



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Diseño de una planta embotelladora
de agua mediante un sistema de
purificación por osmosis inversa**

T E S I S

**Que para obtener el título de:
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**P R E S E N T A:
JESÚS ENRÍQUEZ VÁZQUEZ**

**A S E S O R:
Q.F.B. CLAUDIA PEREZ GARRIDO**

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2020



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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES
U.N.A.M. SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis**

Diseño de una planta embotelladora de agua mediante un sistema de purificación por osmosis inversa.

Que presenta el pasante: **Jesús Enriquez Vázquez**
 Con número de cuenta: **408053772** para obtener el Título de: **Ingeniero en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
 Cuautitlán Izcalli, Méx. a 26 de Febrero de 2020.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	I.Q.I. José Oscar Germán Ibarra	
VOCAL	I.Q. María Elena Quiroz Macías	
SECRETARIO	Q.F.B. Claudia Pérez Garrido	
1er. SUPLENTE	Dra. Carolina Moreno Ramos	
2do. SUPLENTE	Dr. Julio César Morales Mejía	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/javg/cga*

Agradecimientos

A mis padres Jesús Enríquez Torres y Patricia Vázquez Padilla, por apoyarme para conseguir este logro que académico. El esfuerzo que ellos también pusieron día a día mi papa pues trabajando para que no faltara nada en casa y mi mama como ama de casa estando 24/7 y siendo todologa para poder ayudarme e ir formando a un profesionista inculcándome ambos valores, su apoyo y comprensión a lo largo de mi vida con sus pros y contras. Espero haberles correspondido como un buen hijo y estudiante. Y saben que soy una persona muy duro y seco en demostrar mi sentimiento hacia todos, pero los amo con todo mi ser.

A mi hermana Lisette Enriquez Vazquez pues que puedo decir como toda relación tenemos días buenos, días malos, pero al final somos hermanos que nos queremos mucho, nos respetamos y que podemos charlar como profesionistas ambos dándonos nuestros puntos de vista. También este logro académico es compartido con ella, había veces que quería colgar la toalla y ella me decía TU PUEDES y demuestra que SI puedes. Por todo es muchas GRACIAS por todo lo que hiciste por mí.

A mis amigos son pocos en realidad y como se dice “se cuentan con los dedos de una mano” con ellos he compartido de todo risas, alegrías, tristezas, puntos de vista en todos los sentidos. No menciono nombres para que al final no me digan oye no me incluiste en tus agradecimientos, pero hay uno en especial que es como mi hermano del alma que desde que nos conocimos como unos adolescentes fuimos creciendo en todos los aspectos y que yo confié el con los ojos cerrados y viceversa. Y gracias a él, por confiar en mi llegue a estudiar en la mejor universidad de Iberoamérica GRACIAS AMIGO I.Q Claudio Cruz Rodriguez por todo.

A mis profesores que puedo decir de ellos todos en general han dejado una huella en mi buena, porque su esfuerzo y dedicación por brindarme ese conocimiento es algo que no se puede pagar, bien lo dicen que el conocimiento es el mayor tesoro de la humanidad, algunos de ellos llegan a ser profesores del aula y de la vida, por la cercanía que uno llega a tener con ellos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE TABLAS	vii
ÍNDICE FIGURAS	viii
GLOSARIO DE ABREVIATURAS	x
INTRODUCCIÓN	11
JUSTIFICACIÓN	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
CAPÍTULO 1. PLAN DE NEGOCIO	14
1.1 PLAN DE NEGOCIOS.....	14
1.2 ELEMENTOS DE UN PLAN DE NEGOCIO	14
CAPÍTULO 2. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.....	16
2.1 FUENTES DE ABASTECIMIENTO	16
2.1.1 FUENTE SUBTERRÁNEA (POZO).....	18
2.1.2 FUENTE SUPERFICIAL.....	21
2.2 PROCESO DE PURIFICACIÓN DEL AGUA	22
2.3 COMPONENTES DEL SISTEMA	23
2.3.1 TUBERÍA	24
2.3.2 BOMBAS	27
2.3.3 CONTENEDORES O CISTERNAS	29
2.3.4 VÁLVULAS	34
2.3.5 SENSORES O INSTRUMENTACIÓN	36
2.3.6 PUNTOS DE MUESTREO	38
2.3.7 AUTOMATIZACION.....	39
CAPÍTULO 3. DISEÑO DE PLANTA (PROCESO).....	41
3.1 REQUERIMIENTOS DE LA PLANTA.....	41
3.1.1 CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA.....	41
3.2 PROCESO DE REMOCIÓN CONTAMINANTES EN EL AGUA.....	44

3.2.1	FILTRO DE ARENA.....	46
3.2.1.1	LIMPIEZA (RETROLAVADO).....	48
3.2.2	FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO	48
3.2.3	SUAVIZADORES.....	51
3.2.3.1	LIMPIEZA (REGENARACIÓN)	52
3.2.4	OSMOSIS INVERSA	53
3.2.4.1	FILTROS CARTUCHO O FILTROS PULIDOR	57
3.2.4.2	ANTI-INCRUSTANTE	58
3.2.4.3	CONTENEDOR Y/O PORTAMEMBRANAS	58
3.2.4.4	MEMBRANAS	59
3.2.4.5	LIMPIEZA (CIP Y/O COP).....	60
3.2.5	GENERADORES DE OZONO	61
3.2.6	LÁMPARA ULTRAVIOLETA.....	62
3.2.7	LAVADORA DE GARRAFÓN	63
3.2.8	LLENADORA DE GARRAFÓN.....	64
3.3	PLANO ARQUITECTÓNICO.....	66
3.3.1	CRITERIOS DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS.....	67
3.4	DIAGRAMA DE EQUIPOS, TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN	68
CAPÍTULO 4. ETAPAS DEL PROCESO		69
4.1	DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN	69
4.2	ANTECEDENTES DEL AGUA EMBOTELLADA	70
4.3	CONTROL DE CALIDAD.....	71
4.3.1	LEGISLACIÓN Y NORMATIVIDAD PARA AGUA EMBOTELLADA..	72
4.4	ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES DE EMPAQUE	76
4.5	DIAGRAMA DE BLOQUES	77
4.5.1	ETAPAS DEL PROCESO.....	78
4.6	AGENTES CONTAMINANTES EN EL PROCESO	80
CONCLUSIONES.....		82
GLOSARIO.....		83
BIBLIOGRAFÍA		85

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Plan de negocios de una empresa.....	15
Tabla 2. Clasificación general de las aguas superficiales Valle de México.....	22
Tabla 3. Ventajas y desventajas del uso de tubería de plástico.....	26
Tabla 4. Reporte anual 2017 del SACMEX con sus parámetros en sus diferentes pozos.....	43
Tabla 5. Remoción de contaminantes en el agua.....	44
Tabla 6. Equipos de purificación y sus limitantes.....	45
Tabla 7. Aplicación del carbón activado en el tratamiento de aguas.....	49
Tabla 8. Selectividad de las resinas para hacer el intercambio.....	41
Tabla 9. Eliminación de contaminantes del agua mediante OI y los riesgos a la salud del consumidor.....	54
Tabla 10. Clasificación de las membranas para OI.....	60
Tabla 11. [1] Unidades de color verdadero en escala de platino-cobalto; [2] Medida en umbral de Olor; [3] Unidades de turbidez nefelométrica.....	74
Tabla 12. Parámetros físicos de las diferentes legislaturas vigentes.....	75
Tabla 13. [1] Muestreo de > 10 muestras en las cuales deberá existir un dato < al 3% de la cantidad total analizada.....	75
Tabla 14. Parámetros de calidad en el post-tratamiento.....	78
Tabla 15. Parámetros de calidad en la filtración purificación.....	79
Tabla 16. Parámetros de calidad en el post-tratamiento.....	79
Tabla 17. Contaminantes físicos presentes en el proceso.....	80
Tabla 18. Contaminantes químicos presentes en el proceso.....	81

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Fuentes de captación del agua	17
Figura 2. Distribución del agua encontrada en el medio ambiente.....	18
Figura 3. Extracción de agua mediante un pozo profundo	21
Figura 4. Cedula o serie 40, 80 y 160	25
Figura 5. A) Bomba sumergible, B) Cabezal de succión	28
Figura 6. Parte de la bomba centrifuga	29
Figura 7. Partes de la bomba de alta presión.....	29
Figura 8. Cisterna.....	31
Figura 9. Tanque superficial	32
Figura 10. Tanque elevado.....	33
Figura 11. Partes de una válvula eliminadora de aire	34
Figura 12. Partes de una válvula check	35
Figura 13. Válvula de compuerta.....	36
Figura 14. A) Medidor de Flujo; B) Sensor de temperatura en línea	37
Figura 15. Válvulas de muestreo.....	38
Figura 16: Funcionamiento de un PLC en diferentes equipos.....	40
Figura 17. Ubicación de los pozos principales en la ciudad de México.....	42
Figura 18. Acomodo de la arena dentro del filtro.....	47
Figura 19. Materiales de construcción, 1) acero al carbón, 2) fibra de vidrio	48
Figura 20. Carbón activado	49
Figura 21. Vista desde un microscopio del antes y después de un retrolavado	50
Figura 22. Funcionamiento de un suavizador.....	52
Figura 23. Función de regeneración en suavizador	53

Figura 24. Flujo del agua dentro de las membranas	55
Figura 25. Etapas dentro de la membrana de OI	56
Figura 26. Equipo convencional de osmosis inversa.....	57
Figura 27. Diferentes materiales de filtros cartuchos	58
Figura 28. Portamembranas acero inoxidable (izquierda) y portamembranas fibra de vidrio (derecha).....	59
Figura 29. Equipo generador de ozono por medio de transformador	62
Figura 30. Tratamiento ultravioleta.....	62
Figura 31. Lavadora para garrafones	64
Figura 32. Partes de una llenadora	65

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

Alc	Alcalinidad
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua.
GMD	Gasto Máximo Diario.
GPM	Galones por minuto.
LPM	Litros por minuto.
NMX	Norma Mexicana.
NOM	Norma Oficial Mexicana.
OI	Osmosis Inversa.
PEAD	Polietileno de alta densidad.
pH	Potencial de Hidrogeno.
PTAP	Planta Tratadora de Aguas Potables.
PVC	Polivinilo de cloruro.
UV	Ultravioleta
PROFECO	Procuraduría Federal del Consumidor
Ppm	Partes por millón
Tq	Tanque

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural abundante e indispensable para la existencia del ser humano, es un elemento que puede encontrarse en la naturaleza en tres estados físicos. En el documento *Water Development Report (Informe del desarrollo de agua)* es un informe realizado por la United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization por sus siglas en inglés UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), donde se menciona como se encuentra la distribución del agua en nuestro planeta, aproximadamente el 70% de la superficie de la tierra está cubierta por agua, pero no toda esta disponible para su uso. La distribución del agua es la siguiente: 97.5% es agua salada y el 2.5% es agua dulce y de este último menos del 1% es aprovechado por el ser humano para su consumo [UNESCO, 2015].

Los usos del agua en México los podemos clasificar principalmente en tres rubros: para agricultura e industrial, abastecimiento público y consumo. El consumo de agua embotellada está creciendo aceleradamente en el mundo en los últimos 30 años. Actualmente México es el segundo consumidor de agua embotellada en el mundo, superando a países como Estados Unidos y China según cifras de la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF) con un consumo superior a los 174 litros por persona al año. Es el sector más dinámico de toda la industria de alimentos y bebidas: el consumo, en el mundo, crece en un promedio del 12% cada año, a pesar del elevado precio comparado con el agua de grifo. El suministro de agua potable a lo largo de la república mexicana es un servicio cuya responsabilidad está a cargo de los municipios, conforme a lo dispuesto en el artículo 115 Constitucional, dentro de los ayuntamientos se constituye organismos operadores de agua potable [Jiménez, 2001; UNESCO, 2015]. El ser humano necesita, en condiciones ideales, para beber dos litros de agua al día y las personas consumen cada vez más al agua embotellada como un medio de satisfacer, parcial o totalmente, esas necesidades cotidianas.

Además de limpiar el organismo y eliminar las toxinas, es un eficaz vehículo para transportar vitaminas y sales minerales indispensables para nutrir las células. Entre los años de 1940 a 1980 se tenía la costumbre entre las familias mexicanas de beber agua proveniente del sistema de agua público enviada mediante un sistema de bombeo a todos los hogares, la información con respecto al agua suministrada y consumida era escasa o nula. En 1990 surgen los primeros brotes documentados de enfermedades como cólera y fiebre tifoidea causadas por agua contaminada por materia fecal de origen humano y/o animal, en muchos casos estas enfermedades entraron a las casas por el sistema de agua municipal y la falta de desinfección [Jiménez, 2001]. A partir de ese momento la gente empieza a poner en duda la calidad del agua suministrada y su higiene.

Es ahí cuando se empiezan a implementar tratamientos avanzados para la purificación, actualmente un gran número de plantas destinadas a este propósito trabajan mediante osmosis inversa como la operación principal y operaciones secundarias como pre tratamiento (filtros de arena, carbón y suavizadores), filtración por membranas y tratamiento final para el consumo lo que implica una inversión considerable y se establecieron los parámetros de calidad basándose en los estándares de mediante la normatividad oficial mexicana.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad en México existen una gran cantidad de empresas que tienen diferentes marcas transnacionales que se dedican al envasado de agua purificada. Este proyecto tiene por objetivo dar a conocer mediante una recopilación bibliográfica las diferentes fuentes de abastecimiento, los requerimientos mínimos de una planta y la función de los equipos para purificar. La calidad de agua existente en zonas ubicadas a lo largo de la ciudad de México tiene diferentes propiedades fisicoquímicas y partiendo de ahí se propone una selección de equipos teniendo como operación principal la osmosis inversa, esta operación es de suma importancia porque ayudará a eliminar la mayoría de contaminantes presentes en el agua desde contaminantes fisicoquímicos hasta microbiológicos.

OBJETIVO GENERAL

Proponer el diseño de un sistema de tratamiento por osmosis inversa para una planta embotelladora de agua, mediante la consulta bibliográfica, normatividad mexicana e internacional vigentes para producir agua embotellada de consumo humano en la ciudad de México.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Establecer todos aquellos componentes y equipos utilizados para el diseño de una planta, describiendo cada etapa del proceso mediante un diagrama de bloques y teniendo como base la caracterización inicial mediante un control fisicoquímico y biológico de agua de pozo de la ciudad de México.

Establecer los controles y registros durante cada etapa del proceso para asegurar la inocuidad del producto final, basándonos en manuales de buenas prácticas de manufactura para evitar posibles enfermedades que afecten al consumidor.

CAPÍTULO 1. PLAN DE NEGOCIO

1.1 PLAN DE NEGOCIOS

Un plan de negocios debe ser conceptualizado en una actividad obtener un ingreso mediante comercializar y vender bienes o servicios, donde existe un intercambio con el objetivo de satisfacer una necesidad (consumidor) y obtener una ganancia (negocio y/o empresa).

Definiremos que es un proyecto o guía, donde se deben seguir una serie de pasos sistemáticos antes de ejecutar una acción hasta las actividades cotidianas para llegar a una meta o un resultado que se ha planteado. En otras palabras, podemos definir que es una guía donde vamos a detallar cada paso para alcanzar un objetivo [Komiya, 2011].

El plan nos ayuda a visualizar como deberán estar operando las diferentes áreas de la empresa que, de manera conjunta sinérgica, se logren alcanzar los objetivos planteados; en palabras sencillas es una guía detallada del proceso estructurado y organizado que debe de aplicar una empresa para establecerse y posteriormente generar crecimiento y desarrollo [Viniestra,2007].

1.2 ELEMENTOS DE UN PLAN DE NEGOCIO

Ahora se detalla las partes que lo conforman, con la finalidad de esquematizar las áreas que estarán siendo cubiertas [Komiya, 2011; Viniestra, 2007]. Existen diferentes metodologías que determinan los elementos esenciales cada uno de los apartados descritos forman parte esencial de la estructura básica que debe de contener un plan de negocio. La tabla 1 puede adaptarse a las necesidades, yendo de lo concreto a lo detallado y viceversa.

Tabla 1. Plan de negocios de una empresa.

Área	Descripción
Descripción general de la empresa	Tiene como objetivo mostrar una semblanza de accionistas, historia, objetivos, distintivos y giro de la empresa.
Plan de producto y/o servicio	El servicio que pretende ofrecer en el mercado.
Plan de ventas o mercadotecnia	Análisis al consumidor y ayuda a entender las necesidades del cliente.
Plan administrativo	La gestión correcta de los recursos humanos, materiales y operativa.
Plan operativo	Se especifica la forma de operar de la empresa desde los procesos de producción hasta la entrega al consumidor final. Mediante estrategias para alcanzar la mayor eficiencia operativa.
Plan Financiero	Tiene por objetivo las proyecciones financieras y estados contables que permiten conocer la salud financiera de la empresa.
Plan legal	Aquí se considera el régimen fiscal como sus obligaciones, además de licencias y permisos.

La idea de establecer una planta embotelladora en la Ciudad de México, surge de la necesidad de mejorar la calidad de agua para el consumo humano; misma que a lo largo de los años ha venido siendo deficiente, lo que ha resultado que la mala calidad en el agua para beber proveniente tanto de la red municipal como de los pozos y manantiales, actualmente contaminados [Komiya, 2011]. Además, el excesivo costo del agua embotellada de marcas transnacionales donde no se asegura la calidad de la misma. En el último estudio realizado por la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) el estudio a diferentes marcas de aguas embotelladas la mayoría información proporcionada por las marcas presentan datos engañosos como son el contenido neto y el pH [PROFECO, 2018].

CAPÍTULO 2. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

2.1 FUENTES DE ABASTECIMIENTO

El agua, al igual que la materia no se crea ni se destruye solamente se transforma, por lo que la cantidad de agua total en el planeta es constante. El agua es el componente principal de la materia viva y un elemento indispensable para el bienestar social y el desarrollo social económico de un país [Legarreta, 1991]. El abastecimiento del agua en México debe atender la demanda de cada uno de los habitantes, además el desarrollo socioeconómico, los recursos hídricos juegan un papel primordial [Schulz, Okun, 1990]. El acceso al agua de buena calidad debe ser un derecho básico lo dice la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos que los ciudadanos a través del artículo cuarto, párrafo sexto, dice: *“Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible...”*. Por esta razón el agua del sistema público actualmente pone en riesgo la salud humana. [Miller, 2006].

La fuente de abastecimiento es el elemento principal para el diseño de un sistema de tratamiento tiene que ver con: la ubicación, naturaleza y contaminantes de la fuente [González, 2013]. En la actualidad y como lo menciona la Comisión nacional del agua por sus siglas CONAGUA existen 2 métodos para la extracción del agua, se denominan como obras de *“Captación de agua”* depende, de la fuente de abastecimiento, si es para fines industriales o comerciales para disponer del agua superficial o subterránea [Miller, 2006]. La figura 1 presenta la clasificación principal para las obras de captación que existen en México y su aplicación para los proyectos de abastecimiento.



Figura 1. Fuentes de captación del agua.

Cada tipo de fuente y/o captación tiene sus características propias y por ende su aplicación específica y están ampliamente descritas en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento por sus siglas MAPAS. Según Las estadísticas de CONAGUA se presenta un gráfico comparativo de la captación de agua superficial contra la subterránea en México.

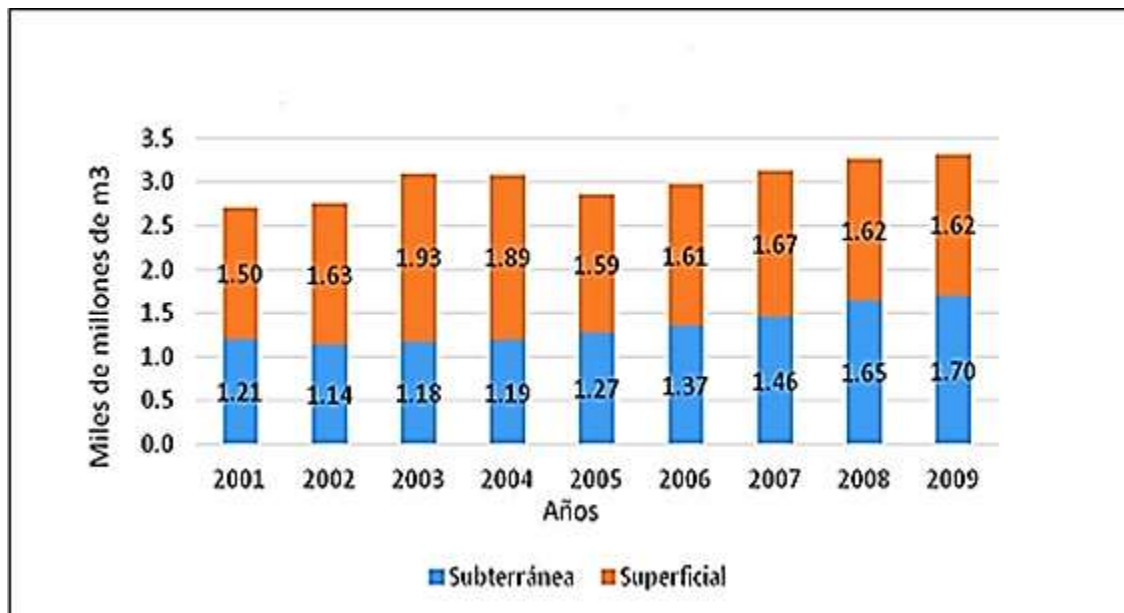


Figura 2.- Gráfico comparativo de la captación de agua superficial contra la subterránea en México.

La figura 2 hace mención que conforme han pasado los años del 2001 al 2009 el método de captación subterráneo se ha incrementado para los diferentes

sectores industriales ya sea alimenticio, farmacéutico, automotriz. Las proyecciones desde esos años era el seguir creciendo siendo la opción número 1 en vez del agua superficial para someterla a un proceso de potabilización [CONAGUA, 2010].

A continuación, se muestra la figura 3 donde se puede observar la diferencia entre el agua superficial y subterránea.

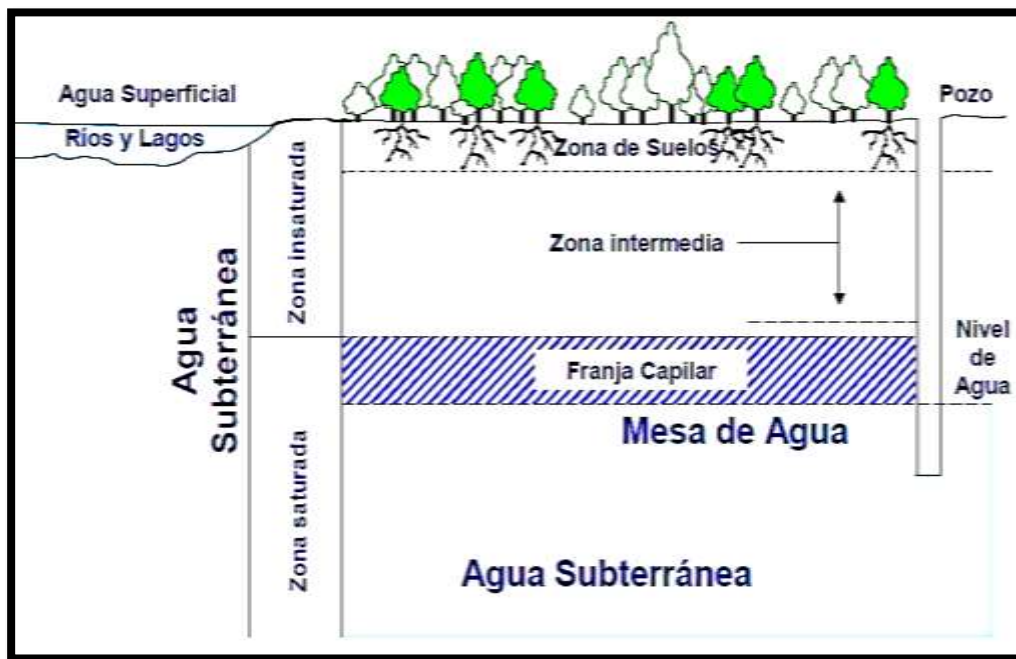


Figura 3. Distribución del agua encontrada en el medio ambiente [SACMEX, 2015].

2.1.1 FUENTE SUBTERRÁNEA (POZO)

En la actualidad, cuando se menciona fuente subterránea como abastecimiento de agua es hablar de los diferentes tipos de pozos y su clasificación [Keith; Mays, 2005]. En México tenemos la regulación de la NOM-003-CNA-1996 donde se hace referencia los lineamientos generales para la instalación del pozo y extracción del agua, así como los tipos de pozo: somero o artesanal, profundo y del tipo de uso. A continuación, se describe cada uno de ellos.

A) POZO SOMERO O ARTESANAL

Los pozos artesanales se construyen cuando es conveniente explotar el agua que encuentra en el sub-suelo. La forma de extracción es forma circular donde su diámetro mínimo es de 1.5 m, debe permitir que su construcción sea fácil. Cuando la sección sea rectangular, la dimensión mínima debe ser 2.5 m. Para pozos con acabado de concreto se utiliza un procedimiento de construcción llamado “indio”, las paredes que queden dentro, deben llevar perforaciones dimensionadas de acuerdo con un estudio granulométrico previo en el caso de carecer de estos datos, se recomienda que el diámetro de las perforaciones esté comprendido entre 25 y 250 mm, a una distancia de 15 a 25 cm, centro a centro [CONAGUA, 2002]. Para pozos con acabas de piedra o tabique, se dejan espacios sin juntar en el estrato impermeable, procurando apegarse a las consideraciones anteriores [SIAPA, 2014; Mazor, 2004].

B) POZO PROFUNDO

El pozo profundo es aquel, dentro del estudio de la hidrología subterránea de una región y la hidráulica proporciona las bases teóricas para lograr interpretar e identificar los niveles freáticos provocados por la filtración para convertirlos en una fuente de agua subterránea [Mazor, 2004]. Para fines de abastecimiento de agua potable los problemas que generalmente estudia la hidráulica de pozos, son los siguientes:

1. Identificación de sistemas de flujo (confinado y semiconfinado) y la determinación de sus características hidráulicas (permeabilidad, transmisibilidad y almacenamiento) [Price, 2011].
2. Las características hidráulicas son esenciales para proveer las variaciones de los niveles de agua bajo diferentes condiciones de bombeo de uno o varios pozos, y la cuantificación del volumen aprovechable del acuífero [Keith; Mays, 2005].
3. Los niveles de agua, utilizando las fórmulas de la hidráulica de pozos y conociendo las características hidráulicas del acuífero. En cuanto al gasto

requerido, es posible conocer con anticipación los abatimientos producidos en captaciones próximas al pozo, o bien, en qué medida se pueden interferir varios pozos entre sí [Mazor, 2004; Price, 2011].

4. La utilización de varios pozos cercanos es un problema consiste en definir el número, su localización y el gasto de explotación conveniente, para no originar interferencias entre ellos.

C) TIPO DE USO

En la actualidad existen muchas clasificaciones para el tipo de usos de los pozos se mencionará una clasificación general.

- Uso acuacultural: La utilización de agua, destinada al cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas [Price, 2011].
- Uso industrial: La utilización de agua nacional en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como la que se utiliza en parques industriales, en calderas, en dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aun en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación [CONAGUA, 2009].
- Uso público: La utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, a través de la red municipal [Tarbuck & Lutgens, 1990; CONAGUA, 2009; Jiménez, 2001].

La figura 4 nos brinda un ejemplo de la extracción de agua directamente de un pozo.



Figura 4. Extracción de agua mediante un pozo profundo.

2.1.2 FUENTE SUPERFICIAL

Las fuentes superficiales son aquellas que se encuentran ya sea en reposo o circulando sobre la superficie de la tierra, están constituidas por ríos, lagos naturales, embalses, lluvia y escurrimientos. En general, las aguas superficiales están sometidas a contaminación natural (residuos vegetales, hojas y pasto) y el origen antrópico (descargas de aguas residuales, domésticas, agrícolas y efluentes de procesos industriales) [Jiménez, 2001]. Algunas de estas aguas se llegan a filtrar por medio de la tierra mediante un proceso natural y pasan ser una fuente subterránea pero también las contaminan. Cuando se llega a presentar una contaminación de esta fuente se cataloga como un agua residual y su proceso de tratamiento debe de tratarse en una planta de aguas residuales [Wegelin et al;1997; CONAGUA, 2002].

Tabla 2. Clasificación general de las aguas superficiales Valle de México [fuente].

Calidad del agua proveniente de fuentes superficiales en el valle de México (periodo 2010-2015)	Porcentaje (%)
<i>Excelente</i>	3
<i>Aceptable</i>	15
<i>Poco Contaminada</i>	21
<i>Contaminada</i>	37
<i>Contaminada por tóxicos</i>	4
<i>Altamente contaminada</i>	20

2.2 PROCESO DE PURIFICACIÓN DEL AGUA

La fuente del agua, no importando si es superficial o subterránea, se le llama agua cruda, el tratamiento depende del uso que se le vaya a dar. Es necesario disponer de agua que sea segura desde el punto de vista fisicoquímico y biológico, el tratamiento que se le da es para eliminar algún agente toxico y/o biológicos [Cabo de la puente, 1972; Jiménez, 2001]. El agua tiene diferentes usos, lo que hace que se someta a diferentes tratamientos para disminuir la turbidez, eliminar sabor y olor, reducir algunos químicos dañinos a la salud del ser humano como: hierro, manganeso, sulfatos, etc [Snoeyink & Jenkis, 1990].

El proceso de purificación del agua, es único no existen 2 iguales y depende mucho de su forma de extracción, ubicación y los contaminantes presentes en el agua. Teniendo en cuenta estos factores antes mencionados ahí se inicia el diseño de planta, la selección de equipos y componentes. Este proceso de purificación debe de cumplir con la normatividad vigente en la república mexicana como lo es la NOM-127-SSA1-199 informa los límites permisibles de calidad e informar los diferentes tratamientos de potabilizar el agua cumpliendo con la NOM-201-SSA1-2002, para envasar de forma confiable para cumplir con los parámetros mínimos que pide la norma. El diseño de un sistema debe realizarse mediante las condiciones de uso y suministro antes mencionado, este sistema se encarga de bombear el agua del pozo para almacenarse en diferentes tanques y/o cisternas y utilizarse en los diferentes equipos, limpiezas o purificarla [CONAGUA, 2019; SIAPA 2014].

2.3 COMPONENTES DEL SISTEMA

La movilidad del agua se lleva a cabo mediante un sistema de bombeo se hace generalmente de una fuente de abastecimiento para su extracción, pasa por un proceso de remoción hasta llegar a ser un producto. Es importante diferencia de los equipos y de los componentes. Los componentes como: bombas, tuberías (pueden llegar a ser de diferentes materiales), conexiones, válvulas, sensores y sistemas de recuperación para protegerlos de alguna descarga eléctrica que llegasen a afectarlos [CONAGUA, 2007].

En el sistema de bombeo debe de tenerse en cuenta los materiales a utilizar y el gasto económico en cada uno de los tramos y/o componentes, deberá de tomarse en cuenta la suma de costos de la instalación, mantenimiento y servicios extras que se puedan ocupar [*Cabo de la puente, 1972; Jiménez, 2001*].

Los accesorios que se tienen que instalar en conjunto al sistema de bombeo, deberán tomarse en cuenta las siguientes piezas cuya ubicación y cantidad variaran dependiendo de las dimensiones de la planta embotelladora:

1. Tipos de tubería.
2. Tipos de bombas.
3. Contenedores.
4. Válvulas.
5. Sensores o instrumentación.
6. Tomas de paso o puntos de muestreo.

Existen normas vigilando que las características de la construcción, instalaciones y equipos de las obras de captación, conducción, plantas potabilizadoras, redes de distribución, tanques de almacenamiento o regulación y tomas de agua [*Metcalf and Eddy, 2003*].

2.3.1 TUBERÍA

Es un elemento básico para la conducción de los fluidos, el diseño de tuberías requiere un análisis para cada caso particular, en el que se evalúen las cargas externas, la presión interna y se verifica que cumplan las especificaciones mínimas correspondientes [Metcalf and Eddy, 2003]. Entre los diversos materiales se debe elegir el que más se adapte a las especificaciones del proyecto y cuidando el aspecto económico. Los materiales se deberán seleccionar para ser compatibles con las medidas de control como son: la sanitización, limpieza y pasivación en los equipos de acero inoxidable [CONAGUA, 2009; Metcalf and Eddy, 2003]. Los factores principales que se deben tener en cuenta para la selección de tuberías son:

- ✓ Calidad y cantidad de agua.
- ✓ Tipos de materiales disponibles en el mercado nacional.
- ✓ Las temperaturas de operación.
- ✓ Superficies internas lisas y uniformes.
- ✓ Costos de instalación y suministros.
- ✓ Materiales capaces de manejar flujos turbulentos y velocidades altas.
- ✓ Materiales de aislamiento externo para evitar corrosión.
- ✓ Aspectos operativos y de mantenimiento.

Se fabrican de una gran variedad de materiales hay diferentes especificaciones para la selección depende, la naturaleza del fluido que se va a conducir y las condiciones como caudal, presión y temperatura. Existen 3 tipos de espesores que se conocen comercialmente como: cedula o serie. La cedula 40 tiene pared muy delgada es la más comercial para aplicaciones en el hogar, cedula 80 tiene la pared gruesa y es fuerte, utilizada en la industria para transportar cualquier líquido y cedula 160 con espesor de pared muy grueso [Metcalf and Eddy, 2003]; Utilizado para transportar químicos extremadamente corrosivos o peligrosos. La figura 5 se puede observar la diferencia entre cada cedula.



Figura 5. Cedula o serie de tubería 40, 80 y 160 [Evans, 2017].

A. TUBERÍA DE PLÁSTICO

Los materiales plásticos disponibles actualmente son los termoplásticos que presentan interés para su uso en sistemas de abastecimiento de agua potable. Entre estos los de mayor aplicación son:

- Polietileno de alta densidad (PEAD)
- Polivinilo de cloruro (PVC).

Las ventajas de las tuberías de plástico son: gran flexibilidad, que permite su presentación en rollos, ligereza, ya que pesa ocho veces menos que el acero y no presentan corrosión [Metcalf and Eddy, 2003]. El PVC es un material termoplástico compuesto de polímeros de cloruro de vinilo. La industria de tuberías plásticas fabrica dos líneas de tubos hidráulicos de PVC para el abastecimiento de agua potable. A continuación, se presenta la siguiente tabla la cual nos muestra las ventajas y desventajas de los materiales de plástico para tubería.

Tabla 3. Ventajas y desventajas del uso de tubería de plástico .

Ventajas	Desventajas
Resistencia a la corrosión y al ataque de ácidos, álcalis y soluciones salinas mayores.	Alto costo de diámetros de 200 mm y mayores.
Instalación, rápida, fácil y económica.	Las propiedades mecánicas de las tuberías de PVC se afectan si quedan expuestas a los rayos solares por un periodo prolongado.
Resistencia mecánica alta.	Los tubos de extremos lisos requieren mano de obra altamente especializada para su unión
Por su ligereza, el almacenamiento y transporte de la tubería se facilita notablemente y bajos costos	Uso de tuberías con campanas y anillo de hule.

B. TUBERÍAS DE ACERO

Se fabrican comercialmente cedula o serie comerciales y son recomendables para líneas de conducción con altas presiones de trabajo. Su utilización obliga a revestirlos contra la corrosión interior y exterior de acuerdo a las normas. Son muy durables, resistentes y adaptables a las distintas condiciones de instalación, los materiales más utilizados son: Hierro fundido, galvanizado, acero al carbón y acero inoxidable.

- ✓ Las líneas de conducción deben ser de fácil inspección, preferentemente paralelas a algún camino, para poder detectar y corregir de inmediato las fugas o desperfectos que sufran las tuberías.
- ✓ Las mismas condiciones deben tener la facilidad de inspección y mantenimiento.
- ✓ Cualquier tipo y clase de tubería a utilizar, debe de cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas vigentes.
- ✓ La velocidad del fluido dentro de la tubería debe ser lo suficientemente grande para prevenir que se depositen sedimentos en ella, considerando la mínima de 0.60 m/s.
- ✓ En tramos con pendiente fuerte, ascendente o descendente, se debe analizar la conveniencia de instalar válvulas de admisión, expulsión y eliminación de aire según se requiera en puntos intermedios.

Las tuberías de acero inoxidable son comúnmente utilizadas en la industria de alimentos por fácil limpieza y los años de vida extensos que pueden llegar a

tener, pero en gasto económico representa una fuerte inversión además las soldaduras deben de proporcionar uniones confiables tanto en el interior y exterior para su mantenimiento el uso bisulfito de sodio, se utiliza para eliminar oxígeno disuelto en grandes sistemas de transporte hidráulico de aguas, como tecnología de prevención de la corrosión [Metcalf and Eddy, 2003; Norris, 2001].

2.3.2 BOMBAS

Son dispositivo electromecánico interconectado, cuya función es suministrar o empujar con gran fuerza algún líquido. Las bombas deben de seleccionarse para proporcionar condiciones de flujo turbulento para evitar el desarrollo de biocapas en las tuberías [Hicks, 2000]. Existen diferentes tipos de bombas que se utilizan en sistemas relacionados con el tratamiento de agua y están fabricados para ser instalados a grandes profundidades, a nivel de piso y además existen con materiales que soportan químicos corrosivos que dañan el funcionamiento de la misma. A continuación, se mencionan de los diferentes tipos de bombas que se utilizan más en la industria [CONAGUA, 2015; Evans, 2017].

BOMBA SUMERGIBLE

Las bombas sumergibles son utilizadas para extraer agua de pozos están diseñadas especialmente para que puedan sumergirse en presencia de algún líquido o químico y por lo tanto disponen de un motor con protección para no afectar su funcionamiento normal, las bombas sumergibles se instalan en la parte superior de algún depósito o contenedor. Este tipo de bomba se utilizan, en una gran variedad de industrias como son: la industria de alimenticia, cosmética, automotriz, petrolera, farmacéutica, entre otros. La figura 6 se muestra un ejemplo de bomba sumergible, así como una parte principal de la misma que es su cabezal de succión, esta parte es la que se mantiene constantemente debajo del líquido a succionar [Hicks, 2000].

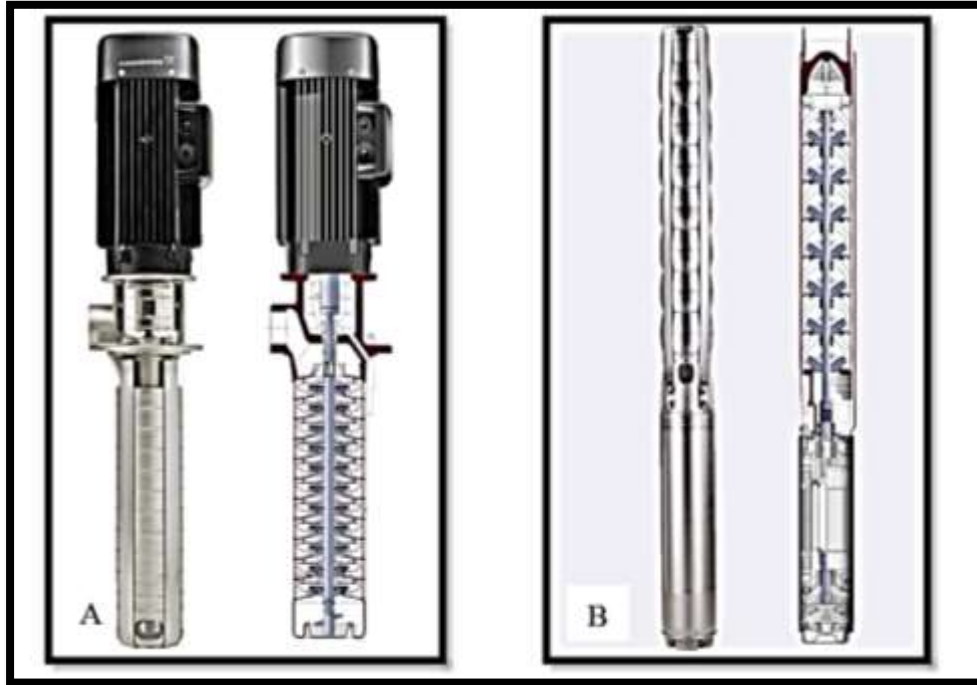


Figura 6. A) Bomba sumergible, B) Cabezal de succión [GRUNDFOS, 2016].

BOMBA CENTRIFUGA Y DE ALTA PRESION

Son también conocidas como rotodinámicas, este tipo de bomba transforma la energía mecánica partiendo de inicio desde su impulsor de ahí en velocidad y después a energía de presión [CONAGUA, 2015]. El funcionamiento de la bomba centrífuga es el siguiente el flujo entra a la bomba a través del centro del rodete y el fluido gana impulso a medida que las paletas del rodete lo transportan hacia fuera en dirección radial. Esta aceleración produce un aumento de energía cinética y de presión, lo cual es debido a la forma de caracol de su impulsor para generar un incremento gradual en el área de flujo [Hicks, 2000; CONAGUA, 2007]. La bomba de alta presión se diferencia por su fuerza impulsora es de manera diferente de tal manera que la energía cinética a la salida del rodete se convierte en cabeza de presión a la salida. La figura 7 y 8 muestran las partes de importantes de cada bomba [Hicks, 2000].

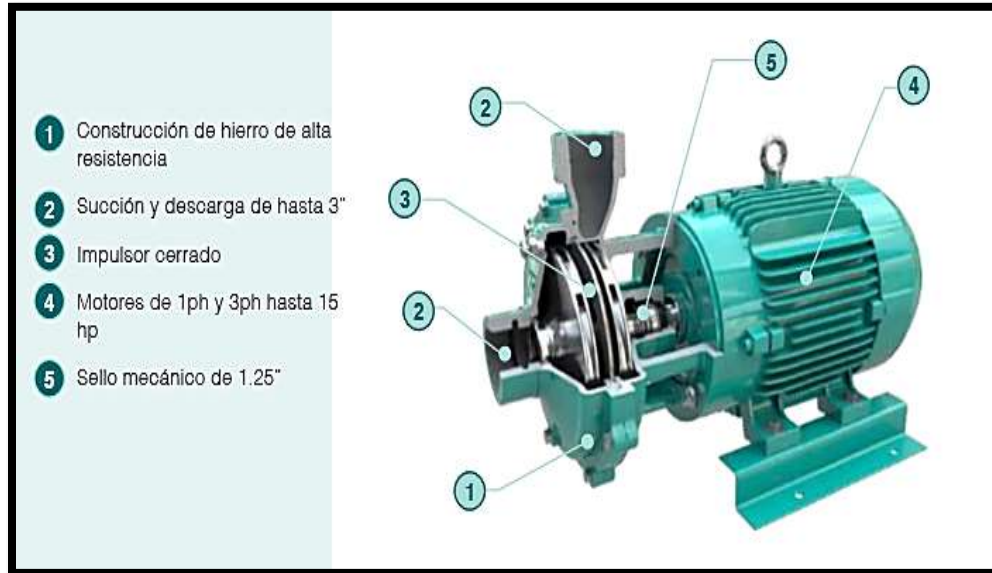


Figura 7. Parte de la bomba centrífuga [Evans, 2017].

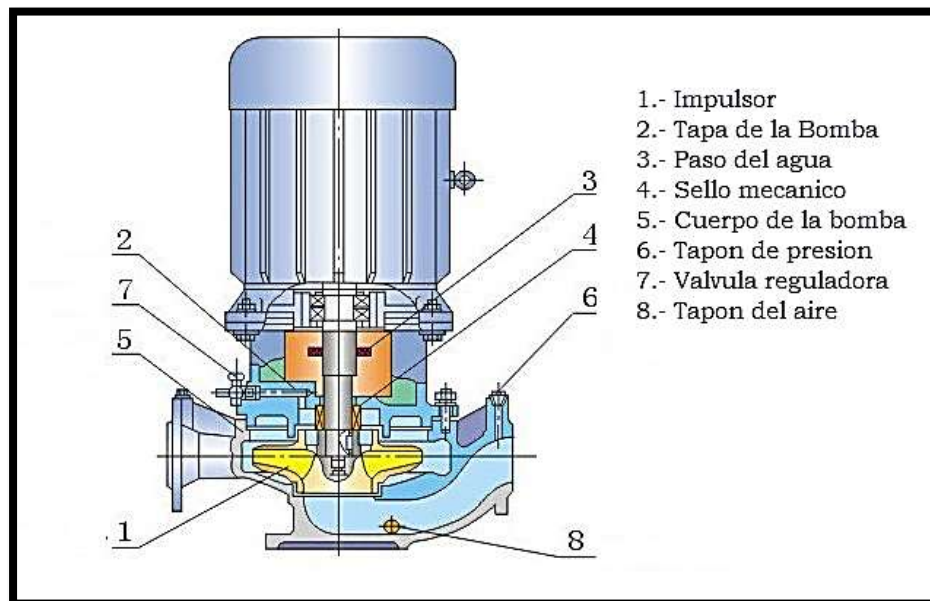


Figura 8. Partes de la bomba de alta presión [GRUNDFOS, 2016; Evans, 2017].

2.3.3 CONTENEDORES O CISTERNAS

Los tanques pueden ser superficiales o elevados y las cisternas solamente enterrados o pueden existir combinaciones entre ambos. La capacidad de gasto máximo diario (GMD) se calcula, dependiendo las necesidades del proceso [Norris, 2001]. Es un equipo que en su totalidad existen en todo sector industrial y siempre es de abastecimiento de agua generalmente en continuo esto quiere decir que

operan durante las 24 horas del día, los 365 días del año, esta elección debe ser con base en diversos factores, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- a) Disponibilidad de terreno.
- b) Condiciones topográficas.
- c) Ubicación de la fuente de abastecimiento o punto de alimentación.
- d) Diversos materiales de fabricación como: plástico, fibra de vidrio, acero al carbón o acero Inoxidable (304 o 316 aprobados por la administración de alimentos y fármacos de los Estado Unidos por sus siglas en ingles FDA (Food & Drugs Administration) no producen olor ni sabor.
- e) Recubrimientos tipo sanitario y anticorrosión interna.

CISTERNAS

Estos tanques se construyen bajo el nivel del suelo. Se emplean preferentemente cuando existe un terreno adecuado y una profundidad adecuada, de fácil excavación y funcionamiento para su distribución [Hicks, 2000].

Los tanques enterrados tienen como principal ventaja el proteger el agua de las variaciones de temperatura y una perfecta adaptación al entorno [Hicks, 2000; Norris, 2001]. Tienen el inconveniente de requerir importantes excavaciones tanto para el propio tanque como para todas sus instalaciones de conexión con la red de distribución y la línea de conducción además la dificultad de control de posibles filtraciones que se presenten [Tecsainox, 2017]. Existen los tanques semienterrados tienen parte de su estructura debajo de la tierra y la otra parte por encima del nivel de piso. Se emplean generalmente cuando la altura topográfica respecto al punto de alimentación es suficiente y el terreno presenta dificultad de excavación. Permite un fácil acceso a las instalaciones del propio tanque. La figura 9 muestra un claro ejemplo de cisterna.

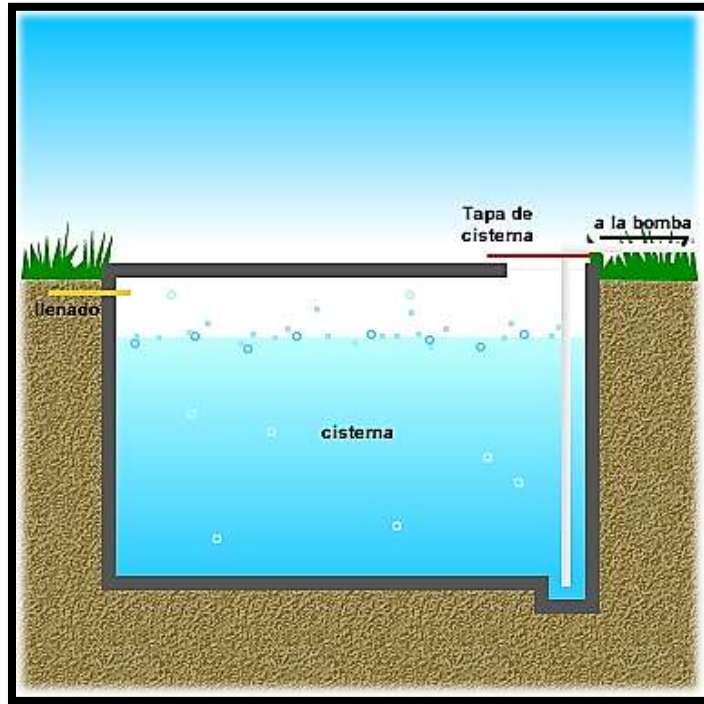


Figura 9. Modelo de Cisterna [Tecsainox, 2017].

TANQUES SUPERFICIALES

Los tanques superficiales están contruidos sobre la superficie del terreno, la construcción de este tipo de tanques es común cuando el terreno es "duro" o conviene no perder altura y se tiene la topografía adecuada [Hicks, 2000].

Los tanques superficiales se sitúan en una elevación natural en la proximidad de la zona por servir de manera que la diferencia de nivel del piso del tanque con respecto al punto más alto para abastecer sea de 15 m y la diferencia de altura entre el nivel del tanque en el nivel máximo de operación y el punto más bajo por abastecer sea de 50 m. La figura 10 se observa un ejemplo de lo antes mencionado.



Figura 10. Ejemplo de Tanque superficial [Tecnotanques, 2017].

TANQUES ELEVADOS

Los tanques elevados son aquellos cuya base está por encima del nivel del suelo, y se sustentan a partir de una estructura metálica o de concreto. Generalmente son construidos en localidades con topografía plana donde se dispone en su proximidad de elevaciones naturales con altimetría apropiada [Hicks, 2000]. El tanque elevado se refiere a la estructura integral que consiste en el tanque, la torre y la tubería de alimentación y descarga.

Para tener un máximo beneficio, los tanques elevados, generalmente son torres de 10, 15 y 20 m de altura, se área de descarga se localiza en el centro lo cual provoca que por gravedad se pueda vaciar. En grandes áreas se pueden ubicar este tipo de tanques [Tecnotanques, 2017]. A continuación, la figura 11 nos brinda un ejemplo de los primeros tanques elevados.



Figura 11. Tanque elevado [Tecnotanques, 2017].

La selección más adecuada para ubicar un tanque de regulación se obtiene tras la consideración de varios factores. Estos factores son los siguientes:

- La alimentación del tanque se efectúe por gravedad, dada su mayor economía, esta condición puede cumplirse sólo en ocasiones y en terrenos accidentados, pues en terrenos planos es necesario recurrir al bombeo.
- Es conveniente elevar el tanque algunos centímetros, para prever incrementos de consumo como disminución del diámetro, por incrustación de las tuberías [Metcalf and Eddy, 2003].
- La alimentación de los tanques a la red de distribución se debe efectuar por gravedad, por lo que el tanque debe tener la suficiente altura para asegurar en cualquier instante y en todos los puntos de la red una presión suficiente.
- La evaluación del impacto ambiental que originará el proyecto.

Dependiendo, de cada caso en particular, el responsable del proyecto, determinará el tipo de tanque(s), su ubicación más conveniente y adecuada [Tecnotanques, 2017]. Para ello, en forma previa se deberá realizar un análisis técnico y económico de alternativas, a nivel de anteproyecto de dichas estructuras

hidráulicas, incluyendo aspectos operativos y de mantenimiento [Metcalf and Eddy, 2003; Norris, 2001].

2.3.4 VÁLVULAS

Las válvulas son un dispositivo que nos permite la apertura o cierre en donde pasa algún líquido y/o semisólido para mantener un sentido en el flujo, para protección de equipos y de la misma tubería. Existen una gran cantidad y variedad de válvulas en la actualidad a continuación se mencionan aquellas que son utilizadas comúnmente en el sector industrial.

VÁLVULAS ELIMINADORAS DE AIRE

Se instalan con el objeto de expulsar el aire retenido en la succión cuando la bomba no trabaja y cuando el aire se acumula en la línea de conducción.

Al acumularse aire al interior de una línea de conducción tiende a ocupar los puntos y si no es extraído produce una estrangulación de la sección de paso del agua que puede llegar a interrumpir el flujo. Son empleadas para proteger al equipo de bombeo, tuberías y demás elementos en la conexión, contra los cambios bruscos de presión que se producen por el arranque o paro del equipo de bombeo. La figura 12 muestra las partes internas de las válvulas eliminadoras de aire.

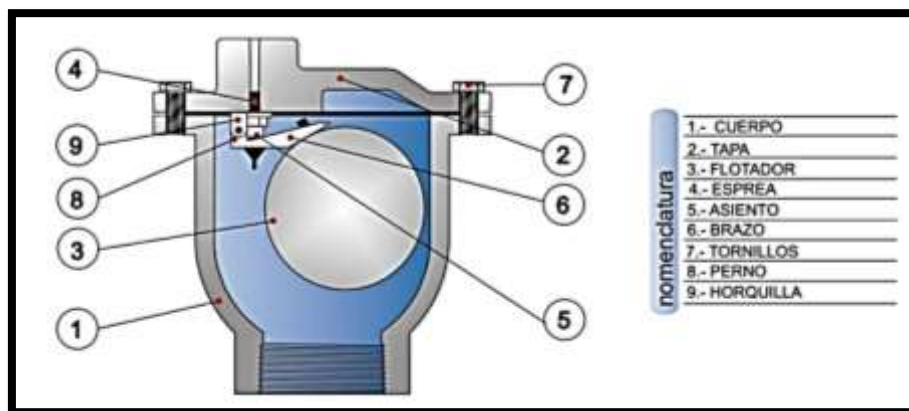


Figura 12. Partes de una válvula eliminadora de aire [Diisa 2018].

VÁLVULA CHECK O DE RETENCIÓN

La check es un tipo de válvula que permite al fluido pasar en una dirección, pero cierra automáticamente para prevenir contra flujo en la dirección opuesta. A continuación, se presenta la figura 13 muestra el funcionamiento de una válvula check así como sus partes internas.

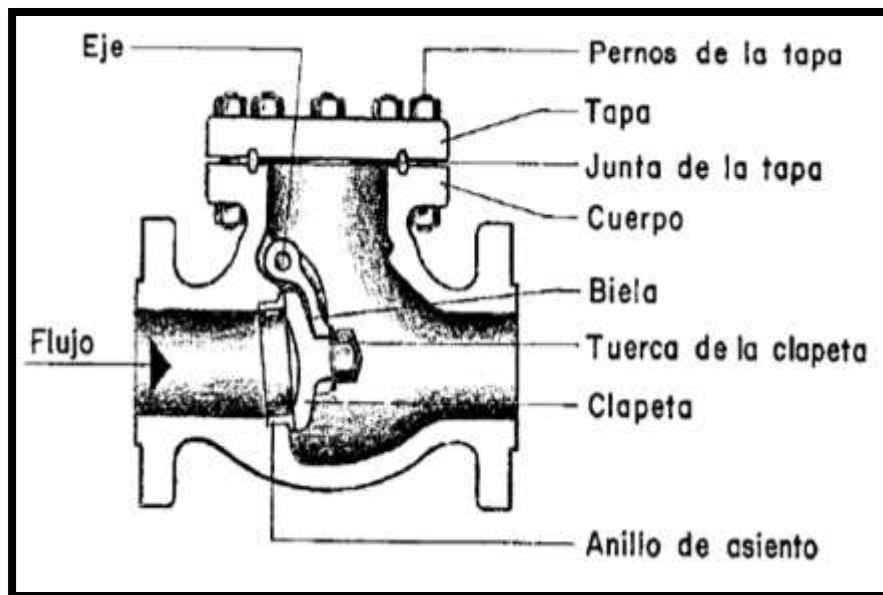


Figura 13. Partes de una válvula check [Diisa 2018].

VÁLVULA DE COMPUERTA O CORTE

Este tipo de válvula se emplea con el objeto de bloquear en un momento dado algún elemento o sección del sistema para poder efectuar una reparación, inspección o dar mantenimiento, sin que se interrumpa totalmente el servicio. Esta válvula se instala en la descarga de cada bomba, después de ella una válvula eliminadora de aire, pueden ser necesarias en sitios diferentes. La figura 14 muestra el funcionamiento y las partes internas de este tipo de válvula.

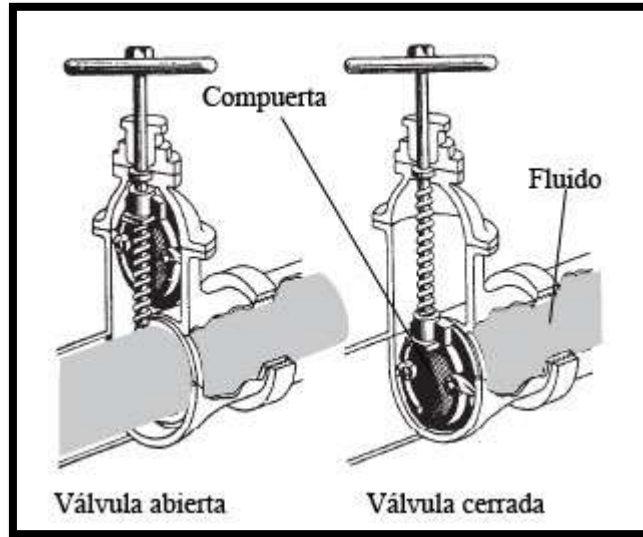


Figura 14. Válvula de compuerta [Diisa 2018].

2.3.5 SENSORES O INSTRUMENTACIÓN

Los sensores son un dispositivo que se instala directamente en la tubería, permite hacer diferentes determinaciones u obtener parámetros de operación cuándo está circulando un líquido. Estos son del tipo apagado/encendido; determinan cuándo está o no circulando un fluido. Actualmente existen diferentes tipos de sensores [Endress hauser, 2018].

TIPO PISTÓN

Es el más común de los sensores de flujo. Este tipo de sensor de flujo se recomienda cuando se requiere detectar caudales entre 0.5 LPM y 20 LPM. Consiste en un pistón que cambia de posición, empujado por el flujo circulante [Endress hauser, 2018]. El pistón puede regresar a su posición inicial por gravedad o por medio de un resorte. El área entre el pistón y la pared del sensor determina su sensibilidad, y por ende a qué caudal se activará el sensor.

TIPO PALETA

Este modelo es recomendado para medir grandes caudales, de más de 20 LPM. Su mecanismo consiste en una paleta que se ubica transversalmente al flujo que se pretende detectar. El flujo empuja la paleta que está unida a un eje que

atraviesa herméticamente la pared del sensor de flujo y apaga o enciende un interruptor en el exterior del sensor. Para ajustar la sensibilidad del sensor se recorta el largo de la paleta [Endress hauser, 2018].

TIPO DE ELEVACIÓN

Este modelo es de uso general es muy confiable y se pueden ajustar para casi cualquier caudal. Su mecanismo consiste en un tapón que corta el flujo. Del centro del tapón surge un eje que atraviesa herméticamente la pared del sensor. Ese eje empuja un interruptor ubicado en el exterior del sensor. Para ajustar la sensibilidad del sensor se perforan orificios en el tapón [Ollero & Fernández, 2012].

En plantas embotelladoras los sensores más utilizados y que deben monitorearse como críticos son los siguientes: Flujo, presión, presión diferencial, pH, Conductividad, Turbidez, Cloro, Temperatura y medidores de nivel [Ollero & Fernández, 2012 ;Endress Hauser, 2018].



Figura 15. A) Medidor de flujo; B) Sensor de temperatura en línea (Endress hauser, 2018).

2.3.6 PUNTOS DE MUESTREO

Los puntos de muestreo son parte del sistema de agua, por lo general son grifos o válvulas, de ahí pasan a ser un punto de muestreo para monitorear cada paso o etapa, se deben considerar los siguientes puntos:

- ✓ Deben estar presentes en todo el sistema de agua.
- ✓ Deben ser de fácil acceso y visibles.
- ✓ La ubicación debe ser a la entrada y la salida de equipos, tanques, estaciones de bombeo, pozos, redes de distribución (tuberías) [Karassik, 2003; Diisa 2018].



Figura 16. Válvulas de muestreo [Diisa 2018].

La toma de muestras de aguas es una parte importante a considerar previa al análisis, para realizar determinaciones analíticas precisas si las muestras que llegan al laboratorio deben ser representativas para su análisis deben ser de material sanitario, limpiarse y desinfectarse al inicio de la operación [Ollero & Fernández, 2012]. Así, para aguas potables, deben determinarse propiedades físicas, químicas y microbiológicas principalmente. Dentro de los caracteres físico-químicos están fijados niveles de referencia para compuestos no deseables y tóxicos.

Las tuberías, bombas y otros dispositivos que estén en contacto con el agua para consumo humano y que sean utilizados para la captación, deben ser de material sanitario, el agua que se utilice para alimentación de equipos, deberá ser identificadas mediante el código de color y su línea de flujo, sin que haya alguna

conexión ni sifonado de retroceso con las tuberías que transportan la del proceso según lo establece la norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2015, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel [Karassik, 2003].

2.3.7 AUTOMATIZACION

La automatización nos ayuda a utilizar instrumentos de control a distancia ya sea total o parcial mediante una señal a un sistema de control como un controlador lógico programable conocido por sus siglas en ingles *PLC* (Programmable Logic Controller) [Ollero & Fernández, 2012], que es una computadora utilizada para la automatización de procesos con objetivos principales:

- Recabar información del funcionamiento de la planta en tiempo real.
- Obtener señales de entrada y salida.
- Transmitir órdenes que modifican el funcionamiento de los equipos dentro de la planta.

Las plantas en la actualidad utilizan sistemas de control automáticos constituidos por una unidad central, este sistema de automatización puede provocar el paro de equipos cuando se superan los rangos de operación, además se pueden reconfigurar los parámetros de operación inicial, sin la necesidad de parar los equipos de la planta [FESTO, 2018]. La desventaja que se llega a presentar es que el mantenimiento del PLC, se debe contar con técnicos calificados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento [Ollero & Fernández, 2012; Metcalf and Eddy, 2003; Norris, 2001; Hicks, 2000; Karassik, 2003; FESTO, 2018].

En la automatización se utilizan 2 tipos de señales análogas y digitales con estos datos el operador puede tomar las decisiones para operar los equipos. Algunos ejemplos de señales digitales tenemos lo que son: flujo, temperatura, pH, presión, conductividad eléctrica, etc. Y como ejemplos de señales análogas eléctricas nos encontramos como lo que son: un rango de 4 a 20 mA.

La figura 17 se muestra cómo se lleva a cabo este proceso desde mandar una indicación mediante la pantalla, posteriormente como se convierte en una señal y finalmente se lleva por el dispositivo [Ollero & Fernández, 2012].

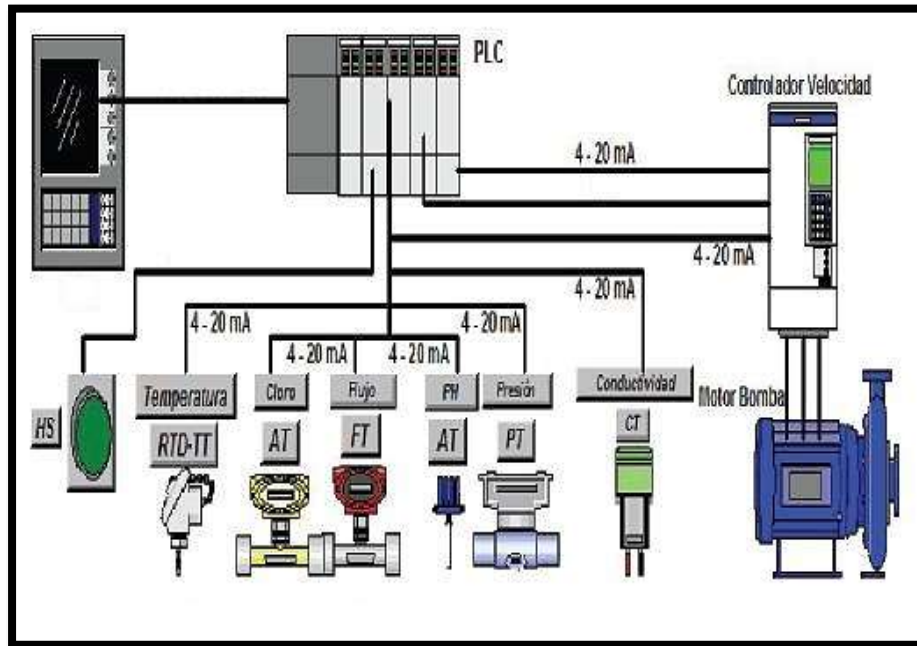


Figura 17. Funcionamiento de un PLC en diferentes equipos [FESTO, 2018].

CAPÍTULO 3. DISEÑO DE PLANTA (PROCESO)

3.1 REQUERIMIENTOS DE LA PLANTA

Para el diseño de la planta se consideran las instalaciones debido a que pueden afectar la integridad mecánica, corrosiva y sanitaria del sistema. Esto permite llevar a cabo correctamente las buenas prácticas de manufactura, para el envasado de agua, a partir varios aspectos principales y fundamentales, además los equipos que cuenten con un buen diseño higiénico tienen que ser fáciles de mantener para garantizar que funcionen como se espera y así evitar problemas de inocuidad y calidad en los alimentos [Oswald, 2011]. Algunos requerimientos esenciales son los siguientes:

- Elementos de ingeniería civil (suelo, dimensiones, espacio, altitud).
- Distribución de áreas.
- Fuente de abastecimiento.
- Propiedades de la materia prima (agua sin tratar), producto terminado (agua tratada) y materiales de empaque.
- Diagrama de bloques (parámetros de calidad).
- Diseño y selección de equipos.
- Selección de contenedores y componentes (tipo de materiales).
- Servicios complementarios de la planta (energía eléctrica, combustible, gas, aire comprimido, etc).

3.1.1 CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA

Antes de establecer una selección de equipos necesitamos tener ya establecido nuestra fuente de abastecimiento ya sea fijo o continuo. Los suministros masivos de agua como pozos, ríos y lagos deben controlarse midiendo sus parámetros físicos, químicos y biológicos con estos valores iniciales se puede llevar a cabo la metodología adecuada para la selección de equipos y así eliminar aquellos contaminantes, impurezas y microorganismos presentes en el agua. La calidad del agua es muy variable dependiendo de la zona y/o ubicación, además el método de

extracción del agua es diverso dependiendo la zona geográfica. El sistema de aguas de la Ciudad de México por sus siglas SACMEX da un reporte anual de la cantidad y ubicación de los principales pozos, la mejor fuente de abastecimiento de agua en sector industrial es mediante un conjunto de pozos, además de proporcionar los parámetros físicos y químicos presentes en el agua dependiendo la región donde se ubica cada pozo. La figura 18 muestra la ubicación de cada uno de los pozos más importantes en la ciudad de México y la tabla 4 muestra los diferentes pozos y sus parámetros ubicados en diferentes alcaldías de la Ciudad de México.

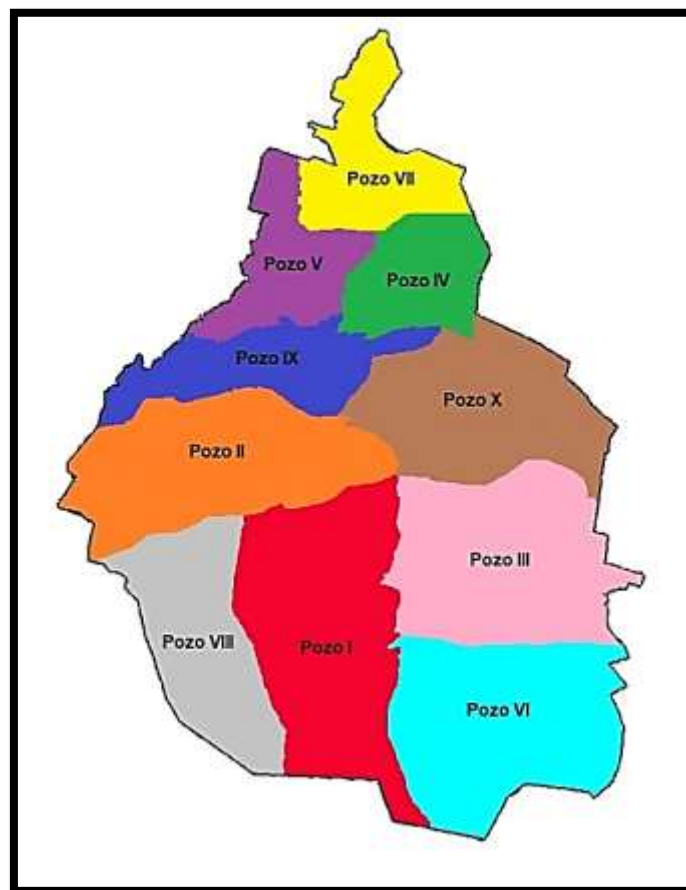


Figura 18. Ubicación de los pozos principales en la ciudad de México [SACMEX, 2017].

Tabla 4. Reporte anual 2017 del SACMEX con sus parámetros en sus diferentes pozos.

	Pozo I	Pozo II	Pozo III	Pozo IV	Pozo V	Pozo VI	Pozo VII	Pozo VIII	Pozo IX	Pozo X
Parámetros										
Temperatura (°C)	22.3	21.2	23.4	25.6	21.6	22.1	22.8	24.1	23	22.1
pH (unid. pH)	7.2	7.0	8.0	7.3	7.6	7.1	7.2	7.5	7.7	7.6
Conductividad (µS/cm)	449	639	485	497	383	646	498	445	530	515
Turbidez (UTN)	0.24	0.72	0.35	0.47	0.68	0.27	0.39	0.34	23	0.97
Sólidos disueltos totales (mg/l)	220	314	238	244	188	317	245	219	260	253
Cloro residual (mg/l)	0.02	3.0	0.02	0.02	0.02	3.0	0.02	0.02	1.33	1.5
Dureza total (mg/l)	312.7	324.3	150.8	348.6	267.3	333.4	335.5	303.6	393.5	341.4
Dureza de calcio (mg/l)	93.6	112.6	57.8	106.6	107.0	125.8	98.4	82.3	109.8	120.1
Sólidos totales (mg/l)	247.6	397.4	258.2	307.3	261.9	402.7	319.0	270.7	353.6	314.4
Nitratos N-NO₃ (mg/l)	0.27	1.28	0.13	0.04	3.17	1.37	0.04	0.10	0.53	0.34
Nitrito N-NO₂ (mg/l)	0.001	0.002	0.001	0.002	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Amonio N-NH₄ (mg/l)	0.02	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Fenoles (mg/l)	0.001	0.007	0.003	0.001	0.004	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001
Iones Ca²⁺	29.3	30.9	15.6	28.3	13.6	26.6	25.1	26.8	25.7	26.7
Iones Na⁺	11.41	5.90	10	5.70	8.1	9.42	5.80	5.53	4.98	5.33
Iones K⁺	2.16	4.22	1.21	2.24	1.87	2.75	2.22	1.85	1.70	1.70
HCO₃	301.4	301.4	232.1	323.3	248.5	422.6	248.5	278.2	248.5	274.4
SO₄	45.1	25.8	54.8	48.4	42.1	27.4	49.9	44.3	46.4	44.6
Cl	4.45	5.94	4.23	1.11	3.67	6.80	1.06	4.10	3.83	4.38
Hg	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Cd	1	1	1	5	2	< 1	< 1	1	3	< 1
Cr	10	0.1	6	< 0.1	< 0.1	15	< 0.1	4	< 0.1	1
Pb	30	4	11	12	10	2	9	4	13	23
As	70	40	240	480	80	120	420	70	360	280
Zn	41	17	20	8	23	11	26	20	14	8
Mn	360	320	210	830	380	320	370	110	340	330
Fe	120	60	1200	260	220	40	170	5	310	480
Al	60	4	146	22	210	22	33	57	142	40

Cada planta difiere en muchas formas y no hay dos plantas exactamente similares, partiendo de eso no existe un diseño ideal. Además de contar con los recursos como la materia prima en la tabla 4 se muestra los pozos ubicado en la CDMX y sus parámetros fisicoquímicos para la caracterización inicial. Los parámetros antes mencionados son la base para identificar la mejor zona y ahí tener la ubicación de la planta embotelladora. El pozo N° 5 ubicado entre las alcaldías Azcapotzalco y Miguel Hidalgo, en la zona norte de la ciudad de México, con base en los datos anteriormente presentados es la opción adecuada mediante el costo-beneficio con respecto a los equipos a utilizar para cada etapa del proceso y la remoción de contaminantes.

3.2 PROCESO DE REMOCIÓN CONTAMINANTES EN EL AGUA

Los procesos y/o tratamientos de agua son diferentes no existen dos iguales porque las condiciones de operativas, de mantenimiento, limpieza e inversión son diferentes. Dependiendo de la calidad del agua y de aspectos económicos, algunos procesos son más convenientes que otros para el tratamiento de aguas potables. Una clasificación en tratamiento primario, secundario y terciario, el tratamiento primario se emplea para la eliminación de los sólidos en suspensión y los materiales flotantes. El tratamiento secundario se emplea para tratamiento biológico, el objetivo es remoción de la materia orgánica para aguas residuales. El tratamiento terciario es la eliminación de componentes químicos que pueden presentarse en condiciones disueltos, suspendidos o ambos. A continuación, la tabla 5 el proceso de remoción.

Tabla 5. Remoción de contaminantes en el agua.

Tratamiento	Procesos		
Primario	-Sedimentación	Homogenización	-Filtros Cartucho
	-Flotación	-Cribado	
Secundario	-Tratamiento anaerobio	-Lodos Activado	-Filtros Biológicos
	-Discos biológicos	-Estabilización por contacto	
Terciario	-Osmosis Inversa	-Adsorción (Carbón activado)	-Ozonización
	-Filtro de Arenas	-Cloración	-Microtamizado

Se mostraron algunos procesos de remoción de contaminantes en el tratamiento terciario son los que se ocupan para la purificación, estos se estarán explicando a lo largo del documento. La tabla 6 presenta una descripción de algunos equipos mediante su funcionamiento, mantenimiento y limpieza que se utilizan en la planta que cumpla con parámetros de calidad para el consumo humano [Eskell, 2000].

Tabla 6. Equipos de purificación y sus limitantes.

	Tecnología	Aplicación	Manejo	Costo	Limitantes
Filtración Convencional	<i>Filtro de Arena</i>	Sedimentos suspendidos, remoción media de bacterias y materia orgánica.	Sencilla	Costo bajo de inversión, costo elevado en materiales de fabricación.	Remoción 80-90% bacterias. Remoción 60% orgánica.
	<i>Filtros de Tierras diatomeas</i>	Eliminar turbidez y bacterias	Sencilla	Costo bajo de inversión.	No retiene materia orgánica.
	<i>Filtros de carbón activado</i>	Eliminar materia orgánica, bacterias y cloro	Sencilla	Costo bajo de inversión. Costo medio de mantenimiento.	Genera residuos. No elimina nitratos o nitritos.
Filtración por membranas	<i>Microfiltración</i>	Remoción de sólidos disueltos y algunas bacterias.	Manejo manual complejo. Manejo automático sencilla.	Costo alto de inversión y operación.	Perdida de agua. Vida útil de la membrana bajo.
	<i>Ultrafiltración</i>	Remoción de virus, bacterias y materia orgánica.	Manejo manual complejo. Manejo automático sencilla.	Costo elevado de inversión, mantenimiento y limpieza.	Perdida de agua. Vida útil de la membrana bajo.
	<i>Nanofiltración</i>	Remoción de virus, bacterias y materia orgánica.	Manejo manual complejo. Manejo automático sencilla.	Costo elevado de inversión y mantenimiento.	Perdida de agua. Vida útil de la membrana bajo.
	<i>Osmosis inversa</i>	Remoción de virus, bacterias, parásitos y materia orgánica e inorgánica	Manejo manual complejo. Manejo automático sencilla.	Costo elevado de inversión y mantenimiento.	Perdida de agua. Vida útil de la membrana bajo.
Desinfección	<i>Cloro</i>	Desinfección.	Sencilla operación y mantenimiento.	Costo bajo de inversión. Costo medio de mantenimiento.	Poder desinfectante limitado
	<i>Ozono</i>	Desinfección.	Sencilla operación y mantenimiento.	Costo medio de inversión. Costo bajo de mantenimiento	Alto poder oxidativo
	<i>Luz Ultravioleta</i>	Desinfección.	Sencilla operación y mantenimiento.	Costo alto de inversión. Costo medio de mantenimiento.	Inhibe temporalmente el crecimiento microbiano.

La base del sistema de tratamiento para planta purificadora se dividirá en 3 etapas: el primero un pre-tratamiento, el segundo la remoción del mayor número de contaminantes la osmosis inversa y el tercero un post-tratamiento. Para ello el diseño de la planta debe contemplar los equipos que se utilizarán para el tratamiento físico, químico y biológico [Legarreta, 1991; Ollero & Fernández, 2012]. Los componentes mecánicos deben de ser los adecuados para que la planta funcione con la mayor eficiencia y evitar las interrupciones solamente para mantenimiento preventivos. El principal objetivo en el tratamiento de agua debe de ser los siguientes puntos.

- Obtener agua cumpliendo los parámetros marcados en la norma para el embotellamiento de la misma.
- Eliminar el cloro residual libre y residual.
- Eliminar sabores y olores.
- Eliminar aquellas impurezas como materia orgánica o suspensión.
- Eliminación de contaminantes microbianos.
- Reducir al mínimo la alcalinidad por lo menos en 25 ppm.

3.2.1 FILTRO DE ARENA

Los filtros de arena su función principal es eliminar los sedimentos sólidos insolubles suspendidos en el agua como son como tierra, arena, limo, basura, etc. Esto pasa por una multicapa de arenas con una variedad en tamaño de manera descendente a fin de eliminar partículas que podrían ensuciar u obstruir los equipos utilizados en las etapas posteriores [Legarreta, 1991]. Las partículas en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través de la arena que van desde partículas con diámetros mayores de 5 a 10 micras [Quiminet, 2019]. A continuación, se presentará la forma descendente en la figura 19 el acomodo dentro del recipiente: antracita, arena, granate, grava fina y grava gruesa.

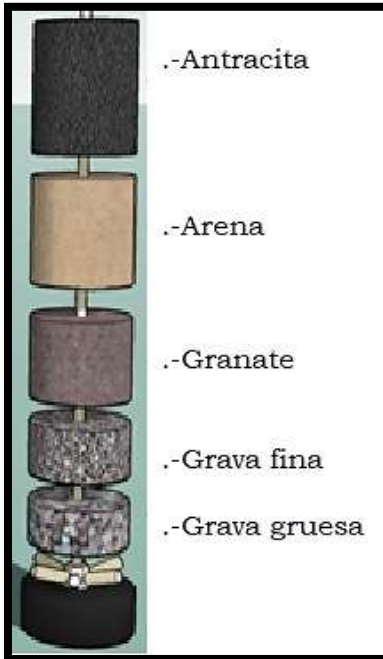


Figura 19. Acomodo de la arena dentro del filtro [Quiminet, 2019].

Para obtener buena calidad de filtrado por arena depende de varios parámetros como:

- Forma del filtro
- Altura del filtro
- Granulometría de las capas de arena
- Velocidad de filtración

Los materiales con los que se construyen este tipo de filtros son de diferentes materiales como: fibra de vidrio, acero al carbón o inoxidable y resinas de poliéster (útiles para agua de río y mar) [Quiminet, 2019]. La figura 20 hace mención de los 2 materiales más utilizados para la fabricación de estos contenedores.



Figura 20. Materiales de construcción, 1) acero al carbón, 2) fibra de vidrio [Quiminet, 2019].

3.2.1.1 LIMPIEZA (RETROLAVADO)

El proceso para limpiar un filtro de arena se le conoce como “retrolavado”, como trabajo normal de los filtros, en el cual agua limpia fluye de abajo hacia arriba, cuando el agua va pasando va levantando y expandiendo el lecho de arena lo que permite que se vaya liberando los contaminantes retenidos y se van con el agua [Quiminet, 2019]. El proceso de retrolavado debe tener condiciones específicas a que se refiero esto, si el flujo fuera excesivo desacomodaría las camas de arena al punto de mezcladas o salirse del tanque, si el flujo es bajo o insuficiente la arena no podría enjuagarse y por ende los contaminantes no se desprenderían y seguirán acumulados en el filtro hasta llegar a quedar adheridos en las diferentes camas. A finalizar se deberá descargar por completo para continuación continuar de nuevo el proceso de filtración.

3.2.2 FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado su principal función es como medio filtrante, el agua pasa por el carbón activo, el cual contiene millones de agujeros microscópicos donde se absorber las moléculas de los contaminantes [Apelsa, 2015]. Si se observa bajo el microscopio una partícula de carbón activado se puede ver una estructura muy similar a una esponja debido a los múltiples poros que presenta. Este método es el más eficaz absorbente para depurar el cloro, olor y sabores desagradables. Algunas

partículas de carbón activado retienen contaminantes orgánicos como: insecticidas, pesticidas y herbicidas [Apelsa, 2015].



Figura 21. Carbón activado [Quiminet, 2019].

Las propiedades están influenciadas por la naturaleza de la materia prima y la calidad del proceso de activación además de que pueden presentarse de forma granular o en polvo, entre las principales fuentes se destacan los siguientes:

- Carbones minerales:** antracitas, lignito, turba, hulla bituminosa.
- Carbones vegetales:** madera, residuos de madera, cascara de coco, bagazo, huesos de frutas.

El riesgo que tienen los filtros de carbón activado se puede saturar y contaminarse rápidamente con microorganismos, por lo tanto, su vida útil se ve disminuida y deben cambiar alrededor de cada 6 meses [Huerta, 2003; Apelsa, 2015].

Tabla 7. Aplicación del carbón activado en el tratamiento de aguas.

ORIGEN DE CARBÓN ACTIVADO	APLICACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUA
<i>Madera</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas residuales elimina olores intensos, grasas, aceites y materia orgánica.
<i>Mineral</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas residuales elimina colores producidos por algas.
<i>Concha de coco</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas potables elimina color, olor, sabor, cloro y solventes volátiles.

Los materiales de los filtros son: acero inoxidable, en acero al carbono y en fibra de vidrio, además de su recubrimiento sanitario y anticorrosivo interno [Huerta, 2003].

3.2.2.1 LIMPIEZA (RETROLAVADO)

Es conveniente retrolavar con agua libre de minerales cuando se presenta a la salida cloro del equipo como primera medida preventiva. Durante el retrolavado el cloro residual se desprende y es retirada hacia el drenaje, la materia orgánica, fosfatos y trazas de aceite al ser absorbidos por el carbón activado ya no se desprenden, pero la idea de retrolavar es exponer superficies que sigan funcionando, la figura 22 presenta una vista del carbón activado antes y después de un retrolavado [Eskell, 2000; Huerta, 2003].

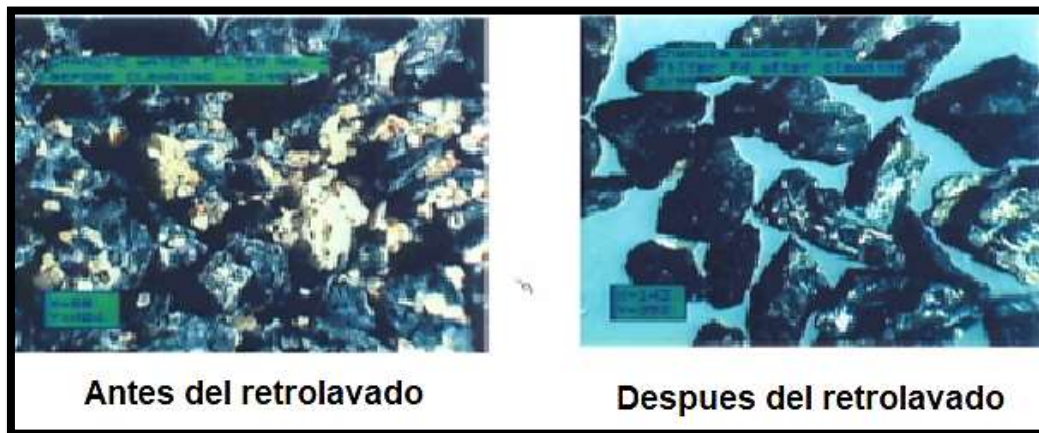


Figura 22. Vista desde un microscopio del antes y después de un retrolavado [Stand, 2012].

El proceso de retrolavado es una operación crítica en las plantas que tratan agua, los retrolavados se deben realizar diario, además se tienen que hacer saneamientos semanales y se hace por medio de vapor o agua caliente a 85°C [Eskell, 2000]. La vida útil del carbón activado es aproximadamente de 1 año, también depende de las especificaciones de cada proveedor o el uso que reciba [Apelsa, 2015].

3.2.3 SUAVIZADORES

Es un proceso que tiene la finalidad de remover la dureza del agua, esto quiere decir que calcio, magnesio, sodio, bario, hierro, aluminio y manganeso son los que producen lo que se llama dureza estas sales pueden precipitar y forma depósitos (sarro), el agua contiene pequeñas cantidades de materias extrañas, estas materias no producen ningún problema, es mejor beber agua con una cierta salinidad y no agua pura. El agua atraviesa una cama de resinas con un diámetro aproximado de 0.6mm son porosas y contiene iones intercambiables [Karassik, 2003; Sypysa, 2019]. La selectividad es la afinidad que tiene una resina con respecto a otros. A continuación, la tabla 8 se menciona la selectividad de las resinas que se llama intercambio iónico.

Tabla 8. Selectividad de las resinas para hacer el intercambio.

Tipo de resina		Intercambio
Resinas Catiónicas	Ácidos fuertes	Ag, Pb, Hg, Ca, Cu, Ni, Cd, Zn, Fe, Mg, K, Na, H
	Ácidos débiles	H, Cu, Ca, Mg, K, Na
Resinas Anicónicas	Bases fuertes	CO ₃ , SiO ₃ , I, HSO ₄ , NO ₃ , Br, HSO ₃ , NO ₂ , Cl, HCO ₃ , F
	Bases débiles	SO ₄ , CRO ₄ , NO ₃ , I, Br, Cl, F

Removiendo los minerales contenidos en el fluido para una buena calidad de agua. En la tabla los materiales de fabricación son: acero inoxidable, en acero al carbono y en fibra de vidrio, además de su recubrimiento sanitario y anticorrosivo interno [Huerta, 2003; Eskill, 2000].

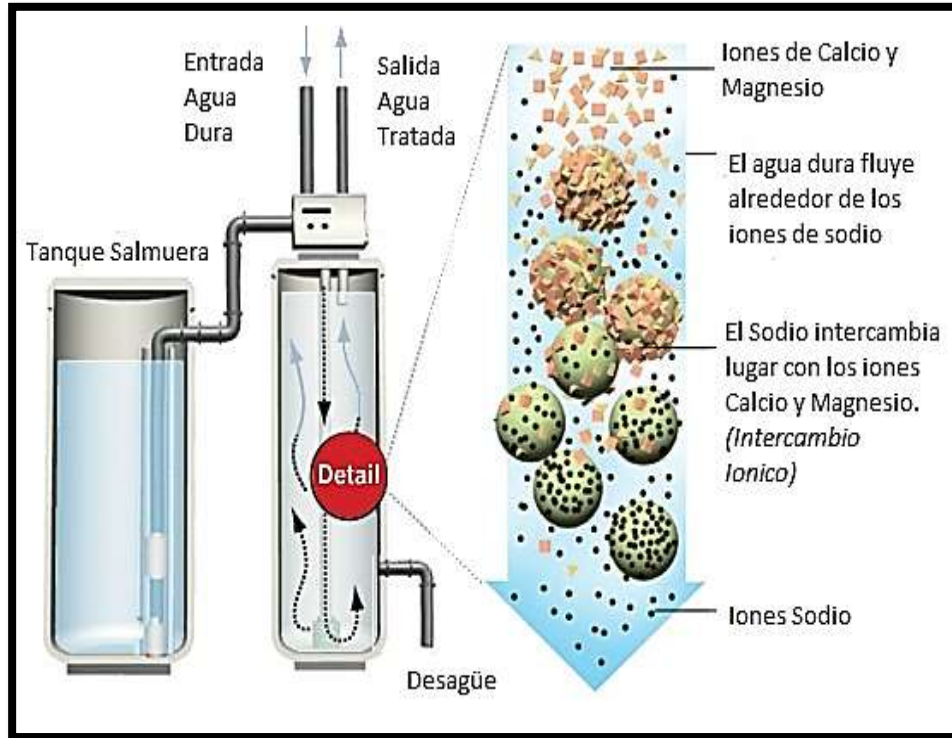


Figura 23. Funcionamiento de un suavizador [Quiminet, 2019].

3.2.3.1 LIMPIEZA (REGENERACIÓN)

Para que el suavizador funcione adecuadamente y trabaje constantemente se necesita una limpieza la cual se le conoce con el nombre de regeneración [Sypysa, 2019]. La limpieza se lleva a cabo haciendo un enjuague para eliminar turbidez y otros sedimentos, para posteriormente una regeneración de la resina [Huerta, 2003, *Manual de operación V&P Asesores*].

La función de la regeneración se lleva a cabo mediante una salmuera (mezcla de agua con sal) para eliminar los iones antes mencionados que le dan dureza al agua posteriormente cambiarlos por iones sodio, para que el suavizador entre de nuevo en modo de servicio [Manual de operación V&P Asesores].

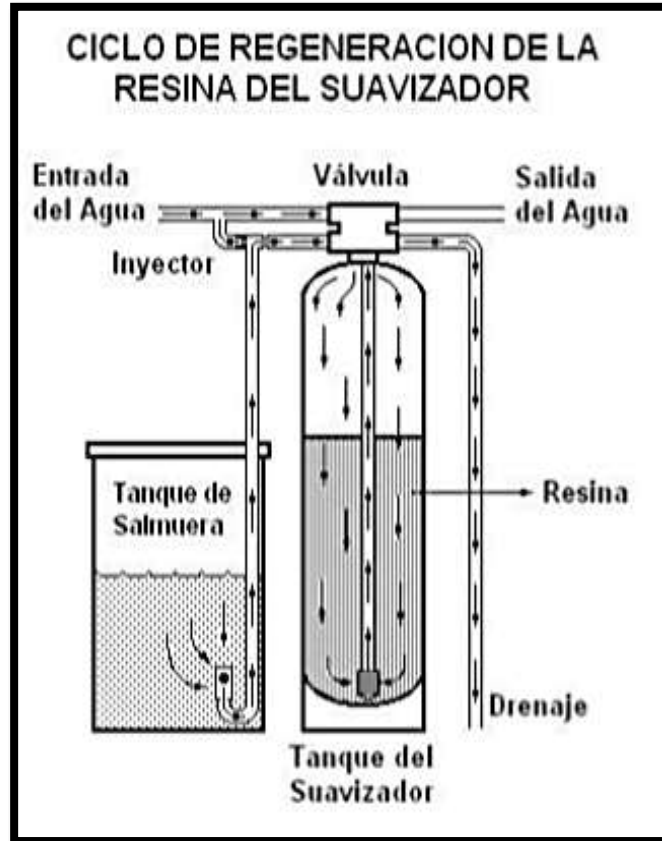


Figura 24. Función de regeneración en suavizador (*Manual de operación V&P Asesores*).

3.2.4 OSMOSIS INVERSA

La osmosis es un fenómeno natural donde el agua pasa a través de una membrana semi-permeable des una solución menos concentrada a una solución más concentrada. El proceso y/o funcionamiento de una osmosis inversa es simplificado de la siguiente manera, la solución concentrada esta pasa una membrana mediante una presión que se ejerce para ser una solución diluida donde se eliminan esencialmente todos los organismos patógenos y la mayoría de los precursores de trihalometanos, subproductos de la desinfección, sales y otros solutos del agua; también excluye la alcalinidad de carbonatos, pero deja pasar todos los gases disueltos como el dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno para obtener agua purificada que no tiene casi alcalinidad, posee turbidez por sulfuros y no tiene un residual de desinfección y de ahí la necesidad del pos-tratamiento [Quiminet, 2019]. Por ejemplo, por cada litro que entra a un sistema de osmosis inversa se obtiene 750 mL de agua de alta calidad.

La tabla 9 indica el porcentaje de retención y rechazo de algunos elementos que se encuentra presentes en el agua no tratada como el riesgo que este llega a representar en la salud del ser humano.

Tabla 9. Eliminación de contaminantes del agua mediante OI y los riegos a la salud del consumidor. Contaminantes presentes en el agua

1.- Riesgo alto a la salud	2.- Riesgo moderado a la salud	3.- Riesgo bajo a la salud
<i>Arsénico</i> 94-96%	<i>Fosfato</i> 98-100%	<i>Fluoruro</i> 88-93%
<i>Bacterias</i> 100%	<i>Manganeso</i> 95-99%	<i>Hierro</i> 95-99%
<i>Detergentes</i> 96-98%	<i>Plata</i> 93-97%	<i>Magnesio</i> 96-99%
<i>Plomo</i> 96-98%	<i>Sodio</i> 93-95%	<i>Potasio</i> 87-90%
<i>Mercurio</i> 96-98%		<i>Silicato</i> 85-90%
<i>Cromo</i> 95-98%		<i>Sulfato</i> 96-98%
<i>Herbicidas</i> 96-97%		<i>Turbidez</i> 98-99%
<i>Pesticidas</i> 96-98%		
<i>Selenio</i> 95-99%		
<i>Cobre</i> 85-95%		
<i>Insecticidas</i> 96-99%		
<i>Aluminio</i> 96-99%		
<i>Cianuro</i> 85-90%		
<i>Nitratos</i> 92-95%		
<i>Sulfhídricos</i> 96-98%		
<i>Amoniaco</i> 85-91%		
<i>Disolventes</i> 95-98%		
<i>Niquel</i> 98-99%		
<i>Triometano</i> 96-99%		

Durante la operación, los diferentes tipos de flujo forman una parte importante como son: laminar y turbulento [Sypysa, 2019].

El flujo **laminar** es aquel fluido que lleva un orden en una misma dirección y suave, se mueve en una misma trayectoria paralela sin mezclarse.

El flujo **turbulento** es aquel fluido que no lleva ningún orden las trayectorias van formando pequeños remolinos en el interior de la tubería lo que ayuda a limpiar la membrana lo que disminuye los gastos de mantenimiento y de productos químicos para la limpieza de las membranas además ayuda alarga la vida útil de las membranas.

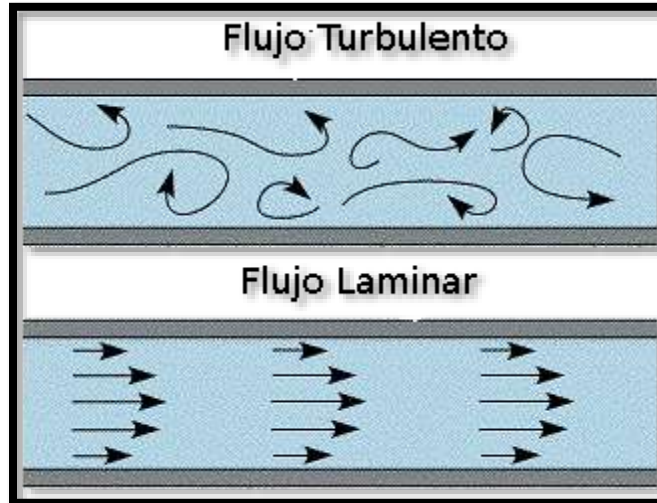


Figura 25. Flujo del agua dentro de las membranas [Sypysa, 2019].

El proceso para cambiar de flujo de laminar a turbulento y viceversa se controla por una válvula reguladora se le conoce como “flushing” traducido al español sería un enjuague de membranas realizado por el flujo dentro de las membranas, trabaja de la siguiente forma, cuando la válvula está abierta se genera un flujo turbulento. Cuando la válvula se encuentra restringida, dependiendo el rechazo que se quiere tener se produce un flujo laminar. La calidad del agua como producto final va de la mano con el flujo de alimentación, el agua de alimentación que es aquella que pasa por las membranas se divide en 2, el agua tratada (permeado) es la calidad del agua como producto final y agua sobresaturada de sales (rechazo) [Sypysa, 2019]. Mientras más alta sea la presión aplicada, más grande será el flujo de agua, sin embargo, la capacidad de presión es limitada además se puede presentar un incremento en la temperatura, algunos tipos de membranas tienen un rango de operación óptimo, pero la mayoría está entre 21 a 30 °C, arriba de la temperatura de 38°C comienza a deteriorarse la membrana [Huerta, 2003; Sypysa, 2019].

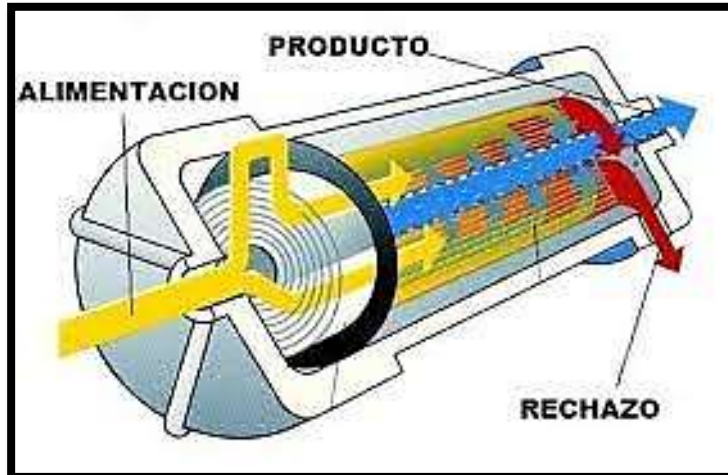


Figura 26. Etapas dentro de la membrana de OI [Sypysa, 2019].

Las variables involucradas en el diseño de una planta de osmosis inversa más importantes son las siguientes: un control basado en el monitoreo del caudal, la presión, la conductividad, la temperatura, el pH, análisis fisicoquímicos específicos y los tiempos de operación [Sypysa, 2019].

La calidad del pretratamiento se debe de considerar los siguientes puntos:

1. Eliminar el exceso de turbidez.
2. Ajuste del pH y la temperatura.
3. Mantener una alimentación de flujo constante.
4. Rangos de presión para operarlo. [condiciones de operación promedio]

El pos-tratamiento del agua permeada por lo general implica un ajuste, del pH una desgasificación para eliminar el dióxido de carbono y una desinfección para el proceso de embotellar para el consumo [Eskell, 2000]. Los principales componentes del equipo son los siguientes:

- Filtros cartucho.
- Anti-incrustante.
- Contenedor o portamembranas.
- Membranas.



Figura 27. Equipo convencional de osmosis inversa [Sypysa, 2019].

3.2.4.1 FILTROS CARTUCHO O FILTROS PULIDOR

Los filtros cartucho o pulidores su principal función es la retención de sedimentos e impurezas, también existen cartuchos para aplicaciones especiales como la suavización de agua, usualmente son de materiales desechables, aunque en algunos casos puede ser lavable y reutilizable [Sypysa, 2019]. Los materiales de fabricación de los cartuchos, pueden ser aplicados en muy amplios rangos de temperatura, presión, pH y una variedad como acero al carbón e inoxidable 304 y 316. Los filtros cartuchos se encuentran clasificados según su remoción partículas de tamaños que van desde 1 a 10 micras nominal.

Existen diferentes tipos de materiales y su uso dependen en gran medida a la calidad de agua que se quiere obtener, los usados para la planta son los de polipropileno grado alimenticio por la FDA, además nos proporcionan un agua brillante, cristalina y purificada [Sypysa, 2019]. La figura 28 presenta ejemplos de la variedad de materiales.



Figura 28. Diferentes materiales de filtros cartuchos [Sypysa, 2019].

3.2.4.2 ANTI-INCRUSTANTE

El funcionamiento es como su nombre lo dice evitar la incrustación o reducir la suciedad de las membranas como carbonato de calcio, sulfato de calcio, sulfato de bario, fluoruro de calcio, sílice e hidróxidos de hierro y aluminio, para reducir al mínimo los gastos de limpieza química, alargar la vida útil de la membrana, su forma de dosificarlo es directamente en línea lo que garantiza la fiabilidad de funcionamiento [Sypysa, 2019].

3.2.4.3 CONTENEDOR Y/O PORTAMEMBRANAS

Es donde se colocan las membranas soportan rangos de presión que van desde (30-100 psi ó 2-6 bar), para superar la presión osmótica que va con la relación de galones por minuto que se desean tratar.

En la actualidad existen diferentes materiales con los que se fabrica las portamembranas que son los siguientes: acero inoxidable, fibra de vidrio y PVC.



Figura 2. Portamembranas acero inoxidable (izquierda) y portamembranas fibra de vidrio (derecha) [Sypysa, 2019].

3.2.4.4 MEMBRANAS

La membrana funciona como una pared algunas impurezas pueden atravesar la membrana y otros quedan atrapados en ellas, la presión con la que se logra pasar estas sustancias es llamada “*presión osmótica*” en la actualidad existen una gran variedad de membranas, pero se puede dividir en 3 configuraciones como son las membranas tubulares, espiral y fibra hueca. Los materiales con los que se fabrican son hidrofílicos, así como otros materiales de fabricación, además es una de las variables más importantes del proceso ya que su composición física y química determina la permeabilidad de la misma.

Un aspecto importante en la selección de las membranas son las cualidades como la resistencia mecánica, la estabilidad química, la estabilidad térmica e impermeable a las sales con el objetivo de obtener la mayor cantidad de agua permeada, así mismo debe ser extremadamente delgada para maximizar el flujo, pero lo suficientemente resistente para soportar altas presiones.

La tabla 10 contiene un resumen donde se mencionan los parámetros para la clasificación de las membranas para equipos de osmosis inversa. En la actualidad más del 80% de los equipos de osmosis inversa trabajan con las membranas en espiral debido a 2 grandes ventajas como son: la relación área y volumen.

Tabla 10. Clasificación de las membranas para OI.

Condiciones	Tipos
Estructura	Asimétrica
	Simétrica
Forma	Fibra hueca
	Plana
	Espiral
Composición química	Inorgánicas
	Orgánicas
Tipo de superficie	Lisas
	Rugosas
Carga superficial	Catiónicas
	Aniónicas
Presión de trabajo	Baja
	Media
	Alta

3.2.4.5 LIMPIEZA (CIP Y/O COP)

Se requiere una limpieza periódica de las membranas para mantener su capacidad de producción. Ello se hace con enjuagues a presión de una solución ácida para remover metales (aluminio, hierro y manganeso), iones precipitados, sales, materia orgánica y microorganismos [Sypysa, 2019; Karassik, 2003; Norris, 2001]. Existen varias señales que nos indican cuando es necesaria una limpieza química, pero hay dos que son las más importantes y son las siguientes:

1. El flujo de agua permeada disminuye entre un 15 a 25%.
2. Aumento de la presión entre un 10 al 20% (presión de alimentación y salida)

La limpieza se lleva a cabo mediante la recirculación una serie de reactivos disueltos en agua libre de cloro y minerales, a una presión y velocidades determinadas por el operador. Los químicos utilizados llevan un orden que es el siguiente:

- Recircular una solución alcalina entre un rango de pH a 12 (± 0.5), con un tiempo aproximadamente de 2 a 4 horas, pero puede variar dependiendo la hoja de seguridad, la recomendación del proveedor y un enjuague con agua durante el mismo tiempo [Norris, 2001].

- Recircular una solución acida para bajar el pH a 2 (± 0.5), durante un tiempo de 2 horas como máximo también puede variar dependiendo de las especificaciones de cada proveedor del químico y posteriormente como paso final su enjuague final con el mismo tiempo de recirculación.

El tanque donde se encuentra la solución para la limpieza puede presentarse de 2 formas una de ellas es cleaning in place (limpieza en sitio) por sus siglas en inglés CIP y la otra forma puede ser en cleaning out place (limpieza fuera de sitio) por sus siglas en inglés COP [Eskell, 2000]. Es muy fácil diferenciar un CIP de un COP, el CIP es un sistema que se encuentra fijo a la instalación de la misma osmosis inversa y se lleva a cabo de forma automatizada. Y el COP es un sistema móvil que tiene que instalarse en el equipo como un complemento cuando se tenga que realizar la limpieza y desinstalar cuando concluya el tiempo, por lo regular se lleva a cabo de forma manual toda la instalación y su operación [Sypysa, 2019].

3.2.5 GENERADORES DE OZONO

El ozono es un gas con la siguiente característica color azul y un olor perceptible al olfato. Es una etapa para garantizar que no existe contaminación en el agua biológica (bacterias, hongos y microorganismos) y materia inorgánica debido que es eficaz contra una amplia variedad de contaminantes [Sypysa, 2019]. Desde el punto de vista químico se trata de un agente reductor u oxidante que se descompone en oxígeno después de ser envasado [Water Environment Federation, 2012].

Actualmente existen 2 tipos de generadores de ozono:

- Transformador.
- Arco eléctrico o efecto Corona.

Solamente existen 2 formas de suministrar el ozono y es por medio de difusores o inyección en línea directamente a la tubería o tanque de almacenamiento.

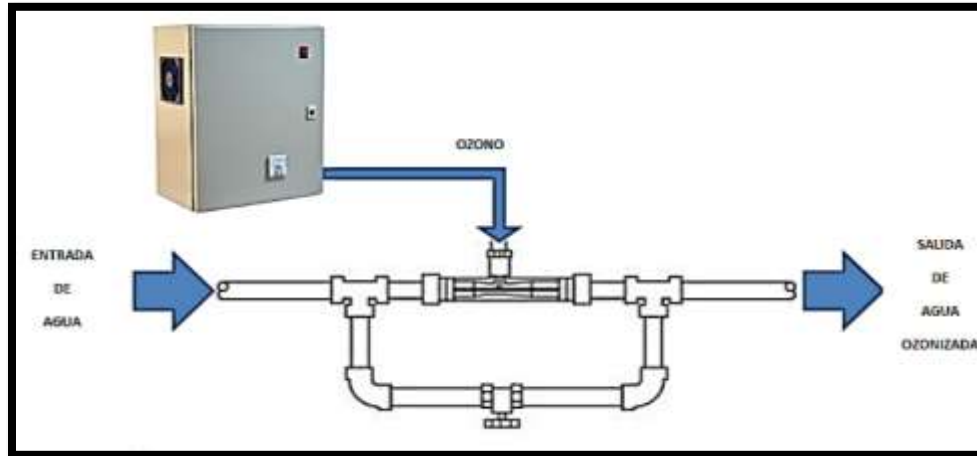


Figura 30. Equipo generador de ozono por medio de transformador [Sypysa, 2019].

3.2.6 LÁMPARA ULTRAVIOLETA

El tratamiento UV es la última etapa antes de embotellar agua. Es un equipo que se encarga de inactivar la información genética de: microorganismos, para evitar que las bacterias y hongos, el tratamiento UV es un método efectivo cuando el agua ha sido tratado correctamente [Water Environment Federation, 2012; Sypysa, 2019]. La figura 31 muestra el funcionamiento del tratamiento UV desde la entrada, hasta que pasa por la luz UV, hasta la salida de la misma [Karassik, 2003].

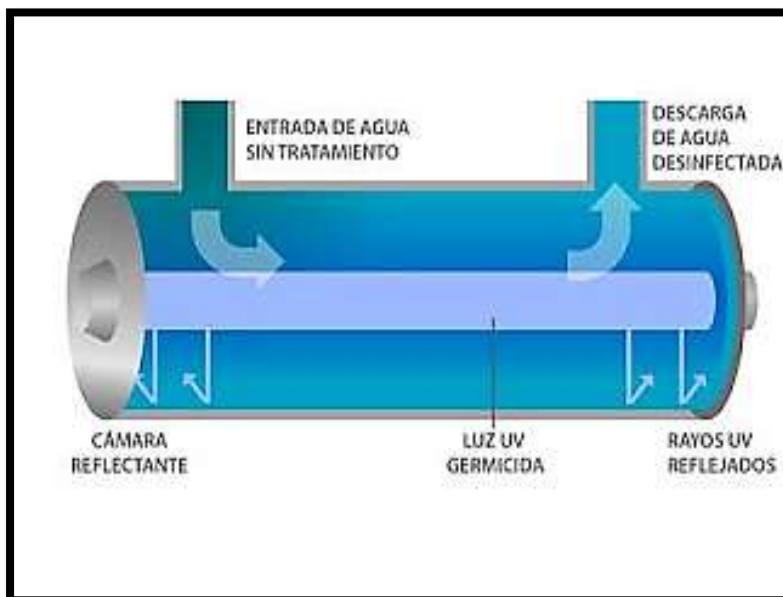


Figura 31. Tratamiento ultravioleta [Sypysa, 2019].

El tratamiento UV no altera la constitución química del agua, una de las limitaciones de la UV, es que solo actúa sobre lo que pasa por la lámpara, a la salida de la misma existe contacto con el aire o polvo el tratamiento de UV no funcionara [Sypysa, 2019]. Este tipo de lámparas debe llevar un control de horas trabajadas, después de 8000 horas o cuando la transmitancia esté por debajo del 60% se tiene que realizar un cambio de lámpara. Otra limitante de este equipo es el foco que lleva, si esta se llega a dañar o romper puede causar una contaminación directamente en el agua tratada [McJunkin, 1998].

3.2.7 LAVADORA DE GARRAFÓN

El área de lavado como su nombre lo indica nos ayuda para llevar a cabo el lavado y enjuague de nuestro material de empaque primario del garrafón. El lavado está dividido en 2 áreas:

- *Módulo de lavado*

El área de lavado se debe de llevar a cabo con un sistema controlado mediante el bombeo a presión el agua osmotizada y una solución germicida grado alimenticio, pasa por un conjunto de espumas que ayudan a ir lavando el interior de los garrafones [MAPER, 2018; Water Environment Federation, 2012].

- *Módulo de enjuague*

El área de enjuague se debe de llevar a cabo con agua osmotizada, ayuda a hacer el lavado exterior e interior de los garrafones mediante un sistema de tipo regadera para eliminar el germicida por completo [MAPER, 2018].

La figura 32 se observa como el proceso dividido por los diferentes módulos en los que se lleva acabo para la limpieza de los garrafones.

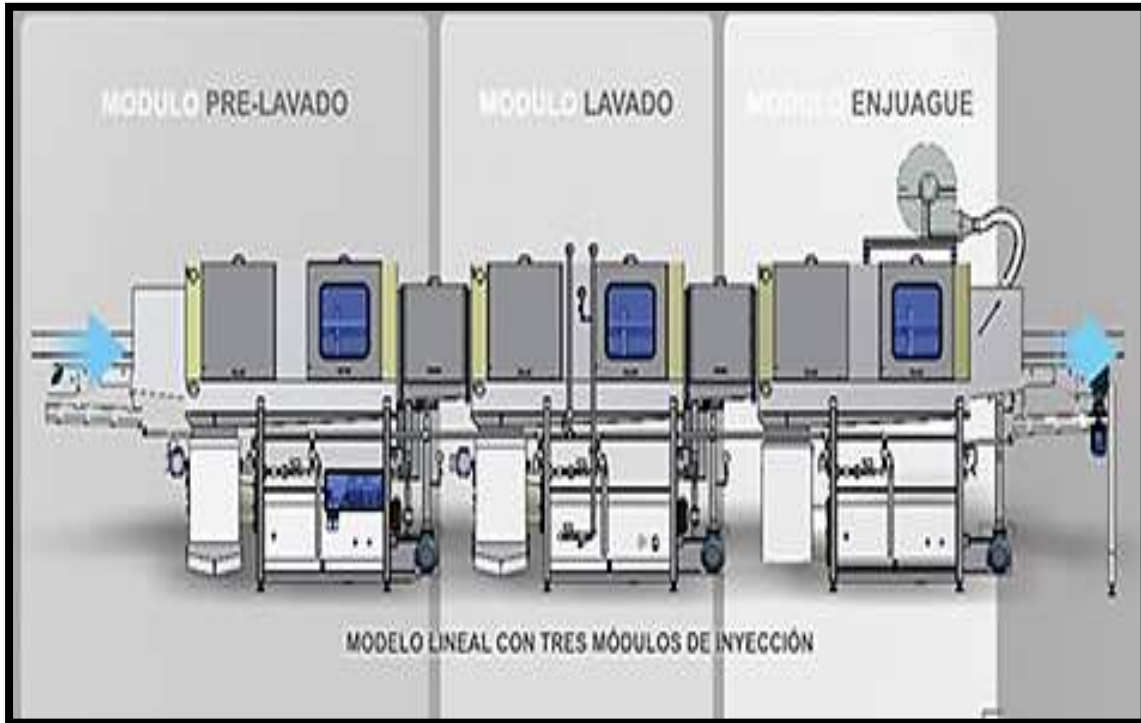


Figura 32. Lavadora para garrafones [MAPER, 2018].

3.2.8 LLENADORA DE GARRAFÓN

La siguiente área es donde se llenan los garrafones con agua purificada, sin intervención del ser humano para evitar una contaminación cruzada, en esta área la mayoría de fabricantes de esta ingeniería lo lleva a cabo mediante 2 pasos que son los siguientes: alimentación y retorno [Sypysa, 2019].

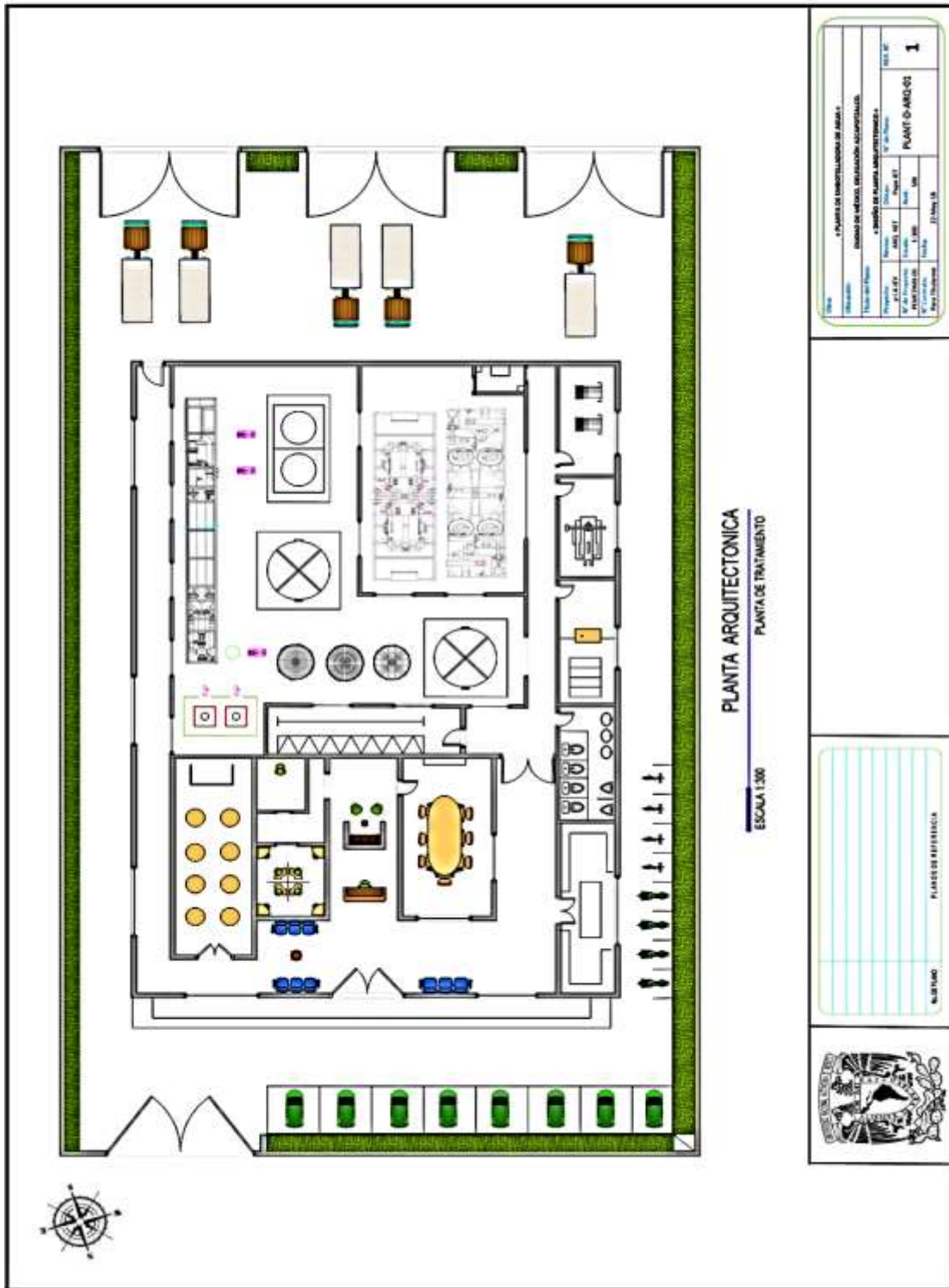
En el área de *alimentación*, debe de ser capaz de suministrar mediante boquillas, que deben de ser ajustables para compensar la altura y realizar el llenado a cada garrafón.

El área de *retorno* es un contenedor tipo tarja con una válvula de paso y la función principal de éste, es la captación de esa agua que se riega y no se logra envasar correctamente, la función de la válvula ayuda a liberar la saturación abriendo y cerrando, para liberar esta agua y conducirla al tanque de almacenamiento de agua filtrada [MAPER, 2018]. La figura 33 se muestra un ejemplo de la llenadora de la marca Maper.



Figura 33. Partes de una llenadora [MAPER, 2018].

3.3 PLANO ARQUITECTÓNICO



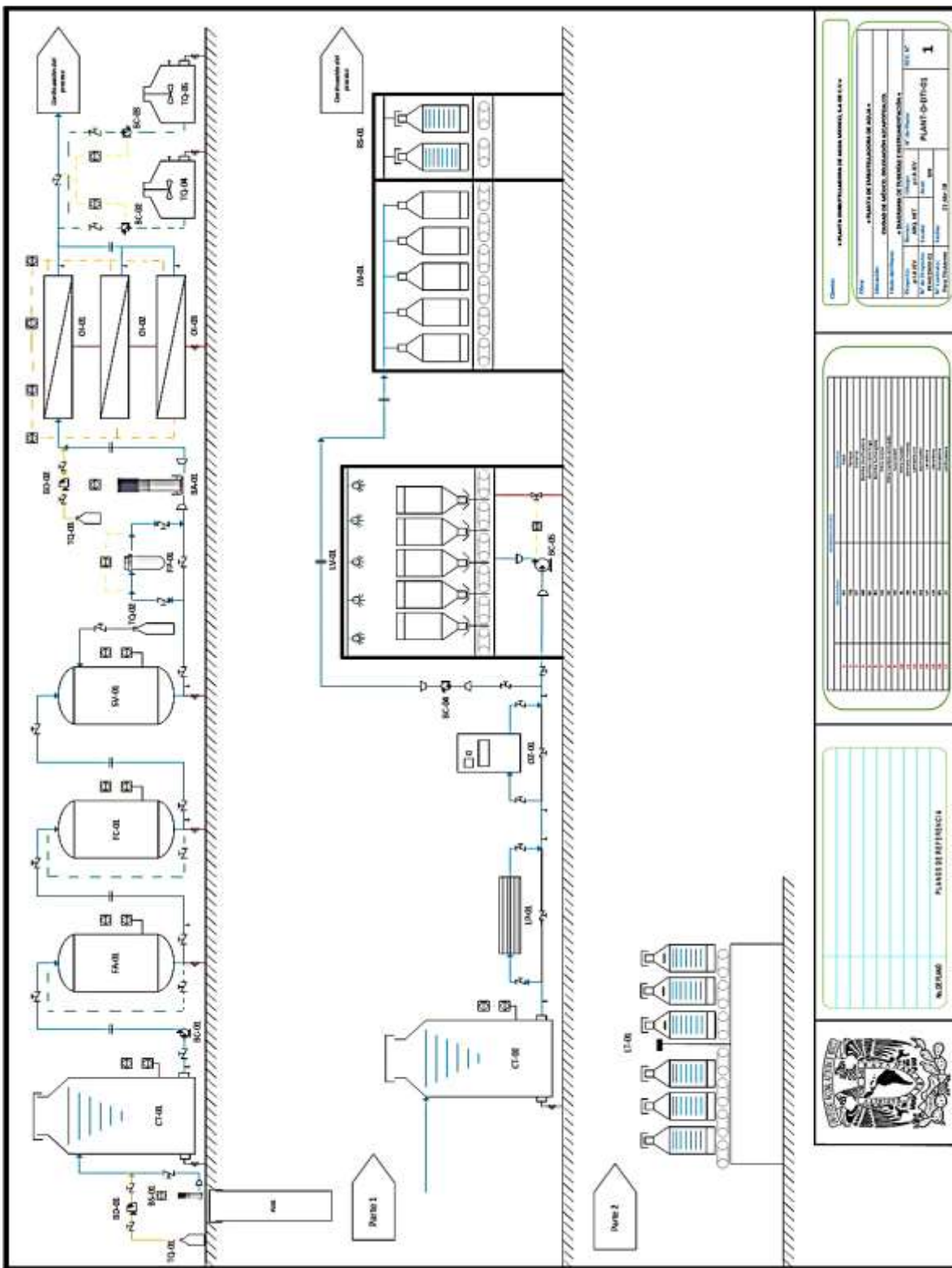
3.3.1 CRITERIOS DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS

La distribución de la planta es el acomodo físico de los elementos industriales, esto incluye los espacios necesarios para el movimiento de materiales, almacenamiento, trabajadores directos e indirectos y todas las actividades o servicios, así como el equipo y personal de mantenimiento. El objetivo es encontrar el orden de las áreas de trabajo y del equipo que sea la más económica para el trabajo, al mismo tiempo que sea segura para todos los empleados.

Existen varias metodologías para llevar a cabo la distribución en planta, en las que se abarcan los aspectos más relevantes que son necesarios, tales como la cantidad de personal, normatividades y áreas de trabajo entre otras. Para esta distribución se utilizó el método de distribución sistemática de las instalaciones de la planta (SLP Systematic layout planning, por sus siglas en inglés), debido a que es la metodología utilizada para el proceso de producción por lotes por medio de las utilizadas en la industria alimenticia y será la utilizada en nuestro proyecto. Debido a los requisitos necesarios que son aplicados a sectores industriales dedicados para la obtención, elaboración, fabricación, envasado, distribución, manipulación de alimentos y bebidas se establecieron los siguientes departamentos como lo marca la NOM 120-SSA1-1994.

- 1.- Producción.
- 2.- Almacén de materiales de empaque.
- 3.- Almacén de producto terminado.
- 4.- Oficinas.
- 6.- Mantenimiento.
- 7.- Limpieza.
- 8.- Comedor.
- 9.- Vestidores y/o Baños.
- 10.- Recepción y embarque.

3.4 DIAGRAMA DE EQUIPOS, TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN



PLANEIO DE INSTRUMENTACION

N.º DE TUBO

PLAN DE INSTRUMENTACION DE AGUA POTABLE LA RENA		
<p style="text-align: center;">PROYECTO DE INSTRUMENTACION DE AGUA POTABLE</p> <p style="text-align: center;">PROYECTO DE TUBERIA Y EQUIPOS</p>		
<p>FECHA: 08/09/2018</p> <p>PROYECTO: AGUA POTABLE LA RENA</p> <p>PROYECTISTA: JUAN CARLOS RIVERA</p> <p>REVISOR: JUAN CARLOS RIVERA</p> <p>APROBADO: JUAN CARLOS RIVERA</p> <p>FECHA DE APROBACION: 22/09/2018</p>	<p>PLANT-01(PI-01)</p>	<p>1</p>

CAPÍTULO 4. ETAPAS DEL PROCESO

4.1 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

La definición del “*codex alimentarius*” nos hace mención lo siguiente el agua embotellada es aquella apta para consumo humano libre de cualquier contaminante, de origen subterráneo o proveniente de una fuente explotada mediante perforación, puede contener minerales presentes de forma natural o agregado intencionalmente, se presenta al consumidor en envases cerrados, incluyéndose entre otras: al agua de manantial, agua mineral, agua mineralizada. Además de contener dióxido de carbono natural o intencionalmente, no contiene azúcar, edulcorantes, aromatizantes u otra sustancia ajena [*Codex, 2017*].

La clasificación del agua embotellada es variada según el país, la extracción, el tratamiento. Por lo tanto, con base a la definición anterior se clasifican principalmente en:

- **Agua natural:** Agua subterránea, libre de riesgos de contaminación, obtenida de mantos acuíferos o pozos, se caracteriza por su contenido de minerales, esta agua no puede ser tratada, ni agregarle cualquier otro elemento.
- **Agua de manantial:** Agua filtrada naturalmente subterráneamente obtenida mediante pozo para su extracción si cumple con los estándares de calidad según la región o país, puede embotellarse directamente.
- **Agua purificada:** Agua superficial tratada para el consumo humano se diferencia del agua municipal, su distribución y precio.
- **Agua pozo:** Agua extraída a través de un agujero perforado en la tierra que explota de un acuífero.

4.2 ANTECEDENTES DEL AGUA EMBOTELLADA

La historia del agua embotellada en México tiene poco tiempo, pero actualmente es la industria que ha crecido rápidamente en los últimos diez años con una gran variedad de marcas y diferentes presentaciones. El consumo de agua embotellada tiene su éxito a partir de 2 sucesos ocurridos en el país como fue el sismo de 1985 y la epidemia de cólera de 1991. Anteriormente a esos dos sucesos la gente tomaba el agua directamente de la llave o los bebedores que existían, además la gente tenía sus propios métodos para desinfectar el agua como agregarle pequeñas cantidades de cloro o el otro método utilizado era hervirla.

A partir de los hechos mencionados anteriormente la gente creó la demanda por tener un servicio insuficiente, irregular y de baja calidad empezaron a surgir pequeñas y grandes empresas que explotaron esa necesidad y satisfacer la necesidad del consumidor.

Los procesos utilizados se han ido mejorando y cambiando, anteriormente nada más se re-embalsaba en botellas o garrafones de materiales como vidrio, actualmente se lleva un proceso desde la extracción como agua sin tratar hasta el punto que de ser un producto terminado como agua purificada los materiales de envasado son diferentes como botellas de diferentes presentaciones, garrafones de PET, etiquetado, tapas son sellos de seguridad y lote de fabricación.

Actualmente, las empresas Danone, Coca-Cola y GEPP concentran el 80 % del mercado nacional que incluye agua gasificada, agua embotellada y de manantial, de acuerdo con datos hasta 2017 de la firma de investigación de mercados.

4.3 CONTROL DE CALIDAD

El giro de la planta es alimenticio, que se dedicara a la producción de agua embotellada y venta. Es una planta que va empezar desde cero, por lo tanto, es una organización de microempresa determinado por el número de trabajadores conforme lo marca la Secretaria de Economía. Las áreas administrativas de la planta son: compras, contabilidad, distribución, ventas y reclutamiento. Las áreas productivas de la planta son: mantenimiento, limpieza, lavado, envasado y laboratorio. Es el control del proceso desde la materia prima (MP), como se transforma para ser producto terminado (PT) hasta el momento en el que llega a ser distribuido en el mercado. Se deben llevar registros de las pruebas efectuadas a la materia prima (agua), materiales de empaque primarios y/o secundarios y producto terminado. Se debe llevar un control de los parámetros fisicoquímicos y biológicos se encuentren dentro de los límites estándar que nos indica la norma ya establecidos al consumidor.

El control de calidad de la planta se realiza mediante un compendio de documentos y procedimientos que tienen en cuenta cada etapa del proceso, otra manera de controlar la información es mediante auditorias para determinar causas y la solución de problemas. Un sistema de gestión de calidad debe retroalimentarse permanentemente y actualizarse para mejorar, es necesario que la planta funcione de acuerdo a un manual de calidad donde se especifique las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) que son los requerimientos mínimos sanitarios orientados a reducir las posibilidades de una contaminación física, química o biológica dañe la salud del consumidor. Otro factor a considerar son las Buenas Prácticas de Documentación (BPD) que registrar los hechos realizados mediante procedimientos, instrucciones de trabajo, formatos o bitácoras de los datos obtenidos en el laboratorio. A continuación, se enlistan las recomendaciones de las BPM para el sector de la industria en alimentos.

1. Instalaciones.
2. Servicios.
3. Programas de limpieza.
4. Control de plagas.
5. Tratamiento de desechos.
6. Higiene Personal.
7. Transporte.

4.3.1 LEGISLACIÓN Y NORMATIVIDAD PARA AGUA EMBOTELLADA

La Dirección General de Normas (DGN) es el organismo regulador del establecimiento de estándares de calidad para productos y servicios, así como el encargado de revisar, difundir y expedir las normas oficiales mexicanas (NOM). Las que requerimos nosotros son las de plantas purificadoras que se rigen para su comercialización y distribución del agua embotellada debe encontrarse en un marco legal permitido dentro del territorio nacional, por lo tanto, es necesario mencionar las normas oficiales mexicanas y organismos internacionales, en las que se encuentran los parámetros para la calidad del producto terminado. Por otra parte, existen normas vigilando que las características de la construcción, instalaciones y equipos de las obras de captación, conducción, plantas potabilizadoras, redes de distribución, tanques de almacenamiento o regulación y tomas de agua.

A continuación, se mencionará una lista de normas nacionales como códigos de BPM para la industria embotelladora:

- ❖ NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SSA1-1993, “Requisitos sanitarios que debe cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano público y privado”.
- ❖ NORMA Oficial Mexicana NOM-026-STPS-1998, “Colores y señales de seguridad e higiene identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías”.

- ❖ NORMA Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993, “Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias”.
- ❖ NORMA Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994, “Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales”.
- ❖ NORMA Oficial Mexicana NOM-117-SSA1-1994, “Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Hierro, Zinc y Mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica”.
- ❖ NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, “Salud Ambiental, Agua para uso y Consumo Humano-Límites permisibles de Calidad y Tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”.
- ❖ NORMA Oficial Mexicana NOM-160-SSA1-1995, “Bienes y servicios. Buenas Prácticas para la producción y venta de agua purificada”.
- ❖ NORMA Oficial Mexicana NOM-181-SSA1-1998, “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Requisitos sanitarios que deben cumplir las sustancias germinicidas para tratamiento de agua potable”.
- ❖ NORMA Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002, “Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones Sanitarias”.
- ❖ NORMA Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, “Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo”.
- ❖ CODEX STAN 227-2001 Norma general para las aguas potables embotelladas/envasadas. En conjunto con la Organización Mundial de la Salud.
- ❖ Código de Prácticas de Higiene para las Aguas Potables Embotelladas/Envasadas (Distintas de las Aguas Minerales Naturales) (CAC/RCP 48-2001).

- ❖ Código Internacional Recomendado de Prácticas – Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1997).
- ❖ La Asociación Internacional del Agua Embotellada en sus en ingles IBWA (The International Bottled Water Association) en su apartado de parámetros de calidad.
- ❖ La administración de Alimentos y Fármacos de los Estado Unidos por sus siglas en ingles FDA (Food & Drugs Administration) en conjunto con la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos con siglas en ingles EPA (Environmental Protection Agency).

A continuación, las tablas 11, 12 y 13 presentan una comparación de los parámetros físicos, químicos y biológicos de algunas NOM'S mexicanas con respecto a los organismos internacionales. Y la importancia de esto organismos son la base para tener los parámetros de calidad. La importancia de esta tabla comparativa es dar a conocer que estos organismos son la base de nuestra norma oficial

Tabla 11. [1] Unidades de color verdadero en escala de platino-cobalto; [2] Medida en umbral de Olor; [3] Unidades de turbidez nefelométrica.

Parámetros organolépticos	NOM 127	NOM 201	CODEX STAN	IBWA	FDA/EPA
Color ^[1]	20	15	15	10	15
Olor ^[2]	Agradable	Inodoro	7	7	Agradable
Sabor	Insípido	Insípido	-	-	-
Turbidez ^[3]	5	5	5	0.5	5

Tabla 12. Parámetros físicos de las diferentes legislaturas vigentes.

Parámetros Químicos	NOM 127	NOM 201	CODEX STAN	IBWA	FDA/EPA
Aluminio	0.2	-	0.2	0.2	-
Arsénico	0.025	0.025	0.01	0.01	0.01
Bario	0.7	-	1	1	2
Boro	-	0.3	-	-	-
Cadmio	0.005	0.005	0.005	0.005	0.003
Cianuro	0.07	0.05	0.1	0.2	0.1
Cloro libre	0.2 - 1.5	0 - 1.0	1	-	0.5 - 0.7
Cloruros	250	0	250	250	250
Cobre	2	-	1	1	2
Cromo Total	0.05	0.02	0.05	0.05	0.05
Dureza Total	500	-	-	-	-
Fenoles Compuestos	0.3	-	0.001	0.001	-
Fierro	0.3	-	0.3	0.3	0.1
Fluoruro	1.5	1.5	2	1	1.5

Tabla 13. [1] Muestreo de > 10 muestras en las cuales deberá existir un dato < al 3% de la cantidad total analizada.

Parámetros Biológicos	NOM 127	NOM 201	CODEX STAN	IBWA	FDA/EPA
Coliformes Totales ^[1]	Ausencia	1.1 NMP/ 100 mL	< 3%	Ausencia	< 2.2 NMP/ 100 mL
Coliformes Fecales (E.Coli)	Ausencia	0.9 NMP/ 100 mL	0	Ausencia	Ausencia

Para la toma de muestras y las determinaciones analíticas deberá seguirse lo marcada por la NOM-201-SSA1-2002 y sumándole algunas referencias del Standar Methods for Examination of Wáter and Wastewater. Donde se indica el volumen para el análisis que corresponda, los contenedores deberán ser de vidrio limpios previamente enjuagados en los puntos de muestreo y después de utilizarlos lavarlos y esterilizados para evitar falsos datos. La forma de preservación de la muestra es mediante condiciones de refrigeración y depende la técnica la preservación mediante acidificación, el tiempo máximo de almacenamiento será de 24 horas para no generar datos erróneos.

4.4 ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES DE EMPAQUE

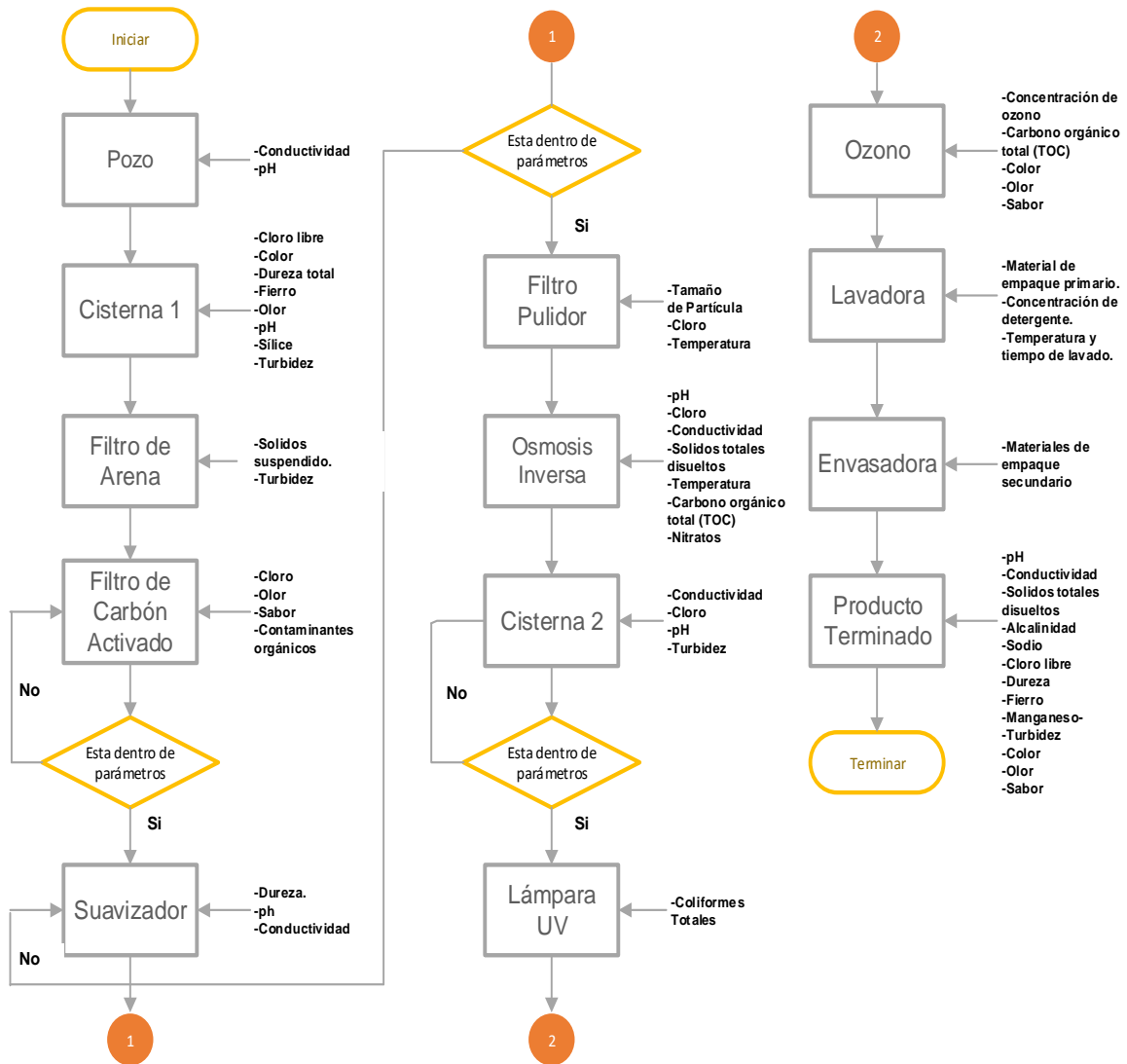
Los materiales juegan un papel importante porque son la carta de presentación de nuestro producto. Estos los podemos clasificar de la siguiente manera como lo son:

A.-**Material de empaque primario:** Garrafón de capacidad de 20L el tipo de material puede ser PVC o PET con boquilla roscada de 49mm, con asa lateral en color azul.

B.-**Material de empaque secundario:** Tapa roscada de 49mm, en color azul claro.

C.- **Material de empaque terciario:** Sello de garantía la cual se coloca en la boca del garrafón debe de ser termo retráctil y la banda debe de traer el arte o logotipo de la marca.

4.5 DIAGRAMA DE BLOQUES



4.5.1 ETAPAS DEL PROCESO

El *pre-tratamiento* son los procesos previos a la osmosis inversa estos son los siguientes: filtro de arena, filtro de carbón activado, suavizador y los filtros pulidores.

La tabla 14 presenta parámetros de calidad de los puntos de muestro, los parámetros de operación óptimos para ir eliminando esas impurezas del agua.

Tabla 14. Parámetros de calidad en el post-tratamiento.

PUNTO DE MUESTREO	DETERMINACION	PARAMETROS
Pozo	-Conductividad -Ph	500 μ S/cm 5.00 – 8.00
Cisterna 1	-Cloro libre -Color -Dureza total -Fierro -Olor -pH -Sílice -Turbidez	0.5 – 1.5 ppm Sin color \leq 500 ppm \leq 0.50 ppm Sin olor 5.00 – 8.00 < 300 ppm 0 – 0.8 NTU
Filtro de Arena	-Solidos suspendidos -Turbidez	0 – 0.6 NTU
Filtro de carbón activado	-Cloro -Olor -Sabor -Contaminantes Orgánicos	0.2 – 0.8 ppm Sin olor Sin sabor Libre de insecticidas, pesticidas, herbicidas y detergentes
Suavizador	-Conductividad -Dureza -Ph	300 – 450 μ S/cm 150 – 30 ppm 6.00 – 8.00
Filtro Cartucho	-Cloro libre -Tamaño de partícula -Temperatura	0 – 0.8 ppm 10 – 40 20 – 40°C

La filtración para poder obtener un producto de agua purificada se realiza con el proceso de Osmosis inversa a continuación la tabla 15 muestra los parámetros de calidad que nos ayuda a eliminar una gran cantidad de contaminantes

Tabla 15. Parámetros de calidad en la filtración purificación.

PUNTO DE MUESTREO	DETERMINACION	PARAMETROS
Osmosis Inversa	-pH -Cloro -Conductividad -Solidos totales disueltos -Temperatura -Carbono orgánico total (TOC) -Nitratos	6.50 - 8.00 0.0 ppm 0 – 80 μ S/cm 0 – 100 ppm 20-30 °C < 100 ppb < 0.2 ppm
Cisterna 2	-Conductividad -Cloro -pH -Turbidez	0- 80 μ S/cm 0.0 ppm 6.50 – 8.00 0 – 0.3 NTU

El *post-tratamiento* son las últimas etapas, pero son igual de importantes que las anteriores, son la parte final donde nuestro producto llegara al consumidor. A continuación, la tabla 16 muestra las especificaciones, parámetros de calidad y su determinación.

Tabla 16. Parámetros de calidad en el post-tratamiento.

PUNTO DE MUESTREO	DETERMINACION	ESPECIFICACION
Lámpara UV	-Coliformes totales	< 1.1NMP/100mL
Ozono	-Concentración de ozono -Carbono orgánico total (TOC) -Color -Olor -Sabor	0.2 ppm <0.2 ppm Inodoro Inodoro Insípido
Lavadora	-Material de empaque primario. -Concentración de detergente. -Temperatura y tiempo de lavado.	Arrastre por azul de metileno 1.5 – 2.5 %°Brix 60 – 65 °C
Envasadora	-Materiales de empaque secundario	Lavado de Tapa
Producto terminado	-pH -Conductividad -Solidos totales disueltos -Alcalinidad -Sodio -Cloro libre -Dureza -Fierro -Manganeso -Turbidez -Color -Olor -Sabor	6.5 – 8.0 0 – 80 μ S/cm 0 – 200 ppm 0 – 120 ppm 0-10 ppm 0 ppm 0 – 50 ppm 0 ppm 0 ppm 0 – 0.3 NTU ----- Inodoro Insípido

4.6 AGENTES CONTAMINANTES EN EL PROCESO

Los riesgos que se pueden presentar en el proceso son las enfermedades transmitidas provocadas por el consumo de agua contaminada son como se ha venido manejando a lo largo de este proyecto como físicos, químicos y biológicos.

Los riesgos **físicos** consisten en la presencia de materiales no alimenticios (material extraño) que han llegado hasta el producto final, estos pueden proceder de la maquinaria, medio ambiente, materiales de empaque. La contaminación física es probablemente la menos grave desde el punto de vista de la sanidad. Sin embargo, puede producirse muertes si llega a los consumidores. A continuación, la tabla 17 con los posibles contaminantes físicos presentes en el proceso.

Tabla 17. Contaminantes físicos presentes en el proceso.

FUENTE	CONTAMINANTE
Equipos y/o maquinaria	Pernos, tuercas, tornillo Trozos de vidrio Madera, papel, cartón Gotas de aceite, manchas de grasa
Personal	Pendientes, joyas Uñas, cabellos Residuos de comida
Control de plagas	Roedores Aves Hormigas Insectos

Los riesgos **químicos** son aquellos en las que principalmente son sustancias que provocan alteraciones fisiológicas cuando son ingeridas. En el agua encontramos muchos contaminantes químicos de origen orgánico e inorgánico, material radioactivo, plaguicidas. En la tabla 18 se encuentran las fuentes de contaminación química.

Tabla 18. Contaminantes químicos presentes en el proceso.

FUENTE	CONTAMINANTE
<i>Alteraciones por moho y bacterias</i>	<i>Toxinas</i>
Sanitación	Agentes limpiadores Herbicidas Plaguicidas
Control de plagas	Venenos para plagas
Equipos y tuberías	Plomo Antimonio Cobre Aluminio

Los riesgos **biológicos** son originados, en la mayoría de las veces por una contaminación cruzada. Debe de tener mucha atención porque el número de enfermedades causadas por alimentos debido a microorganismos es un problema donde hay casos en los que ha provocado la muerte al consumidor. Las fuentes de agua embotellada generalmente contienen una micro flora muy variada, que incluye las siguientes especies: *Achromobacter spp.*, *Aeromonas spp.*, *Flavobacterium spp.*, *Alcaligenes spp.*, *Acinetobacter spp.*, *Cytophaga spp.*, *Moraxella spp.*, y *Pseudomonas spp.* Estas bacterias se encuentran en pequeñas cantidades, pero pueden multiplicarse rápidamente durante el envasado y almacenamiento del agua.

CONCLUSIONES

- La implementación de una planta embotelladora de agua purificada, es un negocio que actualmente tiene mucho auge por la demanda que se tiene actualmente y que tiene un mercado con grandes oportunidades de crecimiento. La venta de agua embotellada en México es un mercado con excelente área de oportunidad debido al consumo masivo, no importa la zona geográfica o la clase social a la cual se destine el producto. Su demanda es debido a que se trata de un producto de necesidad básica necesario y de calidad aceptable para consumo.
- Después de haber presentado una propuesta para la aplicación de un sistema de tratamiento para la producción de agua purificada, mediante la presentación de un sistema, que garantiza la calidad de un producto por eliminación de impurezas presentes como: físicas, químicas y microbiológica de acuerdo al cumplimiento con la normatividad nacional vigente [201].
- Un sistema de tratamiento de agua purificada es una opción para emprender un negocio, actualmente la venta de agua embotellada en el mercado nacional de México sigue creciendo dado la demanda por el incremento de la población en el país y la que representa que la demanda se seguirá dando.
- Como recomendación se documenta que el sistema de agua purificada debe estar incluido en un programa de mantenimiento para asegurar el óptimo funcionamiento en su obtención. Los parámetros de calidad deben ser monitoreados para asegurar la calidad del agua purificada conforme a un programa semanal. El diseño que realizo para este trabajo todavía puede seguir ampliándose en diferentes áreas como: mecánicas, cálculos (memoria de cálculo), distribución de áreas, sistema de gestión de calidad más robusto conforme lo marca la norma.

GLOSARIO

Ademe: Tubo generalmente metálico o de policloruro de vinilo (PVC) o metal, de diámetro y espesor definidos, liso o ranurado, cuya función es evitar el derrumbe o el colapso de las paredes del pozo que afecten la estructura integral del mismo; en su porción ranurada, permite el flujo del agua hacia los elementos mecánicos de impulsión de la bomba.

Afluente: Líquido que ingresa a un sistema, equipo, contenedor o lugar donde vaya a ser alojado.

Cárcamo: Es un espacio de succión del líquido, el cual está normalmente colocado en forma independiente de los contenedores.

Desinfección: Destrucción de organismos patógenos por medio de la aplicación de productos químicos o procesos físicos.

Desinfectante: Sustancia o proceso que destruye o impide la reproducción de microorganismos infecciosos, tales como las bacterias y los enterovirus.

Dureza: Ablandamiento del agua por medio de químicos para lograrlo.

Efluente: Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

Filtración: Remoción de partículas suspendidas en el agua, haciéndola fluir a través de un medio filtrante de porosidad adecuada.

Filtro: Elemento que, interpuesto en un flujo, permite eliminar parte de los elementos de ese flujo, normalmente elementos no deseados.

Inocuidad: es la forma de mantener condiciones limpias e higiénicas que ayudan a prevenir la aparición de enfermedades a través de servicios, eliminación de aguas cloacales o uso de letrinas.

Mantenimiento: Conjunto de actividades enfocadas a conservar las propiedades (equipos, instalaciones, etc) en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente, confiable y económico.

Muestreo: Las actividades desarrolladas para obtener volúmenes representativos de agua, de tal manera que representen las características físicas, químicas, biológicas o microbiológicas en algún punto del sistema o cuerpo receptor, con el propósito de evaluarlas de forma confiable.

pH: Medida de la acidez (0 - 6.9), neutro (7.0 - 7.9) y medida de base o alcalinidad (8.0 – 14.0).

Poro: Son los espacios pequeños que existen entre los granos de arena que dejan que el agua pase.

Pozo: Es un hoyo, hueco, orificio o túnel profundo realizado en la tierra de manera vertical donde utilizamos maquinaria y/o herramientas mecánicas para su construcción, para extraer especialmente agua procedente del subsuelo.

Sedimentación: Proceso que se usa para asentar los sólidos suspendidos en el agua bajo la influencia de la gravedad.

Sensor: Es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas, o químicas llamadas variables de instrumentación.

Sólidos Disueltos: Partículas pequeñas que están disueltas en el agua. No se pueden remover mediante sedimentación o filtración.

Sólidos Suspendidos: Partícula sólida pequeña que flota en el agua, causando turbidez. Pueden retirarse mediante sedimentación o filtración.

Transmisor: Es un instrumento que capta la señal o parámetro del proceso y la transmite a distancia a un instrumento indicador.

Turbiedad: Fenómeno causado por sólidos suspendidos que no permiten la claridad de un líquido y hace que se vea turbia o sucia. Definido por la medida de dispersar la luz a través de una muestra. Se usan índices como FTU, NTU, etc.

Hidrofílico: Son aquellos que tienen grupos polares fuertes que interaccionan fácilmente con el agua

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. (1984). Official Methods of Analysis, Arlington, Virginia (VA), EEUU; AOAC, Association of official analytical chemists, Inc 14^a edition, 625 paginas.
- Apelsa. Página electrónica: <http://www.carbonapelsa.com.mx/pages/spanish/perfil.html>. Consultado en 2016.
- APHA, AWWA, WPCF. (1985). “*Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*”. 17^a edición. Madrid: Ed. Díaz de Santos, S.A.
- Biters, M. S; Timmerhaus, D. K. (1997). “*Plant Design and Economics for Chemical Engineers*”. McGraw-Hill. USA.
- Cabo de la puente, C. (1972). “*Bacteriología y potabilización del agua*” Editorial La bolsa.
- CODEX STAN, Página Electrónica: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/members/detail/faolex/es/?pno=0&country_iso3=MEX. Consultado 2019.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2000). Manual de lineamientos técnicos para el diseño de agua potable y alcantarillado. Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y normas técnicas.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2006). Manual de diseño de equipo electromecánico. Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y normas técnicas.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2005). Manual de redes de distribución. Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y normas técnicas.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2007). Manual de Conducción. Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y normas técnicas.

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (1998). Manual de diseño, construcción y operación de tanques para abastecimiento de agua potable. Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y normas técnicas.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2002). Manual de obras de toma. Subdirección General Técnica, Gerencia de Ingeniería Básica y normas técnicas.
- CONAGUA. 2017. Página Electrónica: <http://www.cna.gob.mx/>. Consultado 2018
- Diisa. Página electrónica: <https://www.diisa.net>. Consultado en 2018.
- Dirección General de Control Sanitario de Bienes y Servicios. 1996. “*Manual de Buenas Prácticas de Higiene y Sanidad*”. México.
- DNG. 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993, “Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias”.
- DNG. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994, “Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales”.
- DNG. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA1-1994, “Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Fierro, Zinc y Mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica”.
- DNG. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, “Salud Ambiental, Agua para uso y Consumo Humano-Límites permisibles de Calidad y Tratamientos a que debe someterse el agua para su Potabilización”.
- DNG. 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-160-SSA1-1995, “Bienes y servicios. Buenas Prácticas para la producción y venta de agua purificada”.
- DNG. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002, “Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones Sanitarias”.

- DNG. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, “Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo”.
- Endress+Hauser. Página Electrónica: <https://www.es.endress.com/es/descargas-endress-hauser> . Consultado 2018.
- Eskill, N. (2000). "*Tratamiento de aguas para la industria y otros usos*". Editorial McGraw Hill. USA.
- Evans. Página electrónica: <https://www.evans.com.mx/>. Consultado en 2017.
- FESTO. Página electrónica: https://www.festo.com/cms/es-mx_mx/9464.htm. Consultado en 2018.
- González, M, J. (2013). “Propuesta de reforzamiento del sistema de agua potable por medio de un pozo profundo en la zona oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán”. Universidad Don Vasco A.C. México.
- Hicks. T.G. (2000). "*Bombas su selección y aplicación*". Editorial Continental. México.
- Huerta M. L; (2003). “*Métodos para purificar agua*” revista del consumidor (Procuraduría Federal del Consumidor). Número 325, México.
- Hutchins R.A; (1973). “*New method simplifies design of activated carbon system*”. Chemical Engineering, Vol. 20. P133.
- Instructivo de instalación, operación y mantenimiento de los filtros de carbón activado, Industrias Mass S.A de C.V, Tlalnepantla, Estado de México, 2014.
- Jiménez, C.B.E. (2001). "*La contaminación ambiental de México*". Editorial Limusa. México.
- Karassik, I. J. (2003). "*Bombas centrifugas selección operación y mantenimiento*". Editorial Continental. México.
- Keith, D; Mays, L. (2005). "*Groundwater Hydrology*". Third Edition. Wiley. USA.
- Komiya, A. (2011). *¿Qué es un plan de negocios?* Obtenido de <http://www.crecenegocios.com/plan-de-negocios>.

- Legarreta, G, M. (1991). "El agua". Ed. Fondo de cultura económica. México.
- Manual de instalación y operación filtros de arena, Yardney wáter filtration system, California, Estados Unidos de América, 2008.
- Manual de operación y funcionamiento, V&P Asesores S.A de C.V, San José, Costa Rica, 2014.
- MAPER. 2018. Página Electrónica: <http://www.mapersa.com/maquinaria>. Consultado 2018
- Mazor, E. (2004). "*Chemical and isotropic groundwater hydrology*". Third Edition. New York.
- Mcjunkin F. Eugene; (1988). "*Agua y Salud Humana*". Ed. Limusa; México; Distrito Federal.
- Metcalf and Eddy. (2003). "*Wastewater engineering*". Editorial Mcgraw-hill higher education. 4ta Edición. USA.
- Miller M. (2006). "*Bottled water: Why is it so big? Causes of the rapid growth of bottled water industries*". (Trabajo de Tesis). Universidad de San Marcos, Texas.
- Norris S. (2001). "*The chemical process industries*". Editorial Mc Mcgraw hill. 5ta. Edición
- Norriseal. 2018. Página Electrónica: http://www.norrisealwellmark.com/wp-content/Spanish_Manual_070914-1.pfd Consultado 2019.
- Ollero, P; Fernández, E. (2012). "*Instrumentación y control de plantas químicas*". Editorial Síntesis. España.
- Ongley, E. D. y Barrios, O. E. "Redesign and Modernization of the Mexican Water Quality Monitoring Network". Comision Nacional del Agua (CNA).
- Oswald, U. (2011). "*Aquatic systems and water security in the metropolitan valley of Mexico City*". Current opinion in environmental sustainability. Vol 3. N°6.
- Paredes, A. J. "Water Management in Mexico: A Framework". Comisión Nacional del Agua (CNA).
- Price, M. (2011). "*Agua Subterránea*". Edit Limusa. Mexico.

- PROFECO. Página electrónica: http://profeco/docs/revista_del_consumidor_abril_2019. Consultado en 2019.
- Quiminet .Página electrónica: <https://www.quiminet.com/productos/filtros-de-grava-y-arena-14242381814>. Consultado en 2019.
- Ramalho R. S. "Tratamiento de aguas residuales". REVERTÉ. London. 2003.
- Saade, H. L. "*Toward More Efficient Urban Water Management in Mexico*". Secretaria de Marina Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP).
- SACMEX. 2018. Página Electrónica: https://www.sacmex.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/LABORATORIO_CENTRAL_DE_CONTROL_v2_.pdf. Consultado 2018
- Schulz, C.R; Okun, D. A. (1990). "*Tratamiento de aguas superficiales para países de desarrollo*". Editorial Limusa.
- SIAPA. 2014. Página Electrónica: <https://www.siapa.gob.mx/transparencia/los-informes-trimestrales-y-anales-de-actividades-del-sujeto-obligado>. Consultado 2019
- Snoeyink, V; Jenkis, D. (1990). "*Química del Agua*". Ed. Limusa; México. Distrito Federal.
- Sypysa .Página electrónica: https://www.sypysa.com.mx/?https%3A%2F%2Fdigital435_wixsite_com%2Fmisitio-1&gclid=EAlaIqObChMI9qDVz7uQ6AIVD77ACh3WHQPKEAAYAiAAEgLs0_D_BwE. Consultado en 2019.
- Tarbuck, E; Lutgens, F. (1990). "*Earth: An Introduction to physical geology*". 11th Edition. Pearson Prentice Hall. New Jersey. USA.
- Tecnotanques. Página electrónica: <https://tecnotanques.com/>. Consultado en 2017.
- Tecsainox. Página electrónica: www.tecsainox.com. Consultado en 2017.
- UNESCO. Página Electrónica: <http://www.unesco.org/new/es/mexico>. Consultado en 2017.
- Viniegra, S. (2007). Entendiendo el plan de negocios. Casa Sevilla. 1 ed; Sevilla, España.

- Water Environment Federation. (2012). "*Design of Municipal Wastewater Treatment Plants*". Editorial. McGraw-Hill. USA.
- Wegelin, M; Galvis, G; Latorre, J. (1997). "*La filtración gruesa en el tratamiento de agua de fuentes superficiales*". Editorial Sandec; Colombia.