lagunas que posteriormente se evaporaba durante la época de sequía.

Con el paso del tiempo, los habitantes modificaron el comportamiento antes descrito, la cubierta vegetal se ha alterado, las zonas de recarga han disminuido por la creciente urbanización; se aprovecha una mínima parte del agua superficial, los acuíferos del valle se explotan más allá de su recarga natural, se contamina el agua dando como resultado que desde el año de 1951 sea necesario traer agua desde otras cuencas, para satisfacer las necesidades impuestas por el crecimiento demográfico de los abastecimientos locales.



El Sistema hidráulico del Distrito Federal es el medio a través del cual la ciudad se relaciona con el sistema hidrológico para satisfacer sus demandas de agua, defenderse de las inundaciones y disponer las aguas residuales. Este sistema ha ido extendiéndose a lo largo del tiempo. Hace aproximadamente 650 años el sistema hidrológico se restringía a la cuenca del valle de México. Posteriormente, al construirse el Tajo de Nochistongo (primera salida artificial del valle de México) la cuenca del río Tula quedó incorporada al sistema hidrológico. La cuenca del río Lerma se integró al sistema en el año de 1951, al iniciarse la transferencia de las aguas subterráneas del valle de México. En 1982 se unió la cuenca del río Cutzamala al sistema hidrológico y según la tendencia en los próximos años será necesario transferir agua desde otras cuencas, siendo posible que al inicio del siglo XXI, el sistema hidrológico del Distrito Federal incorpore las cuencas de Oriental, Amacuzac y Tecolutla, en la figura 2.3 se presenta el abastecimiento y desembocadura de agua suministrada en el Distrito Federal de manera cronológica.



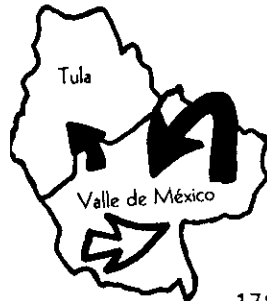
SUMINISTRO DE AGUA POTABLE.



DESCARGA DE AGUA RESIDUAL.



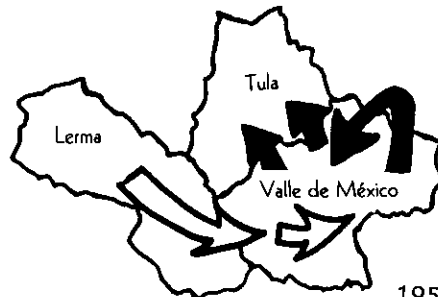
1325



1789



1900

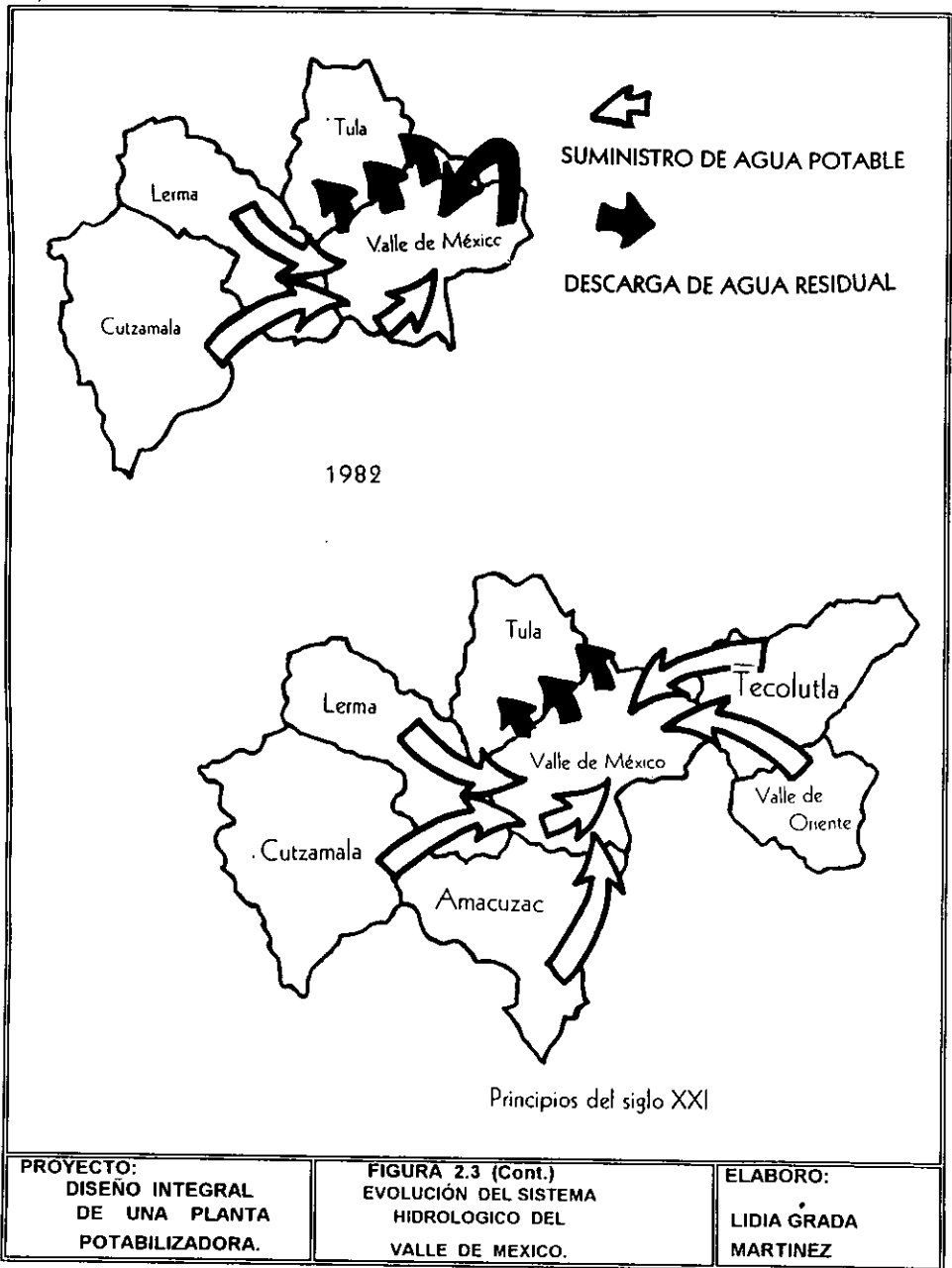


1958

PROYECTO:  
DISEÑO INTEGRAL  
DE UNA PLANTA  
POTABILIZADORA.

FIGURA 2.3  
EVOLUCIÓN DEL SISTEMA  
HIDROLÓGICO DEL  
VALLE DE MÉXICO.

ELABORÓ:  
LIDIA GRADA  
MARTINEZ



PROYECTO:  
DISEÑO INTEGRAL  
DE UNA PLANTA  
POTABILIZADORA.

FIGURA 2.3 (Cont.)  
EVOLUCIÓN DEL SISTEMA  
HIDROLÓGICO DEL  
VALLE DE MÉXICO.

ELABORO:  
LIDIA GRADA  
MARTINEZ

## 2.2 INFRAESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS HIDRICOS DEL AREA METROPOLITANA

El agua potable para el área Metropolitana del Valle de México se abastece por medio de fuentes subterráneas y superficiales, esto es, a través del Sistema Cutzamala por medio de la presa de Villa Victoria y Valle de Bravo, donde el agua es bombeada y conducida a la planta potabilizadora de Cutzamala, localizada en el poblado de Berros en el Estado de México, el agua tratada se bombea nuevamente y su caudal se une al sistema Lerma que maneja agua de origen subterráneo. hasta la planta de distribución Barrientos, donde el caudal se divide para la Zona Norte y Sur del área Metropolitana.

Otras fuentes de abastecimiento son las de tipo superficial con un caudal mínimo, siendo estos manantiales localizados en la parte sur-poniente de la ciudad los que se emplean para el consumo de los habitantes de las colonias aledañas.

### 2.2.1 FUENTES SUBTERRANEAS DE ABASTECIMIENTO

El abastecimiento de agua potable mediante fuentes subterráneas, posee la ventaja de proporcionar agua que requiere un menor grado de tratamiento, debido a que las impurezas se eliminan en forma natural a medida que el agua atraviesa las diferentes capas del suelo y del subsuelo.

Sin embargo, aunque esta característica corresponde a la generalidad de las aguas subterráneas, también el tipo de suelo y subsuelo puede en algunos casos,

ser disuelto por el agua durante la infiltración ocasionando la presencia de minerales no deseables en el agua para uso ya sea doméstico o para consumo humano.

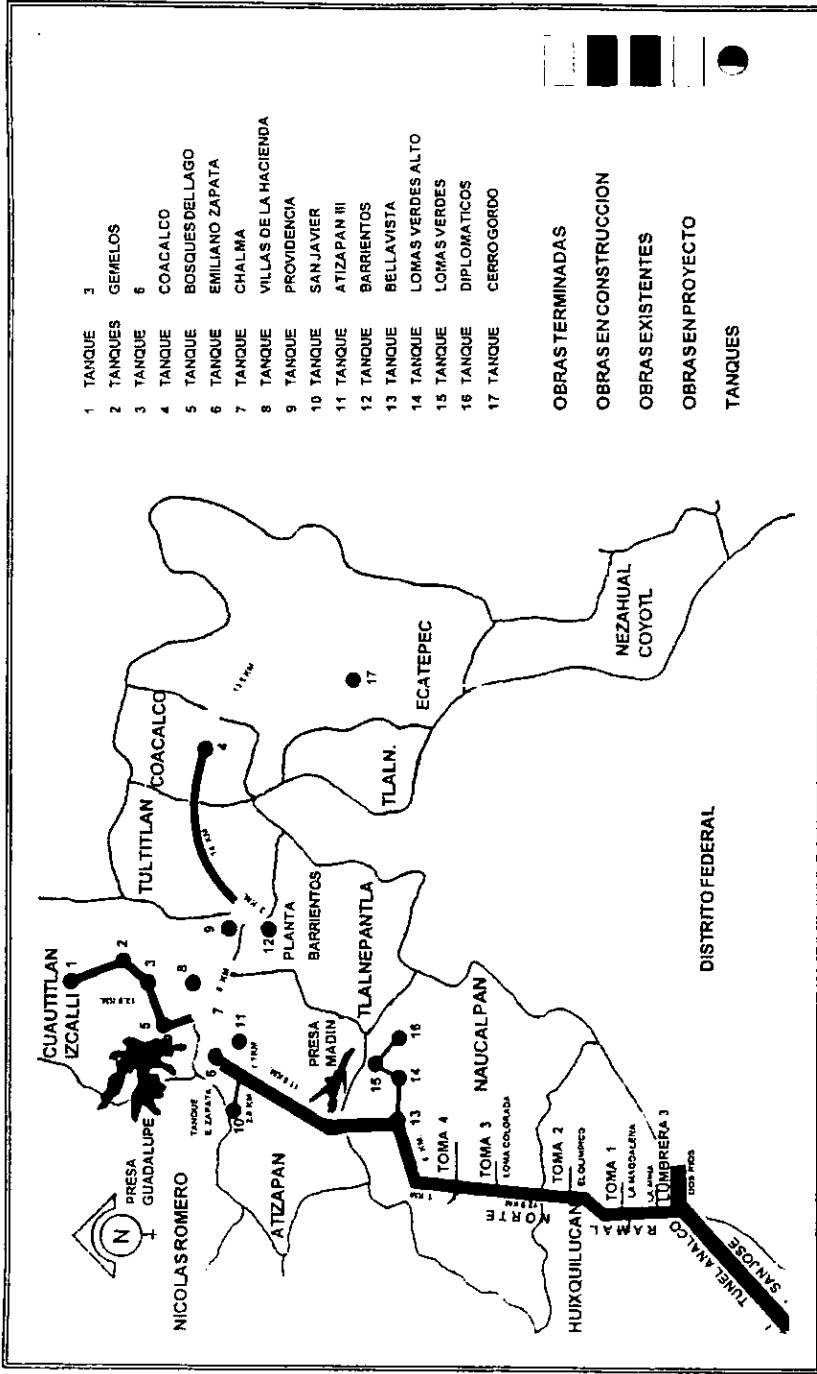
Por otro lado los desechos producidos por el hombre en sus diversas actividades pueden ser infiltrados a los mantos acuíferos provocando la contaminación en diversos grados de la fuente de abastecimiento subterránea.

### 2.2.2 FUENTES SUPERFICIALES DE ABASTECIMIENTO

El abastecimiento de fuentes superficiales es más económica que la de fuentes subterráneas. En la Ciudad de México este tipo de fuentes se encuentra limitada a escasos manantiales localizados en la zona sur y poniente de la ciudad, así como a algunas presas de retención de lluvia y en ambos casos sirven para cubrir la demanda local, la calidad de estos manantiales es en términos generales buena, con excepción en la temporada de lluvias donde se incrementa el contenido de sólidos suspendidos, además de ser fácilmente contaminado en forma incidental por bacterias de origen animal o humano debido a escurrimientos sobre la misma fuente de abastecimiento. Para el Valle de México existen dos fuentes de abastecimiento superficial, denominados Ramal Norte y Ramal Sur:

Ramal Norte.- El Ramal Norte del Sistema Cutzamala abastece la parte Norte del Área Metropolitana del Valle de México, mediante el tanque "Emiliano Zapata", localizado en el municipio de Atizapán de Zaragoza y su conexión al tanque

"NZT", localizado en la planta de distribución "Barrientos" dentro del municipio de Tlalnepantla, en su trayecto abastece a los tanques de Chalma, Villas de la Hacienda y Providencia para beneficio de los habitantes asentados en los municipios de Atizapán de Zaragoza, Cuatitlán Izcalli, Tultitlán, Tlalnepantla y coacalco. Cabe señalar que existe en proyecto la tercera etapa de este circuito, el cual contempla la conducción de agua potable hasta el municipio de Ecatepec. En la figura 2.4 se muestra la infraestructura del Ramal Norte.



**PROYECTO:**  
**DISEÑO INTEGRAL DE UNA PLANTA POTABILIZADORA.**

**'FIGURA 2.4**  
**MACROCIRCUITO DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE**

**ELABORO:**  
**LIDIA GRADA MARTINEZ.**

El Ramal Sur de abastecimiento se encuentra conformado por las siguientes secciones:

El Sistema Lerma.- Localizado en el Estado de México, colindando al norte con el municipio de Joocotitlán, al oriente con la sierra de las Cruces, al poniente con las lagunas del Lerma y al sur con San Pedro Techuchulco y la zona arqueológica de Tenengo del Valle. Aporta el 26% del caudal total de abastecimiento al Distrito Federal, donde las zonas beneficiadas son las localizadas en las delegaciones: Miguel Hidalgo, Cuajimatla de Morelos, Alvaro Obregón y algunas poblaciones aledañas a la zona de captación.

El Sistema Norte.- Beneficia las colonias de las delegaciones Azcapozalco y Gustavo A. Madero, aporta el 25% del caudal total de abastecimiento al Distrito Federal y se encuentra conformado por cuatro subsistemas que son: Chiconautla, Gustavo A. Madero, Cuauhtepac y Azcapozalco, así como también de pozos de abastecimiento de la Comisión Nacional del Agua.

El Sistema Poniente.- Constituido para la captación, conducción y distribución del Sistema Lerma que abastece las aguas provenientes del Valle del Lerma y del Sistema Cutzamala, así mismo lo constituye un caudal adicional de acuíferos del Valle de México y manantiales de la zona Poniente, todo el sistema poniente provee un 2% del caudal de abastecimiento al Distrito Federal.

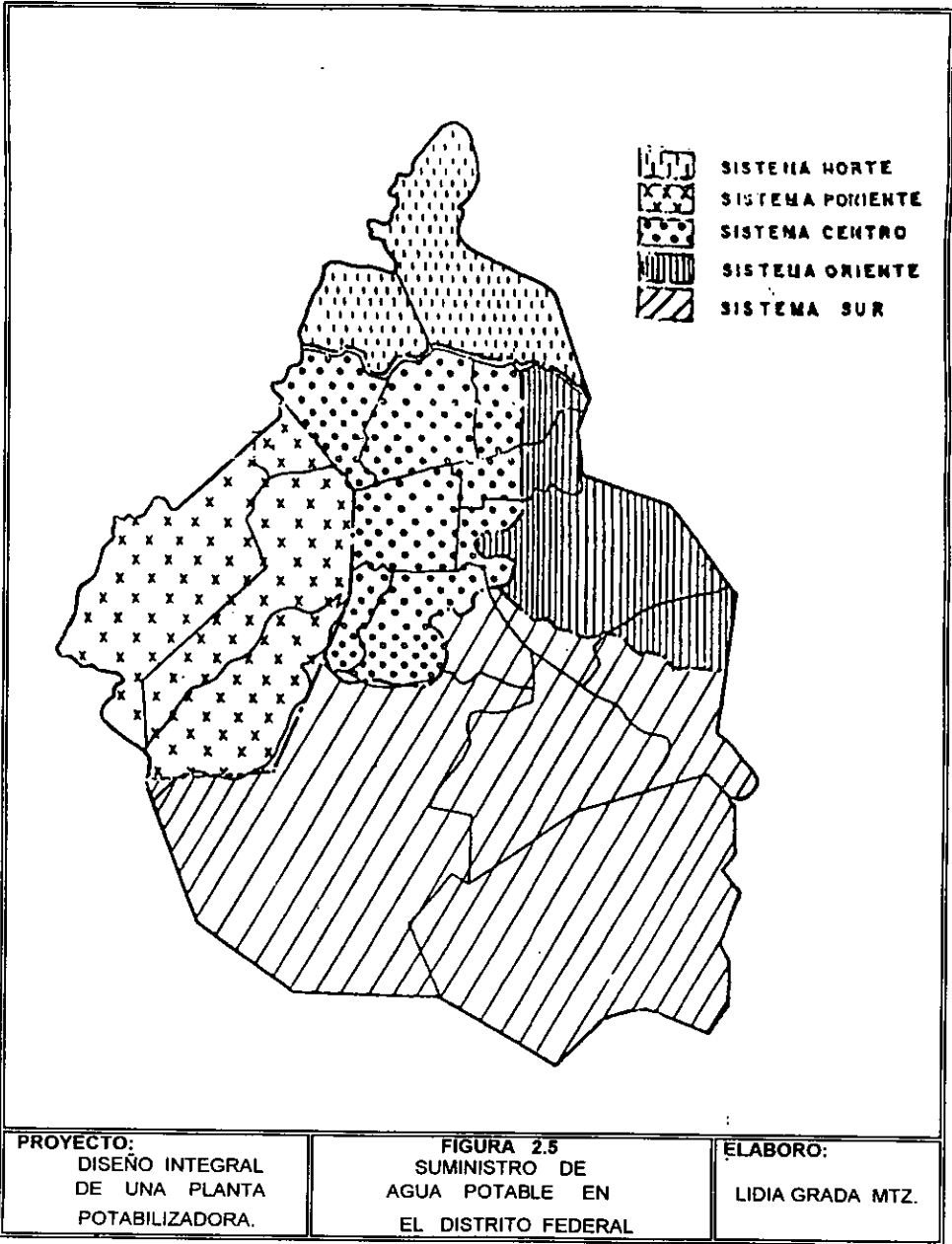


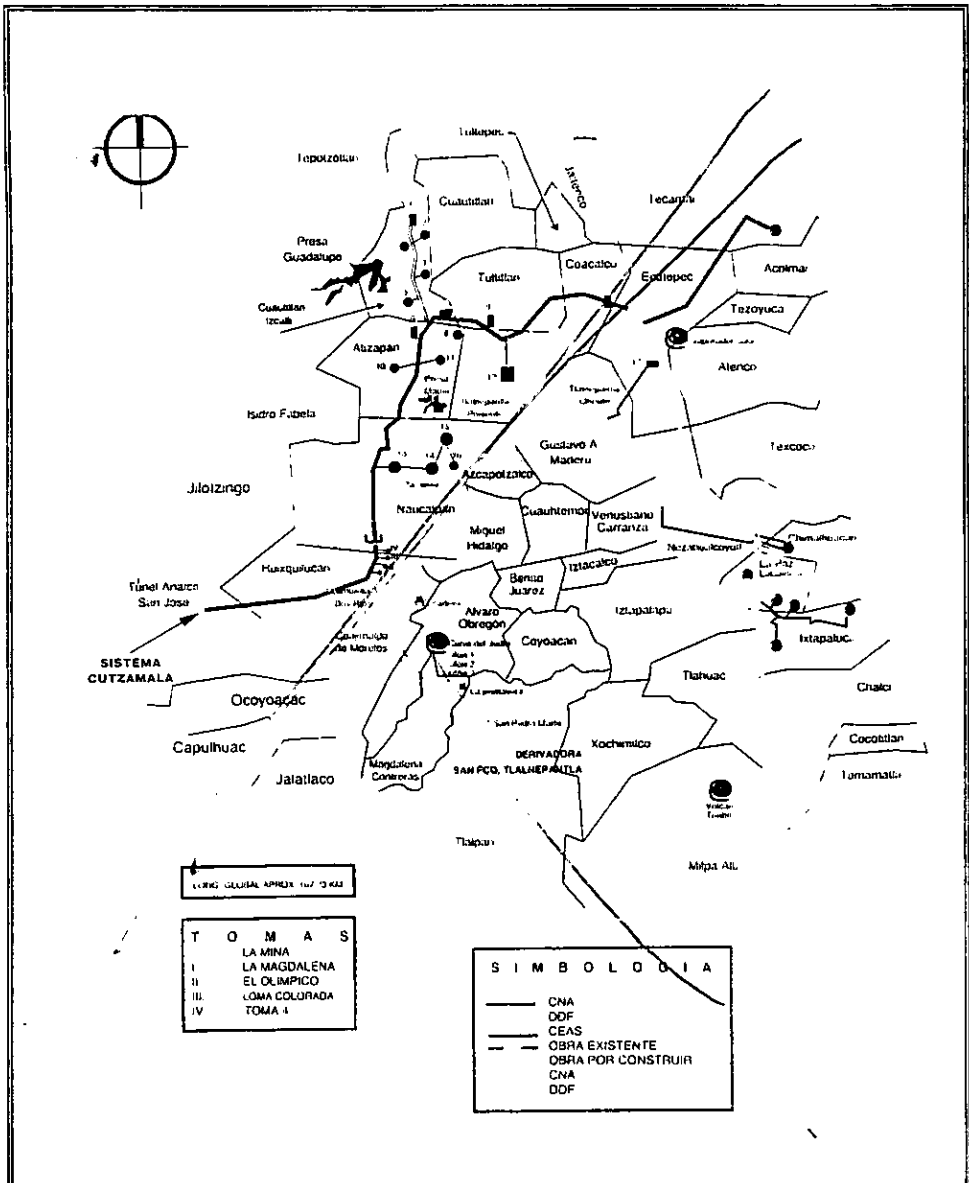
El Sistema Centro.- Conformado por pozos profundos en distintas partes de la Ciudad de México, se localiza en la parte central del Distrito Federal, siendo sus límites al norte la Av. Río Consulado, al poniente la Av. Río Churubusco, al Sur-poniente el anillo periférico, beneficia a las colonias que se encuentran en las delegaciones Benito Juárez y Cuauhtémoc, así como algunas colonias de las delegaciones de: Miguel Hidalgo, Venustiano Caranza, Iztacalco, Coyoacán, Alvaro Obregón y una mínima parte de Iztapalapa.

El Sistema Oriente.- Es el caudal aportado mediante pozos municipales localizados en el área urbana del Distrito Federal y por pozos del Valle de Texcoco, operados por la Comisión Nacional del Agua, el cual abastece el 8% del ingreso total de agua al Distrito Federal. El Sistema se encuentra ubicado dentro de los siguientes límites: al Norte colinda con la delegación Gustavo A. Madero; al sur con la Calzada Taxqueña, al poniente con la calzada de la Viga y al oriente con el Estado de México. Las zonas beneficiadas por esta fuente son las colonias de las delegaciones de: Iztapalapa, Iztacalco y Venustiano Carranza.

El Sistema Sur.- Localizado en la parte suroeste del Distrito Federal y comprende la totalidad de las delegaciones Tlalpan, Xochimilco, Milpa Alta y parte de las delegaciones de Iztapalapa, Coyoacán y Tláhuac, el volumen aportado por pozos y manantiales representa el 15% del total suministrado.

al Distrito Federal. En la figura 2.5 se muestra la distribución de los sistemas que abastecen de agua potable al Distrito Federal y en la figura 2.5 b se muestra el Acuaperiférico Perimetral.





**PROYECTO:**  
**DISEÑO INTEGRAL**  
**DE UNA PLANTA**  
**POTABILIZADORA.**

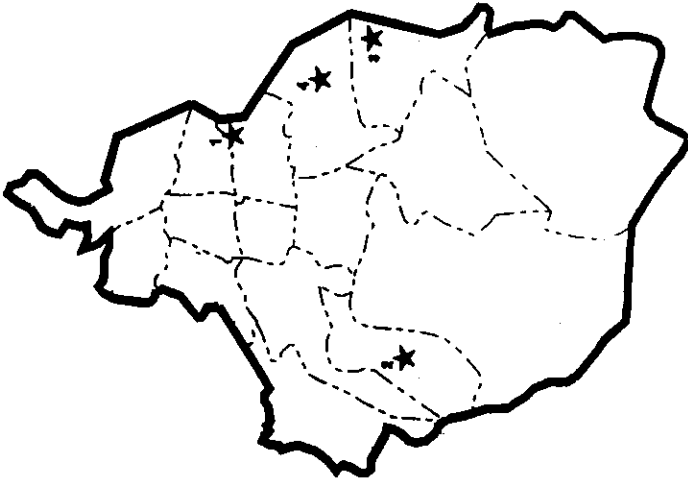
**FIGURA 2.9 B**  
**ACUAPERIFERICO**  
**PERIMETRAL**

**ELABORO:**  
**LIDIA GRADA**  
**MARTINEZ**

Por otro lado la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica opera las plantas potabilizadoras que se encuentran en el Distrito Federal, donde la infraestructura actual para que el agua posea los parámetros requeridos para consumo humano, es la siguiente:

- a) En la Delegación de Iztacalco se encuentra la planta potabilizadora " Agrícola Oriental"
- b) En la Delegación Magdalena Contreras, se ubica la planta potabilizadora con el nombre "Magdalena Contreras"
- c) En la Delegación de Tláhuac, se localiza la planta denominada "Santa Catarina".
- d) En la Delegación de Iztapalapa se ubica la planta potabilizadora " Santa Cruz Meyehualco".

En la figura 2.6 se muestra la localización de las plantas potabilizadoras en el Distrito Federal y en el cuadro 2.1 se describe la infraestructura que conforman los distintos sistemas en el Área Metropolitana.



NO	PLANTA
1	Agrícola Oriental
2	Magdalena Contreras
3	Santa Catarina
4	Santa Cruz Meyehualco

**PROYECTO:**

DISEÑO INTEGRAL DE UNA  
PLANTA POTABILIZADORA.

**FIGURA 2.6**

LOCALIZACION DE PLANTAS  
POTABILIZADORAS EN EL  
DISTRITO FEDERAL

**ELABORO:**

LIDIA GRADA MARTINEZ.

SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR MEDIO DE POZOS		
Dependencia que controla los sistemas	No. de Pozos	Caudal Promedio (m <sup>3</sup> /s)
Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DDF)		
Lerma	234	9.4
Chiconautla	39	
Norte	23	2.5
Pozos municipales Xochimilco-Mixquic		
Sur	122	7.7
Xotepingo		
Centro	96	304
Pozos municipales		
Oriente	41	1.7
Pozos municipales (Peñon de los Baños)		
Poniente	18	0.5
Pozos municipales		
Manantiales y pozos particulares	538	1.7
Comisión de Aguas del Valle de México		
Cinco sistemas de pozos, Río Cutzamala (agua superficial)	209	10.5 2

TABLA 2.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE ABASTECIMIENTO POR POZOS MUNICIPALES

### **III. EL AGUA**



### 3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Se tiene conocimiento que en el agua existen elementos disueltos, que en su mayoría forman parte del medio ambiente, el agua con un alto contenido de bicarbonato de calcio y magnesio se conoce como "agua dura", donde su principal característica es no producir espuma con el jabón, así mismo provocan un mal cocimiento de alimentos y dejan un sedimento calcáreo en las vasijas donde se hierven.

Por otro lado al agua que contenga sales de hierro disueltas se le conoce como "ferruginosas" mientras contenga sulfato de calcio disueltas se le denomina "selenitosa". Adicionalmente, el agua, contiene partículas en suspensión que pueden ser de origen mineral y/u orgánico que se clasifican en tres géneros:

- a) Sólidos en suspensión: son aquellos que no se disuelven en el agua, tales como: lodos, tierra, sedimentos de materia orgánica y aceites, dando una apariencia nebulosa.
- b) Sólidos disueltos: son aquellos que por su naturaleza están en el seno del líquido.
- c) Gases disueltos: son gases inestables en solución, pueden ser liberados o absorbidos durante cambios de temperatura, presión o agitación mecánica.

## 3.2 PROPIEDADES DEL AGUA

### 3.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS

El agua a temperatura ambiente es un líquido insípido, incoloro e inodoro, sus formas alotrópicas se presentan en estado sólido (hielo, nieve, escarcha, iceberg, granizo), asimismo se puede presentar en forma de vapor (humedad de la atmósfera), las características físicas principales del agua son:

Calor específico	1 cal/gr a presión atmosférica
Presión de Vapor (Pv)	760 mm Hg a 100°C
Punto de congelación	0°C a presión atmosférica
Punto de Ebullición	100 °C a presión atmosférica
Viscosidad	0.01002 poises a 120°C
Peso específico	1 @ a presión atmosférica

### 3.2.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

El nombre químico del agua es protóxido de hidrógeno y su composición es un átomo de Oxígeno y dos de Hidrógeno, el hidrógeno (H) es el catión y el oxhidrilo (OH) es el anión, es un electrolito débil ionizando como  $\text{H}_3\text{O}^+$  y  $\text{OH}^-$ , su estructura molecular forma un ángulo entre los enlaces O-H de  $105^\circ$ , esto junto con la mayor electronegatividad del oxígeno, hace que la molécula sea altamente polar, confiriéndole su característica disolutiva, óptima para las sustancias iónicas, así mismo, posee puentes de hidrógeno que se forman con un átomo de oxígeno (polarizado negativamente) de una molécula y átomos de hidrógeno (con una polaridad positiva) de otra molécula. En el agua se encuentran gases disueltos, los más comunes son el oxígeno y el anhídrido carbónico.

El agua pura es poco conductora de la electricidad debido a que una mínima parte se encuentra disociada en iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$ , donde el producto de las concentraciones de estos es constante a una temperatura de  $25^\circ\text{C}$  con un valor de  $10^{-14}$ .

La mayoría de las sustancias se contraen al solidificarse o congelarse, mientras que en el agua sucede lo contrario, esto es, sufre un volumen de expansión de 9 a 1, el agua se congela en pequeños cristales hexagonales que al juntarse forman una capa de hielo delgada.

### 3.2.3 PROPIEDADES BIOLÓGICAS

Todos los organismos vivos contienen agua variando las proporciones, por ejemplo los vegetales contienen del 75 al 90% de su peso total, en los animales es de 60 a 70%, mientras que en el cuerpo humano el porcentaje de agua es máximo (97%) durante las primeras etapas del desarrollo embrionario y disminuye con el crecimiento, esto es, en el recién nacido es estima un 70% de agua y en el adulto desciende del 58 al 67%, por tal razón para los organismos vivos el agua es importante, fundamentalmente porque se trata de un magnífico solvente neutro e inactivo químicamente, permitiendo realizar reacciones vitales sin efectuarse alteraciones, por otro lado posee un alto calor específico, absorbe o libera una gran cantidad de energía calorífica al subir o bajar su temperatura, esto es importante para los animales llamados de sangre caliente, pues les permite conservar sus cuerpos a la temperatura característica de acuerdo a su especie aunque en el medio exterior existan grandes variaciones, mientras que en el ser humano, la privación prolongada, además de una sed intensa provoca sequedad en la piel y mucosas, fiebre, colapso cardíaco, e insuficiencia renal, en los casos más graves coma y muerte.

### 3.3 AGENTES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA

Al evaluar la calidad del agua potable, el consumidor depende por completo de sus sentidos, algunos componentes presentes en el agua afectan su apariencia, olor y sabor, el consumidor evalúa la calidad y aceptabilidad basándose principalmente en dichos criterios, sin embargo ya no se puede confiar exclusivamente en nuestros sentidos cuando se trata de juzgar la potabilidad del agua, actualmente se consideran otros criterios que son los organolépticos, físicos, químicos y bacteriológicos, los cuales se describen a continuación:

**COLOR:** generalmente es proporcionado por el hierro disuelto, el humus y el ácido tánico, entre los métodos empleados para la remoción del color se encuentra la filtración y coagulación, en el caso de la filtración con arena se espera una remoción aproximada del 40%.

**OLOR:** Causado por concentraciones de compuestos volátiles, descomposición de materia orgánica, por el plancton que desprende vestigios de aceites esenciales volátiles, en algunos casos se debe a la adición de cloro.

**SABOR:** El sabor agradable del agua se debe a la presencia en pequeñas porciones de impurezas disueltas relacionadas estrechamente con las condiciones que generan el olor, existiendo minerales disueltos que puede impartir sabores, pero no olores como el caso de sales metálicas (cobre, cinc, hierro), que pueden llegar

a provocar sabores metálicos, si los cloruros y sulfatos se encuentran en concentraciones mayores a 250 mg/l generando un sabor salado en el agua.

**DUREZA:** Se debe a la presencia de sales minerales, entre las cuales se encuentran las sales de calcio y magnesio, que por lo general se hallan en forma de bicarbonatos y se pueden transformar en carbonatos menos solubles por efectos de calentamiento.

**ALCALINIDAD:** Es un constituyente básico del agua, se presenta en forma de carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio.

**CONCENTRACION DE LOS IONES HIDROGENO (pH):** la concentración de los iones de hidrógeno o valor de pH, mide la intensidad de la reacción ácida o alcalina del agua, en función del origen y tipo de agua se tienen los valores de pH.

**ACTIVIDAD BIOLÓGICA:** la finalidad de estas pruebas es determinar la presencia de organismos que pueden transmitir enfermedades al ingerirse el agua, la prueba rutinaria se basa en la determinación aproximada del número total de bacterias, sin que se determine la presencia específica de algún microorganismo patógeno; con ello se busca el organismo indicador no patógeno característico de las evacuaciones intestinales, donde los principales organismos indicadores de contaminación intestinal, son las bacterias del grupo coliforme.

### 3.4 MARCO LEGAL DE REGULACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

En México, como en la mayoría de los países, el abastecimiento del agua está a cargo de las autoridades gubernamentales, para lo cual se establecen criterios, normas y procedimientos regulatorios, donde la Norma Oficial 041 de la Secretaría de Salud, publicada en el Diario Oficial establece las especificaciones sanitarias que debe cumplir el agua purificada envasada.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo "Establecer las especificaciones sanitarias del agua purificada envasada con el fin de reducir los riesgos de transmisión de enfermedades gastrointestinales y las derivadas de su consumo". Para lograr dicho objetivo se encuentran clasificadas las disposiciones y especificaciones sanitarias que debe cumplir el agua purificada embotellada. De igual forma se establece con que métodos de prueba se determinan los diferentes parámetros requeridos para que el agua se considere como apta para consumo humano, así mismo establece como debe realizarse el etiquetado, envasado y embalaje de la misma.

En la sección que corresponde a las disposiciones sanitarias, establece que además de cumplir con lo establecido por el Reglamento, debe ajustarse a las siguientes disposiciones:

- I La fuente de abastecimiento de agua debe de ajustarse a las disposiciones establecidas en el reglamento.
- II. El lavado y desinfección de envases, debe de realizarse con soluciones sanitizantes que no alteren las características del producto y evitando la contaminación por el arrastre de las mismas.
- III. Las plantas purificadoras de agua deben de estar diseñadas y establecidas en instalaciones que permitan efectuar buenas prácticas de fabricación.
- IV Las plantas purificadoras de agua deben de contar con registros de control de proceso..

Las autoridades gubernamentales, por medio de sus reglamentos y leyes fomentan los sistemas de abastecimiento de agua potable, públicos o privados, siempre y cuando cumplan los requisitos necesarios para proteger la salud en el consumo de agua donde el artículo 220 de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, establecimientos, productos y servicios, el cual señala " La autoridad sanitaria, en el ámbito de su competencia, vigilará la potabilidad y otorgará Certificado de Condición Sanitaria de Agua' a los sistemas de abastecimiento en operación, sean públicos o privados, que reúnan los requisitos sanitarios y mantengan la condición del agua abastecida dentro de los límites permisibles.



Dicho certificado tendrá vigencia de un año, pudiendo prorrogarse por periodos iguales, pero si cancelará si el agua resultara no apta para consumo humano y hasta en tanto se alcancen de nuevo los límites permisibles autorizados”.

El artículo 221, establece que “Los sistemas privados de abastecimiento a establecimientos, deberán disponer de Certificado de Condición Sanitaria de Agua dentro de los 15 días iniciales de su operación”.

El artículo 222, describe : “Cuando el agua de algún sistema de abastecimiento no reúnan las características de potabilidad, la autoridad sanitaria a fin de proteger la salud de los usuarios, procederá a ordenar que el consumo se suspenda o se condiciones, hasta que se le dé al agua el tratamiento adecuado o, en su caso, se localice otra fuente apropiada”.

De igual forma en el Título Séptimo referente a la Prevención y control de la contaminación de las aguas, en el artículo 85 de la Ley de Agua Nacionales, establece que “Es de interés público la promoción y ejecución de las medidas y acciones necesarias para proteger la calidad del agua”.

En el artículo 86, inciso quinto:, ratifica la responsabilidad de la Secretaría de Salud en “ Vigilar, en coordinación con las demás autoridades competentes, que el agua suministrada para consumo humano cumpla con las normas de calidad correspondientes”

### 3.5 CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Las especificaciones sanitarias que debe cumplir el agua purificada envasada son: organolépticas, físicas, fisicoquímicas, microbiológicas y plaguicidas.

#### 3.5.1 ORGANOLÉPTICAS Y FÍSICAS

OLOR	INODORO
SABOR	INSIPIDO
COLOR	15 Unidades de color verdadero (*en escala de platino-cobalto)
TURBIEDAD	5 Unidades de Turbidez Nefelométricas (UTN)

### 3.5.2 FISICOQUÍMICAS

PARAMETROS	CONC. MAXIMA ppm
Alcalinidad Total expresada como $\text{CaCO}_3$ .	300.00
Aluminio.	0.20
Arsénico.	0.05
Bario.	0.70
Cadmio.	0.005
Cianuro expresado como ión CN.	0.05
Cobre.	1.00
Cloro residual libre después de un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos: Cloruros como Cl .	250.0
Cromo Total.	0.05
Dureza de Calcio expresada como $\text{CaCO}_3$ .	200.00
Fenoles o compuestos fenólicos.	0.001
Hierro	0.30
Fluoruros expresados como elemento	0.70
Manganeso	0.05
Mercurio	0.001
Nitratos expresados como nitrógeno	10.00
Nitritos expresados como nitrógeno	0.05
Nitrógeno amoniacal expresado como nitrógeno.	0.05
Nitrógeno orgánico total expresado como nitrógeno.	0.10
Oxígeno consumido en medio ácido	2.00
Ozono al envasar.	0.40
Plata.	0.05
Plomo	0.02
Sólidos disueltos totales.	500.00
Sulfatos como $\text{SO}_4^{2-}$	250.00
Zinc	3.00
SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno)	0.50
Trihalometanos Totales:	0.10
pH (6.5 a 8.5)	

### 3.5.3 MICROBIOLÓGICAS

PARAMETROS	LIMITE MAXIMO
Mesofílicos aerobios: UFC/ml <sup>1</sup>	100
Coliformes Totales: NMP/100 ml <sup>2</sup>	no detectable.
Coliformes totales: UFC/100 ml	cero
Vibro cholerae <sup>3</sup>	negativo

### 3.5.4 PLAGUICIDAS

PLAGUICIDAS	LIMITE MAXIMO $\mu\text{g/l}$
Aldrin y Dieldrin (separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.30
DDT (Dicloro difenil etano, total de isómeros)	1.00
Gamma HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	0.01
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
Metacloro	20.00
2,4-D (Acido 2,4 diclorofenoxiacético)	30.00

<sup>1</sup> NMP: Técnica del Número más probable.

<sup>2</sup> UFC: Método de filtración por membrana.

<sup>3</sup> Bajo situaciones de emergencia sanitaria, se detecta este agente biológico.

**IV. TECNOLOGÍA DE  
POTABILIZACIÓN  
DEL AGUA**

## 4. TECNOLOGIA DE POTABILIZACION DE AGUA

El agua destinada para consumo humano debe estar exenta de sustancias y microorganismos que puedan constituir un peligro para la salud, las aguas naturales a disposición del ser humano no siempre corresponden a dichos requisitos. Cuando resulta que el agua, de alguna manera, no es idónea para ser empleada como agua potable, es necesario proceder a su corrección y/o depuración. La corrección se refiere a los procedimientos que tienen como finalidad mejorar las propiedades organolépticas, físicas y químicas de un agua determinada. Con estos procedimientos se pueden eliminar características no deseables como lo son la turbidez, sabor, olor, el contenido de hierro y dureza excesiva.

La depuración es el conjunto de operaciones destinadas a purificar las aguas desde el punto de vista bacteriológico y se consigue por medio de la desinfección que puede ser con cloro, ozono o con luz ultravioleta.

### 4.1 PROCESO FISICO

Existe diversidad de procesos físicos para mejorar las características organolépticas del agua, sin embargo, para efectos del estudio, únicamente se considera la filtración, ya que otro tipo de tecnologías no se consideran viables para efectos del proyecto.

#### 4.1.1 FILTRACIÓN

La filtración es una operación empleada principalmente para separar un sólido de un líquido, mediante una barrera separadora cuyos poros poseen la característica de ser más pequeños que los gránulos del cuerpo sólido que se desea separar. Uno de los métodos de filtración más antiguo es el que recurre a pasar lentamente el agua a través de una gruesa capa de arena que descansa sobre otra de grava, en donde la mayor parte de las impurezas presentes en el agua son retenidas en el lecho.

Esta operación generalmente se emplea con aguas que no sean demasiado turbias, entre 10 ppm y un máximo de 30 ppm, lo que permite se lleve a cabo eficazmente la eliminación de la turbiedad y de algunas bacterias, logrando la disminución del color en un 40 % aproximadamente.

Existen plantas de filtración de arena de tipo lento y rápido, una planta de filtros lentos de arena, consiste en un estanque de concreto de unos 3 a 4 metros de profundidad adaptada con líneas para drenaje, de juntas abiertas, distanciadas aproximadamente a 1.80 metros, conectadas a la tubería central o colector principal. Las líneas de drenaje son cubiertas con unos 30 a 45 cm de gravas clasificadas por tamaños, las más gruesas en el fondo y cubriéndolos gradualmente con los más pequeños, posteriormente la grava se cubre con unos 90 cm de arena, la cubierta de la estructura debe ubicarse cuando menos a 1.80 m sobre la superficie de arena para que pueda haber una capa de agua de profundidad

adecuada, dejando espacio suficiente para llevar a cabo la limpieza del agua, esta cubierta usualmente consiste en una losa de concreto sostenida por columnas con una capa de tierra de un metro o más.

Durante un ciclo de operación, la velocidad de filtración debe mantenerse en un régimen constante, mientras las líneas de entrada y salida (influyente y efluente) son controladas por válvulas automáticas o manuales.

Para que la filtración sea óptima se toman en consideración diversos aspectos, entre los cuales se encuentra la calidad y el tamaño del material filtrante, la arena debe estar libre de polvo, arcilla u otras impurezas, ser insoluble en solución diluida de ácido clorhídrico. Asimismo, la medida de las partículas y su uniformidad en tamaño, se debe tomar en cuenta, los especialistas consideran el "tamaño efectivo" a la abertura de la malla que deje pasar el 10% en peso de los granos de arena.

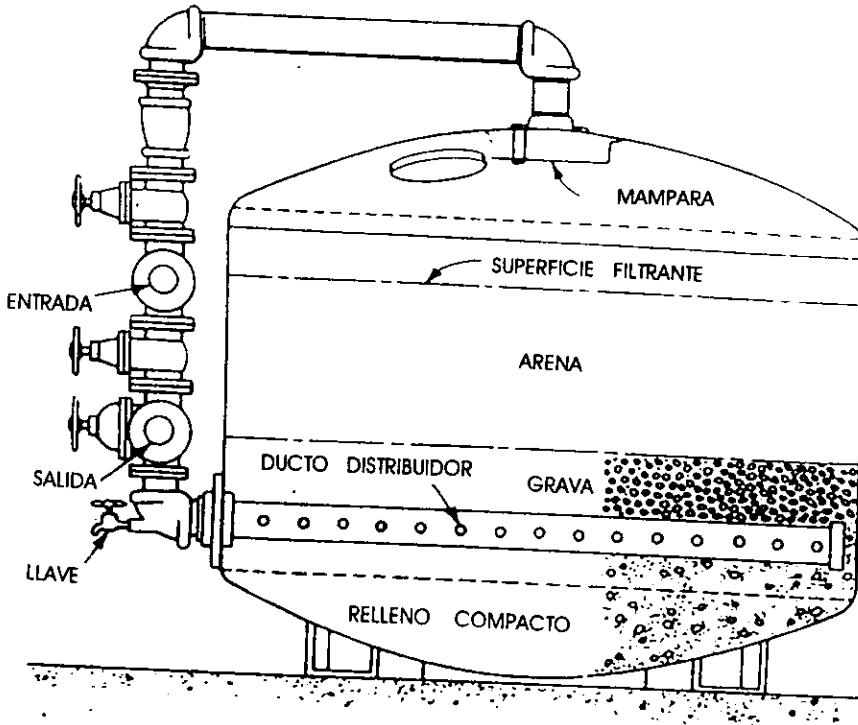
El "coeficiente de uniformidad" (relación que existe entre los tamaños de mallas que dejan pasar un 60 y un 10% respectivamente), ha demostrado que los filtros lentos de arena deben tener un tamaño efectivo de 0.25 a 0.30 mm.

La calidad de la grava debe de ser la misma que la arena, en la parte superior, el tamaño de la grava varía de unos 5 cm en el fondo hasta unos 3 mm o menos.



se acostumbra colocar la grava en 6 capas de 5 a 8 cm de espesor, disminuyéndose gradualmente el tamaño.

Para la limpieza del filtro, se debe vaciar completamente del agua que llegue a poseer, existe la opción de realizarla manualmente, desprendiendo los 2 o 3 cm que se forman en la capa más superficial del lecho de arena, esta capa de arena sucia se lava, existiendo la posibilidad de almacenarse para posteriormente ser reutilizada, adicionalmente, es importante renovar el lecho de arena cuando su espesor sea 60 cm aproximadamente. En la figura 4.1 se muestra un arreglo tradicional para la filtración de agua.



PROYECTO:  
 DISEÑO INTEGRAL  
 DE UNA PLANTA  
 POTABILIZADORA

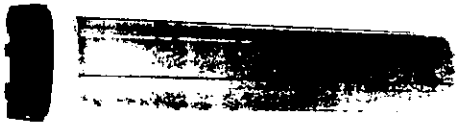
FIGURA 4.1  
 SISTEMA DE  
 FILTRACION  
 POR ARENA

ELABORO:  
 LIDIA GRADA MTZ

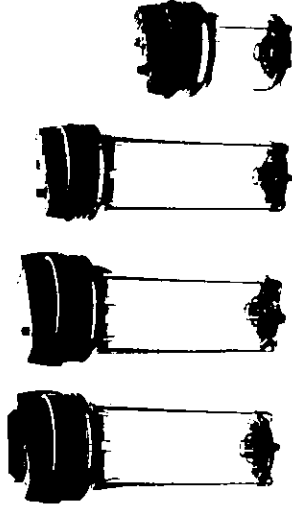
Asimismo, también existe la filtración de funcionamiento rápido, la que se diferencia de la lenta por posee una capa de arena de 60 cm y la capa de grava es de 20 a 50 cm; para aumentar la eficiencia previamente se hace pasar el agua por tanques de sedimentación, donde se agrega alguna sustancia coagulante, que genera que las impurezas se acumulen más rápido. La limpieza de los filtros se realiza por retrolavados (se invierte la dirección del agua) y en ocasiones se aplica aire comprimido para soltar las partículas de arena.

En el mercado existen diversidad de filtros, los cuales se seleccionan de acuerdo a las necesidades requeridas y a la calidad del agua a filtrar, los filtros más comunes son de tipo domésticos, que eliminan únicamente algunas impurezas comunes presentes en el agua. Otros son más selectivos, como los que se emplean para eliminar plomo, cloroformo y benceno.

En la figura 4.2 se presentan los filtros cartucho más comunes, utilizados a nivel doméstico y comercial.



FILTROS DE POLIPROPILENO



FILTROS DE ESTIRENO-ACRILONITRILO (SAN)

PROYECTO:

DISEÑO INTEGRAL DE UNA  
PLANTA POTABILIZADORA

FIGURA 4.2

FILTROS DE CARTUCHO  
COMERCIALES

ELABORO:

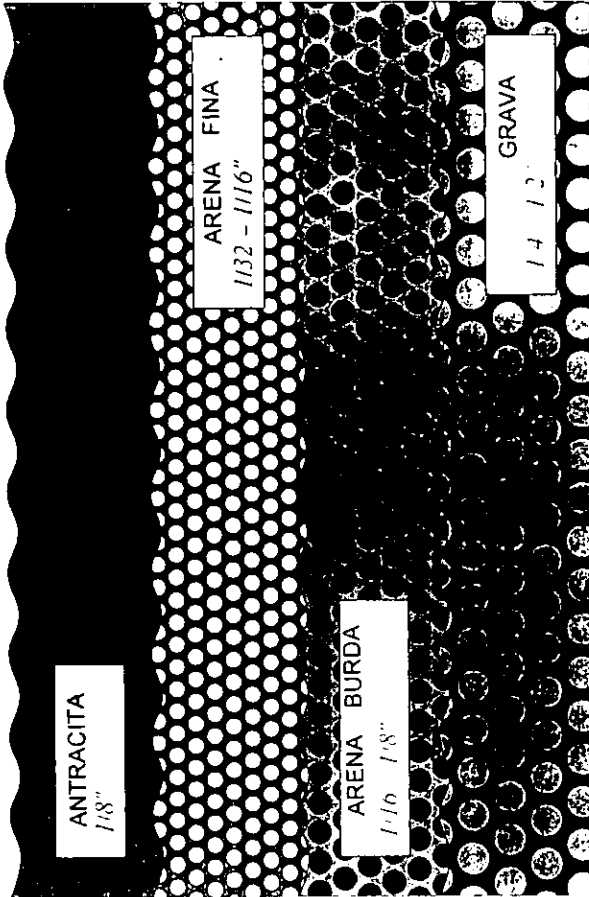
LIDIA GRADA MARTINEZ

La tecnología de la filtración ha ido evolucionando, así como existen los arreglos tradicionales (arena sobre grava), actualmente existen arreglos de materiales que se combinan de acuerdo a sus propiedades para lograr una mejor separación, unas de estas tecnologías son el filtro multimedia y la filtración con carbón activado, las cuales se describe a continuación:

**FILTRACION MULTIMEDIA.-** El filtro multimedia se encuentra conformado por una capa de antracita y una inferior de arena. Se coloca un estrato de material grueso y ligero encima de una o dos capas de material granular más pequeño y denso. En el retrolavado el material más granuloso tiende a estratificarse encima del material menos grande y denso.

La antracita por no ser muy densa, su estratificación, se realiza en un periodo relativamente largo, estos granos capturan las partículas suspendidas presentes en el agua. En el caso de la arena, los gránulos se hacen más finos que los de antracita, este tipo de grano es más denso y posee un diámetro menor, quedando atrapados los sólidos de menor tamaño.

Los filtros multimedia, generalmente se emplean como pretratamiento de la osmosis inversa. En la figura 4.3 se muestra un arreglo del lecho Multimedia.



PROYECTO:

DISEÑO INTEGRAL DE UNA  
PLANTA POTABILIZADORA

FIGURA 4.3

DISTRIBUCION DE MEDIOS  
FILTRANTES EN  
LECHO MULTIMEDIA

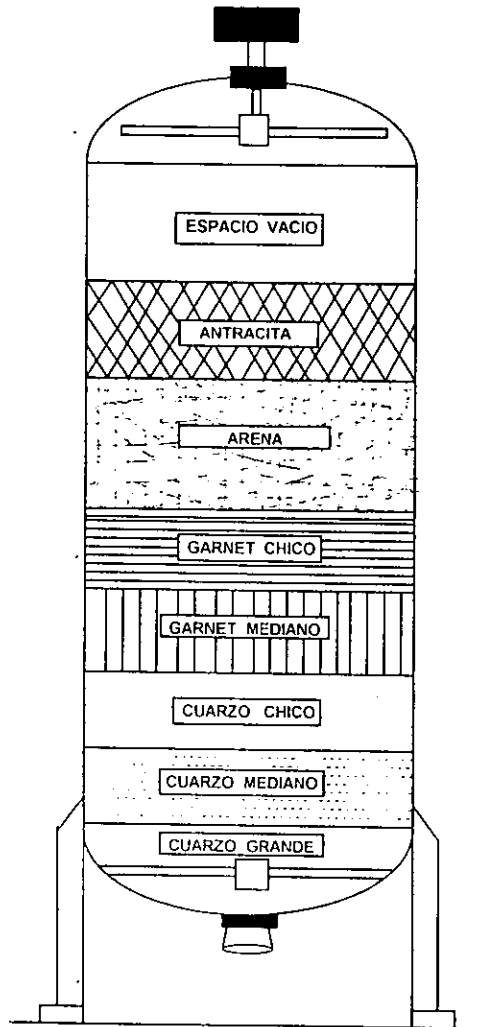
ELABORO:

LIDIA GRADA MARTINEZ

Existen diferentes arreglos de los filtros multimedia, estos se seleccionan de acuerdo a las necesidades requeridas, tomando en cuenta las características del agua a tratar y la calidad esperada. En la figura 4.4 se muestra un filtro multimedia.

**FILTRACION CON CARBON ACTIVADO.-** El carbón activado, es una forma del carbón amorfa, que se caracteriza por la gran capacidad de adsorción de gases, vapores y sólidos coloidales, inflamable. Su producción se basa en la destilación destructiva de madera, conchas u otros materiales carbónicos, se activa por calentamiento en un rango de 800 a 900°C con vapor o dióxido de carbono que da como resultado una estructura interna porosa (semejante al panal de miel), se ha calculado que la superficie interna de carbón activado es de aproximadamente unos 334,5 m<sup>2</sup> por gramo y su densidad varía entre de 0.08 y 0.5 gr/l. posee la característica de ser moderadamente peligroso por inhalación.

Los filtros de carbón activado se emplean para eliminar malos olores y sabores presentes en el agua, así como numerosos compuestos orgánicos entre los que se encuentran plaguicidas, cloroformo y solventes, este tipo de filtros no retienen nitratos, sodio, flúor, metales pesados y se eliminan de manera deficiente las bacterias.



PROYECTO:  
DISEÑO INTEGRAL  
DE UNA PLANTA  
POTABILIZADORA.

FIGURA 4.4  
FILTRO MULTIMEDIA

ELABORO:  
LIDIA GRADA  
MARTINEZ



## 4.2 PROCESOS QUÍMICOS

### 4.2.1 SUAVIZACIÓN

Las aguas duras, son aquellas que contienen grandes cantidades de sales disueltas, principalmente de calcio y magnesio, esto es, se presentan en forma de cationes como bicarbonatos, cloruros, sulfatos y nitratos (expresados en términos de sales de calcio y de magnesio disueltas). La dureza se clasifica en dos clases:

- a) Carbonato o dureza temporal: causada por bicarbonatos de calcio y magnesio que se reduce en gran medida por calentamiento.
- b) Dureza permanente: causada por los sulfatos y cloruros de calcio y magnesio, para reducirla se emplean agentes químicos. Adicionalmente se encuentran en cantidades variables de sales de sodio, sílice, alúmina, hierro y manganeso conocidos como sólidos disueltos totales, que varían de unas cuantas partes por millón en el agua de nieve, hasta varias miles de partes por millón en aguas de manantiales minerales. Para alta concentración de sílice en agua, su eliminación es a través del proceso tradicional conocido como ablandamiento, que puede ser en frío o en caliente.

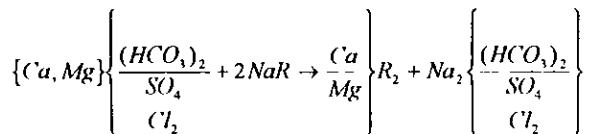
La suavización es el proceso que elimina o reduce la dureza del agua, mediante el intercambio iónico donde los iones hidratados de un sólido son intercambiados equivalentemente por iones de igual carga en solución, neutralizando eléctricamente los grupos potencialmente cargados los que se

adhirieren al sólido. El intercambio de cationes ocurre cuando el catión móvil (+) unido al grupo cargado negativamente, se fija en el intercambiador iónico y se cambia por otro catión de la solución. De modo semejante, el intercambio de aniones ocurre cuando el anión móvil unido al grupo cargado positivamente y fijo sobre la resina intercambiadora, se cambia por otro anión de la solución.

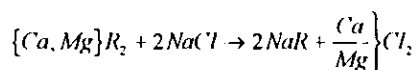
Los primeros intercambiadores iónicos empleados, utilizaron las zeolitas inorgánicas de origen natural (silicatos de aluminio), que poseen baja capacidad de intercambio por metro cúbico de material. Posteriormente se introdujeron al mercado los intercambiadores iónicos orgánicos fabricados a partir de productos naturales sulfonados como el carbón, la lignita y la turba que poseen gran capacidad de intercambio. Sin embargo la mayor parte de las resinas intercambiadoras de iones de alta capacidad se basan en el poliestireno-divinilbenceno (SDVB).

En la suavización se emplea el catión sodio que elimina los iones de calcio y magnesio por medio de una resina, cuando esta se ha agotado, se regenera a su forma de sodio con una solución de sal en el intervalo de 6 a 8 de pH. Para el sistema de intercambio del ciclo de sodio y del hidrógeno generalmente se emplean resinas del tipo estireno-divinilbenceno sulfonado que poseen gran estabilidad a temperaturas de 150°C, en todo el intervalo de pH, son resistentes a las condiciones de oxidación, su capacidad total de intercambio es hasta 925 kg de  $\text{CaCO}_3$  por metro cúbico en un intercambiador con un ciclo de hidrógeno y arriba de 810 kg de  $\text{CaCO}_3$  por metro cúbico con un ciclo de sodio.

A continuación se ilustran las reacciones que se efectúan durante la suavización, donde el símbolo  $R_2$  representa el radical del intercambiador catiónico:

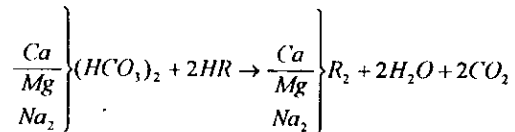


Cuando se agota la capacidad de la resina, la unidad de tratamiento se pone temporalmente fuera de servicio para efectuar un lavado inverso y reclasificar hidráulicamente las partículas que se encuentran en la resina que se regenera con una solución de cloruro de sodio (sal) la cual elimina el calcio y el magnesio en forma de cloruros solubles, de manera simultánea se transforma el intercambiador catiónico a su forma de sodio, posteriormente se enjuaga para quedar libre de estos compuestos y del exceso de sal. Las reacciones de regeneración se pueden indicar mediante el empleo de sal o en un ciclo de hidrógeno:

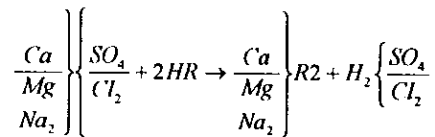


El proceso de intercambio iónico con hidrógeno es semejante al de catión de sodio, excepto en que las resinas intercambiadoras contienen un ión intercambiable que se emplea para eliminar todos los cationes. El símbolo R

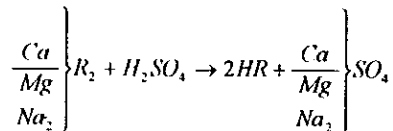
representa el radical complejo para el intercambiador de catión hidrógeno en las siguientes reacciones para intercambios con bicarbonatos:



En las siguientes reacciones, el símbolo R se emplea para un radical orgánico, estas se realizan con sulfato y cloruros:

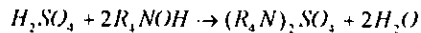


La regeneración con ácido sulfúrico es el método más empleado y más económico entre los métodos de regeneración. Las reacciones, en forma simplificada se indican a continuación:

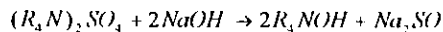


Para la mayor parte de los propósitos, el agua ácida no es deseable por ello el efluente del tratamiento de intercambio con catión de hidrógeno se debe neutralizar o mezclar con agua tratada con zeolita de sodio.

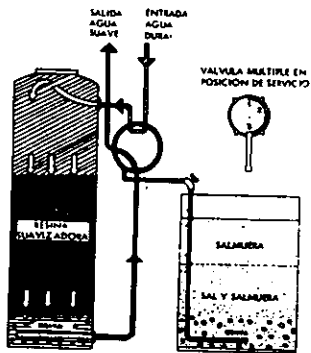
Los intercambiadores aniónicos son de dos tipos de resinas, las fuertemente básicas o las débilmente básicas, ambas eliminan ácidos fuertemente ionizados, como el sulfúrico y el clorhídrico, pero, únicamente los intercambiadores aniónicos fuertemente básicos eliminan los ácidos débilmente ionizados como el silicio y el carbónico. En las siguientes reacciones se representa de manera simplificada el intercambio aniónico de un ácido fuertemente ionizado, donde  $R_4N$  representa el radical complejo de intercambio aniónico.



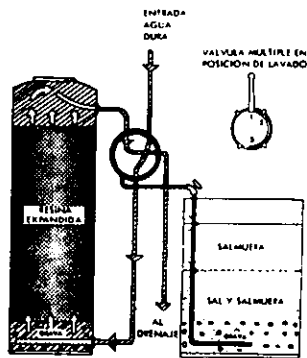
Regeneración:



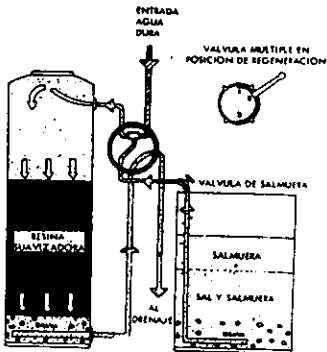
Los intercambiadores aniónicos fuertemente básicos se regeneran con sosa cáustica; los débilmente básicos se regeneran con carbonato de sodio, sosa cáustica e hidróxido de amonio. En la figura 4.5 se muestra un sistema de suavización de agua.



EN SERVICIO

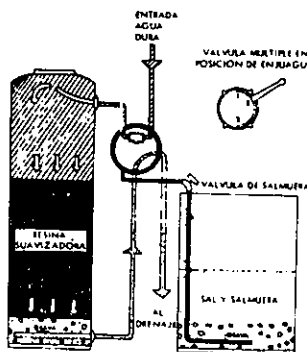


LAVADO



REGENERADO

Válvula de Salmuera Abierta



ENJUAGUE

Válvula de Salmuera Cerrada

PROYECTO:  
DISEÑO INTEGRAL  
DE UNA PLANTA  
POTABILIZADORA.

FIGURA 4.5  
ARREGLO DEL SISTEMA  
DE SUAVIZACION  
DE AGUA

ELABORO:  
LIDIA GRADA MTZ.

#### 4.2.2 Desmineralización

Es el intercambio de iones es empleado extensamente para remover iones específicos en forma selectiva. Esta selectividad principalmente se realiza por los siguientes factores:

- 1) La fuerza de los iones.
- 2) La cantidad de iones.
- 3) Tipo de intercambio.

y en menor grado a la temperatura.

Algunos intercambios tienen gran afinidad por un ión en particular, por ejemplo la clinoplodita (zeolita natural), posee una fuerte afinidad por el amonio, sin embargo con otras resinas sintéticas no existe el intercambio, esto se efectúa por las propiedades que poseen los iones. Existe diversidad de materiales para realizar el intercambio iónico: la arena verde, la arcilla (especialmente la montmorillonita), el carbón sulfonado (antracita tratada con ácido sulfúrico concentrado) y otros.

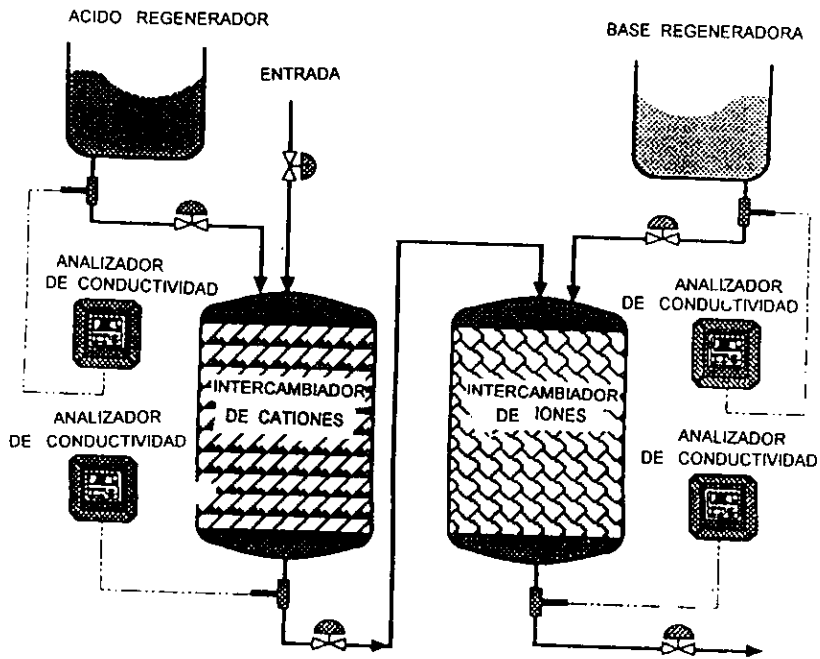
Las resinas selectivas generalmente se emplean para remover: nitrato, hierro, manganeso, amonio y metales pesados, aunque presentan las siguientes desventajas:

- a) Para la regeneración química es un proceso costoso.
- b) Las plantas automáticas requieren de mayor atención y mantenimiento.
- c) Costo alto de las resinas.
- d) Se puede dañar la resina por falta de conocimiento en la operación.

Existen diferentes tipos de intercambio iónico, aplicados a la desmineralización, clasificados por los distintos grupos funcionales, que determinan el tipo de anión y/o catión a intercambiar, permitiendo definir la naturaleza de la resina a utilizar. Cabe mencionar que los ácidos y bases fuertes operan en todo el rango de pH, la capacidad de intercambio está limitada a la regeneración y adicionalmente se incrementa el costo de los químicos comparada con las resinas de electrolitos débiles que poseen una gran capacidad de intercambio y su regeneración se realiza de manera estequiométrica.

La desmineralización del agua se utiliza en los siguientes procesos: alimentación de agua a las calderas, agua baja en sales y para agua de procesos específicos. En la figura 4.6 se muestra el diagrama de un desmineralizador.





PROYECTO:  
 DISEÑO INTEGRAL  
 DE UNA PLANTA  
 POTABILIZADORA.

FIGURA 4.6  
 ARREGLO DEL SISTEMA  
 DESMINERALIZADOR  
 DE AGUA

ELABORO:  
 LIDIA GRADA MTZ

### 4.2.3 OSMOSIS INVERSA

La ósmosis es un proceso empleado para separar partículas contaminantes de una solución concentrada por medio de una membrana, en este proceso se emplea una fuerza impulsora (presión diferencial) a través de la membrana, provocando que el agua fluya de la solución más fuerte a la más débil, la presión requerida puede ser mayor que la presión osmótica. La presión diferencial es a menudo mayor que 300 psig y varía dependiendo de las diferencias en concentración.

En promedio, es alrededor de 10 psi por cada 1000 mg/l de diferencia en los STD\* , estas diferencias están influidas por el tipo de membrana empleada. En la ósmosis inversa, el transporte del agua a través de la membrana no es el resultado del flujo a través de poros definidos, sino es el resultado de la difusión de una molécula a la vez, a través de los espacios vacantes en la estructura molecular del material que constituye la membrana.

Las membranas que se emplean en la ósmosis inversa están elaboradas con polímeros amorfos, aunque por lo general contienen algunas regiones cristalinas o menos amorfas.

---

\*STD: Sólidos Disueltos Totales

Existe gran variedad de membranas empleadas para la ósmosis inversa, una membrana determinada puede rechazar un ión con mayor efectividad que otro, este rechazo puede estar afectado por la presencia de otras especies iónicas en el agua que se está procesando. En general, cuanto mayor sea el flujo de agua a través de un tipo dado de membrana, tanto menor es el rechazo, es decir tanto menor es la sal retenida en el concentrado y menor la contaminación del producto. Inversamente, cuanto mayor es la velocidad de rechazo de la sal, tanto menor será el flujo a través de la membrana, siendo igual la presión aplicada. Estas propiedades pueden variarse cambiando el tipo de polímeros empleados y los métodos de manufactura y de procesamiento de las membranas, para ello debe de tomarse en cuenta el diseño de las unidades del proceso, con objeto de aprovechar las ventajas que ofrecen los diversos materiales disponibles para las membranas.

Las membranas al ensuciarse son difíciles de limpiar, presta alguna ayuda la aplicación cíclica de presión, así como algunos agentes limpiadores. En la mayoría de la veces se requiere de un acondicionamiento previo del agua a tratar, para ello se ha desarrollado un índice de ensuciamiento para guiar a los usuarios en la selección de un tratamiento previo.

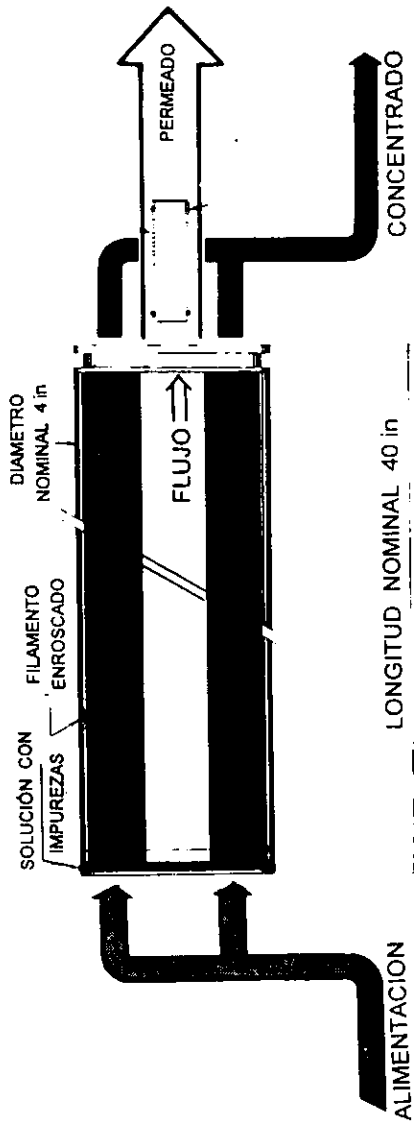
Este índice de ensuciamiento se basa en la rapidez de atascamiento de un filtro de membrana estándar, para ello el agua de prueba es filtrada a presión

constante y se mide inicialmente el tiempo requerido para filtrar 100 ml y el tiempo requerido para filtrar la misma cantidad después de transcurridos 15 minutos. El índice de ensuciamiento es determinado a partir de esta relación.

Para evitar el ensuciamiento de las membranas, el índice de ensuciamiento de la alimentación deberá ser menor que 3. Para intentar reducir los atascamientos en las membranas se emplea el tratamiento químico con polifosfatos con precipitados de  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  y  $\text{Mg(OH)}_2$ . En la figura 4.7 se muestra el funcionamiento de una membrana de ósmosis inversa.

En la tabla 4.1 se muestra una comparación de las membranas de ósmosis inversa comúnmente empleadas.

10 lb (4.5 kg)



PROYECTO:

DISEÑO INTEGRAL DE UNA  
PLANTA POTABILIZADORA

FIGURA 4.7

FUNCIONAMIENTO DE MEMBRANA  
PARA OSMOSIS INVERSA

ELABORO:

LIDIA GRADA MARTINEZ

Tipo de Membranas			
	Fibras huecas de triaceto	Fibras huecas de poliamida	Acetato de celulosa enrolladas en espiral
Flujo a 400 psi, gpd / ft <sup>2</sup>	1.5	1.0	15-18
Presión posterior, psi	75	50	0
Intervalo de pH	4 - 7.5	4 - 11	4 - 6.5
Temperatura máxima °F	86	85	85
Cl <sub>2</sub> máximo	1.0	0.1	1.0
Bio- resistencia	Bueno	Excelente	Regular
Retrolavado	Inefectivo	Inefectivo	Efectivo

Tabla 4.1 Características más comunes de Membranas utilizadas en Osmosis Inversa.

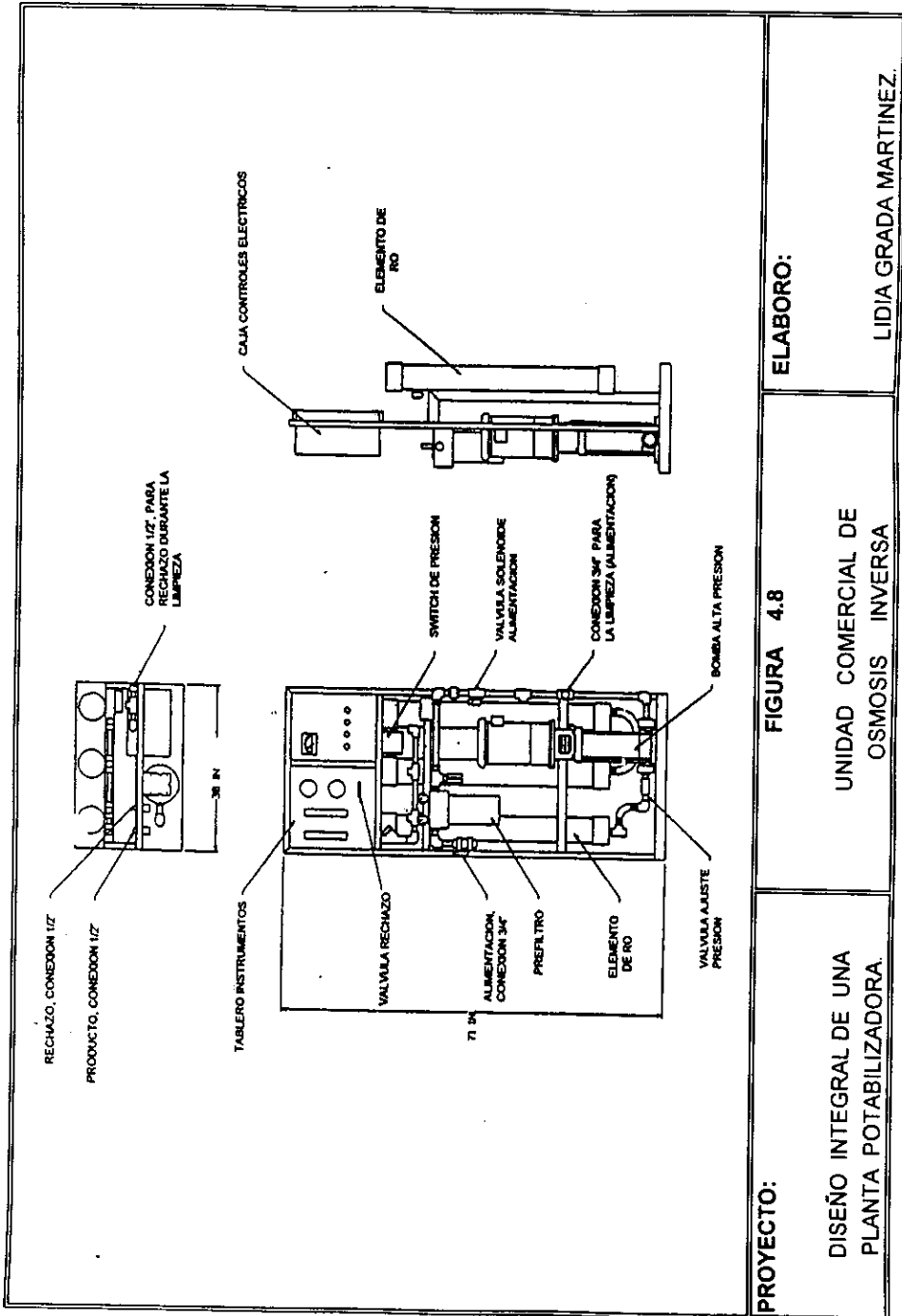
Las unidades Osmosis Inversa han encontrado una aplicación amplia en la desalación de agua para consumo humano o industrial, en el tratamiento previo de agua dulce antes de la desmineralización para reducir el consumo de productos químicos y reducir a un mínimo la producción de desechos fuertes y en el tratamiento de agua de desecho. También se emplea para la eliminación de plomo, arsénico, asbesto, quistes de parásitos y nitratos.

En la tabla 4.2 se muestran los resultados del tratamiento de una abstevedora de agua por ósmosis inversa para reducir la carga sobre un desmineralizador.

	Constituyente, mg/l	
	Crudo	Terminado
Dureza, como $\text{CaCO}_3$	380	20
Alcalinidad, como $\text{CaCO}_3$	215	16
Electrolitos totales como $\text{CaCO}_3$	445	29
Sílice, como $\text{SiO}_2$	25	3
$\text{CO}_2$	25	25
pH	7.2	6.0

Tabla 4.2 Condiciones de Operación de una Osmosis Inversa.

En la figura 4.8 se muestra una unidad de osmosis inversa comercial.





### 4.3 DESINFECCIÓN

En el agua existen diversidad de bacterias y parásitos, algunos son patógenos que causan enfermedades al ser humano y en menor grado a los animales, la presencia de estos organismos origina una contaminación, lo cual la hace inadecuada para su consumo. Entre las llamadas enfermedades de "origen hídrico", se encuentra la tifoidea, disentería, cólera y algunos padecimientos conocidos como gastroenteritis. Una característica para considerar que el agua es de calidad segura y satisfactoria para consumo, es que se encuentre libre de bacterias patógenas, por ello se realizan tratamientos que tienen la finalidad de desinfectar el agua. Existen diversos tratamientos, los cuales en su mayoría son físicos. Los requisitos que tiene que cumplir un desinfectante químico ideal se muestran en la tabla 4.3.

CARACTERISTICAS	OBSERVACIONES
Toxicidad a los microorganismos	Poseer un amplio espectro de actividad de altas diluciones.
Solubilidad	Ser soluble en agua o tejido celular.
Estabilidad	La pérdida de acción gemicida al estar en reposo deberá ser pequeña.
No tóxico a formas superiores de vida	Tóxico a los organismos y no tóxico al hombre y otros animales.
Homogenidad	La solución debe tener una composición uniforme.
Interacción con materias extrañas	No deberá ser absorbido por la materia orgánica.
Toxicidad a temperatura ambiente	Ser eficaz en el intervalo de temperatura ambiente.
Penetración	Tener capacidad de penetrar a través de las superficies.
No corrosivo y que no manche	No deberá atacar los metales o manchar la ropa.
Aptitud deodorizante	Desodorizar mientras desinfecta.
Capacidad detergente	Poseer acción limpiadora para mejorar la efectividad del desinfectante.
Disponibilidad	Estar disponible en grandes cantidades y a precios razonables.

Tabla 4.3 Características generales que deben cubrir los desinfectantes.

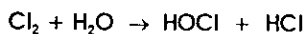
### 4.3.1 CLORACIÓN

El cloro es un elemento no metálico, de número atómico 17, pertenece al grupo VII A del sistema periódico, las propiedades físicas principales se presentan en la siguiente tabla:

Peso atómico	35.453
Estado físico @ 25°C	Gaseoso (a presión atmosférica)
Color	Verde amarillento
Olor	Sofocante
Presión de licuación @ 25°C	7.86 atm
Solubilidad en agua	0.64 gr Cl / 100 gr H <sub>2</sub> O
Peso específico	2.49

Tabla 4.4 Características Físicas del Cloro.

El cloro es poco soluble en el agua pero al reaccionar con ella, es un agente químico muy activo, reacciona rápidamente con las sustancias disueltas en el agua, la reacción química del cloro con el agua forma el ácido hipocloroso y el ácido clorhídrico, con un pH menor o igual a 3.0, la reacción química es:



El cloro existe en el agua como iones de hipoclorito y ácido hipocloroso que producen las siguientes reacciones: oxidación de los compuestos orgánicos e inorgánicos, coagulación de los compuestos orgánicos y combinación directa del

cloro con materiales orgánicos y inorgánicos, las reacciones químicas que se producen, dependen del potencial de oxidación del cloro activo libre y de los compuestos de cloro que forma para iniciar la cloración.

Cuando se aplica una pequeña cantidad de cloro al agua, reacciona de manera inmediata con los contaminantes suspendidos y disueltos en ella, es necesario dosificar el cloro suficiente para que reaccione con la materia orgánica, las sustancias reductoras y el amoníaco (en el caso de existir); a esto se le denomina demanda de cloro, teniendo al final un residual de cloro cuya función es conservarse en el agua.

Se concluye que la cloración es la demanda de  $Cl_{\text{Dosificado}} - Cl_{\text{Residual}}$  (cantidad de cloro que se agrega menos la cantidad de cloro que existe en un tiempo determinado).

La cantidad de cloro que permanece después del periodo de reacción, se le conoce como cloro residual, expresado en miligramos por litro o partes por millón (ppm). El cloro residual puede existir como compuestos clorados de amoníaco y materia orgánica, el cual es conocido como "cloro residual combinado", otra manera de presentarse es en forma libre, en ese caso se le conoce como "cloro residual libre". En caso de presentarse la combinación de estos, se conoce como "cloro residual total", quedando lugar al "cloro suficiente", que es la cantidad requerida para producir un residual deseado que puede ser combinado, libre o total dependiendo del intervalo de contacto definido.

El control que se emplea para indicar si las reacciones químicas y biológicas han sido completadas en el proceso de cloración, es la prueba de ortolidina-arsenito (OTA), que mide y distingue cuantitativamente los residuos del cloro libre y combinado. Se trata de un compuesto orgánico, en solución ácida reacciona con el cloro de manera muy sensible (concentraciones de 0.005 ppm), la reacción se efectúa instantáneamente generando una coloración verde-amarilla en menos de 5 segundos, la cual se considera la medida de cloro activo libre.

Las reacciones secundarias generadas con la materia orgánica, anulan el poder desinfectante del cloro y pueden llegar a generar sabores y olores no deseables para el consumo humano.

El cloro libre es eliminado por los nitritos y el manganoso que se encuentran en el agua, originando un color falso en la prueba de ortolidina (causando error en la lectura), pues reaccionan fuertemente con el cloro creando una demanda adicional de este.

La cloración residual combinada, consiste en agregar cloro al agua, que al combinarse con el amoníaco presente (natural o agregado) genera un residuo de cloro activo combinado.

El cloro activo combinado es menos eficiente que el cloro activo libre, pero su velocidad de reacción lenta es favorable en instalaciones de potabilización de agua grandes, cuya temperatura; por lo general es fría. Su bajo potencial de

oxidación implica que su acción bactericida sea más lenta, por lo cual se requiere de mayores dosificaciones en iguales condiciones que el cloro activo libre, aproximadamente, unas veinticinco veces más. Este sistema comúnmente se utiliza como postcloración; es decir que se añade cloro después de la filtración o de la reclusión.

La porción de cloro residual total libre, sirve como medida de la capacidad para oxidar la materia orgánica; se recomienda que por lo menos el 85% del cloro residual total quede en estado libre. El ácido hipocloroso (HOCl) es el residuo de cloro activo libre más eficiente.

Tradicionalmente se emplea el hipoclorito de calcio o el hipoclorito de sodio, que se agregan en forma de polvo, variando su concentración del 3 al 15% de cloro disponible en peso. Las soluciones de hipoclorito se diluyen en concentraciones de 0.5 a 1% en peso, considerando el contenido de cloro de la solución concentrada.

Para asegurar el éxito de la desinfección por medio de la cloración, se toma en cuenta los siguientes parámetros: la cantidad de amoníaco presente en el agua, debido a que se genera la cloraminación (unión del cloro con el amoníaco), formando un compuesto con cualidades desinfectantes escasas comparadas con la desinfección por cloro libre.

La rapidez de desinfección es proporcional a la temperatura del agua. El pH se emplea como índice para determinar la facilidad de desinfección, se sabe que

las aguas de baja alcalinidad son más factibles de desinfección por medio de cloro.

El tiempo, es un factor importante del que se dispone para que el cloro actúe sobre los contaminantes del agua. El tiempo de reacción mínimo es de 10 a 15 minutos, pero es preferible dejar transcurrir varias horas para garantizar una desinfección efectiva, evitando que el agua alcance una concentración indeseable de cloro residual que es inconveniente para el consumo humano.

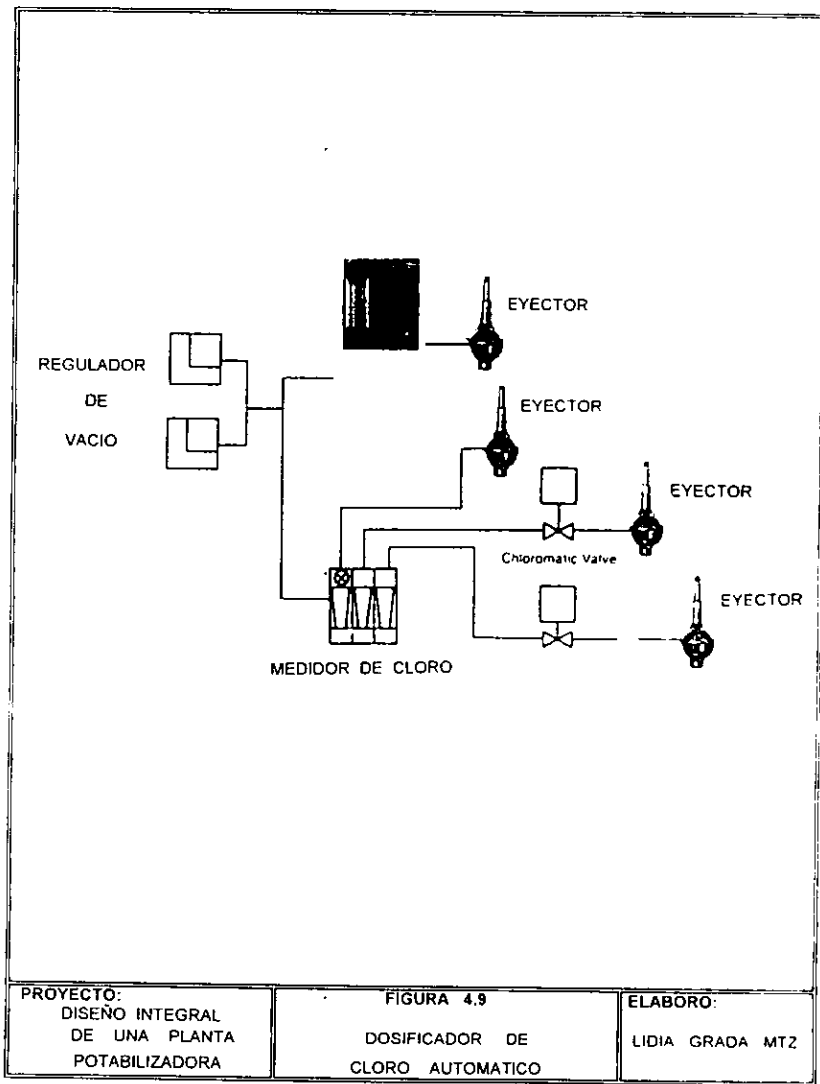
La concentración, se relacionada con el tiempo, si se desea mantener el cloro combinado (desinfectante débil), se debe proporcionar mayor concentración actuando durante un tiempo extenso, si se desea mantener el cloro residual libre (desinfectante activo), el período de la reacción puede ser menor.

Para el suministro, manejo y dosificación de las cantidades necesarias para desinfectar del agua por medio de cloro, las instalaciones son diseñadas expreso, tomando en cuenta la seguridad necesaria para minimizar incidentes, en las que se encuentran: ventilación adecuada, aislamiento del área, acceso restringido y equipo de protección personal entre otros.

El cloro se alimenta directamente o en solución acuosa. La aplicación directa se limita a grandes instalaciones. Las más comunes son los que emplean

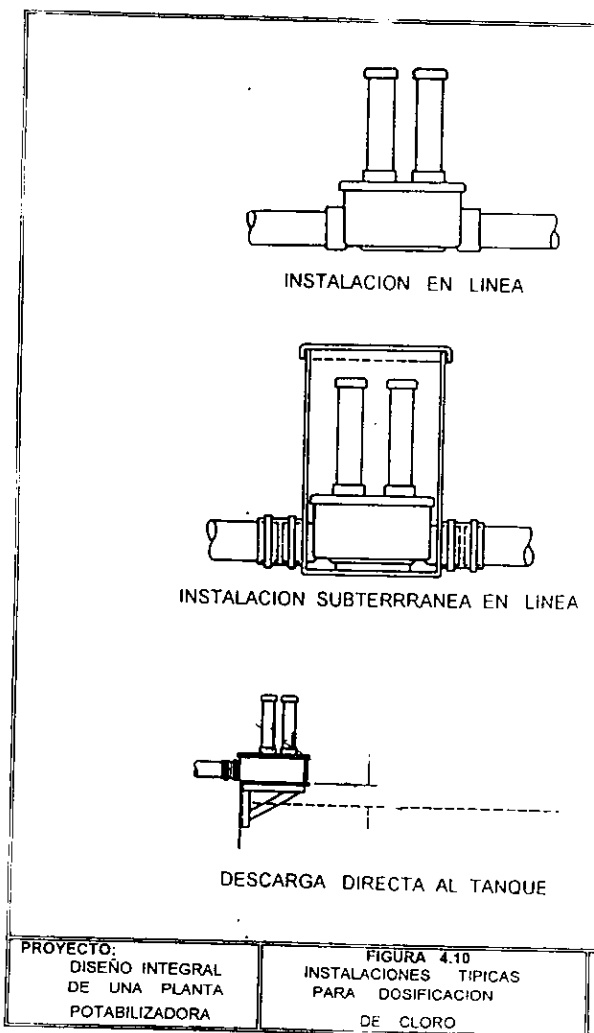
dispositivos de alimentación al vacío siendo equipos de dosificación manuales o automáticas.

En la figura 4.9 se muestra un dosificador de cloro automático.





Así mismo la dosificación de cloro se puede realizar de diversas formas, algunas de ellas se muestran en la figura 4.10. Los aspectos más relevantes para seleccionar los tanques son: el método de adición de cloro y el mezclado adecuado.



PROYECTO:  
DISEÑO INTEGRAL  
DE UNA PLANTA  
POTABILIZADORA

FIGURA 4.10  
INSTALACIONES TÍPICAS  
PARA DOSIFICACION  
DE CLORO

ELABORÓ  
LIDIA GRADA M.T.

#### 4.3.2 OZONO

El ozono es una forma alotrópica del oxígeno, posee molécula triatómica con las siguientes características físicas:

Color	Azul Pálido
Olor	Picante persistente
Punto de Ebullición	- 112 °C (a 1 atm. de presión)
Punto de fusión	- 192 °C (a 1 atm. de presión)

El ozono posee las siguientes características generales: su molécula es diamagnética de estructura angular, explosivo a temperaturas superiores de 300°C o en presencia de sustancias que catalicen su descomposición, muy tóxico por inhalación, muy inestable, con características oxidantes energéticas empleadas para degradar o eliminar sustancias orgánicas y minerales, entre los que se encuentra el hierro, manganeso, proteínas, ácidos aminados, compuestos responsables del deterioro de sabor, color y olor del agua, asimismo posee poderes bactericidas y virulicidas.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Durante la ozonólisis se forman ozónidos inestables (compuestos orgánicos no saturados), que al destruirse producen un desdoblamiento químico, generando una acción oxidante enérgica que se presenta mediante efecto catalítico, por pérdida de oxígeno y por adición de la molécula de ozono que se favorece a temperaturas bajas y a una velocidad mayor del aire. Los efectos de la ozonización son diferentes según el sistema de aplicación de ozono al agua y de su grado de contaminación: si el ozono se aplica en dosis reducidas con un período breve de contacto se observa que las sales solubles ferrosas se transforman en insolubles, esto se emplea para remover principalmente el hierro y el manganeso, las oxidaciones que se generan con los contaminantes, generalmente se efectúan en relaciones estequiométricas, donde cada molécula de ozono proporciona un átomo de oxígeno activo y una molécula de este elemento.

El ozono actúa de manera rápida sobre las bacterias y carga microbiana presente en un medio, en el caso específico de su aplicación en agua elimina olores persistentes indeseables sin que aparezcan sabores originados (como sucede en la cloración). Se ha demostrado que existe un límite de contenido residual de ozono ( $0.03\text{g/m}^3$ ) por encima del cual la inactivación es total, si este residual se mantiene como mínimo durante 4 minutos, el coeficiente de inactivación es de 99.99% de los virus presentes al inicio. La preozonización hace que los tratamientos de decoloración, deodorización, esterilización bacteriana y viral sea segura y sencilla, disminuyendo sensiblemente los residuales de la filtración.

El ozono también se emplea para degradar las trazas de detergentes presentes en el agua y en la eliminación del grupo de los organofosfatos, entre los cuales se encuentra el paratión (pesticida). Al combinarse la acción del ozono con la del carbón activado se elimina completamente el benzopireno y otros hidrocarburos aromáticos que son cancerígenos.

La producción del ozono se realiza *in situ*, por electrólisis de soluciones alcalinas de perclorato o pasando una corriente de aire, a través de un condensador de corriente alterna, de baja frecuencia y alta tensión, disociando las moléculas de oxígeno (O<sub>2</sub>) en átomos (O) que se combinan entre sí, si se utiliza oxígeno seco se tienen mejores resultados:



El ozono clúa sobre el agua en dos etapas: inicialmente, se satura la demanda inmediata de ozono oxidando el agua tratada y la segunda fase crea y mantiene la presencia de un exceso (residual) de ozono. Asimismo para mantener una velocidad de transferencia óptima, se requiere mantener elevada la concentración de aire ozonado, la presión de aplicación y un coeficiente de distribución favorable. Por otro lado en el tratamiento existe un pérdida inevitable de ozono, las cantidades de aire ozonado que se emplean, son pequeñas respecto al volumen de agua a tratar (de 20 g/m<sup>3</sup> en 100 o 200 litros de aire ozonado/m<sup>3</sup> de agua tratada).

En la actualidad existen diversos equipos para la generación de ozono. El sistema más común es el generador por descarga de corona, para la dosificación el mecanismo más común es el uso de hidroeyectores, que favorecen el contacto entre el agua a tratar y el ozono, permitiendo un mayor tiempo de residencia con las burbujas gaseosas.

Otro sistema de dosificación son los emulsionadores mecánicos rotativos: el elemento principal de este sistema consiste en un cilindro vertical que gira en el agua (aproximadamente a 2.200 r.p.m), donde el movimiento genera una aspiración del aire ozonado que se dispersa por las perforaciones y de esa manera se emulsiona en el agua.

Dilución por chorro de agua: se efectúa en el interior de una cámara donde circula el aire ozonado y se ponen en contacto las gotas de agua finas, para ello es necesario que la presión en las toberas de dispersión sea elevada. Para evitar que las gotas formadas se transformen demasiado rápido en una superficie de agua que se escurra por las paredes, es necesario que el techo y las paredes de contacto se encuentren relativamente alejados de las toberas de pulverización.

En la torre de absorción existen dos fases: una corriente gaseosa que va de abajo hacia arriba y una contracorriente líquida encargada de lavar la corriente gaseosa. Este método consiste en formar recorridos para tener una superficie humectante amplia en la que se efectúen los intercambios de fases.

Otro método es la difusión por porosidad, en ella se favorece el incremento de la concentración de ozono en el aire ozonado debido a la compresión que tiene lugar en los poros de los difusores. La dimensión de las burbujas producidas es determinada por: el diámetro del poro capilar, la tensión superficial en la interfase gas/líquido y las densidades del líquido y del gas. Este método, es flexible pues se puede adaptar a las condiciones externas haciendo variar: el número de cámaras en servicio, la distribución de los flujos del aire ozonado entre las diversas cámaras y el número de poros en servicio de cada cámara, con ello se puede saturar la demanda de ozono en el agua (condición de oxidación). Para mantener el residual (como 4 minutos mínimo) y obtener el efecto virulicida completo, posteriormente se aplica ozono en las cámaras siguientes (en corriente paralela o continua), reduciendo de manera considerable la demanda de ozono en la postozonización, disminuyendo de esta manera el costo de destrucción química.

Para preparar el ozono, el aire tiene que estar libre de polvo y de vapor de agua. si el aire se encuentra por debajo de la temperatura ambiente no existe la generación de ozono, por ello es necesario que el aire pase a través de intercambiadores de calor o bien por unidad térmica.

Para la desinfección, se requiere de concentraciones del 1 al 1.5% en peso de aire empleado. Antes que el aire entre al ozonador es necesario remover el polvo, esto se logra cuando la temperatura de rocío del aire es de -40 a -60 °C.

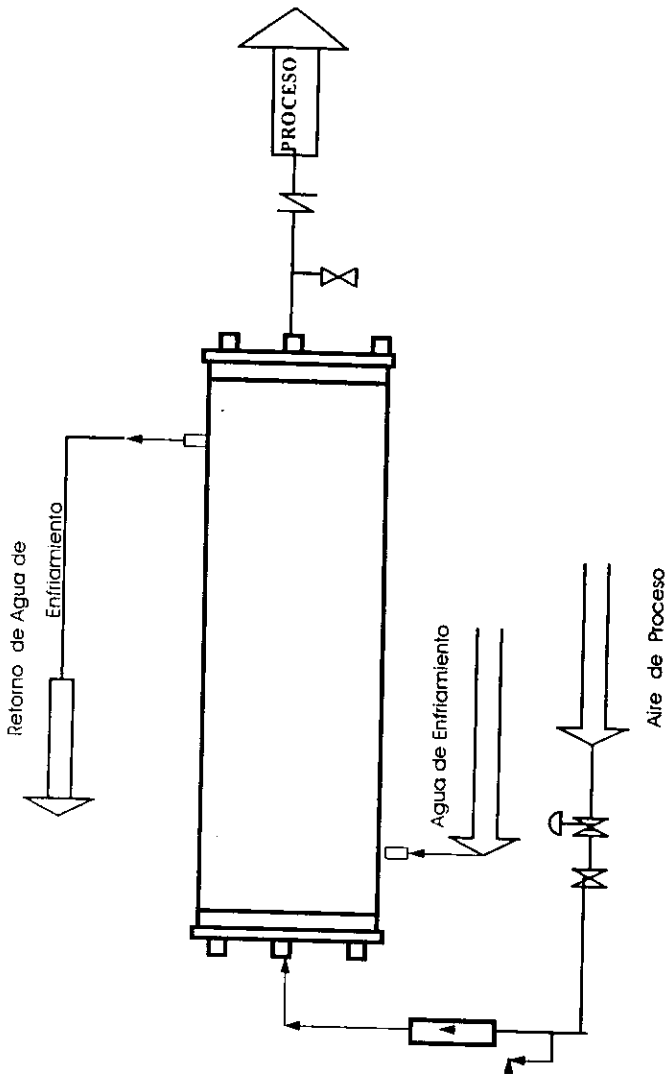
Cuando el ozonador es alimentado con aire seco se disminuye la frecuencia de limpieza.

Existen dos formas de producción de ozono:

- 1) A alta presión de secado.
- 2) A baja presión de secado.

En el caso 1, el aire comprimido es secado a través de materiales adsorbentes, en este tipo de secado se emplean dos cilindros, en uno de ellos se seca el aire comprimido y se alimenta al reactor de ozonización, las trazas pasan al segundo cilindro para su regeneración. Este tipo de secado se realiza de manera constante, sustituyendo el aire no calentado del compresor. Este sistema posee la ventaja de emplear menor cantidad de aire seco para la regeneración, pero emplea mayor energía eléctrica.

En el segundo caso, el aire de la primera cámara tiene una presión de 1 kg/cm<sup>2</sup>, en operación automática, proporciona aire frío con características higrométricas constantes, sin considerar las variaciones que puedan existir en la calidad del aire de entrada, el aire es secado por adsorbentes a una temperatura de rocío de -40 a -60°C, empleando dos cilindros, uno de secado de aire y otro de regeneración. Para realizar la regeneración de ozono, se inyecta aire caliente a través del material adsorbente que remueve el vapor de agua, después se enfría, realizándose en dos ciclos de 8 o 12 horas dependiendo de la cantidad de aire. En la figura 4.11 se presenta un esquema de generación de ozono.



**PROYECTO:**  
 DISEÑO INTEGRAL DE UNA  
 PLANTA POTABILIZADORA.

**FIGURA 4.11**  
 ESQUEMA DE  
 GENERACION DE OZONO

**ELABORO:**  
 LIDIA GRADA  
 MARTINEZ.



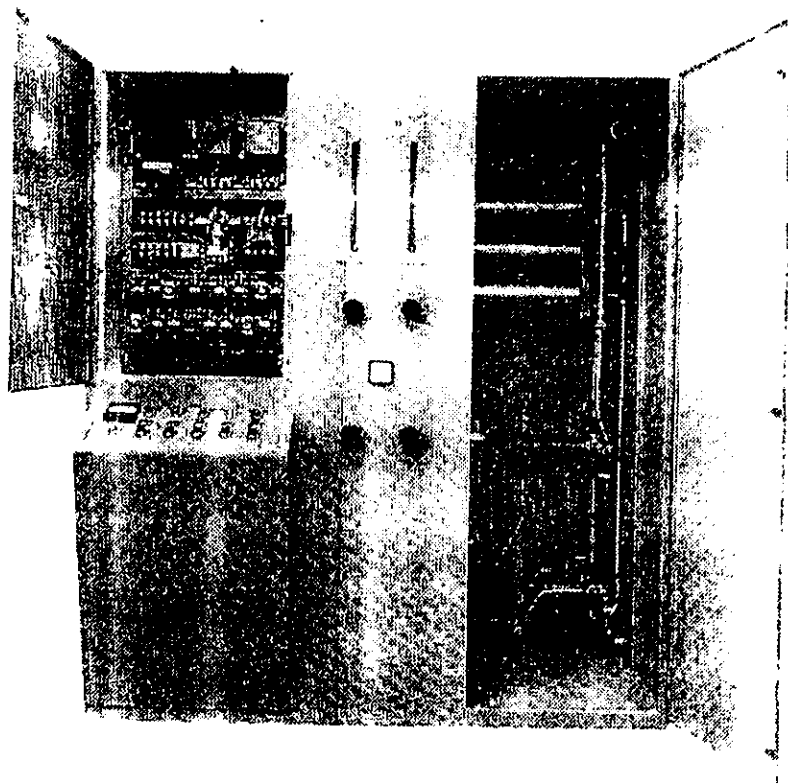
El ozonador está constituido por tubos horizontales contenidos en una envolvente cilíndrica. En los tubos se encuentran los dieléctricos de manera concéntrica. En la envolvente circula el agua haciendo contacto con los tubos, en muchos casos los tubos ya se encuentran integrados a la envolvente formando una sola pieza. En el lado de los tubos dieléctricos se llega a formar un segundo electrodo. El voltaje terminal es conectado a los electrodos internos donde los dieléctricos se pueden cargar individualmente, la alta potencia diferencial que existe entre los electrodos y los tubos internos cubre el tubo dieléctrico, donde en la sección anular de los tubos concéntricos circula el aire seco. Para la corriente eléctrica es necesario emplear un transformador de voltaje.

En el mercado existen ozonadores que contienen uno o más dieléctricos.

Para la selección del equipo se debe considerar las siguientes variables:

- a) Flujo del agua a tratar.
- b) Cantidad de ozono a generar.
- c) Residual de ozono requerido.
- d) Suministro de aire.

En la figura 4.12 se muestra el arreglo de un ozonador comercial.



PROYECTO:  
DISEÑO INTEGRAL  
DE UNA PLANTA  
POTABILIZADORA.

FIGURA 4.12  
ARREGLO TÍPICO  
DE UN  
OZONIZADOR

ELABORO:  
LIDIA GRADA MTZ

### 4.3.3 ULTRAVIOLETA

La luz ultravioleta es otro método para la desinfección de agua para consumo humano, se define como la radiación electromagnética con longitud de onda de  $50^{\circ}\text{A}$  a  $4000 \text{ \AA}$ , se subdivide en próximo ultravioleta que va de  $4000$  a  $3000 \text{ \AA}$ , lejano ultravioleta de  $3000$  a  $2000 \text{ \AA}$  y el extremo ultravioleta, que es menor a  $2000 \text{ \AA}$ . En la naturaleza la luz ultravioleta proviene de la infiltración de los rayos presentes en las capas superiores de la tierra, en el ser humano, el efecto de exposición prolongada en la piel causa eritema en las células superficiales.

Los efectos biológicos de la luz ultravioleta son de importancia, siendo la zona más activa el ultravioleta lejano el cual es absorbido en espesores relativamente pequeños de tejido efectuándose un efecto superficial. Las bacterias son muy sensibles a esta radiación con efectos perjudiciales que consisten en el retraso de la división celular, a cantidades elevadas da lugar a fenómenos de mutación y muerte de las células irradiadas. El poder bactericida depende de la longitud de onda y es especialmente elevado para una zona muy reducida del espectro, que probablemente se atribuye a una absorción por parte de los ácidos nucleicos. Esta acción bactericida comúnmente se emplea para esterilizar agua.

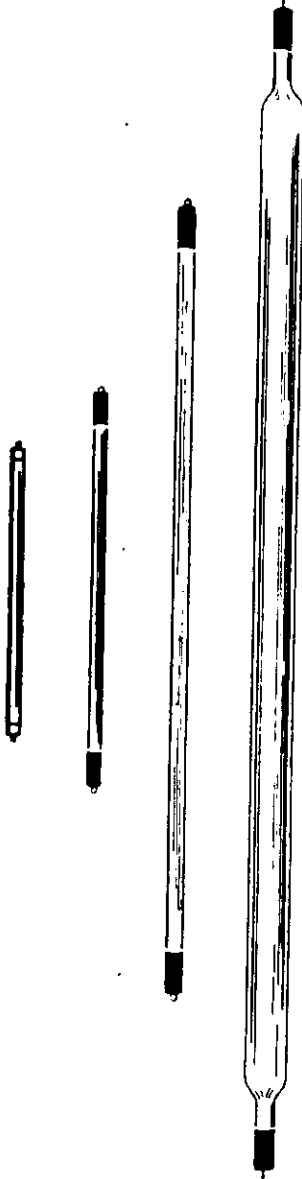
Las fuentes artificiales de radiación ultravioleta principalmente se encuentran conformadas por lámparas de arco con electrodos de diversa naturaleza, comúnmente mercurio, estas lámparas emplean sus vapores que emiten un espectro de rayos en la zona ultravioleta, al variar la presión interna varía notablemente la intensidad y la anchura de los rayos del espectro. En ciertos tipos de lámpara el arco está concentrado en un capilar de cuarzo con algunos centímetros de longitud, sometido a una presión de 40 atmósferas de tal modo que la intensidad de la radiación alcanza valores elevados, el espectro tiende a hacerse continuo a causa del ensanchamiento de los rayos. La luz emitida por la lámpara de vapores de mercurio se filtra con un vidrio al óxido de níquel, reduciendo el espectro a luz ultravioleta; es decir a un grupo de rayas de 3650, 3655 y 3663 Å. Cuando se varía la presión y el material que constituye el envolvente, las lámparas de vapores de mercurio pueden irradiar el ultravioleta lejano.

El proceso de desinfección por rayos ultravioleta presenta ventajas sobre la desinfección por cloración:

- a) Se obtiene un efluente 99.99% libre de microorganismos sin presentarse residuo alguno.
- b) La operación y mantenimiento es sencillo y económico, se reduce a limpiar las lámparas y cambiarlas aproximadamente 18 meses.
- c) No se requiere de transportar y manejar tanques que contienen compuestos químicos peligrosos y/o gases.

- d) El tratamiento por ultravioleta puede desinfectar de forma más completa y eficaz que los sistemas de cloración en menos tiempo , ya que el UV toma entre 6 y 10 segundos, mientras que el cloro requiere entre 15 y 30 minutos de tratamiento en un tanque de contacto.
- e) Los costos de inversión son menores.
- f) Las necesidades de espacio son reducidas.

En la figura 4.13 se muestran algunos tipos de lámparas ultravioleta comerciales.



**PROYECTO:**

DISEÑO INTEGRAL DE UNA  
PLANTA POTABILIZADORA.

**FIGURA** 4.13

LAMPARAS COMERCIALES  
DE LUZ ULTRAVIOLETA

**ELABORO:**

LIDIA GRADA MARTINEZ

En el mercado existen módulos UV, algunos consisten de un marco de acero inoxidable, de 2 a 16 lámparas recubiertas por una camisa de cristal de cuarzo y un recinto de aluminio extruído que contiene los balastros electrónicos. Con estos módulos UV el mantenimiento es fácil. Los módulos individuales pueden ser apagados y retirados del canal para su mantenimiento sin interrumpir el funcionamiento de los otros módulos, resultandq un menor inversión y disminuyendo las necesidades de equipos de refuerzo o repuesto. Algunos sistemas son a prueba de intemperie.

Existen equipos que poseen balastros electrónicos que regulan la energía suministrada a las lámparas, estos se encuentran colocadas en un compartimiento compacto en un armazón, con ellos se eliminan en gran medida las conexiones exteriores entre los balastros y las lámparas, así mismo las dos conexiones de las lámparas se encuentran en un extremo y están separadas por medio de una barra dieléctrica que impide la formación de arco. En algunos modelos, los circuitos entre balastros y las lámparas se encuentran contenidas dentro de un armazón impermeable al agua.

La camisa de cristal de cuarzo tiene un espesor nominal de 1.5 mm que permite la transmisión de aproximadamente el 89% de la emisión de las lámparas, estas se encuentran selladas dentro de la camisa de cristal de cuarzo por medio de anillos de sellado.

En cuanto al control del sistema se puede ubicar sobre el canal o en un lugar distante para tener acceso óptimo a toda la información de control y supervisión.

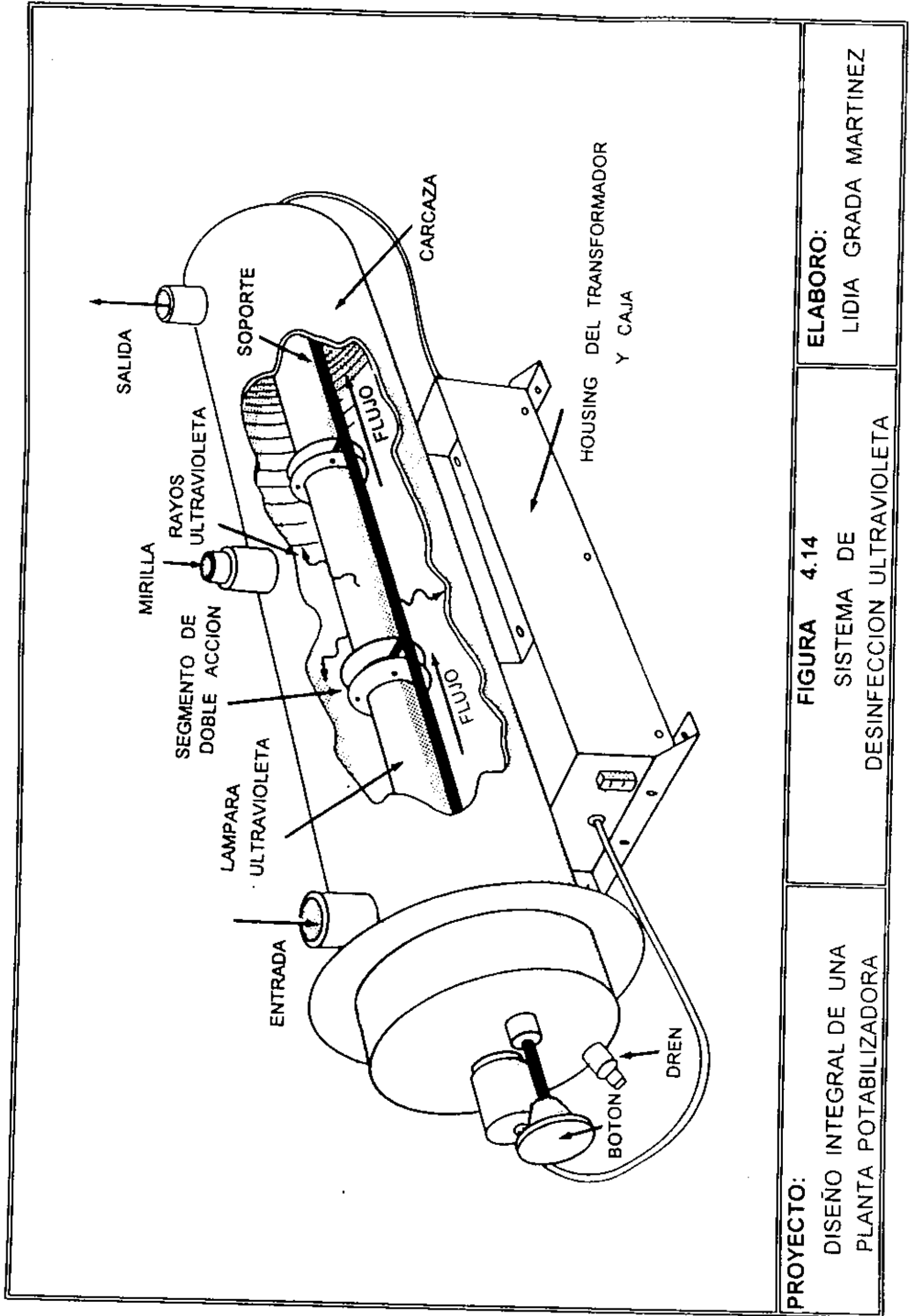
El mantenimiento de estos equipos generalmente consiste en la limpieza de las lámparas, las cuales son colocadas en un tanque de limpieza que puede ser móvil, de acero inoxidable tipo 304 y equipado con un compresor de aire para agitar la solución limpiadora. En instalaciones mayores la limpieza se realiza mediante una grúa de forma individual o bien en conjunto, su finalidad es eliminar la materia suspendida. Las lámparas necesitan remplazarse después de 18 meses de operación continua (13,000 horas), más sin embargo si en la operación se programa variaciones de caudal, entonces pueden durar hasta 3 años, ya que al disminuir el caudal, los módulos innecesarios de UV se apagan para el ahorro de energía y alargar la vida útil de las lámparas.

Para la selección de algún sistema es necesario conocer:

- a) El caudal promedio y máximo a tratar.
- b) Características del efluente.
- c) Niveles de desinfección requeridos.

En la figura 4.14 se muestra un sistema de desinfección por ultravioleta.





**PROYECTO:**  
 DISEÑO INTEGRAL DE UNA  
 PLANTA POTABILIZADORA

**FIGURA 4.14**  
 SISTEMA DE  
 DESINFECCION ULTRAVIOLETA

**ELABORO:**  
 LIDIA GRADA MARTINEZ

**V. PROYECTO EJECUTIVO**

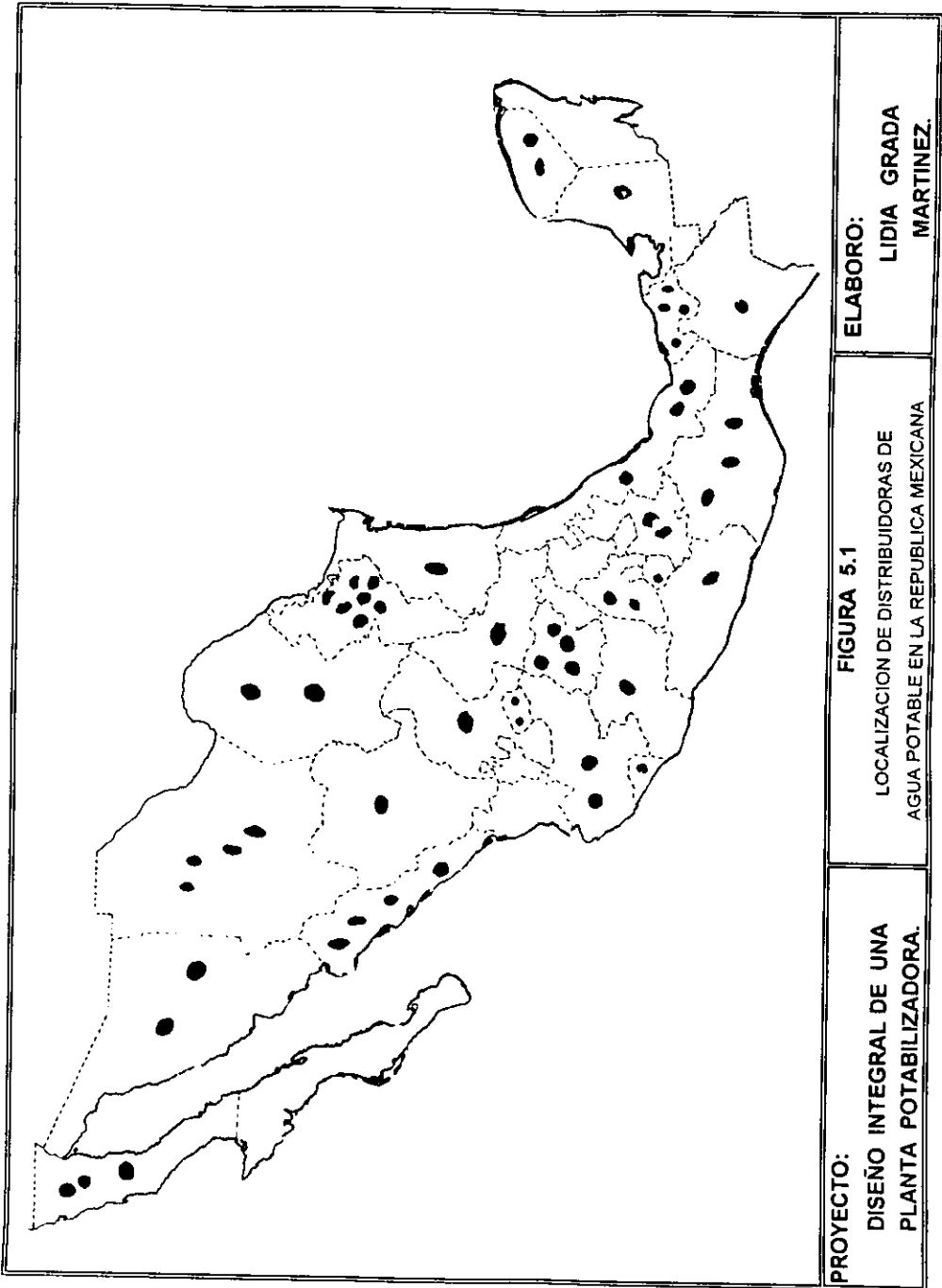
**DE LA PLANTA**

**POTABILIZADORA**

## 5.1 INGENIERÍA CONCEPTUAL

Como se observa en la figura 5.1, existe una necesidad potencial de plantas purificadoras en diversos estados de la República Mexicana, principalmente en la zona Metropolitana del Valle de México, donde en la actualidad el abastecimiento del agua es deficiente debido a la distancia que tiene que recorrer desde su punto de abastecimiento (Cutzamala) al sitio de consumo (nuestros hogares), la contaminación visible de los mantos freáticos del Valle de México que se refleja en la calidad deficiente del agua suministrada.

Adicionalmente la necesidad de agua potable en el Valle de México es una de las prioridades del gobierno, aunado a la densidad de población existente, lo que permite que la instalación de plantas potabilizadoras en el Valle de México contribuirá de manera importante a minimizar los riesgos de enfermedades por utilización de agua no apta para consumo humano.



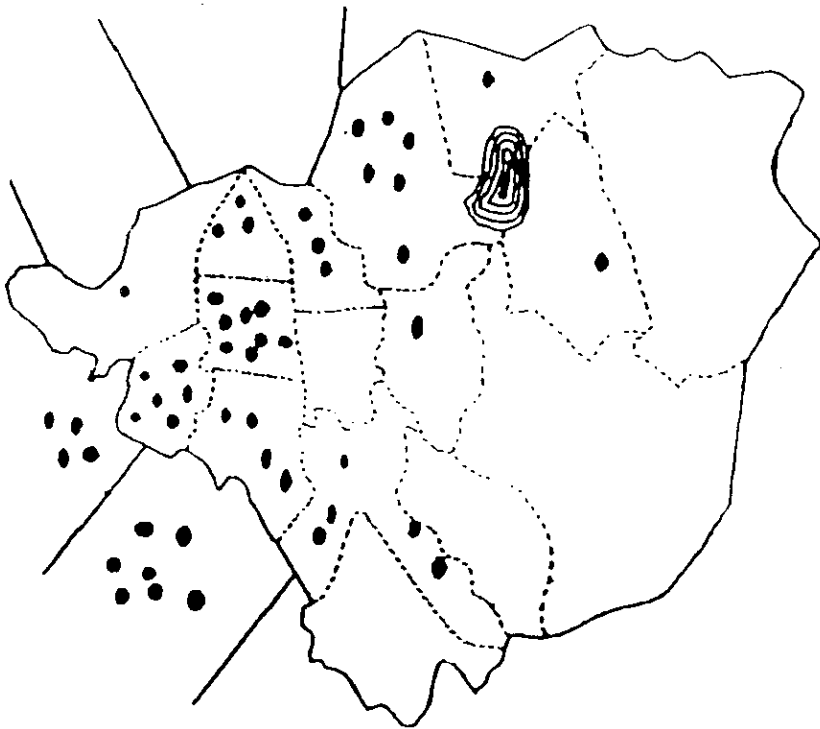
Por otro lado del análisis de localización de abastecimientos de agua potable en la ciudad de México y Área Metropolitana, se observa que las delegaciones Tlalpan, Magdalena Contreras, Cuajimalpa, Tláhuac, Milpa Alta y Xochimilco, no cuentan con algún tipo de sistema de abastecimiento, pero ello no las priva del servicio.

La calidad del agua abastecida en el Valle de México como se menciono anteriormente no es aceptada, las especificaciones y diferencias son propias de la fuente de abastecimiento, esto es, las delegaciones de Azcapotzalco, Miguel Hidalgo, Cuajimalpa, Alvaro Obregón, Magdalena Contreras, Benito Juárez y Cuauhtémoc son abastecidas por el Sistema Lerma-Cutzamala, y no poseen grandes dificultades en cuanto al cumplimiento de los parámetros requeridos por la Secretaría de Salud, mientras que la zona Oriente del Valle de México es la más pobre en el cumplimiento de los parámetros de calidad.

La Comisión Nacional del Agua y la Dirección General de Construcción y Operación de Obras Hidráulicas del Departamento del Distrito Federal evalúan las zonas factibles para la instalación de una red de distribución de agua potable, para el servicio de las colonias que carecen de el, otra opción, es perforar pozos en los sitios de interes, pero con la desventaja de deteriorar la calidad del agua esperada, debido a que los mantos acuíferos de la Zona Metropolitana

pueden presentar infiltraciones de aguas residuales o desechos sólidos de origen doméstico o industrial mal dispuestos.

Tomando como marco de referencia la Zona Metropolitana del Valle de México, se observa que existe una mayor densidad de distribuidores de agua potable en la zona norte, en los municipios de Tlalnepantla, Naucalpan y Ecatepec en el estado de México, así como en las delegaciones de Gustavo A. Madero, Azcapotzalco, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Iztacalco, Miguel Hidalgo, Benito Juárez, en la sección sur se encuentran las delegaciones de Álvaro Obregón, Coyoacán y en la zona Oriente del Distrito Federal se encuentran las delegaciones Tláhuac y Xochimilco, esto se puede observar en la figura 5.2.



PROYECTO:  
DISEÑO INTEGRAL DE UNA  
PLANTA POTABILIZADORA.

FIGURA 5.2  
LOCALIZACION DE DISTRIBUIDORAS DE  
AGUA POTABLE EN EL DISTRITO FEDERAL

ELABORO:  
LIDIA GRADA  
MARTINEZ.

Por otra parte, los porcentajes de satisfacción de la calidad fisicoquímica del Distrito Federal en pozos y tanques de almacenamiento de los sistemas Lerma, Norte, Poniente, Centro, Oriente, Sur, son los más bajos, tal como se observa en las tablas 5.1 y 5.2. El sistema de abastecimiento Sur, en su mayoría se encuentra conformado por pozos y manantiales, que deben su localización a una zona de permeabilidad alta, lo que facilita la incorporación de sales y contaminantes al agua.

<b>RESULTADOS DE CALIDAD FISICOQUÍMICA EN POZOS</b>				
<b>SISTEMA</b>	<b>No DE MUESTRAS</b>	<b>SATISFAC- TORIAS</b>	<b>DEFICIENTES</b>	<b>% SATIS- FA CCIÓN</b>
LERMA	344	291	53	84.59
NORTE	378	339	49	89.68
PONIENTE	103	101	2	98.06
CENTRO	551	496	53	90.38
ORIENTE	317	179	138	56.59

TABLA 5.1

<b>RESULTADOS DE CALIDAD FISICOQUÍMICA EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO</b>				
<b>SISTEMA</b>	<b>No. DE MUESTRAS</b>	<b>SATISFACTORIA</b>	<b>DEFICIENTES</b>	<b>% DE SATISFA- CIÓN</b>
NORTE	120	117	3	97.50
PONIENTE	406	395	11	97.29
CENTRO	13	13	0	100.00
ORIENTE	52	38	14	73.08
SUR	385	349	36	90.65

TABLA 5.2



De igual forma se observa que en la planta potabilizadora "Santa Cruz Meyehualco" ubicada en la delegación de Iztapalapa, posee de acuerdo a la información proporcionada el porcentaje más bajo de satisfacción en la calidad esperada del agua, tal como se observa en las figuras 5.3 y 5.4.

<b>RESULTADOS DE CALIDAD FISICOQUÍMICA POR DELEGACIÓN</b>				
<b>DELEGACIÓN</b>	<b>No. DE MUESTRAS</b>	<b>SATISFAC-TORIAS</b>	<b>DEFICIENTES</b>	<b>% DE SATISFA-CCION</b>
Alvaro Obregón	1221	1015	206	83.13
Azcapotzalco	1136	1108	28	97.54
Benito Juárez	723	722	1	99.86
Coyoacán	1248	1221	27	97.84
Cuajimalpa	576	506	70	87.85
Cuauhtémoc	1190	1175	15	98.74
Gustavo A. Madero	1939	1930	9	99.54
Iztacalco	386	366	20	94.84
Iztapalapa	2027	1945	82	95.95
Magdalena Contreras	969	871	98	89.89
Miguel Hidalgo	963	919	44	95.43
Milpa Alta	495	465	30	93.94
Tláhuac	919	912	7	99.24
Tlalpan	835	773	62	92.57
Venustiano Carranza	1244	1148	96	92.28
Xochimilco	809	746	63	92.21

TABLA 5.3

<b>RESULTADOS DE CALIDAD FISICOQUÍMICA EN PLANTAS POTABILIZADORAS</b>				
<b>PLANTA POTABILIZADORA</b>	<b>No. DE MUESTRAS</b>	<b>SATISFAC-TORIAS</b>	<b>DEFICIENTES</b>	<b>% DE SATISFA-CCION</b>
AGRICOLA ORIENTAL	27	6	21	22.22
Sta. CRUZ MEYEHUALCO	25	3	22	12.00
Sta. CATARINA	41	10	31	24.39
RIO MAGDALENA	24	23	1	95.83
Sta. MARIA AZTAHUAC	462	17	445	3.68

TABLA 5.4

El análisis de la calidad bacteriológica del agua en diversos sitios de muestreo, presentan los porcentajes de satisfacción menor en el sistema Lerma y Oriente (tabla 5.5).

<b>RESULTADOS DE CALIDAD BACTERIOLÓGICA EN POZOS</b>				
<b>SISTEMA</b>	<b>No. DE MUESTRA</b>	<b>SATISFACTORIA</b>	<b>DEFICIENTES</b>	<b>% DE SATISFACCIÓN</b>
LERMA	391	324	67	82.86
ORIENTE	410	376	34	83.49
CENTRO	116	109	7	87.61
SUR	702	615	87	88.23
C.N.A	218	182	36	90.15
NORTE	1096	967	129	91.71
PONIENTE	325	293	32	93.97

TABLA 5.5

En la tabla 5.6 se muestra la calidad en tanques de almacenamiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable donde se observa que el sistema Sur y Poniente poseen los porcentajes de satisfacción más bajo.

<b>RESULTADOS DE CALIDAD BACTERIOLÓGICA EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO</b>				
<b>SISTEMAS</b>	<b>No. DE MUESTRAS</b>	<b>SATISFACTORIAS</b>	<b>DEFICIENTES</b>	<b>% DE SATISFACCIÓN</b>
SUR	160	150	10	83.37
PONIENTE	523	442	81	84.51
ORIENTE	19	18	1	89.47
NORTE	57	51	6	93.75
CENTRO	475	396	79	94.74

TABLA 5.6

En la tabla 5.7 se presenta el porcentaje de satisfacción por planta potabilizadora, donde el valor más bajo obtenido es la planta denominada Río Magdalena y Santa María Aztahuac.

<b>RESULTADOS DE CALIDAD BACTERIOLOGICA EN PLANTAS POTABILIZADORAS</b>				
<b>PLANTA POTABILIZADORA</b>	<b>No DE MUESTRAS</b>	<b>SATISFACTORIA</b>	<b>DEFICIENTES</b>	<b>% DE SATISFA- CIÓN</b>
AGRICOLA ORIENTAL	27	25	2	92.59
Sta. CRUZ MEYEHUALCO	25	17	8	68.00
SANTA CATARINA	42	35	7	83.33
RIO MAGDALENA	24	12	12	50.00
Sta. MARIA AZTAHUAC	155	88	67	56.77

TABLA 5.7

En la tabla 5.8 se presenta el porcentaje de satisfacción en la calidad bacteriológica por delegación, donde se observa que las delegaciones: Iztapalapa, Magdalena Contreras y Xochimilco, presentan los valores más bajos.

<b>RESULTADOS DE CALIDAD BACTERIOLÓGICA POR DELEGACIÓN</b>				
<b>DELEGACIÓN</b>	<b>No. DE MUESTRAS</b>	<b>SATISFACTORIA</b>	<b>DEFICIENTES</b>	<b>% DE SATISFACCIÓN</b>
Alvaro Obregón	4249	3826	423	90.04
Azcapotzalco	4809	4454	355	92.62
Benito Juárez	2256	2092	164	92.73
Coyoacán	4029	3606	423	89.50
Cuajimalpa	1146	1048	98	91.45
Cuauhtémoc	3016	2729	287	90.48
Gustavo A. Madero	9210	8068	1142	87.60
Iztacalco	1690	1455	235	86.09
Iztapalapa	9566	7801	1765	81.55
Magdalena Contreras	1210	946	264	78.18
Miguel Hidalgo	3990	3745	245	93.86
Milpa Alta	1140	988	152	86.67
Tláhuac	3328	2854	474	85.76
Tlalpan	2550	2289	261	89.76
Venustiano Carranza	4327	3766	561	87.03
Xochimilco	2905	2359	546	81.20

**TABLA 5.8**

En base al estudio del análisis de abastecimiento y calidad del agua en el Distrito Federal y municipios conurbados se selecciona la Delegación Iztapalapa como el sitio estratégicamente más viable para la instalación de la planta potabilizadora del proyecto, tomando en consideración los siguientes criterios:

### 5.1.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL SITIO

#### FACTORES SOCIALES

En 1995 la tasa de crecimiento media anual del Distrito Federal creció en un 2.3 %, el 0.5% fue para la delegación de Iztapalapa. El suministro de agua a la delegación se realiza mediante el Sistema Oriente y por pozos localizados en la misma delegación cerca de las zonas donde se requiera el servicio de agua. En lo que respecta a la calidad fisicoquímica del agua en el sitio seleccionado, se observa que el porcentaje de satisfacción más bajo lo presenta la planta potabilizadora "Santa Cruz Meyehualco" con el 12% de satisfacción. (Ver tabla 5.4).

Así mismo, la calidad fisicoquímica en tanques de almacenamiento, es del 73.08 % de satisfacción (tabla 5.2), misma que es abastecida por el sistema Oriente, por lo tanto, la delegación de Iztapalapa es la división política con mayores problemas de abastecimiento y calidad del agua para consumo humano. Por esta razón, el proyecto de investigación tiene como fundamento establecer las bases de diseño para establecer una planta potabilizadora en esta delegación para contribuir por un lado, a disminuir el desabasto de agua

así como el mejorar la calidad de agua para consumo humano, en especial la zona aledaña al sitio seleccionado.

### FACTORES ECONÓMICOS

Iztatapalapa cuenta con una población de 1 696 609 <sup>\*</sup>, de los cuales el 50.9% son mujeres y el 49.1% hombres. La población económicamente activa total en la delegación (edad comprendida entre 15 a 64 años), es del 65.05%, donde el 33.43% es de mujeres y el 31.62% de hombres, lo que permite que la delegación sea clasificada como potencialmente activa. El 65.25% de la población económicamente activa, se desarrolla en el sector del comercio y servicios, donde el 45.4% recibe un ingreso mensual de 1 a 2 salarios mínimos

El desempleo registrado en el año de 1995, en la delegación fue de 6.1%, mientras que en el Distrito Federal fue del 7.4%, el estudio resalta el hecho de que es importante reactivar la economía de la Delegación, por lo tanto la instalación de una planta potabilizadora apoya la economía de la zona con la generación de fuentes de trabajo.

---

<sup>\*</sup> Senso Poblacional 1995.

## FACTORES DE SALUD

Los datos de mortalidad por enfermedades infecciosas intestinales, muestran que de los 9,585 casos registrados a nivel nacional, 1,879 casos fueron en el Valle de México y Área Metropolitana, las enfermedades gastrointestinales más comunes registradas fueron: amibiasis, fiebre tifoidea, fiebre paratifoidea, infecciones por salmonella e infecciones intestinales no definidas.

La estadística muestra que de 4,226 casos de defunción a nivel nacional por causa de enfermedades gastrointestinales el 22.26% (941 casos) fueron bebés (hasta un año) y el 18.57 % (785 casos) fueron personas activas de 15 a 44 años.

La calidad deficiente del agua suministrada, en algunos casos puede ser un factor importante en la salud del usuario, por otro lado, la planta potabilizadora de agua pretende contribuir a la disminución de los problemas gastrointestinales de la población aledaña al sitio seleccionado hasta que mejore la calidad del agua entubada.

Por lo tanto el sitio seleccionado (Iztapalapa), contribuye de manera puntual en mejorar la calidad de vida del sitio seleccionado.

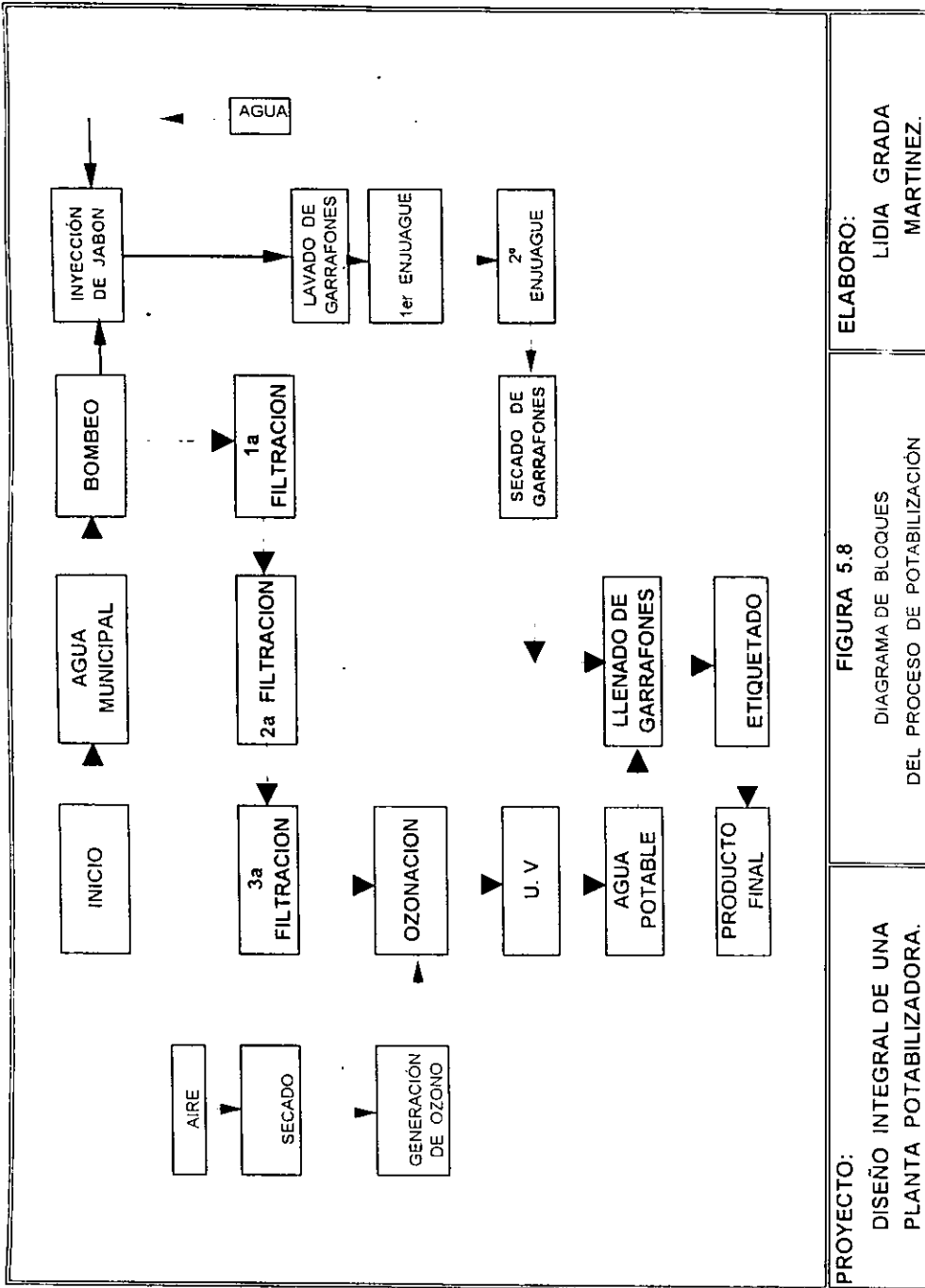
## 5.1.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA

Las características fisicoquímicas y organolépticas que presenta el agua abastecida en la delegación Iztapalapa, permite que no sea la más óptima para ser utilizada como materia prima en la planta potabilizadora del proyecto, de igual manera el extraer agua como materia prima de los pozos localizados en el área , no es factible aunado al riesgo de que el agua extraída este contaminada, por lo tanto se propone utilizar agua pretratada transportada mediante pipas misma que será almacenada en tanques exporfeso para este fin.

Por otro lado si se utilizara el agua de la zona, el tren de tratamiento para la potabilización del agua sería complicado debido a la variabilidad en la calidad del agua .

El proceso de tratabilidad de agua propuesto para el sitio seleccionados se describe en el siguiente diagrama de bloques.





PROYECTO:

DISEÑO INTEGRAL DE UNA  
PLANTA POTABILIZADORA.

FIGURA 5.8

DIAGRAMA DE BLOQUES  
DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN

ELABORO:

LIDIA GRADA  
MARTINEZ.

### 5.1.3 IMAGEN DEL PRODUCTO.

#### SELECCIÓN DEL NOMBRE

La imagen del producto se fundamenta en el nombre, tipo de envase y forma de etiqueta, para el producto envasado, primeramente se seleccionan nombres genéricos, propios o con significado particular, es importante asociarlos con el producto que se requiera tipificar, el nombre puede incluir cualquier lengua, dialecto o formas gramaticales.

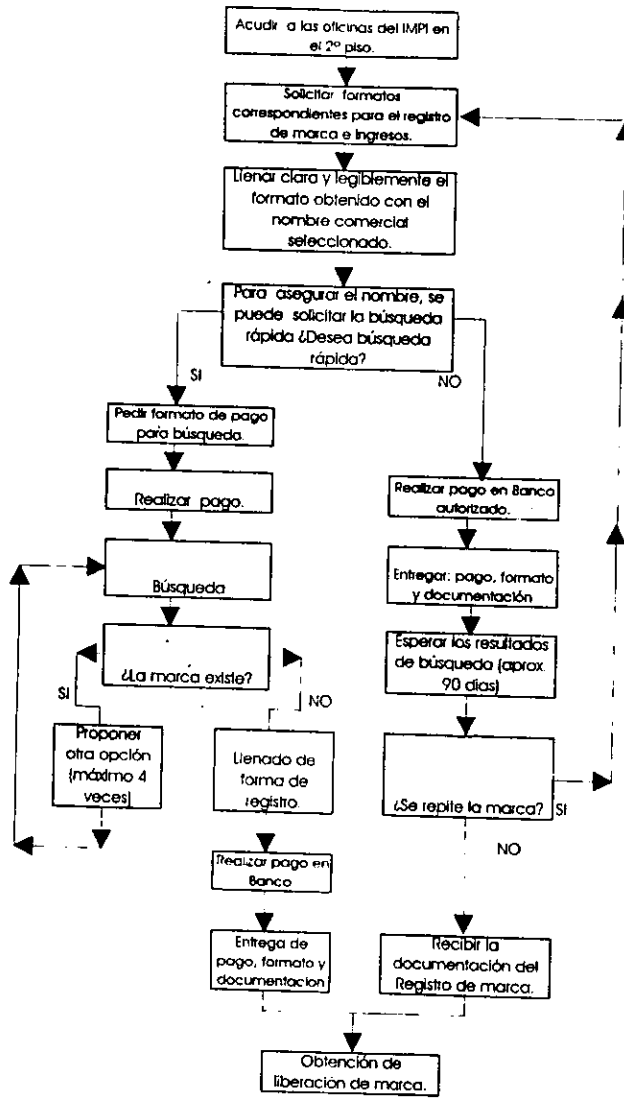
Una de las características generales del nombre de un producto es, una idea corta, innovadora, fácil de pronunciar y recorda, que tenga significado y sobretodo que sea agradable su pronunciación. Tradicionalmente se emplea la técnica de las encuestas para evaluar el impacto que tendrá en el público, eliminando aquellos nombres que no cumplen los requisitos apropiados para la comercialización del producto. En el proyecto en cuestión, se seleccionó "Dawy" como nombre genérico del agua purificada en diferentes presentaciones.

#### REGISTRO DE LA MARCA O NOMBRE

El nombre seleccionado, se registra ante el Instituto Mexicano de Protección Industrial (IMPI), lo que permite que el nombre quede inscrito en el padrón de marcas registradas, así mismo, es necesario contar con un juego de etiquetas las que deben de poseer las siguientes características:

- Nombre de la marca.
- Logotipo.
- Leyenda: "Hecho en México, por:"
- Datos del fabricante.
- Leyenda comercial (opcional).
- Registro de la Secretaría de Salud. (cuando se requiera)
- Código de barras (para identificación) o en su defecto identificación del lote.
- Logotipo de reciclaje del plástico (cuando se aplique).
- Recomendaciones para consumo.
- Fecha de caducidad.

Teniendo la imagen comercial del producto, se obtiene el registro de la marca, siguiendo el procedimiento descrito en la figura 5.9.



PROYECTO:  
DISEÑO INTEGRAL  
DE UNA PLANTA  
POTABILIZADORA.

FIGURA 5.9  
DIAGRAMA DE FLUJO  
PARA EL REGISTRO  
DE MARCAS.

ELABORO:  
LIDIA GRADA  
MARTINEZ

Los formatos de registro de marca de ingresos por servicios para marca, se presentan en el apéndice correspondiente.

El formato tiene una sección de información general que incluye, el número de expediente, folio y entrada, fecha, sello, tipo de solicitud, esto es, si se trata de registrar una marca, marca colectiva, aviso comercial o publicación, datos del solicitante y quien es el o los aponderados.

Existe otra sección que contempla las características generales de la marca, es decir, si se trata de una marca tipo nominativa, inominativa, mixta o tridimensional, así mismo incluye un espacio para anexar la imagen comercial del producto.

El documento de ingreso por servicio contempla una sección de datos generales que incluye número de solicitud, folio y patente, la otra sección es la descripción de conceptos de pago: importe, total de tarifas, recargos, I.V.A, datos generales del solicitante o representante legal.

Cabe señalar, que los formatos deben de ir acompañados por documentación complementaria, la cual consta de:

- ❖ Comprobante de pago de tarifa correspondiente.
- ❖ 7 etiquetas en blanco y negro con las medidas reglamentarias (no mayores de 10 X 10 cm; ni menores de 4 x 4 cm, excepto las nominativas).

- ❖ 7 etiquetas a color con las medidas reglamentarias (mismas características que las etiquetas en blanco y negro).
- ❖ 7 impresiones fotográficas o el dibujo con las medidas reglamentarias de la marca tridimensional en los tres planos.
- ❖ Documento que acredite la personalidad del aponderado (en su caso).
- ❖ Reglas de uso y licencia de la marca y su transmisión de derechos (solo en caso de marca en copropiedad).
- ❖ Copia simple de la constancia de inscripción en el registro General de Poderes del IMPI (en su caso).
- ❖ Documento que acredite la personalidad.
- ❖ Fe de hechos en caso de nombre comercial.

En la figura 5.10 se presenta la imagen comercial del producto.



PROYECTO:

DISEÑO INTEGRAL DE UNA  
PLANTA POTABILIZADORA.

FIGURA 5.10

PRESENTACION COMERCIAL  
DEL PRODUCTO.

ELABORO:

LIDIA GRADA  
MARTINEZ.

## 5.2 DISEÑO DE LA PLANTA POTABILIZADORA

Actualmente el suministro de agua a las viviendas se ha convertido en un problema trascendental, no sólo a nivel nacional sino mundial, aunado al deterioro constante de la calidad del agua, lo que hace imposible tomarla directamente del sistema de distribución para consumo humano, por esta razón, es necesario implementar sistemas de potabilización previos a su consumo. Tratar el agua por distribución vía red es muy complejo, el sector privado a tenido interés en invertir en plantas locales de suministro de agua potable vía garrafones de 19 litros para uso doméstico.

El proyecto tiene como finalidad apoyar de manera puntual en la solución de esta problemática mediante el diseño y operación de una planta potabilizadora de agua, incluyendo una estación de lavado y llenado de garrafones que permita producir un agua apta para consumo humano cumpliendo los lineamientos de calidad de la Secretaría de Salud.



## 5.2.1 BASES DE DISEÑO

Capacidad de la planta:	10,000 GPD ~ 10,000 BPD *
Turnos de trabajo:	3
Pérdida de agua en servicio:	10% máximo.
Corriente eléctrica:	110 Volts.
Calidad inicial del agua:	Ver tabla 5.10 del apéndice.
Calidad final del agua:	Ver tabla 5.11 del apéndice.
Tuberías y conexiones:	PVC,
Bombas:	SS-304,
Lavado de garrafrones:	Semiautomático
Llenado de garrafrones:	Semiautomática.
Atención al público:	Directa.
Area de oficinas:	Anexa.
Area de proceso:	Aislada.

---

GPD : Galones x día.  
\* BPD: Botellas x día.

### 5.2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto contempla el diseño de una planta potabilizadora de agua en forma integral (estación de lavado y llenado de garrafones), para una capacidad instalada de 1000 garrafones/día y de 10.000 botellas/día tipo PET en diferentes presentaciones en función de la necesidad del mercado, cumpliendo las especificaciones que establece la Secretaría de Salud.

Para la tecnología y filosofía del proyecto se utilizarán elementos que permitan asegurar y garantizar la calidad final del agua embotellada.

### 5.2.3 ALCANCE DEL PROYECTO.

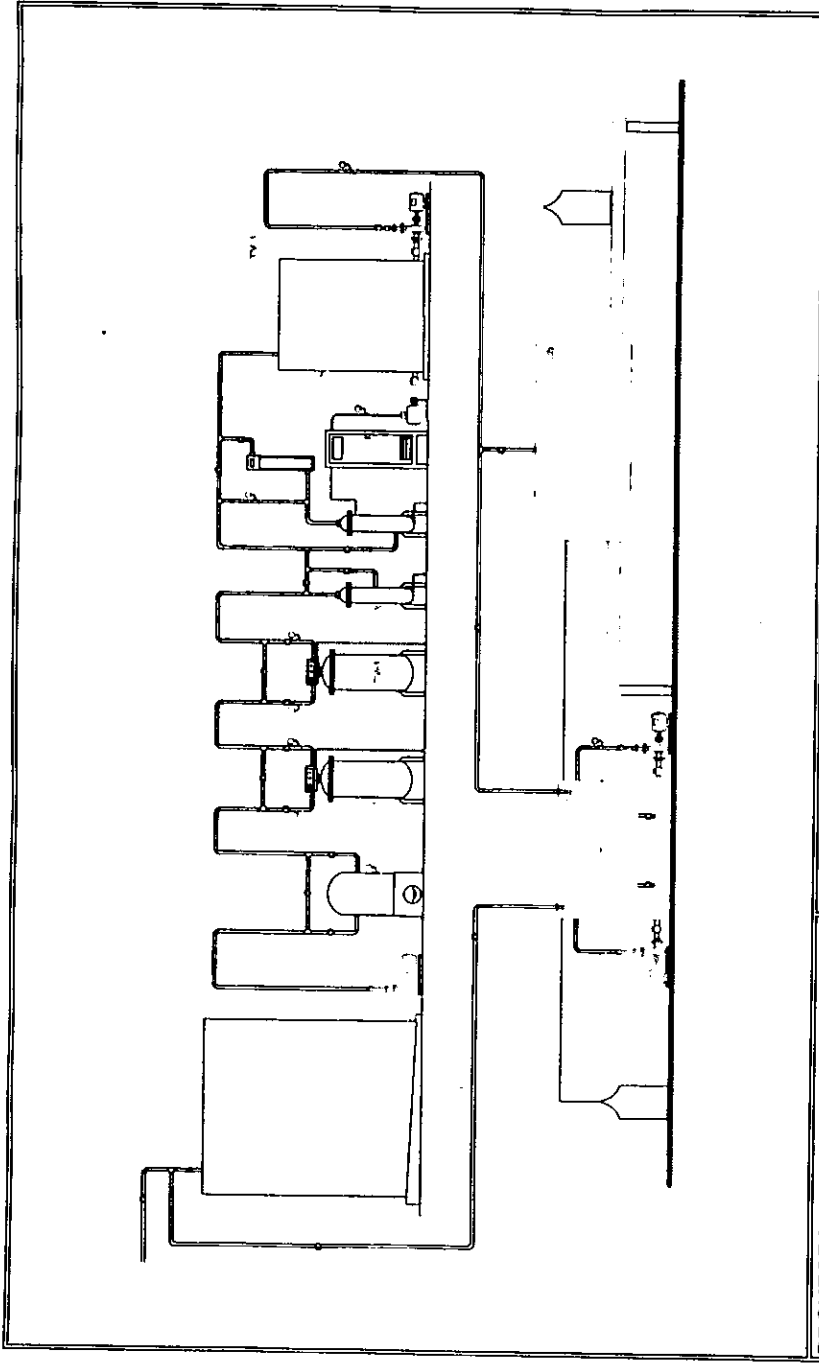
Durante la primera fase del proyecto se pretende contar con una producción de 500 garrafones diarios con incrementos del 10% mensual hasta la capacidad de diseño, la otra fase del proyecto contempla el envasado de agua potable en presentaciones de 500 y 1500 ml en envase de PET.

#### 5.2.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

- \* Cumplir con la demanda de agua potable en el sitio donde se proyecta la planta.
- \* Obtener agua que cumpla los parámetros de las normas nacionales e internacionales.
- \* Ofrecer servicio de sanitización y lavado de garrafones.
- \* Establecer los sistemas de comercialización más apropiados para la zona de influencia del proyecto.

#### 5.2.5 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA Y LOS EQUIPOS

El diagrama de distribución proyectada para la planta potabilizadora se presenta en la figura 5.11.



**PROYECTO:**  
 DISEÑO INTEGRAL DE UNA  
 PLANTA POTABILIZADORA.

**FIGURA 5.11**  
 DIAGRAMA DE FLUJO  
 DE POTABILIZACION

**ELABORO:**  
 LIDIA GRADA  
 MARTINEZ.

### 5.2.6 CAPACIDAD INSTALADA

La capacidad instalada de la planta será de 1000 garrafones por día y 10,000 botellas PET (de 1.5 litros).

### 5.2.7. PROCESO DE PRODUCCIÓN

La tecnología utilizada para el desarrollo del proyecto, será con tecnologías de punta apropiada a la naturaleza del agua a tratar.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

El proceso de elaboración de agua potable para consumo humano en el sitio seleccionado, se basa en el siguiente esquema operativo:

- 1.- RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA
- 2.- TRATAMIENTO
- 3.- DESINFECCIÓN
- 4.- LAVADO DE GARRAFONES
- 5.- ENVASADO
- 6.- DISTRIBUCIÓN
- 7.- CONTROL DE PROCESO

## 1. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.

La materia prima fundamental para el proyecto es agua cruda, la cual se recibirá mediante pipas de 8,000 litros, desde los centros de distribución de agua. El agua recibida se bombeará directamente de la pipa al tanque de recepción de agua cruda de 15,000 litros de capacidad, construido en acero inoxidable tipo 304.

## 2.-TRATAMIENTO.

El agua almacenada será transferida mediante una bomba centrífuga directamente al tren de tratamiento, que consistirá en primera instancia en el bombeo del agua cruda a un tanque hidroneumático, para mantener la presión de operación del proceso. El agua pasará del hidroneumático a un sistema de filtración multimedia, que consistirá un lecho mixto de elementos filtrantes naturales, cuya función principal será eliminar el material o impurezas presentes en el agua, las cuales son removidas mediante los retrolavados periódicos establecidos en función de la calidad inicial del agua.

Posteriormente, el agua pasará al sistema de carbón activado para eliminar el residual de cloro residual presente en el agua y otras impurezas de origen orgánico las cuales son removidas mediante los retrolavados del sistema.

Y por último, el agua filtrada pasará a través de un filtro pulidor para eliminar las impurezas que pudieran existir de los procesos anteriores.

### 3.-UNIDAD DE DESINFECCIÓN

El agua pretratada será alimentada a la unidad de desinfección que consistirá en la inyección directa de ozono en una torre de contacto, donde con un tiempo de residencia dado se logra un residual máximo de  $0.4 \text{ mg/m}^3$  de ozono y permite eliminar el crecimiento microbiano, posterior al envasado.

El agua ozonada se alimentará a una unidad de desinfección de luz ultravioleta para asegurar durante el envasado y llenado la eliminación total de contaminantes patógenos, así como también alargar la vida de anaquel del producto.

### 4. LAVADO DE GARRAFONES.

La planta contará con una estación automática de lavado de garrafrones, donde el envase será lavado interior y exteriormente, mediante inyección de solución jabonosa y bactericida seguida de dos enjuagues, el primero para retirar el jabón y el segundo con agua ozonada para asegurar la esterilidad del envase.

### 5. LLENADO DE GARRAFONES.

Los garrafrones limpios pasarán mediante un transportador de banda a la unidad de llenado en forma automática y posteriormente a una estación de roscado y colocación del sello de garantía.

El envasado de las botellas PET, se realizará en forma simultánea al llenado de garrafones en una línea en paralelo expreso para el tipo de envase, cabe señalar que el envase en las presentaciones de 500 y 1500 ml no es retornable, por lo tanto no será necesario el lavado de los mismos. Opcionalmente el envase se colocará en una lámpara de luz ultravioleta como una medida de esterilización en seco del recipiente.

## 6. DISTRIBUCIÓN

El producto envasado, será tomado por el operador y puesto en una banda transportadora que transferirá el producto a la zona de carga, para su posterior distribución o venta directa al público.

## 7. CONTROL DE PROCESO.

La planta operará en forma semi-automática, lo que permitirá que el operador tenga un menor contacto con el producto durante el proceso de fabricación, adicionalmente la planta contará con un control operativo de proceso, mediante instrumentación de campo, que permitirá el monitoreo de las siguientes variables: pH, residual de Ozono, TDS y nivel de tanque. Con este control operativo de la planta se garantizará la calidad final del producto. El sistema de control será centralizado en un tablero que permita al operador visualizar el avance del proceso.



## 5.2.8 MEMORIA DE CALCULO.

### DETERMINACIÓN DEL DIAMETRO DE TUBERÍA

De la ecuación de flujo

$$Q = V * A \quad \dots\dots\dots 1$$

$$Q(\text{gpm}) = V \left( \frac{\text{ft}}{\text{s}} \right) * A(\text{in}^2) * \left( \frac{\text{ft}^2}{144 \text{in}^2} \right) * \left( \frac{60 \text{s}}{1 \text{min}} \right) * \left( \frac{28.32 \text{l}}{\text{ft}^3} \right) * \left( \frac{\text{gal}}{3.785 \text{l}} \right)$$

$$Q = 31175 * V * A$$

$$Q = 31175 * V * \frac{\pi}{4} * D^2 \quad \dots\dots\dots 2$$

$$Q = 244853 * V * D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{Q}{V} * (0.4084)} \quad \dots\dots\dots 3$$

La velocidad recomendada para fluidos de procesos<sup>1</sup>, es de 1 a 5ft/s.

Seleccionando  $V = 50 \text{ ft/s}$

Sustituyendo en la ecuación 3.

$$D = \sqrt{(0.4084) * \left( \frac{8 \text{gpm}}{5 \text{ft} \cdot \text{s}} \right)}$$

$$D = 0.8083 \text{in}$$

El diámetro comercial seleccionado es de 1", calibre 16 o cédula 40.

<sup>1</sup> Tabla 2.5 de referencia bibliográfica no. 4

## CÁLCULO DEL NÚMERO DE REYNOLDS

De la ecuación del número de Reynolds

$$\text{Re} = \frac{3158.61 * Q * \rho}{d * \mu} \dots\dots\dots 4$$

Fluido a manejar: agua ( $\rho = 1 \text{ gr/ml}$ ,  $\mu = 1 \text{ cp}$ )<sup>2</sup>

Sustituyendo en la ecuación 4

$$\text{Re} = 1260.01 * \left( \frac{8 \text{ gpm} * 1 \text{ gr/ml}}{1 \text{ m} * 1 \text{ cp}} \right)$$

De acuerdo a los criterios del valor del Re:

$$\text{Re} = 25,268.88 \quad \text{flujo turbulento} \quad (\text{Re} > 2000)^3$$

El factor de rugosidad relativa en tuberías limpias es  $\epsilon = 0.0019$  (a) diámetro de 1" en acero comercial.<sup>4</sup>

El factor de fricción de Fanning, se obtiene el factor de fricción con valor de 0.024 adimensional.

## CÁLCULO DE $\Delta P/100'$

Para flujo turbulento, el  $\Delta P/100'$  se define con la siguiente ecuación:

$$\Delta P/100' = 0.0216 * \frac{\rho * Q^2}{D^5} * f \dots\dots\dots 5$$

<sup>2</sup> Sección 3 de referencia bibliográfica no. 7

<sup>3</sup> IDEM 2

<sup>4</sup> Página 50 de referencia no.4

Sustituyendo:

$$\Delta P' / 100 = \frac{0.0216 * 0.024 * (62.3 \text{ lb} / \text{ft}^3) * (8 \text{ gpm})^2}{(1 \text{ in})^5}$$

$$\Delta p / 100 = 2.066 \text{ psi} / 100 \text{ ft}$$

### CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE

Tomando como referencia el Diagrama de Tubería e Instrumentación del arreglo propuesto (figura 5.11), los accesorios principales del proceso de potabilización son:

Accesorio	Número	L/D (ft)	No. * L/D (ft)
Válvula Bola	21	25	525
Tuerca Unión	26	5	130
T's	22	6	132
Codos de 90°	29	6	174
Total de longitud equivalente de accesorios			961
Longitud de tramo recto			165.04
<b>TOTAL</b>			<b>1125</b>

### CÁLCULO DEL $\Delta P_{EQUIPOS}$

Tomando como referencia las especificaciones del fabricante de los equipos se tienen los siguientes valores de  $\Delta P$ :

EQUIPO	$\Delta P$ (PSI)
Filtro Multimedia	5
Filtro Carbón Activado	5
Filtro Pulidor	5
Hidroneumático	10
Torre de Absorción	8
TOTAL	33

Para el cálculo de la caída de presión total del sistema, se tiene que:

$$\Delta P_{\text{SISTEMA}} = (L + \Sigma L_{\text{EQUIVALENTE}})(\Delta P/100) + \Delta P_{\text{EQUIPOS}} \dots\dots\dots 6$$

Sustituyendo los valores obtenidos:

$$\Delta P_{\text{SISTEMA}} = (165.04 \text{ ft} + 961 \text{ ft})(2.066) + 33$$

$$\Delta P_{\text{SISTEMA}} = 56.263 \text{ psi}$$

Calculando el  $\Delta P_{\text{SISTEMA}}$  se obtienen los siguientes valores a diferentes diámetros que permitirán seleccionar la mejor alternativa técnico económica.

$\varnothing$ (in)	Re	$\epsilon/D$	f	$\Delta P/100$	$\Delta P_{\text{SISTEMA}}$
1	25,268.88	0.0019	0.024	2.066	56.263
1.5	16,845.92	0.002	0.031	0.3515	36.958
2	12,654.44	0.0009	0.031	0.0834	33.939
2.5	10,107.55	0.0007	0.0315	0.0277	33.3119
3	8,422.96	0.0006	0.033	0.0116	33.130
3.5	7,219.68	0.0005	0.0345	0.0056	33.063
4	6,317.22	0.00045	0.0355	0.00298	33.033

### SIMBOLOGÍA

$Q$  = flujo volumétrico, gpm

$A$  = Área transversal del tubo, in<sup>2</sup>

$V$  = Velocidad del fluido, ft/s

Re = Número de Reynolds, adimensional

$\rho$  = Densidad del fluido, gr/ml, lb/ft<sup>3</sup>

$D$  = Diámetro de tubería, in

$\mu$  = Viscosidad del fluido gr/s\*cm

## 5.2.9 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

### TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CRUDA.

El tanque de almacenamiento de agua cruda, consistirá en un recipiente cilíndrico vertical con tapa superior plana y fondo inclinado, en acero inoxidable tipo 304, con conexiones para carga y descarga del producto. Este recipiente, se encontrará equipado con un sistema de control de nivel, que incluirá alarma sonora por bajo nivel, que permitirá garantizar el suministro de agua. el diseño del tanque con fondo inclinado permitirá que las operaciones de mantenimiento y limpieza sean más seguras, así mismo, la distribución de boquillas, dimensiones y especificaciones se muestran en la hoja de datos correspondiente. \*

### BOMBA DE TRANSFERENCIA.

La bomba de transferencia a utilizar en el proceso será de tipo centrífuga, construida en acero inoxidable 304, con motor T.C.C.V.E montado sobre una base metálica con acoplamiento flexible para facilitar las operaciones de mantenimiento y limpieza. Se utilizarán conexiones flexibles, las especificaciones técnicas se encuentran en la hoja de datos correspondiente.

### UNIDAD DE FILTRACIÓN MULTIMEDIA (UFM).

El filtro multimedia, constará del siguiente arreglo: garnet, grafito, cuarzo y arena, las secciones que conformaran el filtro multimedia (cuerpo, tubo buso y boquilla) se construirán en acero inoxidable tipo 304, con válvula de control de flujo electrónica tipo multipuertos que permita realizar la secuencia de operación de la unidad de filtración conforme la programación de tiempos asignados, la

---

\* Todas las hojas de especificaciones del equipo se encuentran en el apéndice correspondiente.

válvula permitirá que se efectúe la operación de limpieza en forma óptima con los retrolavados necesarios de acuerdo a la calidad del agua. El filtro multimedia estará soportado sobre una estructura metálica apropiada para dicho fin.

#### UNIDAD DE FILTRACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO (UFCA)

La unidad de filtración con carbón activado será construida en acero inoxidable tipo 304, con cople superior de roscado especial, donde se colocará la válvula tipo multipuerto, para la operación de la unidad, esta será de operación electrónica que permitirá realizar los retrolavados y la secuencia operacional de la unidad de manera secuencial con los tiempos preestablecidos. El montaje se realizará sobre una estructura soporte apropiada, para evitar daños a los equipos y minimizar los puntos de acumulación de materiales extraños. Toda la tubería de interconexión se recomienda sea instalada en acero inoxidable tipo 304 soldada con argón, como alternativa, se podrá emplear cualquier material aprobado por la FDA.<sup>6</sup>

#### UNIDAD DE PURIFICACIÓN PRIMARIA.

El ozono, es utilizado como unidad de purificación primaria, constituido por el ozonador que consistirá en una unidad integral de reacción-generación, donde el aire se alimenta a la sección de reacción con el apoyo de un compresor, el cual contará con un filtro coalescedor y un secador para garantizar la calidad del aire alimentado, previo a su transformación en ozono. El ozono generado se dosificará al agua, empleando una torre de contacto para asegurar la absorción del ozono en agua. El cuerpo del reactor será de construcción metálica en acero inoxidable de tipo 304 tubular con tapas de teflón, soportado sobre una estructura metálica apropiada para el mismo. En la se deberá mantener un residual de ozono de 0.1 a 0.4 mg/l.

---

<sup>6</sup> FDA: Food Drug Administration.

### UNIDAD DE PURIFICACIÓN SECUNDARIA.

Para asegurar la calidad final del agua purificada se utilizará una segunda etapa de purificación, para ello se empleará una unidad de luz ultravioleta, que constará de un par de lámparas ultravioleta y un tubo de cuarzo de conducción. Los materiales de construcción serán de vidrio para la camisa de la lámpara, los sellos de teflón, el gabinete de control de acero inoxidable tipo 304.

### TANQUE DE AGUA TRATADA.

El agua tratada será almacenada en un recipiente cilíndrico vertical con tapas torilésfericas, construídas en acero inoxidable tipo 304 con acabado 240 gritts. con patas fijadas al piso. El recipiente incluirá el registro hombre para inspección y limpieza.

### CONTROL OPERATIVO DE LA PLANTA.

La planta deberá contar con controles operativos básicos, esto es, control de presión, temperatura, nivel, pH, ORP, los cuales serán colocados de manera estratégica a lo largo del proceso, pudiendo ser de forma analógica o digital dependiendo de las condiciones de operación que se deseen medir y el grado de inversión a realizar; así mismo incluye alarmas audiovisuales para alertar las posibles fallas en el proceso de purificación.

El control de nivel se instalará principalmente en los tanques de recepción de materia (agua cruda) y en el tanque de almacenamiento de agua purificada.

Los indicadores de presión se colocarán principalmente en las unidades de filtración multimedia y carbón activado, para revisar si las condiciones de operación



son las adecuadas en dichas unidades. Otras unidades que requieren de este tipo de control es la de lavado y llenado de garrafones.

Los indicadores de humedad, principalmente se emplearán en la unidad de generación de ozono, ya que es importante que el aire entre con el menor contenido de humedad posible al compresor.

Los indicadores de temperatura, se instalarán a la salida de la unidad de purificación secundaria, para verificar si se encuentra en la escala adecuada para que el proceso de purificación sea más eficiente.

El indicador de ORP, se empleará en la etapa de desinfección por ozono, misma que permitirá verificar si la concentración generada de ozono es la apropiada para eliminar los microorganismos y bacterias causantes de enfermedades gastrointestinales en el ser humano.

El indicador de pH, se empleará para determinar los parámetros finales de la calidad del agua, para el cumplimiento de la normatividad vigente. Este parámetro principalmente se medirá a la salida del tanque de almacenamiento del producto final.

### LAVADO DE GARRAFONES

Los garrafones recibidos, serán lavados en su interior y exterior previo a su llenado de producto, para ello se utilizará una lavadora de envases, misma que operará por medio de aspersión de una solución limpiadora y dos enjuagues (agua común y agua tratada). Para facilitar el manejo del garrafón este será transportado en una banda, para pasar a la sección de jabón, donde por medio de aspersión se inyectará al interior del recipiente, así mismo, el garrafón pasará a una estación de

enjuague donde se retirará el exceso de jabón presente y por último pasará a un segundo enjuague con agua tratada, para eliminar cualquier traza de jabón y contaminantes.

La unidad será construida en acero inoxidable, para asegurar una excelente calidad en el proceso. En el mercado existen lavadoras automáticas, semiautomáticas y manuales con diferentes capacidades de diseño, las cuales se seleccionan en función de la demanda del lavado de garrafrones por minuto requeridas y el grado de inversión deseado.

### LLENADO DE GARRAFONES

El garrafón limpio pasará a la unidad de llenado donde se dosificará el producto (agua purificada), para ello, generalmente se emplea una llenadora por presión, para efectos del estudio se empleara una llenadora de tipo semi-automática, con capacidad de llenado de dos garrafrones/minuto. Los garrafrones serán llenados en forma automática, el envasado se realizará de manera manual por los operadores, donde cada uno de ellos limpiará la parte superior del envase con la solución expofeso y de ahí se colocará la tapa por medio de presión ejercida por un golpe se ajustará al recipiente para pasar al sección donde se le colocará la etiqueta y el sello de garantía. Cabe mencionar que para realizar dicha operación, se deberán tener las condiciones de higiene adecuadas para no contaminar el producto final. Estos requerimientos consistirán en: la limpieza exhaustiva de los operadores, uso de cofia, cubrebocas y guantes.

## 5.3 ESTUDIO DE MERCADOTECNIA

### 5.3.1 MERCADO

#### ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS DEL SECTOR

El agua, como se ha mencionado anteriormente se encuentra enmarcada como uno de los problemas más importantes a nivel nacional y mundial al final del milenio; asimismo dentro del Plan de Desarrollo 1995 a 2000 se establece un enfoque muy especial al uso racional y mejora en la calidad del agua.

La zona Metropolitana del Valle de México, presenta en la actualidad dos problemas fundamentales para el consumo de agua potable; uno de ellos es el abastecimiento del líquido a los usuarios y otro, es el deterioro de la calidad del agua que pone en riesgo la salud de la población.

Dentro del Distrito Federal, las Delegaciones con mayores problemas de calidad y abastecimiento de agua son: Alvaro Obregón, Iztapalapa, Tlalpan, y Xochimilco, lo que ha provocado el consumo de agua embotellada, cuya demanda ha ido aumentando en los últimos cinco años, para lo cual, se estima una infraestructura instalada, aproximadamente de 120 empresas con diferentes capacidades y tecnologías que cubren solo el 38% del sector o demanda.

Con la implementación del proyecto, se pretende tener una cobertura adicional del 2% de la demanda proyectada.

## DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El producto deberá superar los estándares o niveles de calidad establecidas en la Ley General de Salud, para ser comercializada.

El objetivo del estudio, es establecer el procedimiento de tratamiento que permita envasar el agua en distintas presentaciones encaminados a satisfacer sectores poblacionales diversos.

### PRODUCTOS A ENVASAR:

A) GARRAFON DE 18 LTS.

B) BOTELLA PET DE 1.5 LTS.

C) BOTELLA PET DE 0.5 LTS.

Para lograr la calidad apropiada para el consumo humano, se plantea la utilización de tecnología de punta mediante los siguientes procesos: filtración, inyección de ozono, luz ultravioleta, llenado de garrafones y envasado.

### 5.3.2 ANTECEDENTES Y PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

El consumo promedio de agua por persona adulta, se estima en 2.5 litros por día, así mismo la Zona Metropolitana cuenta con una población estimada de 8.4 millones de personas adultas. Si se incluye la población de los municipios conurbados, permite contar con un consumo real de 21 millones de litros por día (de los cuales se estima que el 50% consumiría agua embotellada), por lo tanto, la demanda estimada actual es de 500,000 garrafones por día, con un incremento del 10% en los próximos cinco años.

lo que refleja la necesidad de que las plantas potabilizadoras gubernamentales cubran con el excedente de la demanda con el mejoramiento de su infraestructura instalada.

### 5.3.3 CAPACIDAD INSTALADA

La infraestructura actual cubre el 38% de la demanda estimada con una diversidad de plantas con una producción promedio diario de 190,000 garrafones por día, por lo tanto se tiene un déficit de 6200 M<sup>3</sup>/día, la cual deberá ser cubierta por plantas del gobierno o la promoción de plantas potabilizadoras de origen privado.

### 5.3.4 COMPORTAMIENTO DE LA OFERTA

La tendencia del mercado para cubrir la demanda de agua es la construcción de plantas potabilizadoras pequeñas en sitios estratégicos, satisfaciendo una necesidad local del área metropolitana, así mismo, la falta de inversión y limitantes en los financiamientos por las entidades de fomento han retrasado del desarrollo de este sector, aunado a la indefinición gubernamental para el mejoramiento de la calidad del agua, que actualmente se destina a la población.

### 5.3.5 MECANISMO DE COMERCIALIZACIÓN Y/O DISTRIBUCIÓN

El estudio contempla dos mecanismos de mercadotecnia para el producto, en primera instancia se podrá comercializar el producto en camionetas y en forma paralela distribuirlo mediante centros de ventas locales, localizados

en puntos estratégicos en el Valle de México, todo ello bajo una logística apropiada en función de los requerimientos del mercado.

#### 5.4 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

##### 5.4.1 INSUMOS

###### MATERIA PRIMA

La disponibilidad de las materias primas es inmediata, esto se asegura a través de un programa diario de abastecimiento. El proyecto contempla un consumo diario de 20,000 litros de agua. El costo promedio del agua será de \$ 5244.00 por semana.

###### MANO DE OBRA

El personal requerido para operar de manera eficiente la planta es:

- 1 Gerente General.
- 1 Gerente Administrativo.
- 1 Auxiliar Administrativo.
- 2 Vendedores.
- 1 Jefe de Planta.
- 4 Operadores
- 1 Analista.
- 1 Chofer.

#### 5.4.2 INVERSIÓN ESPERADA

Tomando como referencia la descripción de proceso realizada en la sección 5.2.7 del presente estudio, se tiene contemplado los siguientes costos de inversión:

#### COSTOS DE INVERSIÓN (ACTIVOS FIJOS)

DESCRIPCIÓN	INVERSIÓN ESTIMADA
AREA DE ALIMENTACIÓN DE MATERIA PRIMA	\$ 18,007.50
AREA DE TRATAMIENTO FISICO	\$ 36,930.00
AREA DE ENVASADO	\$ 43,312.50
AREA DE TRATAMIENTO DE DESINFECCIÓN	\$ 8,632.50
PRODUCTO FINAL	\$ 103,025.50
TOTAL DE ACTIVOS	\$ 209,908.00

## COSTOS DE INSTALACION

Tomando como referencia el diagrama de tubería e instrumentación del proceso seleccionado, el costo de instalación para la planta será:

CONCEPTO	INVERSIÓN
TUBERIAS	\$ 4,312.50
VALVULAS Y CONEXIONES	\$ 10,100.50
INSTRUMENTOS DE CAMPO	\$ 18,500.00
INSTALACION ELECTRICA	\$ 12,300.00
INSTALACION MECANICA	\$ 10,050.50
SANITIZACION	\$ 8,570.00
TOTAL DE GASTOS DE INSTALACION DE LA PLANTA	\$ 63,833.50



### 5.4.3 COSTO DE OPERACIÓN

Para la operación óptima de la planta potabilizadora se considera los siguientes conceptos:

CONCEPTO	COSTO DE OPERACIÓN ANUAL
TELEFONO	\$ 22, 500.00
ENERGÍA ELECTRICA	\$ 25, 800.00
RENTA	\$ 75, 000.00
PAPELERIA	\$ 22, 500.00
MATERIAS AUXILIARES *	\$ 7, 000.00
MEDIOS FILTRANTES	\$ 54,000.00
KID DE REFACCIONES	\$ 32 , 400.00
CONSUMIBLES **	\$ 10, 750.00
MATERIAL DE ANALISIS	\$ 22, 500.00

\* "Materias Auxiliares" incluye Equipo de protección personal y mobiliario para oficina  
\*\* "Consumibles" incluye: Materia prima, detergente y utensilios de limpieza.

LIMPIEZA Y SANITIZACION	\$ 25,800.00
MANO DE OBRA	\$ 242,676.00
MATERIAL DE EMPAQUE	\$ 10,748,630.00
TOTAL DE GASTOS DE OPERACIÓN	\$ 11,289,556 AÑO

#### 5.4.4 PRODUCCIÓN

Para efectos del análisis económico de la planta, se considera que la primera fase de producción será del 50% de la capacidad instalada, esto es, 500 garrafones de 19 litros por día, 1100 botellas de 1.5 litros y 1500 botellas de 0.5 lts de capacidad, alcanzadas estas cifras, se considerará una segunda etapa, que será la de consolidación, un incremento del 5% mensual en cada producto, hasta alcanzar la capacidad máxima de operación (85% de la capacidad máxima de diseño). En la tabla 5.12 se muestra el comportamiento de la producción mensual de las diferentes presentaciones del producto, donde se observa que la etapa de consolidación ocurre a partir del séptimo mes para el agua en presentación de 1.5 lts, el octavo mes para las botellas de 500 ml y al décimo para garrafones de 19 litros.

PRODUCCIÓN MENSUAL			
TIEMPO (MESES)	BOTELLAS DE 1.5 LITROS	BOTELLAS DE 0.5 LITROS	GARRAFONES DE 19 LITROS
1	2080	2080	520
2	2600	2860	1040
3	3900	3900	2080
4	6500	10400	2600
5	13000	18200	3900
6	20800	26000	5200
7	28600	36140	6500
8	31200	41800	7800
9	39000	52000	9100
10	44200	57200	
11	46800	65000	18200
12	49400	67600	19500
13	54600	70200	20800
14	55900	71500	22100
15	57200	75140	23400
16	57200	76700	23660
17	57200	78000	24700
18	57200	78000	26000

Tabla 5.12

En la serie de figuras 5.12 a, b y c, se presenta el comportamiento de la producción de cada una de las presentaciones del estudio.

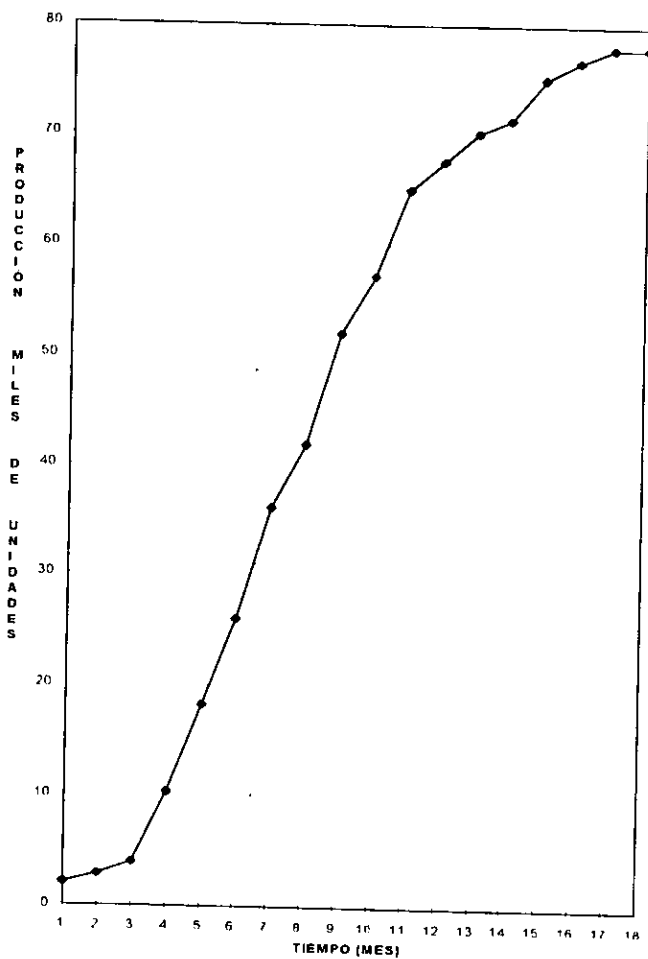


Tabla 5.12 a  
 Volumen de producción de agua  
 envase de 0.5 lts

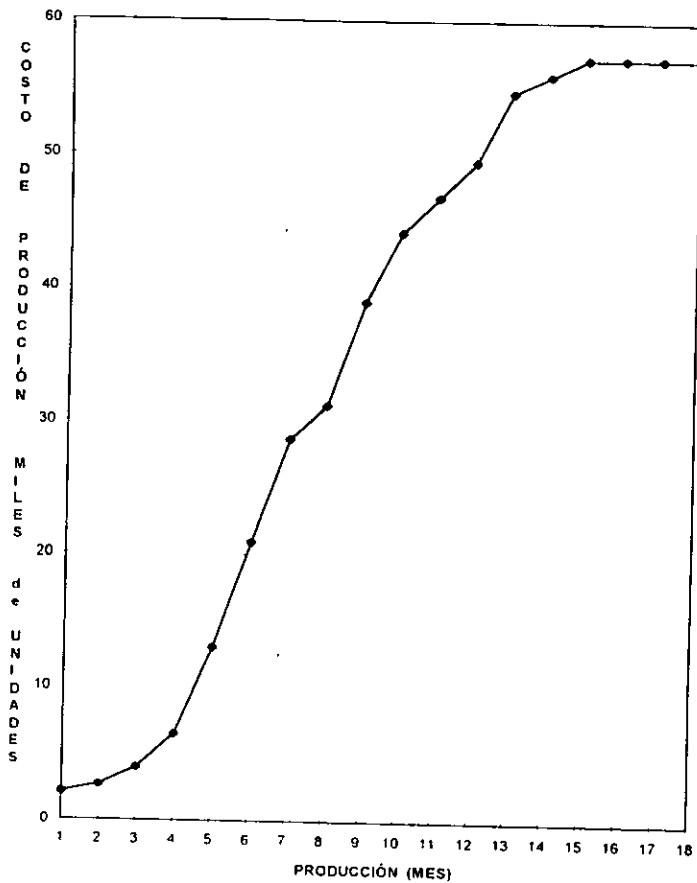


Tabla 5.12 b

Volumen de producción de  
 agua embotellada, envase de 1.5 lts.

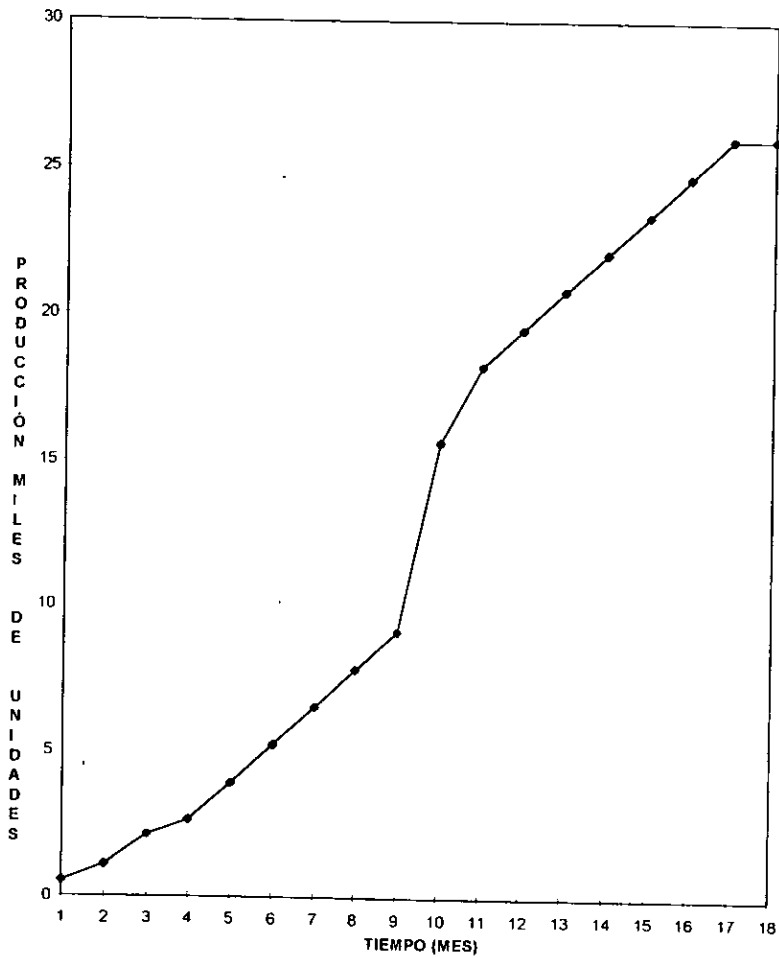


Tabla 5.12 c  
 Volumen de producción de  
 agua embotellada, envase de 19 lts.

#### 5.4.5. PRESUPUESTO DE VENTAS

Para evaluar la rentabilidad del proyecto, se considera el pronóstico de ventas como función de la demanda del mercado en el sector, así como también que todo el producto envasado es vendido.

En la tabla 5.13, se muestra el pronóstico de ventas de las diferentes presentaciones de agua envasada, en un periodo de 18 meses.

<b>PRESUPUESTO VENTAS POR MES</b>			
<b>TIEMPO (MESES)</b>	<b>BOTELLAS DE 1.5 LITROS</b>	<b>BOTELLAS DE 0.5 LITROS</b>	<b>GARRAFONES</b>
1	2080	2080	520
2	2600	2860	1040
3	3900	3900	2080
4	6500	10400	2600
5	13000	18200	3900
6	20800	26000	5200
7	28600	36140	6500
8	31200	41860	7800
9	39000	52000	9100
10	44200	57200	15600
11	46800	65000	18200
12	49400	67600	19500
13	54600	70200	20800
14	55900	71500	22100
15	57200	75140	23400
16	57200	76700	23660
17	57200	78000	24700
18	57200	78000	23000

Tabla 5.13

Pronóstico de ventas de agua envasada en diferentes presentaciones.

Se considera el precio promedio de venta del producto en el mercado para el análisis del costo diario de venta por presentación, mismo que se presenta en la tabla 5.14, donde se enmarca la contribución de cada producto envasado:

CONCEPTO	Máxima capacidad de Producción.	Costo unitario de venta unitaria(\$) sugerido.	Venta diaria máxima capacidad de producción	Contribución del costo por presentación
Botellas 1.5 lts	1870	4.1	7667	0.359
Botella de 1/2 lt	2550	2.7	6885	0.323
Garrafón	850	7.98	6783	0.318
		<b>TOTAL</b>	21335	1

Tabla 5.14

Contribución de costo total de venta por presentación

#### 5.4.6 COSTOS VARIABLES Y FIJOS

Los gastos implícitos en el proceso productivo para la elaboración de algún producto, se conocen como gastos variables y tienen la cualidad de modificarse directamente en función de los diferentes niveles de producción. Para efectos del estudio se consideran como gastos variables los que se presentan en la tabla 5.15 y 5.16, en ellas se observan las materias primas necesarias y costos para las tres presentaciones de agua envasada.



MATERIAS PRIMAS	Botella de 0.5 lts	Botella de 1.5 lts	Garrafón (19 lts)
Botellas	0.9243	1 4209	.
Tapas	0.104	0.25	0.40
Etiquetas	0.91	0.91	0.92
Agua Cruda	0.06	0.06	0.06
<b>TOTAL</b>	<b>1.9983</b>	<b>2.6369</b>	<b>1.38</b>

Tabla 5.15

Distribución de los costos variables unitarios por presentación de agua envasada.

CONCEPTOS	Botella de 0.5 lts	Botella de 1.5 lts	Garrafón (19 lts)
Materias Auxiliares	188.139	209.51	185.35
Consumibles	289.094	321.93	8-. 81
Limpieza y Sanitización	230.468	256.64	227.05
Mano de Obra	6526.15	7267.39	6429.46
<b>TOTAL</b>	<b>7233.85</b>	<b>8055.47</b>	<b>7126.68</b>

Tabla 5.16

Distribución de los costos variables promedio mensual por presentación de agua envasada.

Al conjunto de gastos que realiza la empresa, que no dependen de los niveles de producción, se les conoce como, costos fijos y dependen directamente de la infraestructura proyectada. En la tabla 5.17 se presentan los costos fijos considerados para efecto del estudio, en el primer mes, después de este periodo se considera un incremento en los gastos fijos del 1.025% por inflación.

\* El envase de 19 litros se considera costo fijo, con una compra inicial de 300 unidades, para el arranque de la planta

CONCEPTOS	Botella de 0.5 lts	Botella de 1.5 lts	Botella de 19 lts.
Teléfono	673.80	605.08	596.12
Energía Eléctrica	772.63	693.825	683.55
Renta	2246.02	2016.93	1987.05
Papelería	673.80	1452.19	1430.68
Medios Filtrantes	1617.13	605.08	596.12
Mantenimiento (refacciones)	970.28	871.315	858.41
Verificaciones	673.80	605.08	596.12
Limpieza y Sanitización	772.63	693.825	7350.00
TOTAL	8400.10	7543.33	14781.57

Tabla 5.17

Costos fijos totales por presentación de agua envasada.

## 5.4.7 EVALUACION FINANCIERA

### GASTOS (EGRESOS)

Para obtener el costo total de los egresos, como parte de la evaluación financiera se consideran los siguientes conceptos:

a) Costos variables:

$$CV_T = [P * (\Sigma C_{MP})] + (\Sigma G V) \dots\dots\dots 1$$

Donde:

$CV_T$  = Costo Variable Total

P = Producción.

$C_{MP}$  = Gastos de fabricación variables.

b) Costos Fijos Totales

Los costos fijos totales, considerados en la planta potabilizadora, se obtienen con la siguiente razón:

$$CF_T = (\Sigma C_{fo}) \dots\dots\dots 2$$

Donde:

$CF_T$  = Costo fijo Total.

$C_{fo}$  = Costo fijo de operación

El Costo total de operación (total de egresos), se obtiene por la suma de los Costos Variables y Costos Fijos Totales, esto es:

$$C_p = CF + C V_{\text{Totales}} \dots\dots\dots 3$$

Donde:

$C_p$  = Costo de Producción.\*

\* Al costo de producción, también se le conoce como egresos.

## INGRESOS

Los ingresos son aquellos obtenidos por las ventas realizadas del producto terminado, que para el estudio es agua embotellada, se considera adicionalmente, que toda la producción se vende a los consumidores de manera casi inmediata, por lo cual no se consideran gastos que están implícitos en el almacenaje.

Para obtener los ingresos referidos a la venta del producto, se tiene.

$$Iv = Pv * Up \dots\dots\dots 4$$

Donde:

Iv = Ingreso por Venta.

Pv = Precio de Venta.

Up = Unidades Producidas.

Para obtener la utilidad bruta se considera:

$$Ub = Iv - Cp \dots\dots\dots 5$$

Donde:

Ub = Utilidad Bruta.

Iv = Ingresos por Ventas.

Cp = Costos de producción

Los resultados financieros obtenidos por el proyecto para las diferentes presentaciones de agua embotellada en el periodo de estudio propuesto, se presentan a continuación:

**PRESENTACION BOTELLAS DE 0.5 LTS**

TIEMPO (MESES)	PRODUCTO ENVASADO EN PRESENTACIÓN DE 0.5 LTS	TOTAL DE COSTOS FIJOS	TOTAL DE COSTOS VARIABLES	COSTO TOTAL DE PRODUCCION	VENTAS	- PERDIDA ó UTILIDAD
1	2080	7543.33	26572.46	34115.79	5616	-28499.79
2	2860	7731.91	28131.14	35863.05	7722	-28141.05
3	3900	7925.21	30209.37	38134.58	10530	-27604.58
4	10400	8123.34	43198.32	51321.66	28080	-23241.66
5	18200	8326.42	58785.06	67111.48	49140	-17971.48
6	26000	8534.58	74371.80	82906.38	70200	-12706.38
7	36140	8747.95	94634.56	103382.51	97578	-5804.51
8	41860	8966.64	106064.84	115031.48	113022	-2009.48
9	52000	9190.81	126327.60	135518.41	140400	4881.59
10	57200	9420.58	136718.76	146139.34	154440	8300.66
11	65000	9656.10	152305.50	161961.60	175500	13538.40
12	67600	9897.50	157501.08	167398.58	182520	15121.42
13	70200	10144.94	162696.66	172841.60	189540	16698.40
14	71500	10398.56	165294.45	175693.01	193050	17356.99
15	75140	10658.52	172568.26	183226.79	202878	19651.21
16	76700	10924.99	175685.61	186610.60	207090	20479.40
17	78000	11198.11	178283.40	189481.51	210600	21118.49
18	78000	11478.06	178283.40	189761.46	210600	20838.54

Tabla 5.18  
Evaluación financiera de agua embotellada  
envase de 0.5 lts.

PRESENTACION BOTELLAS DE 1.5 LTS						
TIEMPO (MESES)	PRODUCTO ENVASADO EN PRESENTACION DE 1.5 LTS	TOTAL DE COSTOS FIJOS	TOTAL DE COSTOS VARIABLES	COSTO TOTAL DE PRODUCCION	VENTAS	- PERDIDA ó UTILIDAD
1	2080	8400.10	27900.75	36300.85	8528	-27772.85
2	2600	8610.10	29271.94	37882.04	10660	-27222.04
3	3900	8825.35	32699.91	41525.26	15990	-25535.26
4	6500	9045.99	39555.85	48601.84	26650	-21951.84
5	13000	9272.14	56695.70	65967.84	53300	-12667.84
6	20800	9503.94	77263.52	86767.46	85280	-1487.46
7	28600	9741.54	97831.34	107572.88	117260	9687.12
8	31200	9985.08	104687.28	114672.36	127920	13247.64
9	39000	10234.71	125255.10	135489.81	159900	24410.19
10	44200	10490.57	138966.98	149457.55	181220	31762.45
11	46800	10752.84	145822.92	156575.76	191880	35304.24
12	49400	11021.66	152678.86	163700.52	202540	38839.48
13	54600	11297.20	166390.74	177687.94	223860	46172.06
14	55900	11579.63	169818.71	181398.34	229190	47791.66
15	57200	11869.12	173246.68	185115.80	234520	49404.20
16	57200	12165.85	173246.68	185412.53	234520	49107.47
17	57200	12470.00	173246.68	185716.68	234520	48803.32
18	57200	12781.74	173246.68	186028.42	234520	48491.58

Tabla 5.19  
Evaluación financiera de agua embotellada  
envase de 1.5 lts.

PRESENTACIÓN GARRAFONES						
TIEMPO (MESES)	PRODUCTO ENVASADO (GARRAFON)	TOTAL DE COSTOS FIJOS	TOTAL DE COSTOS VARIABLES	COSTO TOTAL DE PRODUCCION	VENTAS	- PERDIDA ó UTILIDAD
1	520	14781.57	23133.60	37915.17	4149.60	-33765.57
2	1040	15151.11	23851.20	39002.31	8299.20	-30703.11
3	2080	15529.89	25286.40	40816.29	16598.40	-24217.89
4	2600	15918.14	26004.00	41922.14	20748.00	-21174.14
5	3900	16316.09	27798.00	44114.09	31122.00	-12992.09
6	5200	16723.99	29592.00	46315.99	41496.00	-4819.99
7	6500	17142.09	31386.00	48528.09	51870.00	3341.91
8	7800	17570.65	33180.00	50750.65	62244.00	11493.35
9	9100	18009.91	34974.00	52983.91	72618.00	19634.09
10	15600	18460.16	43944.00	62404.16	124488.00	62083.84
11	18200	18921.66	47532.00	66453.66	145236.00	78782.34
12	19500	19394.71	49326.00	68720.71	155610.00	86889.29
13	20800	19879.57	51120.00	70999.57	165984.00	94984.43
14	22100	20376.56	52914.00	73290.56	176358.00	103067.44
15	23400	20885.98	54708.00	75593.98	186732.00	111138.02
16	24700	21408.13	56502.00	77910.13	197106.00	119195.87
17	26000	21943.33	58296.00	80239.33	207480.00	127240.67
18	26000	22491.91	58296.00	80787.91	207480.00	126692.09

Tabla 5.20  
Evaluación financiera de agua embotellada  
envase de 19 lts.

**VI. ANALISIS**  
**DE RESULTADOS**



## 6. ANALISIS DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos de la evaluación financiera (tablas 5.18 a la 5.20) se observa el comportamiento de la producción, los costos fijos y variables con respecto al periodo de evaluación (18 meses). Se considera un incremento mensual del 2.5% por efecto de inflación asignado a los costos fijos.

El costo variable, es directamente proporcional a la producción, (es decir que a mayor cantidad de producto terminado, mayor será el costo en materiales y por lo tanto el monto total de esa partida).

Como se menciona en la sección anterior, se considera que las ventas totales mensuales están referidas directamente a la producción. El ingreso total de las ventas se obtuvo multiplicando las unidades de producto terminado por el precio de venta al consumidor.\*

---

\* Histórico Promedio.

Para los garrafrones de 19 litros, se considera como costo fijo una cantidad de 300 envases como inicio en la primera etapa de producción y se prorratea durante el periodo de estudio, esto se debe, a que este tipo de envases es retornable y ello le confiere la particularidad de ser empleado varias veces, lo que no sucede en el caso de las presentaciones de 1.5 lts y 0.5 lts, donde es necesario considerar la cantidad de botellas vacías adquiridas de acuerdo a la producción estimada mensual.

La empresa al combinar sus costos fijos y costos variables, dan como resultado un conjunto que determinan el costo total de producción, en las figuras 6.1 a la 6.3 se observan los valores obtenidos del costo total para efectos del estudio.

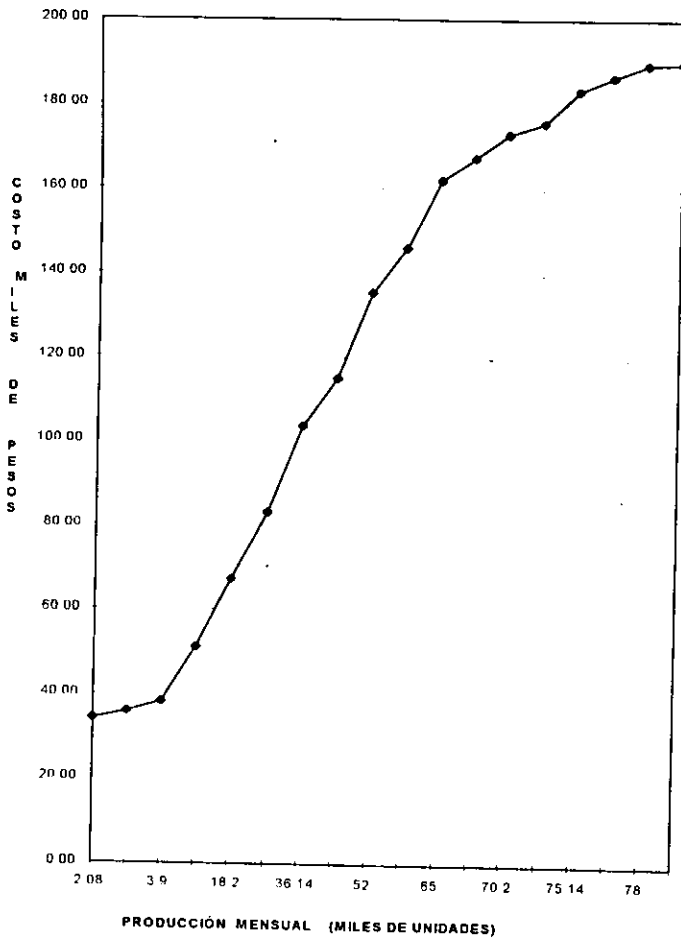


Figura 6.1  
Costo de producción de botellas de 0.5 lts

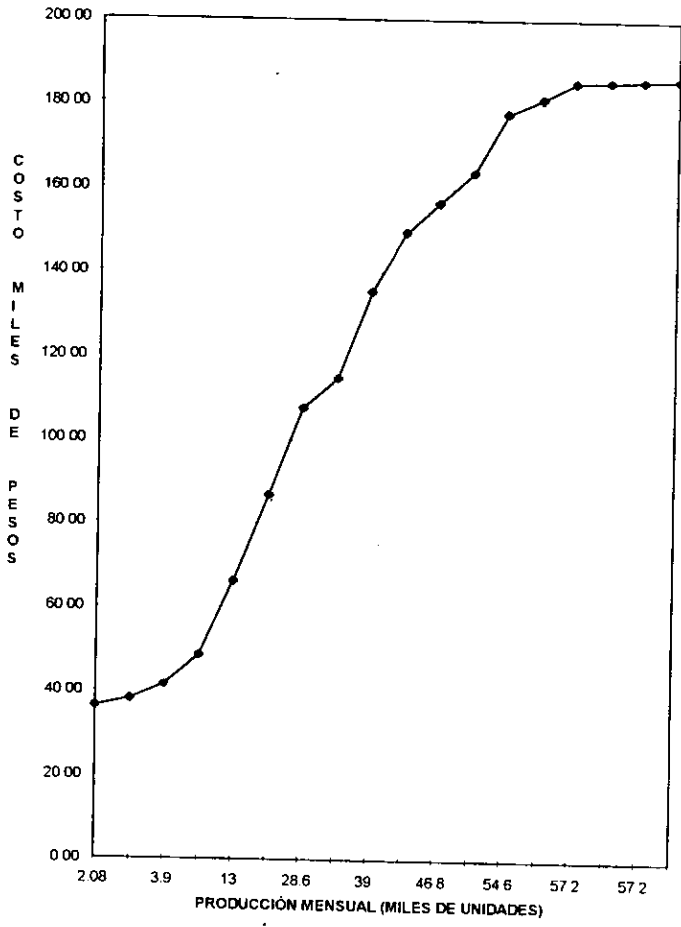


Figura 6.2  
 Costo de producción de botellas de 1.5 lts

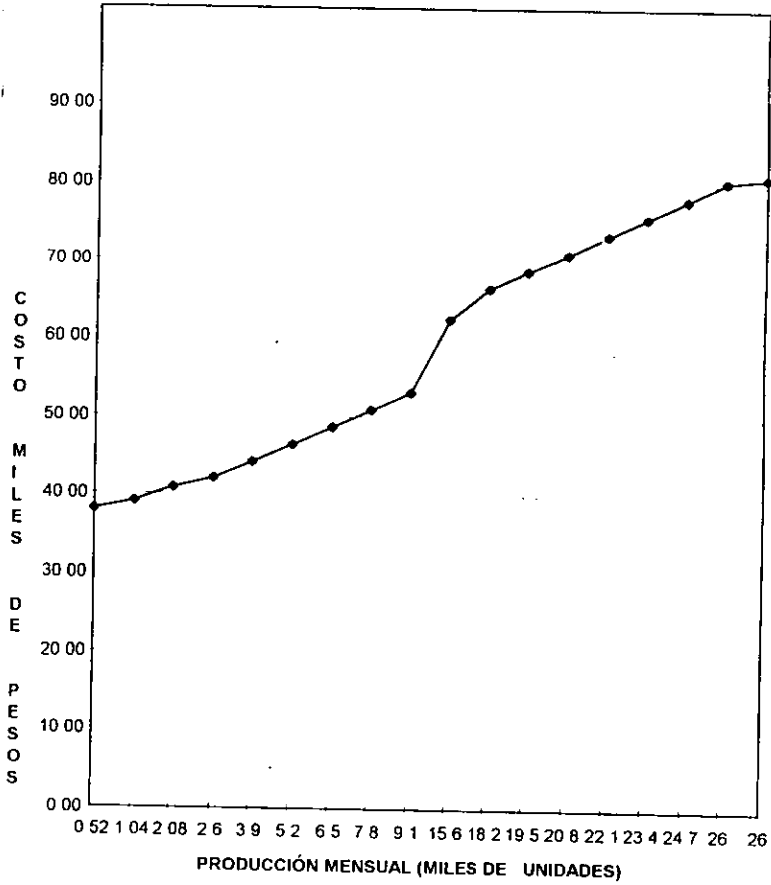


Figura 6.3  
 Costo de producción de 19 lts.

Con el costo total de producción se determino el costo unitario para cada presentación. En las figuras 6.4 a la 6.6 se observa como el costo unitario disminuye conforme se incrementa la producción de agua embotellada, y el costo de producción se estabiliza cuando se alcanza la capacidad máxima de operación.

Para la presentación de 0.5 lts se tiene un costo en el primer mes de operación de 16.40 pesos, el cual va disminuyendo hasta alcanzar en el noveno mes un costo de 2.61 pesos hasta estabilizarse en 2.43 pesos al décimo quinto mes de operación.

En el caso de la presentación de 1.5 lts, el costo inicial de operación es de 17.45 pesos, disminuyendo gradualmente hasta alcanzar en el sexto mes un costo de 4.17 pesos y estabilizarse en un precio unitario de 2.24 pesos.

Para el caso de los garrafones de 19 lts, el costo unitario inicial es de 72.91 pesos, el cual disminuye gradualmente a 5.82 pesos en el noveno mes y alcanzar un costo de producción por unidad de 3.09 pesos en el décimo séptimo mes de operación.

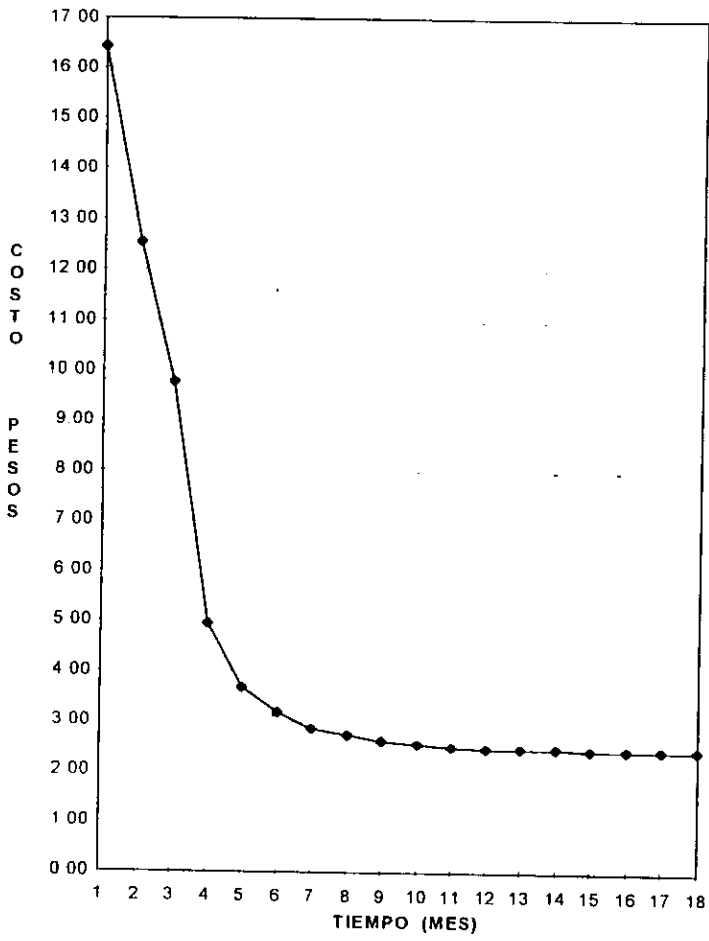


Figura 6.4  
Costo unitario de producción  
botellas de 0.5 lts.

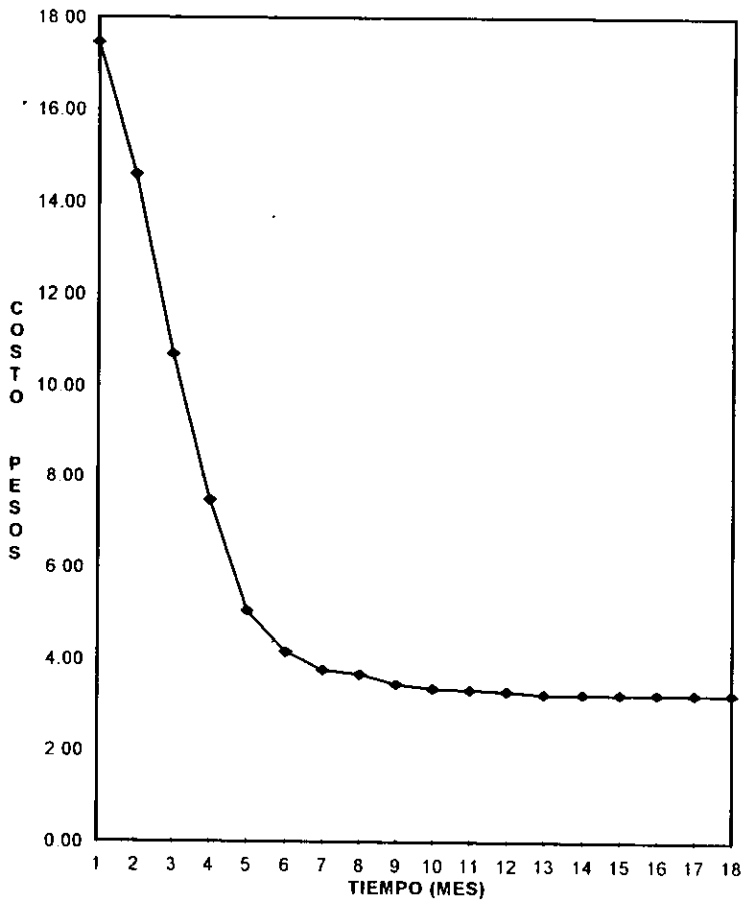


Figura 6.5  
Costo unitario de producción  
botellas de 1.5 lts.



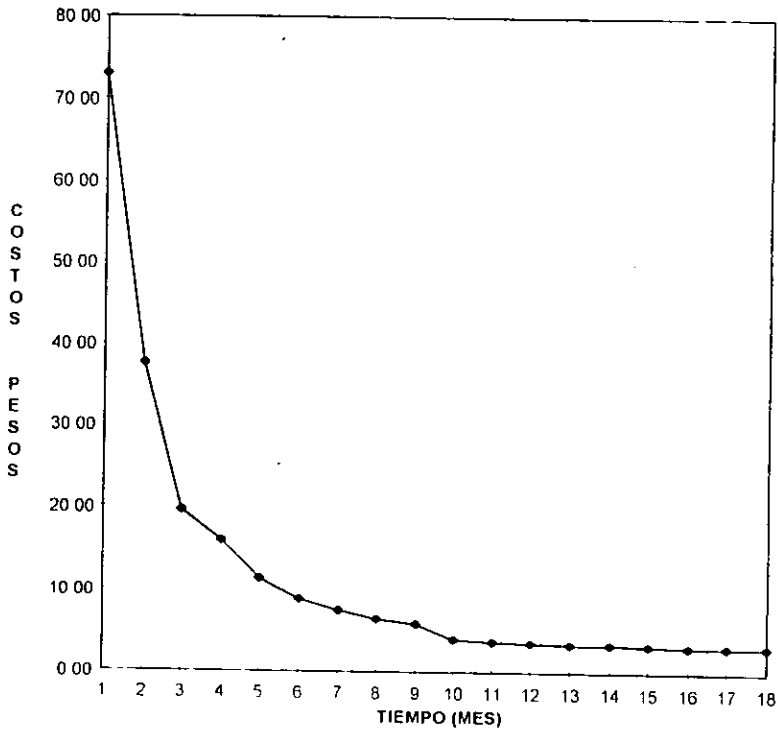


Figura 6.6  
Costo unitario de producción  
garrafón de 19 lts.

En una empresa, el equilibrio en la producción depende del funcionamiento del sistema económico que maneje, este punto determina la producción necesaria que se debe de alcanzar para que la empresa no tenga pérdidas económicas y por el contrario empiece a generar utilidades.

En el estudio, se observa que, para la presentación de 0.5 lts, el punto de equilibrio se alcanza en el noveno mes de operación, para el cual se deberán producir 52,000 botellas.

El punto de equilibrio para las botellas de 1.5 lts se alcanza en el séptimo mes de operación, con una producción de 28,600 botellas, la ganancia inicial para esta presentación será de 9,687.12 pesos.

La fabricación de garrafones de 19 lts, alcanza su punto de equilibrio al séptimo mes de operación, con una producción mensual de 6500 unidades y una ganancia de 3,341.91 pesos.

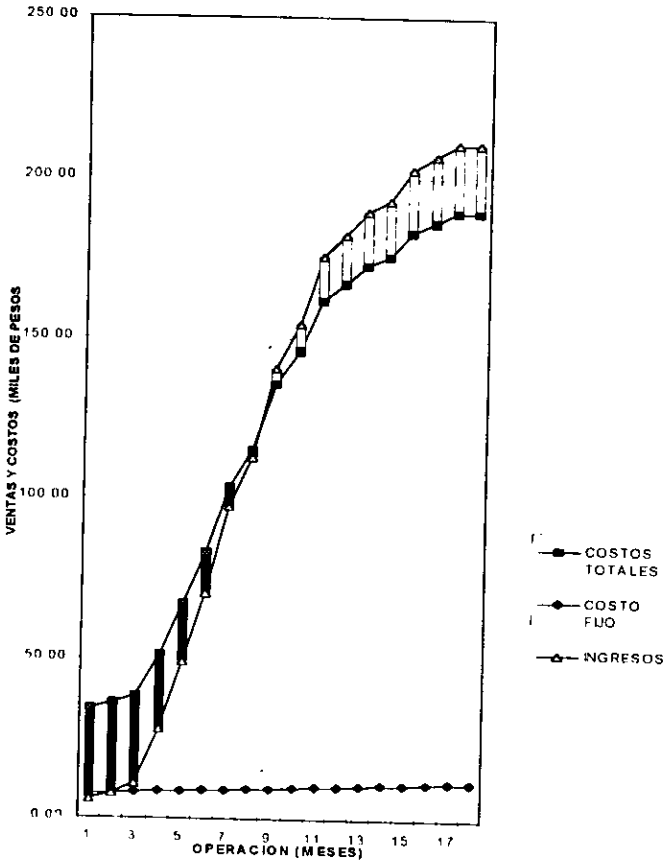


Figura 6.7  
 Punto de equilibrio, botellas  
 de 0.5 lts.

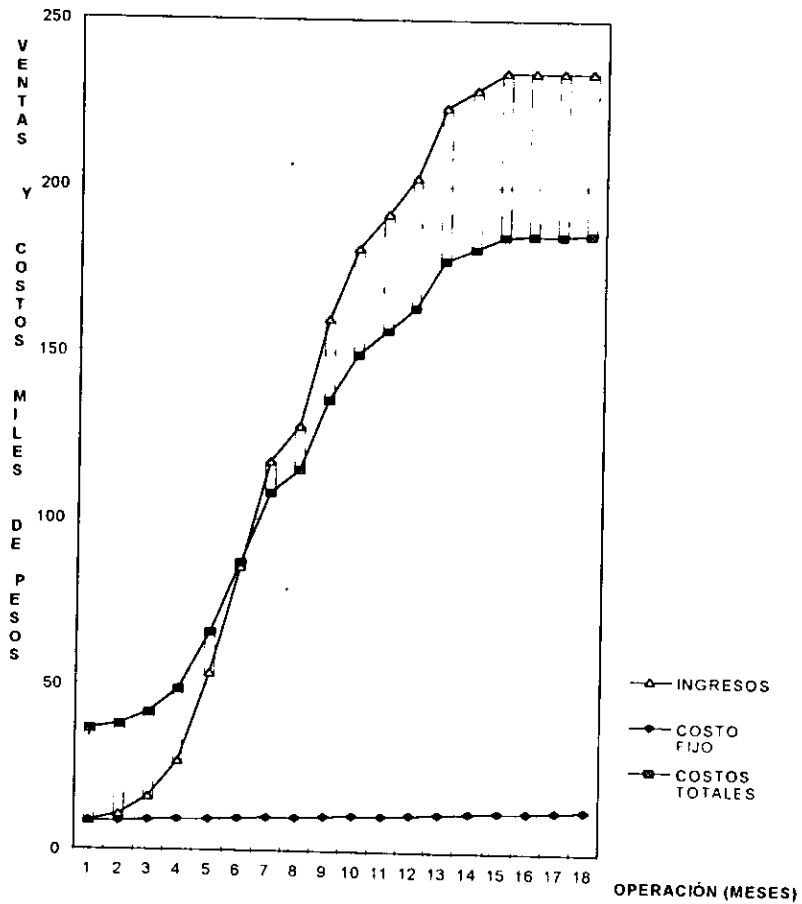


Figura 6.8  
 Punto de equilibrio para  
 Botellas de 1.5 lts

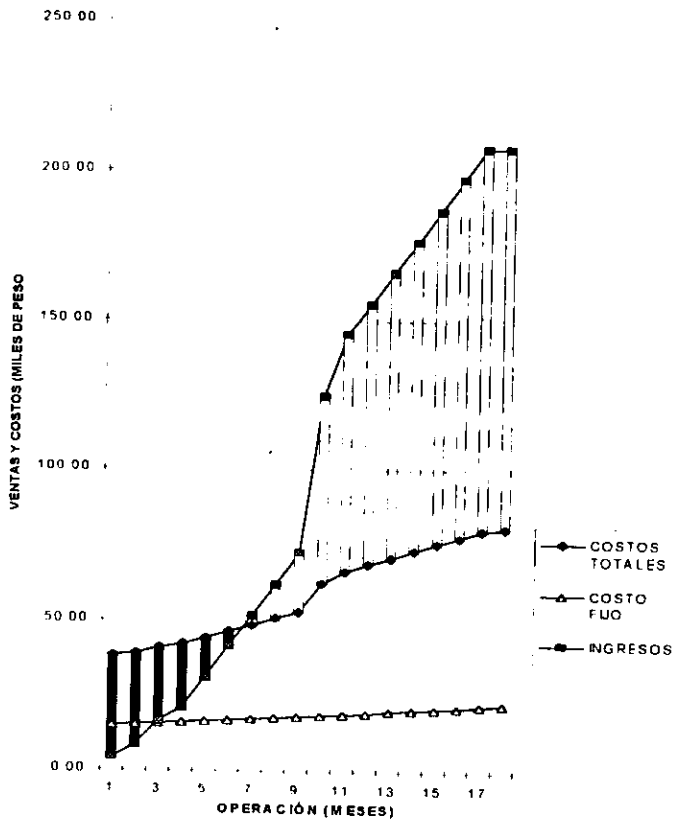


Figura 6.9  
 Punto de equilibrio para  
 garrafones de 19 lts.

## **VII. CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

El estudio para la instalación y operación de una planta potabilizadora de agua en la delegación de Iztapalapa es viable tomando en cuenta factores relevantes para definir si un proyecto es rentable o no, esto es: el estudio de mercado, la calidad del producto, tanto en sus etapas de elaboración (purificación) como en la fase terminal (envasado), estrategias de venta y distribución, imagen del producto o presentación del producto, siendo estos factores trascendentales, ya que repercuten directamente en la aceptación o rechazo del producto por parte del consumidor, cuando este se encuentre en el mercado.

Tomando en cuenta la totalidad de la inversión y el tiempo de desarrollo del proyecto, donde es necesario alcanzar en primera instancia un equilibrio y posteriormente generar utilidades, se concluye que el proyecto es rentable, esto es, de acuerdo al pronóstico de ventas, se tendrá un margen de ganancias a partir del primer año de operación, siguiendo con esta tendencia hasta la recuperación de la inversión, misma que se estima a los dos años del inicio de operaciones de la planta purificadora de agua.

Así mismo la tecnología, es tecnología de punta, misma que se puede desarrollar con la infraestructura actual de México, lo que permite fomentar el desarrollo tecnológico de nuestro país.

El estudio estableció de manera global las estrategias técnicas y operativas necesarias para la instalación y operación de una planta de potabilización de agua, desde el conocimiento de la química del agua, hasta los mecanismos de comercialización.

# **BIBLIOGRAFIA**



## B I B L I O G R A F I A

### LIBROS:

1. Guías para la calidad del agua potable, ed. Organización Mundial de la Salud, vol 1, 1984.
2. Hawley, Diccionario de Químicos y Productos Químicos, ed. Omega, 1975.
3. Hernández Ramos Samuel, Vamos por el agua., ed. Edamex, 1985.
4. Ludwig Ernest E, Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants. Vol I, 1977, pp. 46-142.
5. Manual de tratamientos de aguas, Dpto. de Sanidad del Estado de Nueva York, ed. Limusa, 1996, pp. 169-201.
6. Paul H. David, Low-Tech Multimedia Filters, ed. International Ground Water Technology., 1995.
7. Perry / Chilton, Chemical Engineers Handbook, ed. Mc. Graw Hill, 1973. Pelayo / Gross, Enciclopedia Metódica Larousse en Color, tomo 1, ed. Larousse, 1985.
8. Sanks Robert L. Water Treatment Plant Design for The Practicing Engineer., ed Ann Arbor Science, 1980
9. Waldo Specthirie Samuel, Contabilidad Básica de Costos, col."Biblioteca Básica de Contabilidad", ed. Compañía Editorial Continental S.A, México 1963.

### REVISTAS:

10. "¡Aguas con el agua y el hielo que consume!", Revista del Consumidor, No. 247. México D.F. Septiembre 1997.
11. Gómez Medina Silvia, ¿Es pura el agua que bebe? ed. Selecciones Reader'Digest. Septiembre 1997

## REGLAMENTOS:

12. Lev de aguas nacionales, su reglamento y ley federal del mar, Diario Oficial del 1º de Diciembre de 1992.
13. Lev federal de derechos en materia de agua, Comisión Nacional del Agua, 1995.
14. Reglamento de la ley general de salud en materia de control sanitario de actividades establecimientos, productos y servicios, Diario Oficial de la Federación, tomo: CDXII, No. 11, México D.F. Lunes 18 de Enero de 1988.

## FOLLETOS:

15. El agua, mi ciudad y yo, Comisión Nacional del Agua, SEMARNAP, Gerencia Regional de Aguas del Valle de México, ed. Kavers S.A de C.V, 1996.
16. Cuaderno estadístico delegacional Iztapalapa Distrito Federal, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 1996.
17. Estadísticas del sistema nacional de salud, Sistema Nacional de Salud, 1995.
18. Estrategia para la ciudad de México, Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. Secretaría General de Obras, Dpto. del Distrito Federal. México, Septiembre de 1994.
19. El sistema hidráulico del Distrito Federal un servicio público en transición, Secretaría General de Obras, Dpto del Distrito Federal.
20. La cloración en el tratamiento de aguas, Memorias de Curso, Fischer Porter.
21. PURIFICATION BY ULTRAVIOLET RADIATION, Boletín técnico, ed. Ultra Dynamics Corporation.
22. Química Básica del Agua, ed. Ecotec, pp: 2-14,

23. Subsistema Chilesdo, tercera etapa sistema Cutzamala, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas del Valle de México.
24. Sistema Cutzamala, agua para millones de mexicanos, Comisión Nacional del Agua, SEMARNAP. Kavers, S.A de C.V. 1997.
25. Sistema de abastecimiento del Distrito Federal, Secretaría de Salud, Subsecretaría de mejoramiento del agua, Subdirección de agua potable y alcantarillado.
26. Subsistema Colorines, tercera etapa sistema Cutzamala, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Aguas del Valle de México.
27. OZONE, Boletín técnico, Degrémont.
28. REVERSE OSMOSIS, RO Systems International Incorporated.

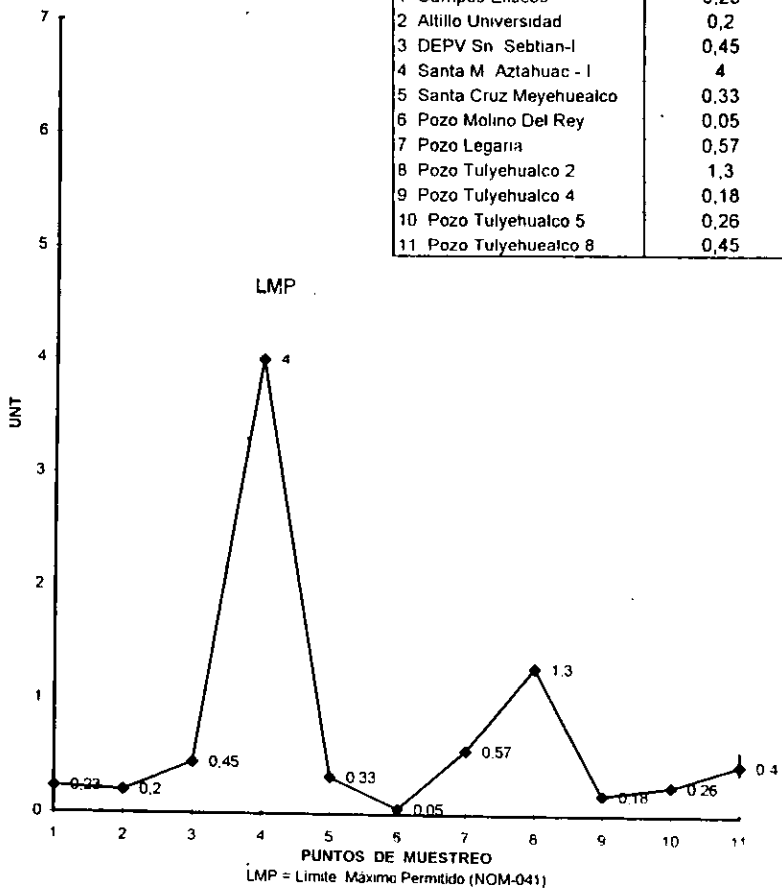
**BITACORAS:**

29. Bitácoras de muestreos de pozos municipales.  
Laboratorio Central de Control de Calidad del agua, Dpto. del Distrito Federal,  
Septiembre 1996.

# **APENDICE**

**PARAMETROS  
FISICOQUIMICOS EN  
LUGARES DE MUESTREO**

LUGAR DE MUESTREO	TURBIEDAD Unidad UNT
1 Campos Eliseos	0,23
2 Altillo Universidad	0,2
3 DEP V Sn Sebastian-I	0,45
4 Santa M Aztahuac - I	4
5 Santa Cruz Meyehuealco	0,33
6 Pozo Molino Del Rey	0,05
7 Pozo Legaria	0,57
8 Pozo Tulyehualco 2	1,3
9 Pozo Tulyehualco 4	0,18
10 Pozo Tulyehualco 5	0,26
11 Pozo Tulyehualco 8	0,45

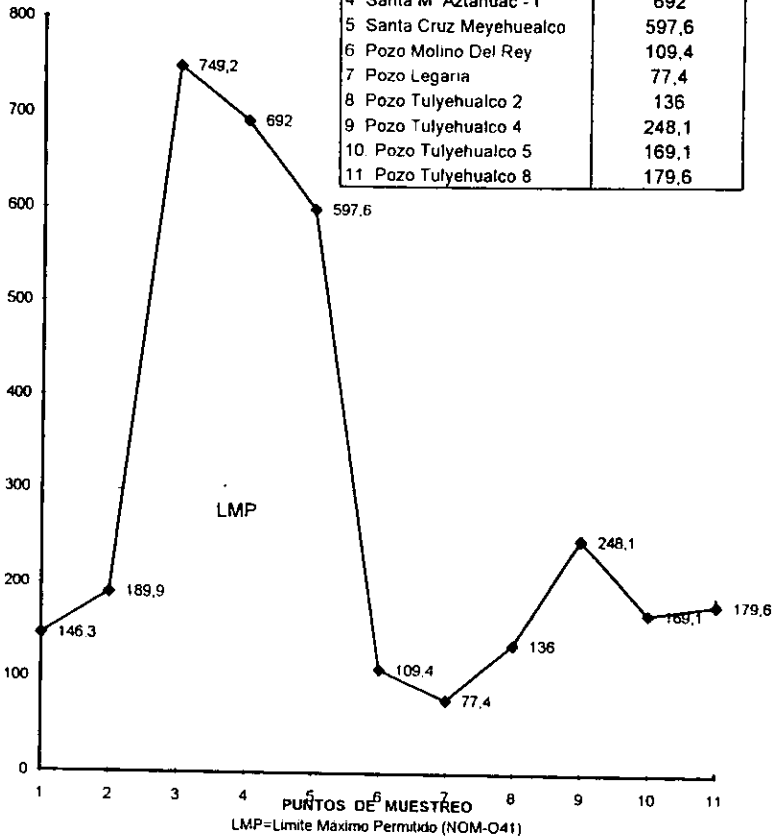


**PROYECTO:**  
DISEÑO INTEGRAL  
DE UNA PLANTA  
POTABILIZADORA.

**FIGURA 5.3**  
Concentración de Turbiedad  
(mg/l) en muestreo de agua  
potable en puntos de referencia.

**ELABORO:**  
LIDIA GRADA MTZ

LUGAR DE MUESTREO	ALCALINIDAD TOTAL mg/l
1 Campos Eliseos	146,3
2 Altito Universidad	189,9
3 DEP V Sn Sebastian	749,2
4 Santa M Aztahuac - I	692
5 Santa Cruz Meyehuealco	597,6
6 Pozo Molino Del Rey	109,4
7 Pozo Legaria	77,4
8 Pozo Tulyehualco 2	136
9 Pozo Tulyehualco 4	248,1
10 Pozo Tulyehualco 5	169,1
11 Pozo Tulyehualco 8	179,6

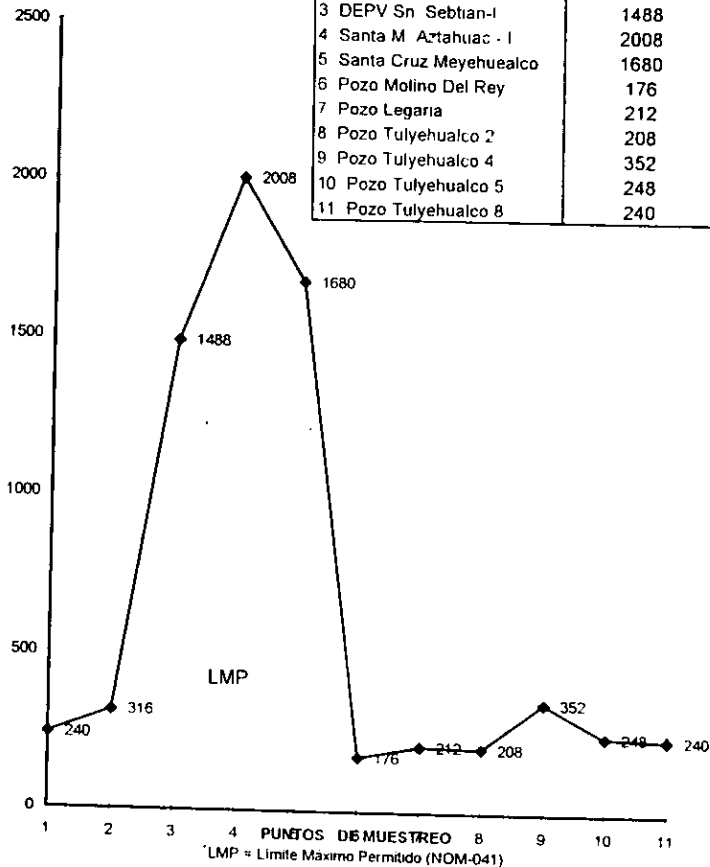


**PROYECTO:**  
DISEÑO INTEGRAL  
DE UNA PLANTA  
POTABILIZADORA.

**FIGURA 5.4**  
Concentración de Alcalinidad  
(mg/l) en muestreo de agua  
potable en puntos de referencia.

**ELABORÓ:**  
LIDIA GRADA MTZ.

LUGAR DE MUESTREO	SOLIDOS TOTALES mg/l
1 Campos Eliseos	240
2 Alttillo Universidad	316
3 DEPV Sn Sebtian-I	1488
4 Santa M Aztahuc - I	2008
5 Santa Cruz Meyehualco	1680
6 Pozo Molino Del Rey	176
7 Pozo Legaria	212
8 Pozo Tulyehualco 2	208
9 Pozo Tulyehualco 4	352
10 Pozo Tulyehualco 5	248
11 Pozo Tulyehualco 8	240



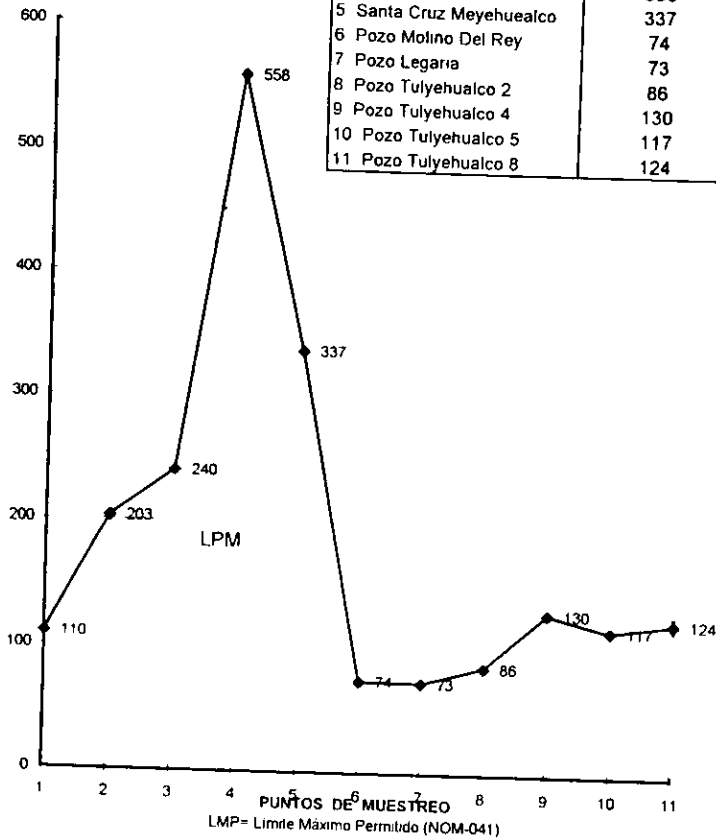
PROYECTO:  
DISEÑO INTEGRAL  
DE UNA PLANTA  
POTABILIZADORA.

**FIGURA 5.5**  
Concentración de Sólidos  
Totales (mg/l) en muestreo de agua  
potable en puntos de referencia.

ELABORO:  
LIDIA GRADA MTZ



LUGAR DE MUESTREO	DUREZA TOTAL mg/l
1 Campos Eliseos	110
2 Altito Universidad	203
3 DEPVSn Sebtian-I	240
4 Santa M Aztahuac - I	558
5 Santa Cruz Meyehualco	337
6 Pozo Molino Del Rey	74
7 Pozo Legaria	73
8 Pozo Tulyehualco 2	86
9 Pozo Tulyehualco 4	130
10 Pozo Tulyehualco 5	117
11 Pozo Tulyehualco 8	124

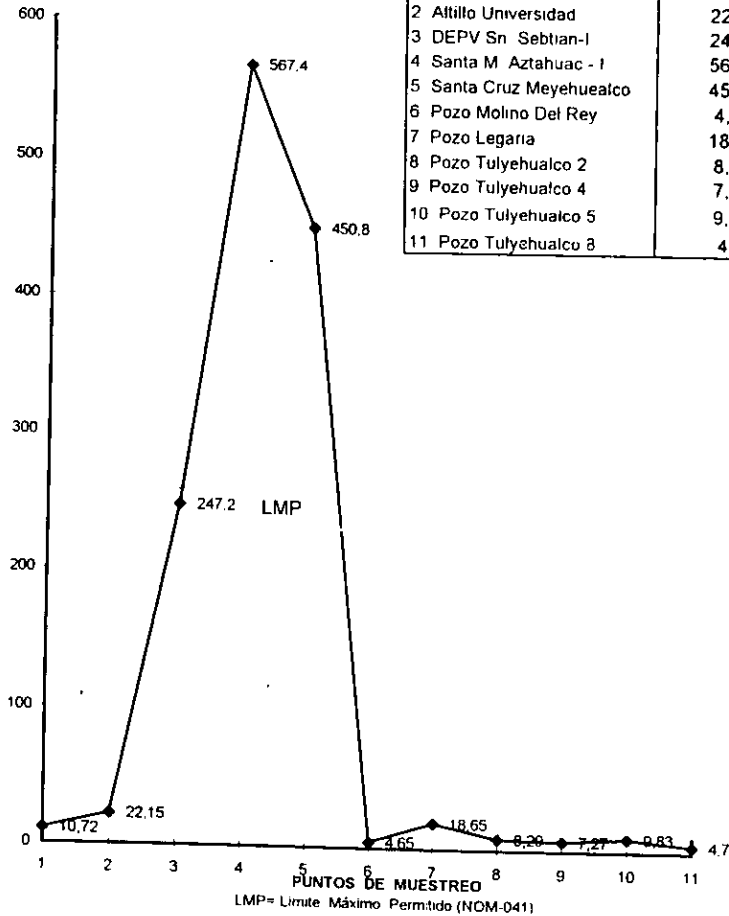


PROYECTO:  
DISEÑO INTEGRAL  
DE UNA PLANTA  
POTABILIZADORA.

FIGURA 5.6  
Concentración de Dureza  
Total (mg/l) en muestreo de agua  
potable en puntos de referencia.

ELABORO:  
LIDIA GRADA MTZ.

LUGAR DE MUESTREO	SULFATOS mg/l
1 Campos Eliseos	10,72
2 Attilo Universidad	22,15
3 DEPVSn Sebtian-I	247,2
4 Santa M Aztahuac - I	567,4
5 Santa Cruz Meyehuealco	450,8
6 Pozo Molino Del Rey	4,65
7 Pozo Legaria	18,65
8 Pozo Tulyehualco 2	8,29
9 Pozo Tulyehualco 4	7,27
10 Pozo Tulyehualco 5	9,83
11 Pozo Tulyehualco 8	4,7



**PROYECTO:**  
**DISEÑO INTEGRAL**  
**DE UNA PLANTA**  
**POTABILIZADORA.**

**FIGURA 5.7**  
**Concentración de Sulfatos**  
**(mg/l) en muestreo de agua**  
**potable en puntos de referencia.**

**ELABORO:**  
**LIDIA GRADA MTZ**

**FORMATOS PARA EL  
REGISTRO Y  
AUTORIZACION DE  
MARCAS**



Clasificación Internacional de Patentes (CIP)	Clasificación Internacional de Patentes (CIP)
Fecha y hora	No. de Folio de Solicitud
Fecha y hora	No. Folio y hora de Emisión

DISEÑO DE MARCA  
 DISEÑO DE TIPOLOGÍA  
 DISEÑO DE TEXTO  
 DISEÑO DE SONIDO  
 DISEÑO DE OLORES  
 DISEÑO DE OLORES Y OLORES  
 DISEÑO DE OLORES Y OLORES

PTO. SOLICITANTE DE:  FÍSICA  JURÍDICA  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Domicilio: \_\_\_\_\_  
 Dirección de correo electrónico: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: \_\_\_\_\_  
 PTO. REPRESENTANTE DE: \_\_\_\_\_  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Dirección de correo electrónico: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: \_\_\_\_\_  
 Tipo de marca:  DISEÑO  TEXTO  SONIDO  OLORES  OLORES Y OLORES  
 Forma de presentación:  FÍSICA  JURÍDICA  
 No. de folios: \_\_\_\_\_  
 No. de folios: \_\_\_\_\_  
 No. de folios: \_\_\_\_\_

Año de nacimiento del autor del signo distintivo, o del titular de la prioridad	Datos del registro o publicación
ADHIERA EN ESTE ESPACIO LA ETIQUETA DEL SIGNO DISTINTIVO SOLICITADO (sólo en caso de marcas)	LAS ETIQUETAS DE ESTE TIPO DE PUBLICACIÓN DEBEN SER DE UN TAMAÑO DE AL MENOS 10x10 CM Y DEBE SER DE UN TIPO DE FONTE DE AL MENOS 10 PUNTOS DE ALTO Y DEBE SER DE UN TIPO DE FONTE DE AL MENOS 10 PUNTOS DE ALTO Y DEBE SER DE UN TIPO DE FONTE DE AL MENOS 10 PUNTOS DE ALTO.  POR ACUERDO DEL DIRECTOR GENERAL DE HECHO Y DE DERECHO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL  EL DIRECTOR DE MARCAS

**PROYECTO:**  
 DISEÑO INTEGRAL DE UNA PLANTA POTABILIZADORA.

**FORMATO VIGENTE PARA EL REGISTRO DE MARCAS.**

**ELABORO:**  
 LIDIA GRALA MARTINEZ

FORMATO UNICO DE REGISTROS POR SERVICIOS  
 BREV. FORMATO DE REGISTRO DE INVENTOS



PATENTE       CERTIFICADO DE INVENCIÓN       DISEÑO INDUSTRIAL  
 MODELO DE UTILIDAD       MARCA       DENOMINACIÓN NOMINATIVA DE PRODUCTO  
 DISEÑO INDUSTRIAL       AVISO COMERCIAL       OTRO

CONCEPTO	DETALLE	INVENTOR	FECHA
INSTITUCIÓN DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO INSTITUCIÓN DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO INSTITUCIÓN DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO INSTITUCIÓN DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO			

**DATOS DEL TITULAR O SOLICITANTE**  
 NOMBRE: \_\_\_\_\_  
 DOMICILIO: \_\_\_\_\_  
 CALLE, NUMERO, COLONIA Y CODIGO POSTAL: \_\_\_\_\_  
 COMUNICACION ESTADÍSTICA (C.P.C.): \_\_\_\_\_  
 FECHA DEL FOLIO DE REPRESENTACIÓN: \_\_\_\_\_

USO EXCLUSIVO (M.P.I.)  
 FECHA DE SU DEPÓSITO: \_\_\_\_\_  
 DEPOSITARIO: \_\_\_\_\_



**DEPOSITO EN CUENTA DE CHEQUES MULTITRAN CUENTA UNICA**

BANCO: **INSTITUTO MEXICANO DE PROPIEDAD INDUSTRIAL**      C/CHEQUE: **114557-1**  
 CLAVE DE LA CUENTA DE LA PLANTA: **710552-7**

DEPOSITARIO: **INSTITUTO MEXICANO DE PROPIEDAD INDUSTRIAL**  
 C/CHEQUE: **114557-1**

MONEDA: **MXN**      FECHA DE DEPÓSITO: \_\_\_\_\_  
 MONEDA: **MXN**      FECHA DE DEPÓSITO: \_\_\_\_\_

**PROYECTO:**  
 DISEÑO INTEGRAL  
 DE UNA PLANTA  
 POTABILIZADORA.

**FORMATO VIGENTE  
 PARA EL REGISTRO  
 DE MARCAS.**

**ELABORO:**  
 LIDIA GRADA  
 MARTINEZ

**PARAMETROS  
FISICOQUIMICOS INICIALES  
Y FINALES DEL  
PRODUCTO**

Tomando en cuenta una muestra representativa de los parámetros fisicoquímicos de los lugares de muestreo, la calidad inicial del producto es:

CALIDAD INICIAL DEL AGUA CRUDA	
Nitrógeno de Nitrato mg/l	1.009
Cobre mg/l	0.008
Nitrógeno Protéico mg/l	0.131
Coliforme Total mg/l	0
Ph	7.70
Plomo mg/l	0.05
Turbiedad UNT	0.729
Alcalinidad Total mg/l	299.509
Sólidos Totales mg/l	651.63
Dureza Total mg/l	186.54
Sulfatos mg/l	122.87
Magnesio mg/l	28.54
Mercurio mg/l	0.0002
Sodio mg/l	118.17
Fierro mg/l	0.05
Zinc mg/l	0.002
Arsenico mg/l	0.05
Bario mg/l	0.9

Tabla 5.9

CALIDAD FINAL DEL PRODUCTO (AGUA PURIFICADA)	
Nitrogéno de Nitrato mg/l	
Cobre mg/l	0.008
Nitrógeno Amoniacal mg/l	0.45
Coliforme Total mg/l	0
pH	7.5
Plomo mg/l	0.02
Turbiedad UNT	0.729
Alcalinidad Total mg/l	299.509
Sólidos Totales mg/l	651.63
Dureza Total mg/l	186.54
Sulfatos mg/l	122.87
Magnesio mg/l	28.54
Mercurio mg/l	0.0002
Sodio mg/l	118.17
Fierro mg/l	0.05
Zinc mg/l	0.002
Arsénico mg/l	0.05
Bario mg/l	0.70

Tabla 5.10



**HOJAS DE  
ESPECIFICACIONES  
DE LOS EQUIPOS**

## HOJA DE ESPECIFICACIONES TANQUES DE ALMACENAMIENTO

CLIENTE <u>COMPANIA PURIFICADORA DE AGUA DAWY</u>	CANTIDAD <u>UNO</u>
LUGAR <u>IZTAPALAPA</u>	Nº EQUIVALENTE _____
SERVICIO <u>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA</u>	FABRICANTE <u>TAYSA</u>
AREA <u>PROCESO</u>	TIPO <u>CILINDRICO VERTICAL</u>

### DATOS DE PROCESO

CAPACIDAD (GALONES) TOT _____	OPERACIÓN _____
PRODUCTO <u>AGUA PURIFICADA</u>	DENSIDAD <u>1 gr/l</u>
PRESION DEL CUERPO (P <sub>sig</sub> ) _____	PRESION DE LA CHAQUETA (P <sub>sig</sub> ) <u>NO APLICA</u>
TEMPERATURA DEL CUERPO (°F) <u>AMBIENTE</u>	TEMPERATURA DE LA CHAQUETA (°F) <u>NO APLICA</u>

### CONSTRUCCION

TIPO <u>CILINDRICO VERTICAL</u>	LONGITUD (mm) <u>2000</u>
DIAMETRO (mm) <u>1000</u>	TIPO DE TAPA <u>SUPERIOR PLANA</u>
TIPO DE TAPA <u>SUPERIOR PLANA</u>	INFERIOR <u>PLANA</u>
ESPORES (m) <u>CUERPO</u>	TAPAS _____
SOPORTES <u>SI</u>	

### MATERIALES

CUERPO <u>SS-304</u>	CHAQUETA <u>NO APLICA</u>	TAPAS <u>SS-304</u>	
PARTES INTERNAS <u>NO APLICA</u>	PARTES EXTERNAS _____		
TUBERIA INTERIOR <u>NO NECESARIA</u>	CUELLO DE BOQUILLAS _____		
EMPAQUES _____	BRIDAS _____		
ESCALERAS <u>NO NECESARIA</u>	ANILLO DE REFUERZO <u>NO APLICA</u>		
SOPORTE <u>CONCRETO</u>	TORNILLOS/TUERCAS <u>SS-304</u>		

### DATOS DE DISEÑO MECANICO

CODIGOS _____		EFICIENCIA DE JUNTAS _____	
RADIOGRAFIA <u>NO APLICA</u>			
PRUEBA HIDROSTATICA DEL CUERPO <u>NO APLICA</u>			
PRUEBAS HIDROSTATICA DE LA CHAQUETA <u>NO APLICA</u>			
PRESION DE DISEÑO (P <sub>sig</sub> ) <u>CUERPO</u>	<u>CHAQUETA</u>	<u>NO APLICA</u>	
TEMPERATURA DE DISEÑO (°F) <u>CUERPO</u>	<u>CHAQUETA</u>	<u>NO APLICA</u>	
CORROSION PERMISIBLE <u>INTERIOR</u>	<u>EXTERIOR</u>		
FABRICACION SOLDADA <u>NO APLICA</u>	CTAPS _____		
CARGA DEL VIENTO _____	COEF SISMICO _____		
PESO VACIO _____	PESO OPERACION _____		
PINTURA <u>NO APLICA</u>	PREP SUP _____		
RECUBRIMIENTO <u>NO APLICA</u>			
AISLANTE <u>NO APLICA</u>	SOPORTE DE AISLANTE <u>NO APLICA</u>		

### OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA TUBERIAS

CLIENTE <u>COMPANIA PURIFICADORA DE AGUA DAWY</u>	CANTIDAD _____
LUGAR <u>IZTAPALAPA</u>	No. EQUIVALENTE _____
SERVICIO <u>LINEAS DE ABASTECIMIENTO DEL PRODUCTO.</u>	FABRICANTE _____
AREA <u>PROCESO</u>	TIPO _____

### CARACTERISTICAS DEL FLUIDO

FLUIDO DE PROCESO <u>AGUA</u>	GPM <u>8</u>	TEMPERATURA <u>AMBIENTE</u>
GPM (CALC) _____	CFM _____	PRESION _____ psig
CFM (CALC) _____	lbs / hr _____	GRAVEDAD ESPECIFICA <u>1</u>
lbv / hr (CALC) _____	lbs / hr _____	GRAVEDAD VOLUMETRIC <u>1</u> ft <sup>3</sup>
VELOCIDAD RECOMENDADA <u>5 ft/s</u>		VISCOSIDAD <u>1.002</u> CP.

### LONGITUD EQUIVALENTE

ACCESORIOS: TRAMO RECTO DE TUBERIA T's, VALVULAS, CODOS, ETC.			
ACCESORIOS	No.	L/D (ft)	No * (L/D)
VALVULA BOLA	21	25	525
TUERCA UNION	26	5	130
T's	22	6	132
CODO DE 90°	29	6	174
<b>TOTAL</b>			<b>961</b>

### DATOS DE FLUJO

DIAMETRO ESTIMADO 0.8083 in.

VELOCIDAD DEL FLUIDO 5 ft/s

PERDIDAS POR FRICCION POR 100 ft 2.066 psig

PERDIDAS POR FRICCION POR COLUMNA LIQUIDA \_\_\_\_\_

CAIDA DE PRESION TOTAL (psi) 56.263

DIAMETRO DE TUBERIA SELECCIONADA 1 in.

MATERIAL SELECCIONADO Acero Comercial.

CALCULOS \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

DELTA P TOTAL 56.263 psi

PERDIDAS POR FRICCION, ft DE LIQUIDO \_\_\_\_\_

### OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA PRODUCTOS QUIMICOS

CLIENTE	COMPANÍA PURIFICADORA DE AGUA DAWY	CANTIDAD	
LUGAR	IZTAPALAPA	Nº EQUIVALENTE	
SERVICIO	MATERIAS PRIMAS	FABRICANTE	
AREA	PROCESO	TIPO	

### DATOS DE GENERICOS

NOMBRE COMERCIAL	AGUA
NOMBRE QUIMICO	PROTOXIDO DE HIDROGENO
COMPOSICION QUIMICA	DOS ATOMOS DE HIDROGENO Y UN ATOMO DE OXIGENO
FORMULA QUIMICA	H <sub>2</sub> O

### DATOS DE PROCESO

PARA USO Y MANEJO EN	PROCESO DE PURIFICACION DE AGUA		
PROVEEDOR		TELEFONO	
PRESENTACION	LIQUIDO	ENVASADO	
RECIPIENTE	NORMAL <input checked="" type="checkbox"/> VENTILADO <input type="checkbox"/>	SEGURIDAD	A PRESION <input type="checkbox"/>

### CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS

COLOR	INCOLORO	OLOR	INODORO	SABOR	INSIPIDO
FORMA		DENSIDAD	1 gr/ml	PESO ESPECIFICO	1
PUNTO DE EBULLICION	100 °C	pH	VARIABLE	PUNTO DE IGNICION	NINGUNO
LIMITE DE INFLAMABILIDAD O EXPLOSION			SUPERIOR NINGUNO	INFERIOR	NINGUNO
TEMPERATURA DE AUTOIGNICION	NINGUNA			PUNTO DE FUSION	NO APLICA
PRESION DE VAPOR					

### GRADO DE RIESGO E IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

TOXICIDAD	PUEDE LLEGAR A SER VARIABLE SI SE ENCUENTRAN CONTAMINANTES DISUELTOS EN ELLA		
FLAMABILIDAD	NINGUNA		
REACTIVIDAD O INESTABILIDAD QUIMICA	NINGUNA		
RIESGO DE RADIACION			

### INCOMPATIBILIDAD

COMPUESTOS O SUSTANCIAS \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### MANEJO Y ALMACENAMIENTO

RECOMENDACIONES	TENER LAS MAYORES PRECAUCIONES POSIBLES CON LA SANIDAD
REENVASE Y/O PROCES	LAVAR BIEN EL RECIPIENTE DONDE SE VAYA ALMACENAR CON SOLUCION SANITIZANTE

### OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA FILTROS

CLIENTE	COMPANIA PURIFICADORA DE AGUA DAWY.	CANTIDAD	DOS
LUGAR	IZTAPALAPA	No. EQUIVALENTE	
SERVICIO	TRATAMIENTO PRIMARIO	FABRICANTE	TAYSA
AREA	PROCESO	TIPO	FILTRO MULTIMEDIA

### DATOS DE PROCESO

CAPACIDAD DE FILTRADO	21 GPM	OPERACIÓN	SEMAUTOMATICA
PRODUCTO A FILTRAR	AGUA CRUDA	DENSIDAD	1 g/l
PRESION DEL CUERPO (Psig)	11	TEMP. DEL CUERPO	AMBIENTE

### CONSTRUCCION

TIPO	CILINDRICO VERTICAL	LONGITUD (in)	87
DIAMETRO (in)	20	INFERIOR	PLANA
TIPO DE TAPA	SUPERIOR ABOMBADA	DIAMETRO DE TAPAS	20 in
SOPORTES	ESTRUCTURA SOBRE SOPORTE		

### MATERIALES

CUERPO	SS-304	TAPAS	SS-304
PARTES INTERNAS	NO NECESARIA	PARTES EXTERNAS	SS-304
TUBERIA INTERIOR	NO NECESARIA	CUELLO DE BOQUILLAS	SS-304
ESCALERAS	NO NECESARIA	ANILLO DE REFUERZO	SS-304
SOPORTE	SS-304	TORNILLOS/TUERCAS	SS-304
TIPO DE ARREGLO	GARNET, GRAFITO, CUARZO, ARENA.		

### DATOS DE DISEÑO MECANICO

CODIGOS			
RADIOGRAFIA	NO NECESARIA		
PRUEBA HIDROSTATICA DEL CUERPO	NO NECESARIA		
PRESION DE DISEÑO (Psig)	CUERPO	11	
TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)	CUERPO	25	
FABRICACION SOLDADA	ARGON		
PESO VACIO	280 lbs	AISLANTE	NO APLICA
PINTURA	NO APLICA	CTAPS	
		PESO OPERACIÓN	460 lbs
		RECUBRIMIENTO	NO APLICA

### OBSERVACIONES

## HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA FILTROS

CLIENTE	COMPANIA PURIFICADORA DE AGUA DAWY	CANTIDAD	DOS
LUGAR	IZTAPALAPA	Nº EQUIVALENTE	
SERVICIO	TRATAMIENTO PRIMARIO	FABRICANTE	TAYSA
AREA	PROCESO	TIPO	FILTRO DE CARBON ACTIVADO

### DATOS DE PROCESO

CAPACIDAD DE FILTRADO	14 GPM	OPERACIÓN	SEMAUTOMÁTICA
PRODUCTO A FILTRAR	AGUA CRUDA	DENSIDAD	1 g/l
CAIDA DE PRESION (Psig)	5	TEMP DEL CUERPO	AMBIENTE

### CONSTRUCCION

TIPO	CILINDRICO VERTICAL	LONGITUD (in)	67
DIAMETRO (in)	20	INFERIOR	PLANA
TIPO DE TAPA	SUPERIOR ABOMBADA	DIAMETRO DE TAPAS	20 in
SOPORTES	ESTRUCTURA SOBRE SOPORTE		

### MATERIALES

CUERPO	SS-304	TAPAS	SS-304
PARTES INTERNAS	NO NECESARIA	PARTES EXTERNAS	SS-304
TUBERIA INTERIOR	NO NECESARIA	CUELLO DE BOQUILLAS	SS-304
ESCALERAS	NO NECESARIA	ANILLO DE REFUERZO	SS-304
SOPORTE	SS-304	TORNILLOS/TUERCAS	SS-304
TIPO DE ARREGLO	CARBON ACTIVADO		
PROFUN DE MAT FILTRANTE SOPORTE	6 in	VOLUMEN DE MATERIAL	0.7 ft <sup>3</sup>
PROFUN DE MAT FILTRANTE MEDIO	34 in	VOLUMEN DE MATERIAL	4 ft <sup>3</sup>

### DATOS DE DISEÑO MECANICO

CODIGOS			
RADIOGRAFIA	NO NECESARIA		
PRUEBA HIDROSTATICA DEL CUERPO	NO NECESARIA		
PRESION DE DISEÑO (Psig)	CUERPO	5	
TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)	CUERPO	25	
FABRICACION SOLDADA	ARGON		AISLANTE
PESO VACIO	280 lbs		CTAPS
PINTURA	NO APLICA		PESO OPERACIÓN
			460 lbs
			RECUBRIMIENTO
			NO APLICA

### OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# HOJA DE ESPECIFICACIONES

## BOMBA CENTRIFUGA

HOJA No. \_\_\_\_\_ REV: \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_  
 POR \_\_\_\_\_ APROBO \_\_\_\_\_  
 PROYECTO \_\_\_\_\_

CLIENTE COMPAÑIA PURIFICADORA DE AGUA DAWY.  
 LUGAR IZTAPALAPA  
 SERVICIO PROCESO  
 UNIDAD MOTRIZ BOMBA CENTRIFUGA  
 TURBINA \_\_\_\_\_

BA \_\_\_\_\_ CANTIDAD \_\_\_\_\_  
 UNIDAD UNA  
 FABRICANTE G&L PUMPS, ITT INDUSTRIES  
 TAMAÑO Y TIPO \_\_\_\_\_  
 SE DEBE SEGUIR EL ESTANDAR API 610 \_\_\_\_\_

### CONDICIONES DE OPERACIÓN DE CADA BOMBA

### FUNCIONAMIENTO

LIQUIDO AGUA U.S. GPM. A T.B. NOR. \_\_\_\_\_ DISEÑO \_\_\_\_\_  
 TEMP. BOMBEO (°F) \_\_\_\_\_ PRES. DESC. (PSIG) \_\_\_\_\_  
 DENS. REL. A T.B. 1 gr/l PRES. SUCC. (PSIG) MAX. \_\_\_\_\_ DISEÑO \_\_\_\_\_  
 PRES. VAPOR A T.B. (PSIA) \_\_\_\_\_ PRES. DIF. (PSIG) \_\_\_\_\_  
 VISC. A T.B. (CP) 1.00 COLUM. DIF. (PES) \_\_\_\_\_  
 CORR./EROS. CAUSADO POR \_\_\_\_\_ NPSH DIS (PES) \_\_\_\_\_

CURVA PROPUESTA No. 5  
 NPSH REQ. (AGUA) PIES \_\_\_\_\_  
 No. DE PASOS \_\_\_\_\_ RPM \_\_\_\_\_  
 E.F. DIS. \_\_\_\_\_ BHP \_\_\_\_\_  
 BHP. MAX. DIS. IMP. \_\_\_\_\_  
 COLUM. MAX. DIS. IMP. (PIES) \_\_\_\_\_  
 GPM. MIN. CONTINUOS \_\_\_\_\_  
 ROTACION VISTO DESDE COPLÉ \_\_\_\_\_  
 AGUA DE ENFRIAMIENTO \_\_\_\_\_  
 BALEROS \_\_\_\_\_  
 ESTOPERO \_\_\_\_\_  
 PEDESTAL \_\_\_\_\_  
 PRENSAESTOPAS \_\_\_\_\_  
 AGUA TOTAL REQ. (GPM) \_\_\_\_\_  
 ENFTO DEL EMPAQUE \_\_\_\_\_  
 LUBRICACION \_\_\_\_\_  
 PLANO DE LUBRICACION No. \_\_\_\_\_

### MATERIALES Y CONSTRUCCION

MONTAJE CARCAZA: L. CENTROS \_\_\_\_\_ PIE \_\_\_\_\_ SOPORTE X VERTICAL \_\_\_\_\_  
 DIVISION: AXIAL \_\_\_\_\_ RADIAL X  
 TIPO: VOLUTA SENCILLA X DOBLE VOLUTA \_\_\_\_\_ DIFUSOR \_\_\_\_\_  
 CONEX. VENTEO \_\_\_\_\_ DRENAJE \_\_\_\_\_ MAW \_\_\_\_\_

TUBERIA AUXILIAR POR EL FAB. \_\_\_\_\_  
 AGUA DE ENFTO  TUBING  TUBERIA  
 LAVADO DEL SELLO  TUBING  TUBERIA

BOQUILLAS	DIAMETRO	CLASIF. ASA	CARA	POSICION
SUCCION				
DESCARGA				

DIAM. IMPULSOR: DISEÑO \_\_\_\_\_ MAX. \_\_\_\_\_ TIPO \_\_\_\_\_  
 NUM. DE FAB. DE BALEROS RADIAL \_\_\_\_\_ AXIAL \_\_\_\_\_  
 COPLÉ Y GUARDA FAB. \_\_\_\_\_ MITAD COPLÉ MOTOR MONTADO POR \_\_\_\_\_  
 EMPAQUE: FAB. Y TIPO. \_\_\_\_\_ TAM. \_\_\_\_\_ No. DE ANILLOS \_\_\_\_\_  
 SELLO MECANICO: FAB. Y TIPO \_\_\_\_\_ ESTANDAR \_\_\_\_\_ CODIGO CLASE \_\_\_\_\_ 10K 46 \_\_\_\_\_  
 PARA BOMBAS VERT. EMPUJE FLECHA (HACIA ARRIBA) (HACIA ABAJO) \_\_\_\_\_ LB \_\_\_\_\_  
 BASE \_\_\_\_\_

CLAVE DE MATLS; CARCAZA AISI A.I. 304 PARTES INTERIORES AISI A.I. 304

PRUEBAS DE TALL	REQUERIDA	ATESTIGUADA
COMP. TRAB.	NINGUNA	
NPSH	NINGUNA	
INSPECCION	NINGUNA	
HIDROSTATICA	PSIG	
MAX. PRES. DE TRANS.	PSIG	°F
PESOS: BOMBA	BASE	
MOTOR	TURBINA	

	CLAVE INTERIORES	PARTES INTERIORES			
		I	B	S	C
I FIERRO FUNDIDO	IMPULSOR	I	B	S	C
B BRONCE	PARTES INT. CUERPO	I	B	S	C
S ACERO	CAMISA (EMPAQUE)	CH	CH	A	A
C 11-13% CROM	CAMISA (SELLO)	C	C	C	C
A ALEACION	PART. DE DESGASTE	I	B	CH	CH
H ENDURECIDO	FLECHA	S	S	S	S
F RECUBIERTO					
X DIVERSOS					

MOTOR POR	ELECTRICIDAD	TURBINA POR	DATOS FINALES DEL FABRICANTE
CLAVE <u>48J</u>	MONTADO POR _____	CLAVE _____	MONTADO POR _____
HP _____	RPM _____	HP _____	RPM _____
FAB _____	ARMAZON _____	FAB. Y TIPO _____	MATL _____
TIPO _____	AISL _____	VAP. ENT. (PSIG) _____	TEMP. (°F) _____
ENCAPSULADO _____	ALM. TEMP. _____ °C	ESCAPE (PSIG) _____	AGUA REQ. (GPM) _____
VOLTS/FASES/CICLOS _____		CONS. VAPOR _____	LB/BHP/HR. _____
BALEROS _____	LUB. _____	BALEROS _____	LUB _____
AMPS. A PLENA CARGA _____		BOQUILLA	DIAM. CLASIF. CARA POSICION
		ENTRADA	
		ESCAPE	

DIAMETRO ACTUAL DEL IMP. \_\_\_\_\_  
 CURVA DE PRUEBA No. \_\_\_\_\_  
 DIB. DIMENSIONAL No. \_\_\_\_\_  
 DIB. SECC. BOMBA No. \_\_\_\_\_  
 DIB. DSECC. SELLO No. \_\_\_\_\_  
 No. SERIE BOMBA \_\_\_\_\_  
 TOLERANCIA ENTRE ANILLOS \_\_\_\_\_  
 EMBARCAR (SELLOS MEC.) (EMPAQUE) \_\_\_\_\_  
 INSTALADOS  SEPARADOS

### OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_