# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO

# FACULTAD DE INGENIERÍAS CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

#### TEMA:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA PROTOTIPO PARA
PURIFICACIÓN DE AGUA DE VERTIENTES POR EL MÉTODO DE OSMOSIS
INVERSA.

#### **AUTORES**:

CARATE SAFLA ENRIQUE ALEJANDRO LAPO MOLINA LUIS ALFREDO

DIRECTOR: Dr. BOLÍVAR SILVA

Quito, Julio del 2011

# **CERTIFICACIÓN**

Por medio de la presente Certifico que los señores: Carate Safla Enrique Alejandro y Lapo Molina Luis Alfredo han culminado exitosamente el presente trabajo.

Dr. Bolívar Silva

#### DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros Enrique Alejandro Carate Safla y Luis Alfredo Lapo Molina, declaramos por juramentación que el presente trabajo fue desarrollado bajo nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado y que se ha investigado mediante fuentes bibliográficas para la ejecución del mismo.

Por medio de la presente declaratoria de responsabilidad otorgamos el derecho de propiedad intelectual correspondiente de este trabajo a la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana según lo establecido por la ley de propiedad intelectual y normativa vigente establecida por las leyes actuales.

Enrique Alejandro Carate	Luis Alfredo Lapo

#### **DEDICATORIAS**

Dedico este trabajo con mucho cariño a mis padres: Rosita y Enrique ya que a través de su apoyo incondicional y compresión me han ayudado a cumplir mis objetivos propuestos; a mi Dios que siempre me ha cuidado y guiado por un buen camino en todos mis años de vida.

A todas las personas que han formado parte en mi vida estudiantil de una manera incondicional para llegar a culminar mis metas.

Dios bendiga y cuide a cada uno de las personas que han hecho posible este gran sueño y anhelo.

#### Enrique Alejandro Carate Safla

Dedico este trabajo a mi familia que siempre me ha apoyado en toda mi vida y especialmente a Dios por darme sabiduría, conocimiento y capacidad para realizar todos mis objetivos planteados en mi vida.

Luis Alfredo Lapo Molina

#### **AGRADECIMIENTO**

De todo corazón agradecemos a nuestros educadores, catedráticos y personal humano que forma parte de la Universidad Politécnica Salesiana "Escuela de Ingeniería Mecánica" por todos los conocimientos y valores adquiridos en nuestra vida universitaria.

Un agradecimiento especial a nuestro director de tesis Dr. Bolívar Silva por su gran aporte de conocimientos para la ejecución de este proyecto y su apoyo incondicional que ha puesto en nosotros durante todo este tiempo.

Mil gracias a todas las personas que han puesto un granito de arena para la culminación de este proyecto.

Que mi Dios les bendiga siempre en cada una de sus vidas.

## INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se ha tomado en consideración la aplicación de conocimientos referentes a la mecánica de fluidos y a la química; los cuales nos permitieron desarrollar de una manera correcta y explicativa este trabajo.

El proyecto tiene como finalidad el diseño y la construcción de una planta prototipo de purificación de agua por el método de osmosis inversa; en el que se utilizaron conocimientos teóricos adquiridos en la universidad.

Este equipo consta de diferentes partes entre las cuales resaltan: el sistema de bombeo por medio de una bomba multietatapas que genera la presión adecuada de trabajo, el proceso de pre filtrado a través de cartuchos de sedimentos y carbón activado que tiene como función captar sólidos y partículas orgánicas e inorgánicas que contiene el agua; el proceso por osmosis inversa que se basa en la utilización de una membrana semipermeable filtrante que genera dicho fenómeno con la finalidad de retener todos los sólidos totales disueltos SDT existentes en el agua; tanques de captación y almacenamiento de agua purificada.

La importancia del presente trabajo es que el agua procesada por medio de este equipo cumpla con los requisitos vigentes expuesta en la norma INEN 1108 con lo que obtenemos una sustancia apta para consumo humano.

La visión al desarrollar este proyecto es incentivar la creación de plantas de tratamiento de agua a gran escala utilizando membranas filtrantes debido a que en la actualidad son elementos de alta tecnología en este tipo de aplicaciones; para así obtener agua de buena calidad con lo cual se garantiza la salud de las personas.

El proyecto consta de cuatro capítulos; el primero hace referencia al marco teórico en el cual se describen aspectos tales como: la importancia del agua, la contaminación del agua, tratamientos físicos, químicos y microbiológicos del agua, osmosis inversa, elementos generales de un equipo mediante osmosis inversa y materiales polímeros. El segundo capítulo considera: métodos de la investigación científica, fuentes y técnicas de recolección de información, plan de muestreo, mecanismos de recolección de la muestra, técnicas de recolección, muestra del agua y análisis, documentación, métodos y técnicas, resultados finales y análisis comparativos del

agua.

El tercer capítulo describe el diseño y la construcción del sistema de purificación en el que se indican las partes del equipo, condiciones de diseño, cálculo de las pérdidas de energía en elementos filtrantes y conexiones del sistema , cálculo de la potencia de la bomba, selección de la bomba de trabajo, calculo y análisis de tanques de pared delgada, dimensiones, características de los tanques de almacenamiento, cálculo del espesor de pared de los tanques , presión critica de trabajo en tanques de pared delgada, calculo de elementos sometidos a cargas, peso de elementos que generan cargas, análisis de cargas existentes en base estructural, cálculo de esfuerzos cortantes y momentos flexionantes, selección del perfil para la construcción de la base estructural.

El cuarto capítulo indica mediante valores los detalles de costos generados en el diseño y la construcción del equipo prototipo de purificación de agua entre los que podemos mencionar: costos en tuberías de conducción y accesorios, costos de elementos filtrantes, válvulas, bomba centrifuga multietapas, costos de materiales utilizados en la estructura de asentamiento, elementos de conexión eléctrica, costo de materiales e insumos, costos de mano de obra, costos de diseño e ingeniería del sistema y finalmente costo total del proyecto.

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas que en la actualidad persiste en la sociedad es el poco o nulo acceso al agua potable en especial en sectores rurales de las ciudades en el país, debido a esta situación se vuelve común el uso de aguas que provienen ya sea de pozos o de manantiales sin previo tratamiento de purificación exponiéndose así a contraer enfermedades de alto riesgo en las personas.

La contaminación del agua está eliminando muchos recursos potenciales existentes; la mayoría de la contaminación proviene de desperdicios domésticos, químicos agrícolas, la producción de petróleo en la cuenca del amazonas y la minería en ciertas áreas del país.

Las grandes plantaciones utilizan exorbitantes cantidades de químicos agrícolas, centrales eléctricas que vierten aguas residuales calientes, provenientes de sus silos de refrigeración, industrias que vierten aguas residuales de procesos de operaciones rutinarias o como resultado de accidentes o derrames, proyectos de explotaciones de minas a cielo abierto que ocasionan cambios en la hidrología superficial, deforestación y desarrollo agrícola que dan como resultado una contaminación difusa por exceso de nutrientes y pesticidas que retornan a los caudales junto al agua de riego.

El sistema de osmosis inversa aplicado a la purificación de agua proveniente de vertientes, entrega agua de buena calidad, cumpliendo así con las características físicas, químicas y biológicas establecidas por la entidad de control a nivel nacional INEN dentro de la norma técnica 1108.

Los parámetros físicos comprenden color, olor, temperatura, sólidos, turbidez y contenidos en aceite y grasas; cada parámetro físico a su vez puede subdividirse en otras categorías, por ejemplo los sólidos se subdividen en sólidos en suspensión y en sólidos disueltos, así como en fracciones orgánicas e inorgánicas.

Los parámetros químicos asociados con el contenido en materia orgánica del agua incluyen la demanda bioquímica de oxigeno (DBO), la demanda química de oxigeno (DQO), carbono orgánico total (COT), y demanda total de oxigeno (DTO).

Los parámetros químicos inorgánicos incluyen la salinidad, dureza, pH, presencia de sustancias como el hierro, manganeso, cloruros, sulfatos, sulfuros, metales pesados (mercurio, plomo, cobre, cromo y zinc), nitrógeno (orgánico, amoniaco, nitrito y nitrato) y fosforo.

Los parámetros biológicos se suelen referir a la presencia de coliformes, coliformes fecales, patógenos específicos y virus.

A fin de que la población consuma agua de buena calidad, se plantea una alternativa de purificación mediante el método de osmosis inversa destinado a promover la construcción de este tipo de equipos en los sectores rurales de las ciudades en las que se tenga acceso a vertientes o pozos de agua dulce.

## **JUSTIFICACIÓN**

El abastecimiento del agua en el Ecuador es un problema muy serio aunque en general el país goza de un alto índice de precipitaciones anuales la desigualdad de distribución de precipitación y la población son las principales razones de los problemas de abastecimiento de agua en el país, más aun lo es el acceso al agua potable.

Ecuador va a la cola de América Latina en cuanto a cobertura y calidad de agua potable y saneamiento. En el área rural este problema es mucho más dramático, según un estudio de la organización panamericana de la salud (OPS), de los 14 millones de habitantes del Ecuador, el 28.8 % no tienen acceso al agua potable en tanto que, 54.4% carecen de servicios de saneamiento. El 95% de aguas residuales descargadas a los ríos no tienen tratamiento. Según el Ministerio de salud el 50% de hospitalizaciones son el resultado de los inadecuados servicios y acciones de saneamiento. Esto explica que el país tenga una de las tasas más altas de mortalidad infantil en América Latina.

La propuesta de construcción del equipo prototipo de ósmosis inversa para purificar agua de vertientes se enfoca en comparar los resultados de los análisis del agua en mención con la norma técnica INEN 1108, para de acuerdo a este proceso conocer los parámetros en los que se encuentra inicialmente el agua y a los que se debe llegar; a fin de ser apta para el consumo humano. Para lograr cumplir con lo expuesto se tomarán muestras del efluente y se analizarán antes y después del proceso mediante ensayos de laboratorio.

#### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir una planta prototipo de tratamiento para purificación de agua de vertientes por el método de osmosis inversa, que cumpla con los parámetros establecidos en la norma técnica ecuatoriana INEN 1108, destinada a satisfacer las necesidades de consumo de los habitantes básicamente en las zonas rurales de las ciudades.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar un equipo prototipo de purificación por osmosis inversa con una capacidad de almacenamiento de agua purificada de 200 litros y un caudal de producción de 3.5 litros/hora.
- Construir un equipo de fácil instalación y mantenimiento, que cuente con repuestos que se encuentren en el mercado nacional.
- Calcular las pérdidas de presión en elementos filtrantes.
- Calcular la presión de trabajo adecuada para el equipo.
- Comprobar mediante pruebas de laboratorio que el sistema entrega agua apta para consumo humano dentro de los parámetros establecidos por la norma técnica ecuatoriana INEN 1108.

#### **ALCANCE**

El proyecto de investigación tiene como objeto promover la construcción de sistemas de purificación con la finalidad de abastecer de agua a las zonas rurales de las ciudades en nuestro país; para este proyecto las muestras de agua serán tomadas de una vertiente que está ubicada en Puembo al nororiente de la ciudad de Quito provincia de Pichincha. El equipo estará dotado de elementos tales como tanques de Polietileno para captación y almacenamiento del agua procesada, filtros y membranas destinados al proceso de filtrado del agua.

Dicho equipo posee una capacidad de producción nominal de 200 litros; además de contar con accesorios en sus conexiones de hierro galvanizado y PVC; así como también de un sistema de accionamiento y control.

Dentro del proceso que realiza este tipo de dispositivo para la purificación de agua se detalla a continuación los parámetros más importantes:

- Sedimentación de las partículas pesadas y livianas.
- Filtración por medio de carbón activado que tiene como función eliminar olores, color, mejorar el sabor y disminuir el cloro excesivo del agua.
- Sistema de osmosis inversa que trabaja mediante una membrana sintética semipermeable la cual actúa removiendo sólidos inorgánicos, orgánicos y sales disueltas de hasta 0.1 micras de tamaño.
- Almacenamiento para el agua antes y después de su tratamiento.

Como complemento dentro de este proyecto se realizaran los planos de despiece y plano general respectivo para visualizar las partes y componentes del mecanismo; lo cual nos servirá también de guía para realizar el mantenimiento en ocasiones futuras, el equipo ocupará un espacio en volumen de alrededor de 2 (dos) metros cúbicos.

# HIPÓTESIS GENERAL

La construcción del equipo prototipo de osmosis inversa generará 200 litros de agua purificada a la vez que permitirá cumplir con los parámetros físicos, químicos y biológicos establecidos en la norma técnica INEN 1108 para que sea apta para el consumo humano.

## OPERACIONALIZACION DE HIPÓTESIS

Variables	Variables	Indicadores	Escala
independientes	dependientes		
Equipo de tratamiento	Costos	Precio	USD
por osmosis inversa			
Parámetros, físicos,	Tratamiento	Color	UTC
químicos y biológicos		Olor	NTU
del agua.			
		DBO, DQO, COT,	mg/l
		DTO	
		Coliformes totales,	
		coliformes fecales	NMP/100cm <sup>3</sup>

# ÍNDICE GENERAL

INDICE	PAGINA
CERTIFICACION	II
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
INTRODUCCION	VI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	VIII
JUSTIFICACION	X
OBJETIVO GENERAL	XI
OBJETIVOS ESPECIFICOS	XI
ALCANCE	XII
HIPOTESIS GENERAL	XIII
OPERACIONALIZACION DE LAS HIPOTESIS	XIII
INDICE GENERAL	XIV
CAPITULO I	
MARCO TEORICO	
INDICE	
1.1 Caracteristicas del agua	1
1.2 Importancia del Agua	2

1.3. Fuentes de Abastecimiento de Agua	2
1.3.1. Abastecimientos Subterraneos	2
1.3. 2. Pozos poco profundos	3
1.3. 3. Pozos profundos	3
1.3.4. Manantiales	3
1.3.5. Abastecimientos superficiales	4
1.3.6. Rios	4
1.3.7. Lagos Naturales	5
1.3.8. Embalses	5
1.3.9. Agua Marina	5
1.4. Aplicaciones y Usos del Agua	6
1.4.1 Usos Consuntivos	6
1.4.2 Usos no Consuntivos	6
1.4.2.1 Usos en la Agricultura y ganaderia	6
1.4.2.2 Usos como fuente de energia	6
1.4.2.3 El agua como medio de comunicacion	6
1.4.2.4 Uso de consumo domestico	6
1.4.2.5.Uso de consumo publico	6
1.4.2.6 Uso de consumo industrial	6
1.4.2.7 Otros usos	7
1.5 CONTAMINACION DEL AGUA	7

1.5. Definicion	7
1.5.1. Causas de la Contaminacion del Agua	7
1.5.2. Tipos de Contaminacion	8
1.5.2.1. Contaminacion Natural	8
1.5.2.2. Contaminacion humana	9
1.5.2.2.1. Contaminacion de tipo físico	9
1.5.2.2.2. Contaminacion de tipo quimico	9
1.5.2.2.3. Contaminacion de tipo biologico	10
1.5.3. Efectos de la contaminación.	10
1.6 CARACTERISTICAS DEL AGUA POTABLE	10
1.6 . Definicion	10
1.6.1. Problemas de calidad del agua potable	11
1.6.2. Disponibilidad del Agua potable	11
1.6.3. Parametros para obtener agua potable	12
1.6.4. Normas de Calidad del Agua Potable	12
1.6.4.1. Requisitos de calidad	12
1.6.4.2. Calidad del agua cruda	13
1.6.4.2.1. Calidad fisica	13
1.6.4.2.2. Calidad quimica	13
1.6.4.2.3. Calidad bacteriologica	15
1 7 4 2 4 Calidad radiologica	15

potable	16
1.7. PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA	19
1.7. Introduccion	19
1.7.1. Objetivos del tratamiento del agua	20
1.8. METODOS PARA TRATAMIENTO DE AGUA	20
1.8. Metodos	20
1.8.1. Tratamientos físicos.	20
1.8.1.1.Tratamiento de filtracion por membrana	20
1.8.1.2. Procesos a presion alta	21
1.8.1.3. Osmosis inversa	21
1.8.1.4.Nanofiltracion del agua	22
1.8.1.5. Procesos a presion baja	22
1.8.1.6.Ultrafiltracion del agua	22
1.8.1.7.Microfiltracion del agua	22
1.8.2. Tratamientos quimicos	23
1.8.2.1. Adicion quimica	23
1.8.2.2. Clarificacion.	23
1.8.2.3. Intercambio de iones	24
1.8.2.4.Desinfeccion	24
1.8.3.4.1. Acido hipocloroso	26
1.8.3.4.2. Hipoclorito de calcio	26

1.8.3.4.3. Hipoclorito de sodio	27
1.8.2.5.Destilacion.	27
1.8.2.6. Electro-dialisis	28
1.8.2.7. Ajuste del pH	28
1.8.3. Tratamientos biologicos	28
1.9. OSMOSIS INVERSA	29
1.9. Osmosis Natural	29
1.10. Presion Osmotica	29
1.11. Fenomeno de Osmosis inversa	29
1.12. Sistema de membranas	31
1.12.1. Membrana semipermeable	31
1.12.2. Materiales de la membrana	32
1.12.3. Tipos de membranas	33
1.12.3.1. Membranas de espiral	33
1.12.3.2. Membranas de fibras huecas	34
1.12.3.3. Membranas planas	34
1.12.3.4. Membranas tubulares	34
1.12.3.5. Membranas capilares	35
1.12.4. Obstruccion de las membranas	36
1.12.5. Limpieza de la membranas	36
1 12 5 1 Lavado por chorro delantero	36

1.12.5.2. Lavado por chorro trasero	36
1.12.5.3. Lavado por chorro de aire	37
1.12.5.4. Limpieza quimica	37
1.12.6. Factores del agua de alimentación que afectan a la membrana	37
1.12.6.1. Presion	37
1.12.6.2. pH	37
1.12.6.3. Indice de saturacion de Langlier	38
1.12.6.4. Cloro libre y bacterias	38
1.12.6.5. Temperatura	38
1.12.7. Elementos que rechaza la membrana semipermeable	39
1.12.8. Beneficios de La Osmosis Inversa	. 40
1.12.9. Aplicaciones	. 41
1.12.9.1. Abastecimiento de agua para usos industriales y consumo poblaciones.	
1.12.9.2. Produccion de agua ultrapura para productos farmaceuticos y cosmeticos	s 42
1.12.9.3. Elaboraciones de cerveza y refrescos	. 42
1.12.9.4. Fabricacion de hielo	. 42
1.12.9.5. Produccion de agua para consumo humano	. 43
1.13. Purificacion de Agua por el Metodo de Osmosis Inversa	. 43
1.13. Introduccion	. 43
1.14. Importancia de la osmosis inversa en el tratamiento del agua	. 44
1.15. Funcion de la membrana semipermeable en el proceso de osmosis inversa	45

1.16. Tecnologia del proceso de osmosis inversa en el tratamiento de agua	46
1.17. DESCRIPCION GENERICA DE UN EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA	47
1.17. Componentes del equipo	47
Tanques de almacenamiento de agua	47
Filtro de arenas o de sedimentos	47
Filtro de carbon activado en bloque	48
Filtro de carbon granular	48
Osmosis inversa	48
1.18. Funcionamiento del sistema	49
1.19. Elementos auxiliares que componen un equipo de osmosis inversa	50
1.19.1. Bomba de succion	50
1.19.1.1. Bomba centrifuga	51
1.19.1.2. Partes de una bomba centrifuga	51
1.19.2. Tuberias	52
1.19.3. Codos	53
1.19.4. Tee	54
1.19.5. Reducciones	55
1.19.6. Valvulas	56
1.19.7. Manometros	56
1.19.7.1. Partes de un manometro	57
1 20 POLIMEROS	58

1.20 Definicion	58
1.21. Clasificacion de los polimeros	58
1.21.1. Termoplasticos	58
1.21.2. Termoestables	58
1.21.3.Elastomeros	59
1.22. Propiedades de los polimeros	59
1.22.1. Propiedades mecanicas	59
1.22.2. Propiedades Termicas	60
1.22.3. Propiedades físico-quimicas	60
1.23. Clasificacion de los polimeros	61
1.23.1. Poliester Termoplastico	61
1.23.1.1. Aplicaciones	61
1.23.2. Polietileno	61
1.23.2.1. Cladificacion	61
1.23.2.1.1. Polietileno de baja densidad	62
1.23.2.1.2. Polietileno lineal de baja densidad	62
1.23.2.1.3. Polietileno de alta densidad	62
1.23.2.1.4. Polietileno de alta densidad y alto peso molecular	63
1.23.3. PVC	63
1.23.3.1. Clasificacion	63
1.13.3.2. Aplicaciones	64

1.23.4.Polipropileno	64
1.23.4.1. Clasificacion	65
1.23.5. Poliestireno	66
1.23.5.1. Clasificacion	66
1.23.5.1.1. Poliestireno cristal	66
1.23.5.1.1.1 Aplicaciones	66
1.23.5.1.2. Poliestireno expansible	66
1.23.5.1.2.1. Aplicaciones	66
1.23.5.1.3. Poliestireno grado impacto	67
1.23.5.1.3.1. Aplicaciones	67
CAPITULO 2	
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS BASADAS EN LA INVESTIGACIÓN	
2.1 Introduccion	70
2.2 Tipos de investigacion utilizada	70
2.2.1. Investigacion aplicada	70
2.2.2. Investigacion documental.	70
2.2.3. Investigacion explorativa.	70
2.2.4. Investigacion descriptiva.	71
2.2.5. Investigacion explicativa	71
2.3. Localizacion de la investigacion	71
2.4. Metodos de recoleccion de la investigacion	72

2.4.1. Metodo analitico sintetico	72
2.4.2. Metodo inductivo deductivo.	73
2.5. Fuentes y tecnicas para la recolección de la información	73
2.5.1. Objetivo	73
2.5.2. Fuentes y tecnicas	74
2.6. Procedimiento para la recoleccion de la muestra	74
2.6.1. Plan de muestreo	74
2.7. Procedimiento de obtencion de la muestra	75
2.7.1.Condiciones iniciales de muestreo del agua	75
2.7.2. Mecanismo de analisis	75
2.7.3. Mecanismo de recoleccion.	75
2.7.4. Tecnicas de recoleccion.	76
2.7.4.1. Para analisis fisicoquimicos del agua	76
2.7.4.1.1.Punto de recoleccion.	77
2.7.4.1.2. Identificacion de la muestra	78
2.7.4.2. Para analisis bacteriologico e hidrobiologico	78
2.7.4.2.1. Punto de recoleccion	79
2.7.4.2.2. Identificacion de la muestra	79
2.8. Toma de la muestra	80
2.9. Almacenamiento de la muestra	81
2 10 Documentacion	82

2.11. Tratamiento de la muestra	82
2.12. Metodos y tecnicas	83
2.12.1. Metodos	83
2.12.2. Tecnicas	83
2.13. Resultados finales	83
2.14. Analisis de resultados	85
2.15. Analisis comparativos	85
2.15.1. Analisis comparativos en metales pesados	87
2.15.2. Conclusion de analisis comparativos	87
2.16. Plan de analisis final	88
CAPITULO 3	
DISEÑO,CALCULO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE PURIFI DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA	CACION
INDICE	
3.1. Diseño del sistema	89
3.2. Condiciones de diseño	90
3.3. Partes y Etapas de filtracion del sistema	90
3.3.1. Etapas de filtracion del sistema	91
3.4. Parametros iniciales de diseño en elementos para sistema de purifica	cio92
3.5. Calculo de las perdidas de energia en elementos del sistema	93
3.5. Objetivo	93

3.5.2. Tipos de flujo en un sistema de transporte	95
3.5.3. Perdidas por friccion en flujo laminar	96
3.5.4. Perdidas por friccion en flujo turbulento	97
3.5.4.1. Diagrama de Moody	97
3.5.5. Perdidas mayores	100
3.5.6. Perdidas menores	100
3.5.7. Perdidas en la salida de un fluido	100
3.5.8. Perdidas en la entrada de un fluido	101
3.5.9. Perdidas en valvulas	102
3.5.10. Selección de dimensiones en tuberias y accesorios	103
3.5.11. Partes y elementos del sistema que generan perdidas de energia	103
3.5.12. Analisis de las perdidas de energia	104
3.5.13. Calculos teoricos de perdidas de energia en el sistema de purificacion d agua.	
3.5.13.1. Velocidades en el sistema	105
3.5.13.2. Area transversal de la tuberia	106
3.5.14. Calculo en etapa de succion del sistema	106
3.5.14.1. Diametro de la tuberia	106
3.5.14.2. Perdidas mayores	107
3.5.14.2.1. Calculo del area de la tuberia de succion	107
3.5.14.2.2. Calculo de la velocidad de succion	107
3.5.14.2.3. Calculo de perdidas de energia en la tuberia de succion de 1"	107

3.5.14.2.3.1. Calculo de la rugosidad relativa	108
3.5.14.2.3.2. Calculo del factor de friccion en tuberias	108
3.5.14.3. Perdidas menores	109
3.5.14.3.1. Calculo de perdidas de energia en acoplamiento de tanque	109
3.5.15. Calculo en etapa de descarga del sistema	110
3.5.15.1. Diametro de las tuberia	110
3.5.15.2. Perdidas mayores	110
3.5.15.2.1. Calculo del area en la tuberia de descarga	111
3.5.15.2.2. Calculo de la velocidad en descarga	111
3.5.15.2.3. Calculo de perdidas de energia en la tuberia de descarga en 1/2"	111
3.5.15.2.3.1.Calculo de la rugosidad relativa	112
3.5.15.2.3.2. Calculo del factor de friccion en tuberias	112
3.5.15.3. Perdidas menores	113
3.5.15.3.1. Calculo de perdidas de energia en acoplamiento de tanque	113
3.5.15.3.2. Calculo de las perdidas en codos de 90°	113
3.5.15.3.3. Calculo de las perdidas en tee	114
3.5.15.3.4. Calculo valvula de bola en 1/2"	115
3.6. Cuantificacion de las perdidas de energia en la succion y descarga	115
3.7. Perdidas de energia en elementos filtrantes	116
3.7.1. Calculo de las perdidas de energia en elementos filtrantes	116
3 7 1 1 Filtro de sedimentos	116

3.7.1.2. Filtro de carbon activado granular	117
3.7.1.3. Membrana semipermeable	117
3.8. Perdidas de energia en el sistema de purificacion de agua	119
3.9. Factores para la selección de la bomba de trabajo	119
3.10. Altura equivalente para la selección de la bomba de trabajo	120
3.11. Selección de la bomba de trabajo	120
3.12. Calculo en tuberia de antiretorno del sistema	122
3.12.1. Calculo del diametro de la tuberia	122
3.12.2. Perdidas mayores	122
3.12.2.1. Calculo del area de la tuberia de antiretorno	122
3.12.2.2. Calculo de la velocidad de antiretorno	123
3.12.2.3. Calculo de perdidas de energia en la tuberia de antiretorno en 3/4"	123
3.12.2.3.1. Calculo de la rugosidad relativa	123
3.12.2.3.2. Calculo del factor de friccion en tuberias	123
3.12.3. Perdidas menores	124
3.12.3.1. Calculo de perdidas de energia en acoplamiento de tanque	124
3.12.3.2. Calculo de las perdidas en codos de 90°	125
3.12.3.3. Calculo de las perdidas en tee	125
3.12.3.4. Calculo de perdida de energia en valvula de compuerta en 3/4"	125
3.13. Tabla de perdidas totales de energia en elementos que conforman el sistema purificación de agua	de 126

3.14. Calculo total de las perdidas de energia en el sistema de purificación de agua	. 127
3.15. Analisis para el calculo teorico de la potencia de la bomba	. 127
3.15.1. Calculo de la energia suministrada por la bomba al sistema	. 128
3.15.2. Calculo de la potencia agregada al fluido por la bomba	. 128
3.15.3. Calculo total de la altura equivalente en el sistema de purificacion	. 129
3.15.4. Punto de operación de la bomba de trabajo	. 130
3.16. CALCULO Y ANALISIS PARA TANQUES DE PARED DELGADA	. 131
3.16.1. Introducción.	.131
3.16.2. Dimensiones del tanque de almacenamiento	. 131
3.16.3. Esquema del tanque de almacenamiento	. 133
3.16.4. Calculo del espesor de pared de los tanques de almacenamiento de agua	. 133
3.16.5. Material de construccion de los tanques	.134
3.16.5.1. Características.	.134
3.16.6. Analisis de diseño para tanques de pared delgada	. 135
3.16.7. Calculo de la presión critica en el interior del tanque	.136
3.16.8. Calculo teórico del espesor del tanque	137
3.16.8.1. Espesor de pared total del tanque	. 138
3.17. CALCULO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A CARGAS ESTATICAS	. 139
3.17.1. Introduccion	. 139
3.17.2. Calculo teorico de cargas del sistema	. 139

3.17.2.1. Peso tanque de almacenamiento captación y descarga	139
3.17.2.2. Peso fluido de almacenamiento.	140
3.17.2.3. Peso filtros y membrana semipermeable de tratamiento de agua	140
3.17.2.4. Peso bomba multietapas	140
3.17.2.5. Peso tuberia de acero galvanizado de 1"	140
3.17.2.6. Peso tuberia de acero galvanizado de 3/4"	141
3.17.2.7. Peso tuberia de acero galvanizado de 1/2"	141
3.17.2.8. Peso tablero de aglomerado tropical	141
3.17.2.9. Peso accesorios y elementos de conexion	142
3.18. Carga total de elementos que conforman el sistema de purificacion de agua	142
3.19. Analisis de elementos estructurales sometidos a cargas	143
3.20. Elementos de estructura de asentamiento sometidos a cargas	143
3.21. Area de estructura de asentamiento sometido a cargas	144
3.22. Calculo de carga por unidad de area	145
3.22.1. Analisis viga BF y CG	145
3.22.2. Calculo de reacciones en apoyos	146
3.22.3. Calculo del momento maximo en elementos BF y CG	146
3.22.4. Calculo del modulo de seccion en elementos BF y CG	148
3.23. Calculo elementos longitudinales	148
3.23.1. Analisis viga AD	148
3.23.2. Calculo del momento maximo en viga AD	149

3.23.3. Calculo de esfuerzos cortantes y momentos en viga AD	150
3.23.4. Calculo del modulo de seccion en viga AD	151
3.24. Calculo de momentos y deflexiones realizados en el SAP	152
3.24.1. Dimensiones de modulo de seccion obtenidas en el SAP	152
3.24.2. Plano de la estructura de asentamiento en 3 dimensiones	152
3.24.3. Momentos generados en la estructura de asentamiento	153
3.25. Selección del perfil de estructura de asentamiento de sistema de purificac agua.	
3.26. OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO EQUIPO DE PURIFICACION E	POR
OSMOSIS INVERSA	155
3.26.1. Generalidades	155
3.26.2. Ejecucion del prototipo de purificacion de agua	155
3.26.3. Materiales utilizados en la construcción	155
3.26.3.1. Tanques de captacion y almacenamiento de agua	156
3.26.3.2. Filtro de sedimentos	156
3.26.3.3.Filtro de carbon activado granular	157
3.26.3.4. Membrana sintetica semipermeable	157
3.26.3.5. Bomba multietapas fabricada de acero inoxidable	158
3.26.3.6. Tubería de 1",3/4" y ½" fabricada en acero galvanizado	158
3.26.3.7. Válvula de compuerta ¾" fabricada en acero	159
3.26.3.8. Válvula de bola ½ " fabricada en acero	159
3.26.3.9. Codos,universales y accesorios fabricados en acero galvanizado	160

3.26.3.10. Uniones fabricadas en bronce	160
3.26.3.11. Manómetros para medición de presiones	161
3.26.3.12. Tablero de control ON/OFF para encendido y apagado del sistema	161
3.26.4. Características y parámetros de funcionamiento	162
3.26.4.1. Características de funcionamiento	162
3.26.4.2. Parametros de funcionamiento	162
3.26.5. Cuadro de parametros de funcionamiento	163
3.27. Análisis de Resultados finales	163
3.27.1 Tipos de análisis realizados	163
3.28. Datos de análisis obtenidos del agua tratada mediante sistema de purificación	164
3.29. Análisis comparativos de agua tratada por medio equipo de purificación	165
3.29.1. Parámetros físicos	165
3.29.2. Parámetros químicos	166
3.29.3. Parámetros microbiológicos	167
3.30. Conclusion de resultados obtenidos	168
CAPITULO 4	
COSTOS DEL PROYECTO	
INDICE	
4.1 Introducción	169
4.2. Detalle de costos.	.169
4.2.1. Tuberias de conduccion y accesorios de acoplamiento	169

4.2.2. Tanques de almacenamiento	170
4.2.3. Valvulas de conexion	170
4.2.4. Bomba centrifuga.	171
4.2.5 Componentes de instalación de los manometros	171
4.2.6. Filtros utilizados en el sistema	172
4.2.7. Material utilizado en la estructura del sistema	172
4.2.8. Instalaciones electricas	173
4.2.9.Insumos	173
4.2.10. Costo total de materiales e insumos	174
4.2.11. Costo de mano de obra y analisis de agua	174
4.2.12. Costo de diseño e ingenieria del sistema	175
4.2.13. Costo total del proyecto.	175
CONCLUSIONES	176
RECOMENDACIONES.	179
BIBLIOGRAFIA	181
DIRECCIONES ELECTRONICAS	184
GLOSARIO DE TERMINOS	185
ANEXOS	190

# **INDICE DE GRAFICAS**

Grafica. 1.1. Componentes del Agua	1
Grafica.1.2. Esquema de fenomeno de osmosis inversa	30
Grafica.1.3. Membrana semipermeable	32
Grafica.1.4. Membrana de espiral	33
Grafica.1.5. Membrana de fibras huecas	34
Grafica.1.6. Membrana tubular	35
Grafica.1.7. Membrana capilar	35
Grafica.1.8. Separacion selectiva de particulas por osmosis inversa	44
Grafica.1.9. Proceso de osmosis inversa para obtener agua pura	45
Grafica.1.10. Sistema de separacion de solidos disueltos por osmosis inversa	46
Grafica.1.11.Separacion de solidos disueltos por osmosis inversa	46
Grafica. 1.12. Esquema secuencial proceso de osmosis inversa	47
Grafica.1.13. Tanque de captacion de agua	44
Grafica.1.14. Filtro de sedimentos.	47
Grafica. 1.15.Filtro de carbon activado	48
Grafica. 1.16. Filtro de carbon granular	48
Grafica. 1.17. Membrana enrollada en espiral	49
Grafica. 1.18. Corte esquematico de una bomba centrifuga	51
Grafica. 1.19. Tuberias (catalogo grupoprovi)	52
Grafica 1.20 Codo	53

Grafica. 1.21. Tee	54
Grafica. 1.22. Reducciones.	55
Grafica.1.23. Esquema de una valvula	56
Grafica.1.24.Manometros para medicion de presiones.	57
Grafica. 1.25. Partes de un manometro.	57
Grafica. 1.26. Efectos del tiempo y la temperatura sobre las caracteristicas de resistencia de los termoplasticos.	59
Grafica.2.1. Ubicación de la vertiente de agua dulce en parroquia de Puembo	72
Grafica. 2.2. Ubicación de salida de caudal de vertiente rio guambi	75
Grafica. 2.3. Muestra tomada en la vertiente de la parroquia de Puembo	81
Grafica. 2.4. Muestra llevada al laboratorio de analisis.	81
Grafica. 2.5. Especificaciones de recepcion de muestra	82
Grafica. 2.6. Analisis de laboratorio de muestra de agua	83
Grafica. 2.7. Analisis del pH en laboratorio de muestra de agua	83
Grafica. 3.1. Forma geometrica del sistema de purificacion de agua	89
Grafica. 3.2. Partes principales del sistema de purificacion de agua	90
Grafica. 3.3. Sistema de flujo de un fluido	94
Grafica. 3.4. Diagrama de Moody	98
Grafica. 3.5. Rugosidad de la parede de un tubo	99
Grafica. 3.6. Perdida en la salida de un tanque de almacenamiento	101
Grafica. 3.7. Factor de perdidas en la salida de un tanque de almacenamiento	101
Grafica. 3.8. Diagrama de caudal vs presion en filtro de sedimentos	116

Grafica.3.9. Diagrama de caudal vs presion en filtro de carbon activado granular 117
Grafica. 3.10. Diagrama de caudal vs presion en membrana semipermeable 118
Grafica. 3.11. Curva de trabajo de la bomba centrifuga multietapas
Grafica. 3.12. Punto de operación de la bomba HM5Q-6 2HP
Grafica. 3.13. Esquema del tanque de almacenamiento para agua
Grafica. 3.14. Fuerza resultante en tanques cilindricos de pared delgada 135
Grafica. 3.15. Estructura de asentamiento de equipo de purificación
Grafica. 3.16. Elementos sometidos para análisis estructural
Grafica. 3.17. Dimensiones de marco de asentamiento estructural
Grafica. 3.18. Ancho cooperante elementos BF y GC
Grafica. 3.19. Reacciones RB y RF
Grafica. 3.20. Diagrama de corte en elemento BF
Grafica. 3.21. Diagrama de momento máximo en elemento BF
Grafica. 3.22. Diagrama de cargas existentes en viga AD
Grafica. 3.23. Diagrama de esfuerzo cortante en viga AD
Grafica. 3.24. Diagrama de momentos máximos en viga AD
Grafica. 3.25. Perfil obtenido para la construcción de la estructura mediante análisis
en programa SAP
Grafica. 3.26. Diagrama de cortes existentes en estructura de asentamiento generados
por programa SAP
Grafica. 3.27. Momentos generados en simulación de programa SAP de estructura
metálica de asentamiento

Grafica. 3.28. Cuadro de propiedades de perfiles tubulares estructurales	
proporcionado por empresa DIPAC	154
Grafica. 3.29. Grafica de tanques utilizados en sistema de purificación	156
Grafica. 3.30. Grafica de filtro de sedimentos utilizado en sistema de purificació	n de
agua	156
Grafica. 3.31. Grafica de filtro de carbón activado granular utilizado en sistema	de
purificación de agua	157
Grafica. 3.32. Grafica de membrana semipermeable utilizada en sistema de	
purificación de agua	157
Grafica. 3.33. Grafica de bomba multietapas utilizada en sistema de purificación	de
agua	158
Grafica. 3.34. Grafica de tubería de acero galvanizado utilizada en sistema de	
purificación de agua	158
Grafica. 3.35. Grafica de válvula de compuerta utilizada en sistema de purificaci	ón
de agua	159
Grafica. 3.36. Grafica de válvula de bola para apertura de flujo utilizada en siste	ma
de purificación de agua	159
Grafica. 3.37. Grafica de codos, universales y accesorios utilizados en la	
construcción del sistema de purificación para agua	160
	.,
Grafica. 3.38. Grafica de uniones fabricadas en bronce utilizadas en la construcc	
de equipo para purificación de agua	160
Grafica. 3.39. Grafica de manómetros de presión utilizadas en la construcción de	e
equipo para purificación de agua	161
Grafica. 3.40. Grafica de tablero de control utilizado para el arranque y	
funcionamiento del sistema para purificación de agua	161

# INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Datos de Consumo de Agua Utilizada por Persona/dia	. 12
Tabla.1.2 Compuestos que afectan la potabilizacion del agua.	. 13
Tabla.1.3 Compuestos Peligrosos para la Salud	. 13
Tabla 1.4 Compuestos Toxicos Indeseables	14
Tabla. 1.5. Compuestos quimicos indicadores de la Contaminacion del Agua	. 14
Tabla. 1.6. Calidad bacteriologica del Agua	. 15
Tabla. 1.7. Componentes Inorganicos del Agua Potable.	. 16
Tabla. 1.8. limites de cantidades de fluoruros en el agua	. 17
Tabla. 1.9.Componentes organicos del agua potable	. 17
Tabla. 1.10. Calidad organoleptica del agua	. 18
Tabla. 1.11. Calidad radiologica del agua	. 19
Tabla. 1.12.Factores de alimenatcion de agua que afectan a las membranas semipermeables dependiendo del tipo de material de construccion.	. 39
Tabla. 1.13. Componentes Orgánicos e Inorgánicos que Rechaza la Membrana	. 40
Tabla. 1.14. Propiedades físicas y mecanicas del polietileno solido	. 68
Tabla. 1.15. Propiedades del polietileno liquido	. 68
Tabla. 1.16. Propiedades del polietileno de alta y baja densidad	. 69
Tabla. 2.1. Cuadro de cantidades de muestras de aguas tomadas	. 74
Tabla. 2.2. Hoja de reporte obtenida del laboratorio de analisis	. 84
Tabla. 2.3. Parametros físicos comparativos del agua de vertiente	. 85

Tabla. 2.4. Parametros quimicos comparativos del agua de vertiente
Tabla. 2.5. Parametros microbiologicos comparativos del agua de vertiente 86
Tabla. 2.6. Valores comparativos de metales pesados existentes en el agua
Tabla. 2.7.Diagnostico de metales pesados existentes en el agua
Tabla. 3.1. Caracteristicas de los filtros de purificacion de agua
Tabla. 3.2. Valores de rugosidad en las tuberias
Tabla. 3.3. Factor de resistencia en valvulas y acoplamientos
Tabla. 3.4. Factor de friccion en la zona de turbulencia completa para tuberias de acero comercial, nueva y limpia
Tabla. 3.5. Elementos que generan perdidas de energia
Tabla. 3.6. Rango de velocidad recomendada en un sistema de flujo
Tabla. 3.7. Perdidas de presión en succion y descarga
Tabla. 3.8. Perdidas de presión en membrana semipermeable
Tabla. 3.9. Perdidas de presión en elementos del sistema de purificacion
Tabla. 3.10. Altura equivalente en metros de columna de agua para la selección de la bomba
Tabla. 3.11. Perdidas totales de energia en el sistema de purificacion
Tabla. 3.12. Perdidas totales de energia en todos los componentes del sistema 127
Tabla. 3.13. Altura total del sistema medido en metros de columna de agua 130
Tabla. 3.14. Capacidad permisible de los tanques de almacenamiento de agua 132
Tabla. 3.15. Propiedades físicas y mecanicas del polietileno de baja densidad 134
Tabla. 3.16. Peso total de los elementos que conforman el sistema para purificacion de agua

Tabla. 3.17. Tabla de momentos calculados viga AD	149
Tabla. 3.18. Parametros de funcionamiento generados por el sistema	163
Tabla. 3.19. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos obtenidos mediante e tratamiento de agua por equipo de purificación	
Tabla. 3.20. Parámetros físicos comparativos de agua tratada mediante equipo de purificación de agua	
Tabla. 3.21. Parámetros químicos comparativos de agua tratada mediante equipo purificación de agua	
Tabla. 3.22. Parámetros microbiológicos comparativos de agua tratada mediante equipo de purificación de agua	
Tabla. 4.1. Valores de tuberias de conduccion y accesorios de acoplamiento	169
Tabla. 4.2. Valores de tanques de almacenamiento	170
Tabla. 4.3. Valores de valvulas de conexion	170
Tabla. 4.4. Valores de bomba centrifuga de accionamiento	171
Tabla. 4.5. Valores de componentes de instalación de manometros	171
Tabla. 4.6. Valores de filtros utilizados	172
Tabla. 4.7. Valores de materiales utilizados en la estructura del sistema	172
Tabla. 4.8. Valores de las instalaciones electricas	173
Tabla. 4.9. Valores totales de insumos	173
Tabla. 4.10. Valor del costo total de materiales e insumos	174
Tabla. 4.11. Valor de mano de obra y analisis de agua	174
Tabla. 4.12. Valor de costo de diseño e ingenieria del sistema	175
Tabla. 4.13. Valor del costo total del proyecto	175

## **ANEXOS**

Anexo A Tabla de las propiedades del agua	191
Anexo B Tabla de las dimensiones de tuberia cedula 40	194
Anexo C Tabla de factor de conversion de unidades	196
Anexo D Informe de analisis de tratamiento del agua	198
Anexo E Norma Tecnica Ecuatoriana NTE INEN 1108	202
Anexo F Catalogo de empresa proveedora de tanques de almacenamiento	209
Anexo G Informe de analisis de metales pesados en el agua	213
Anexo H Pruebas de presion realizadas en la E.P.N.	216
Anexo I Catalogo de bombas centrifugas.	222
Anexo J Catalogo de empresa proveedora de materiales para la construccion	231
Anexo K Catalogo de empresa proveedora de filtros para purificacion de agua	235
Anexo L Catalogo de empresa proveedora de tableros de madera	239
Anexo M Informe de analisis de agua tratada mediante planta de purificacion	241
Anexo N Fotos del sistema.	245
Anexo O Planos generales del sistema	249

## SIMBOLOGÍA

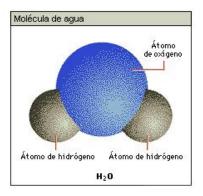
- **P** Presión [KN/m<sup>2</sup>]
- g Gravedad [m/s<sup>2</sup>]
- v Velocidad [m/s]
- $h_L$  Pérdida de energía debido a la fricción [N-m/m]
- **L** Longitud [m]
- **D** Diámetro interior de la tubería [m]
- f Factor de fricción [Adimensional]
- μ Viscosidad dinámica [Pa.s]
- v Viscosidad cinemática [m²/s]
- $\rho$  Densidad [Kg/m<sup>3</sup>]
- **K** Coeficiente de resistencia [Adimensional]
- *L<sub>e</sub>* Longitud equivalente [Adimensional]
- $f_T$  Factor de fricción [Adimensional]
- $v_I$  Velocidad de flujo en la tubería más pequeña en la expansión [m/s]
- $v_2$  Velocidad de flujo en la tubería más pequeña en la contracción [m/s]
- $P_A$  Potencia que se agrega al fluido [Kw]
- γ Peso específico [KN/m<sup>3</sup>]
- $\mathbf{Q}$  Caudal [m<sup>3</sup>/s]
- $h_A$  Energía añadida al sistema
- $P_A$  Potencia transmitida al fluido [Kw]
- P<sub>I</sub> Potencia de entrada a la bomba [Kw]
- **NPSH**<sub>A</sub> Cabeza de succión positiva neta adquirida [m]
- **NPSH**<sub>R</sub> Cabeza de succión positiva neta requerida [m]
- $N_R$  Número de Reynolds [Adimensional]
- $h_{sp}$  Cabeza de presión estática [m]
- h<sub>s</sub> Altura desde el nivel de fluido en el depósito a centro de la tubería de succión en la bomba [m]
- $h_f$  Pérdida de energía debido a la fricción en la succión [m]
- $h_{vp}$  Cabeza de presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo [m]

# CAPITULO I MARCO TEÓRICO

## 1. IMPORTANCIA Y CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

## 1.1. Características del agua

El agua es un componente de nuestra naturaleza ocupando tres cuartas partes de la superficie del planeta. Su naturaleza se compone de tres átomos, dos de hidrógeno y uno de oxígeno que unidos entre sí forman una molécula de agua, H<sub>2</sub>O. La forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la manera en que encontramos el agua en nuestro entorno, como líquidos, en lluvias, ríos, océanos, etc., como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes. <sup>1</sup>



Gráfica 1.1. Componentes del agua

Fuente: www.monografias.com/trabajos/parametros del agua

Gran parte del agua de nuestro planeta, alrededor del 98%, corresponde a agua salada que se encuentra en mares y océanos, el agua dulce que poseemos en un 69% corresponde a agua atrapada en glaciares y nieves eternas, un 30% está constituido por aguas subterráneas y una cantidad no superior al 0,7% se encuentra en forma de ríos y lagos.

\_

www.monografias.com/trabajos/ parámetros del agua

## 1.2. Importancia del agua

El agua pura prácticamente no existe, porque, además de presentar impurezas incluso después de una destilación en laboratorio, también posee la propiedad de disolver numerosas sustancias, por lo que se la conoce como solvente universal.

Cuando el agua entra en contacto con el aire, el suelo o incluso el propio hombre, adquiere impurezas y modifica su composición, lo que puede producir enfermedades y perjuicios para el ser humano.

Según la Organización Mundial de la Salud, "aproximadamente un cuarto de las camas existentes en todos los hospitales del mundo están ocupadas por enfermos cuyos males se deben a la mala calidad del agua".

Por esta razón, el hombre debe disponer de agua en cantidad suficiente y de calidad adecuada para que pueda atender todas sus necesidades.

## 1.3. Fuentes de abastecimiento de agua

#### 1.3.1. Abastecimientos subterráneos

Las aguas subterráneas son todas las aguas que se encuentran por debajo de la zona de subsuelo , las mismas que se encuentran situadas en la zona del nivel freático donde todos los espacios abiertos están llenos con agua ,con una presión igual o mayor que la atmosférica.

Generalmente las comunidades más pequeñas son las que emplean abastecimientos subterráneos de agua, por lo que resulta limitado el volumen de un acuífero. Un inconveniente de los abastecimientos subterráneos es su tendencia a proporcionar aguas excesivamente duras, lo cual se debe a que los constituyentes que causan la dureza son lavados de los depósitos minerales. Por otro lado, el abastecimiento subterráneo tiene la ventaja de proporcionar aguas que requieren un menor grado de tratamiento, porque las impurezas se eliminan en forma natural a medida que el agua atraviesa las capas del suelo y el subsuelo. Sin embargo debe tenerse siempre presente que aunque estas condiciones corresponden a la generalidad de las aguas subterráneas, no siempre contribuyen a la dureza los depósitos minerales, y que la

conformación del suelo y del subsuelo puede ser del tipo que elimina con eficacia la materia indeseable del agua.<sup>2</sup>

**1.3.2. Pozos poco profundos.-** Aunque no existe un límite exacto que distinga entre pozos profundos y pozos profundos, usualmente se clasifican como "poco profundos" aquella cuya profundidad es menor de 30 metros y como "profundos" aquellos cuya profundidad es superior a dicho límite. Los pozos poco profundos pueden ser cavados o entubados.

**1.3.3. Pozos profundos.-** Cuando el suelo situado encima de las formaciones rocosas no contiene agua, los pozos deben perforarse ya sea dentro de las rocas para extraer el agua de las grietas o a través de la roca hasta localizar los estratos acuíferos más profundos.<sup>3</sup>

Ante tales circunstancias, o cuando solamente se puede disponer de agua de los estratos profundos, se hacen pozos perforados. Comúnmente los pozos perforados son de 15 a 30 cm de diámetro, pero pueden ser mayores. Los recubrimientos metálicos pueden proporcionar una protección efectiva contra la introducción de aguas superficiales y de aguas subterráneas contaminadas, siempre y cuando el recubrimiento este bien soldado para impedir la entrada de toda clase de contaminaciones. Si el estrato que lleva agua es arenoso o contiene grava, debe colocarse una coladera de dimensiones adecuadas conectada en el extremo inferior del recubrimiento. Como quiera que el agua no pueda elevarse más de unos metros mediante succión, el dispositivo de bombeo debe colocarse debajo del suelo, cerca o más abajo del espejo de agua del pozo.

## 1.3.4. Manantiales

Aparece donde un estrato que lleva agua alcanza la superficie del terreno, o donde las fisuras de la roca "afloran" a la superficie, en condiciones tales que el agua subterránea es forzada a través de las grietas. El primer tipo de manantial es usualmente de origen local, y debe tenerse gran cuidado para aislarlo de las fuentes de contaminación cercanas. Es difícil averiguar el origen de un manantial surgido

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Ingeniería Sanitaria y de aguas Residuales

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales

entre rocas, a no ser que se logre un conocimiento detallado de las formaciones geológicas del área en cuestión.

También se debe tener presente que las materias contaminantes pueden pasar por las grietas de las rocas a grandes distancias, sin que mejore la calidad del agua, como sería el caso si esta pasara a través de la arena.

### 1.3.5. Abastecimientos Superficiales

Las aguas superficiales son aquellas que fluyen o se almacenan en la superficie de un determinado terreno. Entre las que se encuentran, los ríos que son corrientes de agua natural o intermitente, que desemboca a otras por efecto de corrientes, embalses naturales o artificiales, lagos, lagunas y mares.

Las grandes ciudades dependen de abastecimientos superficiales y en la mayoría de los casos las aguas superficiales, ya sean de corrientes, lagos o embalses, no son seguras para el consumo humano y requieren de tratamiento.

Los manantiales pequeños, de terrenos elevados, pueden proporcionar agua insípidas, prácticamente claras, excepto durante la temporada de lluvias tempestuosas, en las que pueden tener una cantidad moderada de sólidos suspendidos. Aun cuando cualquier bacteria indeseable presente puede ser de origen animal, tales aguas están siempre expuestas a contaminación, accidental o incidental, de origen humano.

Las grandes corrientes usualmente reciben agua de cuencas habitadas y reciben también contaminantes más serias producidas por el escurrimiento superficial de las tierras erosionadas o aradas, por lo que las características físicas de estas aguas son, por lo general, inferiores a las de las grandes cañadas. Además, las aguas negras y los desperdicios industriales pueden ser descargados directamente a muchas corrientes sin tratamiento adecuado. Los lagos, represas y embalses proporcionan agua de mejor calidad que la mayoría de las corrientes, debido al efecto benéfico del auto purificación por sedimentación y reposo.

**1.3.6. Ríos.-** Los abastecimientos de agua de los ríos requieren por lo común de los mayores recursos para su tratamiento. La turbiedad, o enturbiamiento, el contenido mineral y el grado de contaminación varían considerablemente de un día a otro. La variación de la temperatura del agua durante el año también puede hacerla indeseable, especialmente durante los meses calurosos de verano.

Aunque no siempre sucede así, a menudo el abastecimiento de rio, se prefiere solamente cuando no es posible obtener agua de otras fuentes seguras. Por otro lado, el abastecimiento de rio tiene la ventaja, sobre el tipo de abastecimiento de embalses, de que la inversión que debe hacerse en la planta de tratamiento es menor, porque no se requiere construir costosos muros de retención, ni canales, ni grandes extensiones de terreno, ni adquirir derechos sobre el agua.

**1.3.7.** Lagos naturales.- Los lagos pueden proporcionar agua de calidad excepcionalmente buena, excepto cerca de sus márgenes y en la vecindad de descargas de drenajes o de corrientes fuertes. Además de necesitar un tratamiento mínimo, la disponibilidad de cantidades de agua prácticamente ilimitadas constituye una ventaja decisiva. Desgraciadamente, sin embargo, los medios más deseables para disponer de las aguas negras de una ciudad consisten frecuentemente en descargarlas al mismo lago del que se suministra el agua. Debe tenerse gran cuidado para localizar tanto los puntos de toma de agua como los de descarga de drenajes, para que a la planta de tratamiento llegue un agua con el mínimo de contaminación.<sup>4</sup>

1.3.8. Embalses.- La cantidad de agua que lleva una corriente está sujeta a muy grandes variaciones de un día a otro, así como durante las diferentes épocas del año. Cuando el consumo de agua es mayor, o incluso cercano al caudal de la corriente, puede ser necesario construir una represa, creando así un embalse para almacenar el agua durante la temporada de lluvias, la cual será utilizada durante la subsecuente época de estiaje. Los embalses tienen, además, la ventaja de eliminar la mayor parte del lodo o enturbiamiento del agua, por sedimentación, durante el almacenamiento. Puede haber ventajas adicionales, tales como la disminución de bacterias, y también desventajas, como la producción de olores y sabores debido a las algas.

**1.3.9. Agua marina.-** Es aquella que se encuentra en los mares y se distingue por su elevada salinidad, también conocida como agua salada. Las aguas marinas corresponden a las aguas territoriales en la extensión y términos que fijen el derecho internacional.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales

## 1.4. Aplicaciones y usos de agua

#### 1.4.1. Usos consuntivos

Son aquellos en los que se realiza la extracción del agua de su lugar de origen para facilitar su consumo. En su gran porcentaje el agua que se utiliza en los usos consuntivos procede de los recursos hídricos naturales: ríos, lagunas, lagos y aguas subterráneas.<sup>5</sup>

#### 1.4.2. Usos no consuntivos

Son aquellos que consisten en el consumo de agua en su lugar de origen.

- Uso en agricultura y ganadería.- en agricultura, para el riego de los campos. En ganadería, como parte de la alimentación de los animales y en la limpieza de los establos y otras instalaciones dedicadas a la cría de ganado.
- Fuente de energía.- aprovechamos el agua para producir energía eléctrica (en centrales hidroeléctricas situadas en los embalses de agua).
- En algunos lugares se aprovecha la fuerza de la corriente de agua de los ríos para mover máquinas (molinos de agua, aserraderos).
- Vía de comunicación.- desde hace mucho el hombre aprendió a construir embarcaciones que le permitieron navegar por las aguas de mares, ríos y lagos. En nuestro tiempo, utilizamos enormes barcos para transportar las cargas más pesadas que no pueden ser transportadas por otros medios.
- Consumo doméstico.- comprende el consumo de agua en nuestra alimentación, en la limpieza de nuestras viviendas, en el lavado de ropa, la higiene y el aseo personal.
- Consumo público.- en la limpieza de las calles de ciudades y pueblos, en las fuentes públicas, ornamentación, riego de parques y jardines, otros usos de interés comunitario, etc.
- En la industria.- en los proceso de fabricación de productos, en los talleres, en la construcción.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Abastecimiento de Aguas y Remoción de Aguas Residuales, Fair, Geyer y Okun Pag.35

• Otros usos.- en los ríos, en el mar, en las piscinas y lagos, en la montaña practicamos un gran número de deportes: vela, submarinismo, windsurf, natación, esquí acuático, waterpolo, piragüismo, rafting, etc.

## CONTAMINACIÓN DEL AGUA

#### 1.5. Definición

La contaminación de las aguas naturales, los ríos, lagos, y el mar se genera específicamente por dos aspectos principales, por un lado la descarga de las aguas residuales municipales de usos domésticos; por otro, la descarga de vertidos industriales.

La descarga a las alcantarillas es casi toda de tipo orgánico, por lo que su tratamiento no es necesario que sea muy complicado. En los últimos años, un factor nuevo que ha venido a complicar el tratamiento de las aguas residuales domesticas, ha sido la introducción de los detergentes, los primeros eran incapaces de degradación biológica y, en consecuencia, planteaban serios problemas a las técnicas normalizadas de tratamiento. Se presiono sobre los fabricantes para aliviar este problema, y el resultado ha sido que la mayor parte de los detergentes actuales se pueden destruir en plantas adecuadas de aguas residuales.

## 1.5.1. Causas de la contaminación del agua

Las fuertes concentraciones de población contribuyen a la rápida contaminación del agua y otros tipos de contaminación.

Los principales contaminantes del agua son:

- Agentes patógenos: bacterias, virus, protozoarios y parásitos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos.
- Desechos que requieren oxígeno, los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas.

- Sustancias químicas inorgánicas, ácidos, compuestos de metales tóxicos (mercurio, plomo) que envenenan el agua.
- Los nutrientes vegetales que pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies marinas (zona muerta).
- Sustancias químicas orgánicas: petróleo, plásticos, plaguicidas y detergentes que amenazan la vida.
- Sedimentos o materia suspendida: partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación.
- Sustancias radiactivas que pueden causar defectos congénitos y cáncer.
- Calor: ingresos de agua caliente disminuyen el contenido de oxígeno y hace a los organismos acuáticos muy vulnerables.<sup>6</sup>

## 1.5.2. Tipos de contaminación del agua

Dentro de las fuentes de contaminación del agua tenemos diferentes tipos de contaminación ya sea esta por medio de cualquier actividad natural o humana que modifique las condiciones naturales de dicho elemento.

Dentro de la contaminación tenemos dos tipos:

- Contaminación Natural
- Contaminación Humana

#### 1.5.2.1. Contaminación natural

Los procesos de contaminación natural del agua son producidos de forma inevitable, por reacciones naturales como por ejemplo: grandes tormentas, erupciones volcánicas, la descomposición de pantanos, el escape natural de petróleo desde su yacimiento, etc.

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> http://www.Monografias.com/elagua. Gustavo Rodríguez Zelada, 2001.

#### 1.5.2.2. Contaminación humana

La utilización del agua para sus diferentes usos es un medio de contaminación humana, debido a que el agua utilizada es devuelta al medio ambiente con menor calidad.

Dentro este tipo de contaminación existen diferentes contaminantes que afectan a la composición del agua entre los cuales tenemos:

## 1.5.2.2.1. Contaminantes de tipo físico

Se consideran contaminantes físicos a las emisiones de calor, radiaciones de residuos nucleares y la variación de la temperatura del agua.

Las centrales nucleares necesitan refrigerarse y como resultado de este proceso, vierten agua a temperaturas elevadas, lo que supone una disminución del oxigeno disuelto, de igual forma, las centrales hidroeléctricas vierten aguas con temperaturas más baja, en ambos casos se está contaminando el agua por lo cual la flora, la fauna y la alteración del ciclo biológico se ve sometida a una alteración.

## 1.5.2.2.2. Contaminación de tipo químico

La presencia de metales pesados en el agua, que proceden de la infiltración de vertederos y provocan efectos tóxicos que pasan a los seres vivos a través de las cadenas tróficas.

Existen una gran variedad de industrias que producen residuos de toxicidad variable, que son vertidos en el agua, las principales son: fábricas de papel, textileras, industrias químicas que generan sustancias que se eliminan al medio ambiente y las mismas que son disueltas al agua, la cual se contamina y genera alteraciones en los ecosistemas existentes.<sup>7</sup>

\_

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Enciclopedia Ecológica Santillana, Pág. 182

## 1.5.2.2.3. Contaminación de tipo biológico

La presencia de microorganismos en el agua como: virus, bacterias, y protozoos, que proceden de aguas residuales domesticas (por ejemplo aguas fecales), pueden provocar enfermedades de tipo infeccioso como: hepatitis, tifus y gastroenteritis.

#### 1.5.3. Efectos de la contaminación del agua

Entre los principales efectos negativos que produce la contaminación del agua tenemos:

- Enfermedades infecciosas, causadas por las aguas negras.
- Enfermedades ocasionadas por la presencia en el agua de tóxicos químicos.
- Enfermedades cuando el agente infeccioso se encuentra en el seno de otros organismos que viven en el agua (larvas de mosquitos).
- Muerte de la vida acuática.
- Se contaminan los alimentos.
- Las algas crecen en exceso (causado por las aguas negras).
- Enfermedades que engloban trastornos nerviosos, digestivos y renales (causado por el plomo).

## CARACTERÍSTICAS DEL AGUA POTABLE

#### 1.6. Definición

Agua de apariencia limpia, inodora, incolora y sabor agradable, temperatura entre 4 y 15 grados centígrados, libre de toda contaminación, así como de organismos y en particular, patógenos. El agua es un elemento esencial para la vida, pero en el caso de los seres humanos su utilidad no se limita a participar en los procesos fisiológicos y bioquímicos del organismo, sino que es un medio imprescindible en muchas de sus actividades culturales e industriales. Desde la antigüedad el agua se ha constituido en un factor fundamental para las actividades económicas mundiales. El desarrollo y los avances de la tecnología no han hecho más que ampliar dicha dependencia. Un rasgo característico de las sociedades más desarrolladas e industrializadas es el aumento del consumo global de agua.

El agua dulce no se encuentra distribuida de manera uniforme en la superficie terrestre, por lo que hay regiones donde abunda y es excedente, mientras que en otras muchas constituye un bien escaso y de alto valor económico.

Al considerar la disponibilidad global del agua como recurso de consumo hay que tener en cuenta, además de la cantidad, la calidad, en muchos casos amenazada por la contaminación de los cursos fluviales y de los acuíferos o la salinización de las capas freáticas, como consecuencia de extracciones abusivas.

Para el funcionamiento del organismo de una persona, atendiendo a todas sus necesidades fisiológicas, suelen ser suficientes unos cinco litros de agua diarios, aunque en función de las condiciones climáticas, esa cifra puede elevarse a unos veinte litros. Sin embargo el consumo real experimenta grandes variaciones según las distintas áreas del planeta, alcanzando los máximos valores entre los pobladores de las grandes ciudades del hemisferio norte.<sup>8</sup>

## 1.6.1. Problemas de calidad del agua potable

Existen tres categorías principales que afectan la calidad del agua: químicos, microbiológicos y físicos. Estos problemas potenciales de calidad de agua son el aspecto más importante que hoy en la actualidad se analiza con la finalidad de mejorar dicho elemento fundamental para la vida de todo ser vivo.

#### 1.6.2. Disponibilidad del agua potable

En la actualidad, más de 1200 millones de personas, es decir más de la cuarta parte de la población mundial, carece de agua potable. Se estima que la falta de agua potable y el uso de aguas contaminadas acarrean diariamente la muerte de más de 20000 personas en el mundo.

Las principales enfermedades que asechan son la diarrea y la disentería. Junto a ellas otras enfermedades infecciosas, como el cólera o el tifus florecen en violentos brotes epidémicos a consecuencia de la contaminación biológica de las aguas.

\_

 $<sup>^{8}</sup>$  http://www.wikipedia.com/tratamientodeaguapotable.

Tabla 1.1. Datos de consumo de agua por persona/día

Fuente: Calidad del agua; OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

NECESIDAD BASICA	LITROS POR PERSONA/DIA	OBSERVACIONES
Consumo de agua para beber y utilizar con los alimentos	2.5 - 3	Depende del clima y la fisiología individual
Practicas básicas de higiene	2.0 - 6	Depende de las normas sociales y culturales
Cocina	3.0 - 6	Depende del tipo de alimentos, normas sociales y culturales
Cantidad total de agua	7.5 - 15	Aproximado

## 1.6.3. Parámetros para obtener agua potable

Dentro de los parámetros a tomarse en consideración para la obtención de agua potable de consumo humano tenemos que indicar los siguientes:

- 1. Color: Debe ser incolora, el color proviene de la materia orgánica en suspensión.
- **2. Olor:** Debe ser completamente inodora, aún después de haber estado almacenada durante varios días.
- **3. Sabor:** Debe ser de gusto agradable, éste está dado por las sales que contiene.
- **4. Turbiedad:** Debe ser límpida, la turbiedad depende del material orgánico e inorgánico. Las aguas superficiales son turbias.
- **5. Requisitos microbiológicos:** Debe estar exenta de gérmenes patógenos.
- **6. Requisitos químicos:** Debe carecer de elementos químicos tóxicos en proporciones que superen los límites considerados como admisibles. Además, debe tener pocas sales minerales disueltas, pues su exceso la haría agua pesada.

## 1.6.4. Normas de calidad del agua potable

## 1.6.4.1. Requisitos de calidad

En las consideraciones que se siguen se distinguen entre normas que debe cumplir el agua de una fuente que se está examinando y la que debe entregarse para el consumo de la población.

## 1.6.4.2. Calidad del agua cruda (Fuente)

#### 1.6.4.2.1. Calidad física

El valor máximo de color se fija entre 300 unidades de color, una cifra menor señala una calidad aceptable para el tratamiento especial para que el agua satisfaga las normas de agua potable.<sup>9</sup>

No se fija límite para la turbiedad, pues este problema y su tratamiento se decidirán especialmente en cada caso.

## 1.6.4.2.2. Calidad química

Los compuestos químicos presentes en el agua se dividen en cuatro grupos; expresados en las siguientes tablas:

Tabla 1.2. Compuestos que afectan la potabilización del agua

Fuente: Calidad del agua; OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

SUBSTANCIA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA mg/l
Sólidos totales	1500
Hierro	50
Manganeso	5
Cobre	1,5
Zinc	1,5
Magnesio + Sulfato de sodio	1000
Sulfato de Alquibencilo	0,5

Tabla 1.3. Compuestos peligrosos para la salud

Fuente: Calidad del agua; OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

SUBSTANCIA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE mg/l
Nitratos	4,5
Fluoruros	1,5

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> Reunión Regional sobre la Calidad del Agua Potable ,OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

13

**Nota:** Compuestos tóxicos cuya presencia en concentraciones sobre el máximo establecido, pueden ser base suficiente para el rechazo de la fuente, por inapropiada para el consumo público.

Tabla 1.4. Compuestos tóxicos indeseables

Fuente: Calidad del agua; OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

SUBSTANCIA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA mg/l
Compuestos fenólicos	0,002
Arsénico	0,05
Cadmio	0,01
Cromo Hexavalente	0,05
Cianuros	0,20
Plomo	0,05
Selenio	0,01
Radionúclidos (Actividad beta total)	1Bq/litro

Tabla 1.5. Compuestos químicos indicadores de la contaminación del agua

Fuente: Calidad del agua; OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

SUBSTANCIA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE mg/l
Demanda bioquímica de Oxigeno	6
Demanda química de Oxigeno	10
Nitrógeno total (Excluido el NO3)	1
Amoniaco	0,5
Extracto de Columna (carbón cloroformo)	0,5
Grasas y Aceites	0,01
Contaminantes orgánicos	1

(\*\*\*) Cualquier cantidad superior a 0,2 mg/litro indicara la necesidad de determinaciones analíticas más precisas sobre la fuente y el origen.<sup>10</sup>

\_

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> Reunión Regional sobre la Calidad del Agua Potable ,OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

## 1.6.4.2.3. Calidad Bacteriológica

Tabla 1.6. Calidad bacteriológica del agua

Fuente: Calidad del agua; OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

CLASIFICACIÓN	NMP/100 DE BACTERIAS COLIFORMES (*)
a) Exige solo tratamiento de desinfección	0 - 50
b) Exige métodos convencionales de tratamiento	50 - 5000
c) Contaminación más intensa que obliga a tratamientos más activos	5000 - 50000
d) Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales. Estas fuentes se utilizaran en caso extremos	más de 50000

(\*) Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el índice NMP pertenecen al grupo coliforme fecal ,habrá que incluir la fuente de agua en la categoría próxima superior respecto al tratamiento necesario.

La fuente de agua no debe contener organismos patógenos tales como:

Protozoarios: Entamoeba histolitica, Giardia, Balantidium coli.

Helmintos: Ascaris lumbricoide, Trichuris trichuria, Strongloides stercoralis, , Shistosoma mansoni.<sup>11</sup>

## 1.6.4.2.5. Calidad Radiológica

Se establecen los límites que se juzgan aceptables para el caso del agua potable.

 $<sup>^{11}</sup>$ Reunión Regional sobre la Calidad del Agua Potable , OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

## 1.6.5. Normas de calidad física, química, radiológica y bacteriológica del agua

- Los parámetros fiscos para el agua potable son: color, turbiedad, olor, sabor y temperatura.
- Los parámetros químicos para el agua potable son: pH, sólidos disueltos totales, dureza, calcio, magnesio, sodio, potasio, aluminio, sulfatos, cloruros, nitratos, amoniaco, sílice, arsénico, bario, cadmio, cianuros, cromo, flúor, mercurio, cobre, níquel, plomo, selenio, plata, zinc, compuestos orgánicos como plaguicidas, herbicidas y otros.
- Los parámetros radiológicos para el agua potable son: radiactividad global y radiactividad beta global.
- Los parámetros bacteriológicos para el agua potable son: coliformes totales y coliformes fecales.

Las normas de calidad de componentes inorgánicos del agua potable que influyen sobre la salud son los siguientes:

Tabla 1.7. Componentes inorgánicos del agua potable

Fuente: Calidad del agua; OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

COMPONENTE	LIMITE RECOMENDABLE mg/l	LIMITE PERMISIBLE mg/l
Arsénico	-	0,05
Bario	-	1
Cadmio	-	0,005
Cianuro	-	0,1
Cromo	-	0,05
Dureza (CaCO3)	150	500
Fluoruros	Ver tabla siguiente	-
Mercurio	-	0,001
Níquel	-	0,05
N- Nitratos	-	10
N - Nitritos	-	0,1
Plata	-	0,05
Plomo	-	0,05
Selenio	-	0,01
Sodio	20	115

Tabla 1.8. Límites recomendables de cantidad de fluoruros en el agua

Fuente: Calidad del agua; OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

PROMEDIO ANUAL DE TEMPERATURA DEL AGUA EN GRADOS CENTÍGRADOS	LIMITE DESEABLE mg/l	MÁXIMO PERMISIBLE mg/l
10 -12	1,27 - 1,17	1,7
12.1 - 14.6	1,17 - 1,06	1,5
14.7 - 17.6	1,06 - 0,96	1,3
17.7 - 21.4	0,96 - 0,86	1,2
21.5 - 26.2	0,86 - 0,76	0,8
26.3 - 32.6	0,76 - 0,65	0,8

Las normas de calidad de componentes orgánicos del agua potable que afectan a la salud son las siguientes:

Tabla 1.9. Componentes orgánicos del agua potable

Fuente: Calidad del agua; OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

COMPONENTE	LIMITE RECOMENDABLE Ug/I	LIMITE PERMISIBLE Ug/I
Aldrin	-	0,03
Dieldrin		0,03
Clordano	-	0,03
DDT		1
Endrin	-	0,2
Heptaclorepoxido	-	0,1
Lindano		3
Metoxicloro	-	30
Toxafeno	-	5
Clorofenoxy	-	100
2,4,5 - TP	-	10
2,4,5 - T	-	2
Carbaril		100
Diazinon		10
Metil Parathion	-	7
Parathion	-	35
Trihalometanos	-	30

La suma total de plaguicidas en el agua potable no podrá ser mayor a 0,1 mg/l. <sup>12</sup> Las normas de calidad organoléptica del agua potable son las siguientes:

Tabla 1.10. Calidad organoléptica del agua

Fuente: Calidad del agua; OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

COMPONENTE O CARACTERÍSTICA	UNIDAD	LIMITE RECOMENDABLE	LIMITE PERMISIBLE
Acido Sulfhídrico	mg/l	0	0,05
Aluminio	mg/l	0,2	0,30
Cloruros	mg/l	-	250
Clorofenoles	mg/l	-	0,002
Cobre	mg/l	-	1
Color	UCV Pt – Co	5	15
Detergentes	mg/l	-	0,50
Dureza	mg/l (CaCO3)	150	500
Hierro	mg/l	0,30	0,50
Manganeso	mg/l	0,05	0,10
Oxigeno disuelto	mg/l	6	80%
рН	mg/l	7 - 8,5	6,5 - 8,5
Sabor y olor	-	No Objetable	No Objetable
Sulfatos	mg/l	250	400
Temperatura	<sup>0</sup> C	-	No exceda de los 5 grados centígrados de la temperatura ambiental media de la región
Total de sólidos en disolución	mg/l	250	1000
Turbiedad	UNT	1	10
Zinc	mg/l	1,5	5

\_

 $<sup>^{\</sup>rm 12}$ Reunión Regional sobre la Calidad del Agua Potable , OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

Las normas de calidad radiológica del agua potable son las siguientes:

Tabla 1.11. Calidad radiológica del agua

Fuente: Calidad del agua; OPS/CEPIS/REULAB.5.96/27

COMPONENTE RADIACTIVO	LIMITE RECOMENDABLE Bq/I	LIMITE PERMISIBLE
Radiactividad α Global	-	0,1
Radiactividad ß Global	-	1

#### PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA

#### 1.7. Introducción

Los métodos que se emplean para tratar el agua dependen en gran parte del fin a que se destina el abastecimiento.

Para determinar la necesidad y la correcta tecnología de tratamiento, habrá que definir de donde proviene, lo cual llevara a entender porque el agua debe ser tratada de diferente manera, de acuerdo con la fuente de abastecimiento y las características especificas del agua.

Por lo general, los métodos que comúnmente se empleen en la práctica para el tratamiento de agua tienen como objetivo principal, eliminar las impurezas o substancias extrañas del líquido. Aún cuando se agreguen productos químicos al agua, esto se hace con el propósito de eliminar cantidades muchos mayores de materiales que las que se añaden. Hay casos, sin embargo, en que ciertos constituyentes del agua se eliminan substituyéndolos por otras substancias que se agregan; y en otros casos, las substancias que se agregan pueden tener como finalidad impartir al agua ciertas características deseables.

Dentro de la calidad del agua debemos tomar en consideración medir las características físicas, químicas y biológicas del agua; para lo cual hay que tener presente los parámetros que debe tener dicho elemento para consumo humano.

## 1.7.1. Objetivos del tratamiento del agua

Los objetivos del tratamiento para mejorar la calidad del agua de abastecimiento son de los siguientes tipos:

- **Higiénico:** remover bacterias y elementos venenosos o nocivos, así como resolver la mineralización excesiva y las concentraciones elevadas de compuestos orgánicos, protozoarios y otros microorganismos.
- Estético: corregir el color, la turbidez, el olor y el sabor.
- **Económico:** reducir la corrosión, la dureza, el color, la turbidez; reducir las concentraciones de hierro y manganeso; resolver problemas de olor y sabor, etcétera. 13

### MÉTODOS PARA TRATAMIENTO DEL AGUA

#### 1.8. Métodos

Existen diferentes métodos para clasificar los sistemas de tratamiento del agua. Por un lado, se pueden clasificar en función del método de purificación utilizado en el proceso; sedimentación o deposición, tratamiento físico (membranas...) o químico del agua (cloración...), tratamiento biológico (oxidación...). Además se pueden clasificar los sistemas de tratamiento de agua según la complejidad de instalación y costos, o bien en función de si es más o menos beneficioso para la salud según sus resultados de purificación del agua y cómo la purifican.

### 1.8.1. Tratamientos físicos

En este sentido existen los siguientes sistemas de tratamiento del agua como más importantes:

## 1.8.1.1. Tratamientos de filtración por membrana

Aquí hablamos de tratamientos físicos o químicos del agua para hacer referencia fundamentalmente a técnicas de purificación física de los componentes del agua con el fin de limpiarla de los sólidos que no interesan y que vienen contenidos en el

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> Tratamiento de Agua para Consumo Humano, OPS/CEPIS/PUB/O4.111

líquido. En esta categoría nos encontramos que los sistemas de filtración por membrana son de los más usados.

Los sistemas de membrana son buenos para quitar las sales y la materia orgánica disuelta en el agua mediante una membrana permeable que bloquea los elementos o partículas sólidas contaminantes y permita pasar el resto de líquido no contaminado. Dependiendo del tamaño y tipos de partículas para ser limpiadas, se deberá usar uno de los sistemas de filtración del agua por membranas; microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y osmosis inversa (OI).<sup>14</sup>

Estos procesos se han aplicado tradicionalmente a la producción de agua para aplicaciones de agua para aplicaciones industriales o farmacéuticas, pero están aplicándose ahora en tratamiento de agua de consumo.

## 1.8.1.2. Procesos a presión alta

Si se separan dos soluciones mediante una membrana semipermeable (es decir, una membrana que permite el paso del disolvente pero no del soluto), el disolvente pasara de forma natural de la solución de concentración menor a la de la concentración mayor; este fenómeno de llama osmosis. No obstante es posible forzar el flujo de disolvente en la dirección contraria, de la solución de concentración mayor a la de concentración menor, aumentando la presión sobre la solución de concentración mayor. El diferencial de presión necesario se conoce pro presión osmótica, el proceso se llama osmosis inversa. <sup>15</sup>

#### 1.8.1.3. Osmosis inversa

La osmosis inversa genera una corriente de agua tratada y una corriente de agua residual relativamente concentrada. Las presiones de trabajo típicas oscilan de 15 a 50 bares, según la aplicación. La membrana de osmosis inversa rechaza los iones monovalentes y las moléculas orgánicas de peso molecular mayor que alrededor de 50 (los diámetros de los poros de las membranas son menores que 0,002um). La aplicación más común de la osmosis inversa es la desalinización de agua salobre y agua de mar.

<sup>15</sup> Guías para la calidad del agua potable; Tercera Edición; Volumen I.

<sup>14</sup> http://www.lenntech.es/faq-purificacion-agua.htm#ixzz0vC5jsTcu

## 1.8.1.4. Nanofiltración del agua

En este proceso las membranas de nanofiltración permiten el paso de iones monovalentes como los de sodio o potasio, pero rechazan una proporción alta de iones divalentes, como los de calcio y magnesio, y las moléculas orgánicas de peso molecular mayor que 200. La presiones típicas son de alrededor de 5 bar. La nanofiltración puede eliminar eficazmente compuestos orgánicos y con color.

Sirve para la purificación del agua de residuos o partículas extremadamente finas de radio entre 0,0001 a 0,005 micras. Ideal para quitar virus y elementos tóxicos como herbicidas o pesticidas.

## 1.8.1.5. Procesos a presión baja

El principio de la ultrafiltración es similar al de la osmosis inversa, pero los tamaños de poro de las membranas son mucho mayores (típicamente de 0,002 a 0,03 um) y funcionan a presiones menores.<sup>16</sup>

## 1.8.1.6. Ultrafiltración del agua

Este proceso rechaza las moléculas orgánicas de peso molecular mayor que alrededor de 800 y las presiones de trabajo suelen ser menores que 5 bar.

Sirve para la purificación del agua de residuos o partículas muy finas de radio entre 0,005 a 0,1 micras. Ideal para quitar sales y sólidos de este tipo.<sup>17</sup>

## 1.8.1.7. Microfiltración del agua

La microfiltración es una extensión directa de la filtración convencional hasta tamaños menores que un micrómetro. Los tamaños de poros típicos de las membranas de microfiltración son de 0,01 a 12 um y no retienen moléculas, pero si los materiales coloidales y suspendidos; se utilizan presiones de trabajo de 1 a 2 bar.

<sup>&</sup>lt;sup>16</sup> Guías para la calidad del agua potable; Tercera Edición; Volumen I.

<sup>&</sup>lt;sup>17</sup> Guías para la calidad del agua potable; Tercera Edición; Volumen I.

La microfiltración permite separar partículas de tamaño mayor que 0,05 um . Se ha utilizado para el tratamiento de agua; en combinaciones con la coagulación o el CAP; para eliminar carbono orgánico disuelto y para mejorar el flujo de permeado.

## 1.8.2. Tratamientos químicos

La purificación química del agua se refiere a muchos y diversos métodos. Qué método aplicar depende de la clase de contaminación que hay en el agua. A continuación se resumen muchas de estas técnicas químicas de purificación.

## 1.8.2.1. Adición química

El tratamiento basado en la adición química es el método más común de tratamiento de aguas superficiales.

Hay varias situaciones en las cuales se agregan productos químicos, por ejemplo para prevenir la formación de ciertos productos de la reacción. Debajo, se resumen algunas de estas adiciones:

- Los agentes quelatos se agregan a menudo al agua, para prevenir los efectos negativos de la dureza, causados por la deposición del calcio y del magnesio.
- los agentes que oxidan se agregan al agua como biocida, o para neutralizar agentes de reducción.
- los agentes de reducción se agregan para neutralizar agentes que oxidan, tales como ozono y cloro. También ayudan a prevenir la degradación de las membranas de purificación. <sup>18</sup>

## 1.8.2.2. Clarificación

La clarificación es un proceso de multi-pasos para quitar los sólidos suspendidos. Primero, se agregan los coagulantes. Los coagulantes reducen la carga de iones, de modo que acumulan las partículas en formas más grandes llamadas flóculos. Los flóculos se depositan por gravedad en tanques de filtración o se quitan mientras que el agua atraviesa un filtro de gravedad. Las partículas más grandes que 25 micras son quitadas con eficacia por la clarificación. Agua que es tratada con la clarificación puede contener algunos sólidos suspendidos y por lo tanto necesita un tratamiento adicional.

<sup>&</sup>lt;sup>18</sup> http://www.lenntech.es/faq-purificacion-agua.htm#ixzz0vC5jsTcu

#### 1.8.2.3. Intercambio de Iones

El intercambio de iones es el proceso en el que se permutan iones con la misma carga entre la fase acuosa y una fase solida de resina. La dureza del agua se reduce mediante intercambio de cationes. El agua se hace pasar por un lecho de resina cationica en el que los iones de calcio y magnesio del agua se sustituyen por iones de sodio. Cuando la resina de intercambio iónico está agotada (es decir se han agotado los iones de sodio), se regenera mediante una solución de cloruro sódico. También se puede ablandar el agua mediante el proceso de desalcalización.

El agua se hace pasar por un lecho de resina débilmente acida en el que lo iones de calcio y de magnesio del agua se sustituyen por iones de hidrogeno. Los iones de hidrogeno reaccionan con los iones carbonato y bicarbonato y generan dióxido de carbono, reduciéndose así la dureza del agua sin aumentar so contenido de sodio. El intercambio de aniones puede utilizarse para eliminar contaminantes como los iones nitrato, que se intercambian por iones cloruro mediante resinas especificas para nitrato.<sup>19</sup>

Los sistemas de intercambio de ion consisten en un tanque con bolas pequeñas de resina sintética, que son tratadas para absorber selectivamente ciertos cationes o aniones y para substituirlos por los iones contaminadores. El proceso de intercambio de ion dura, hasta que todos los espacios disponibles se llenan de los iones. El dispositivo del intercambiador de iones tiene que ser regenerado por productos químicos convenientes.

Uno de los intercambiadores posiblemente más comúnmente usado es un suavizador de agua. Este dispositivo quita iones de calcio y de magnesio del agua dura, substituyéndolos por otros iones positivamente cargados.

#### 1.8.2.4. Desinfección

La desinfección es uno de los pasos más importantes de la purificación del agua de ciudades y comunidades, responde al propósito de matar a los actuales microorganismos indeseados en el agua; por lo tanto los desinfectantes se refieren a menudo como biocidas. Hay una gran variedad de técnicas disponibles para

<sup>&</sup>lt;sup>19</sup> Guías para la calidad del agua potable; Tercera Edición; Volumen I.

desinfectar los líquidos y superficies, por ejemplo: desinfección con ozono, desinfección con cloro y desinfección UV.

La utilización del cloro, puede reaccionar las cloraminas y los hidrocarburos tratados con cloro, que son agentes cancerígenos peligrosos. Para prevenir este problema el dióxido de cloro puede ser aplicado. El dióxido de cloro es un biocida eficaz a bajas concentraciones tales como 0,1 PPM y excelentes en una gama ancha de pH. El ClO2 penetra la pared de la célula de las bacterias y reacciona con aminoácidos vitales en el citoplasma de la célula para matar al organismo. El subproducto de esta reacción es clorito. Los estudios toxicológicos han demostrado que el subproducto de la desinfección del dióxido de cloro, clorito, no tiene ningún riesgo adverso significativo para la salud humana. <sup>20</sup>

El ozono se ha utilizado para la desinfección del agua potable en la industria del agua municipal en Europa por cientos de años y es utilizado por una gran cantidad de compañías de agua, donde es común capacidades del generador del ozono de hasta el radio de acción de cientos kilogramos por hora. Cuando el ozono hace frente a olores, a bacterias o a virus, el átomo adicional del oxígeno los destruye totalmente por la oxidación. Durante este proceso el átomo adicional del oxígeno se destruye y no hay olores, bacterias o átomos adicionales dejados. El ozono es no solamente un desinfectante eficaz, es también particularmente seguro de utilizar.

La radiación-UV también se utiliza para la desinfección hoy en día. Cuando están expuestos a la luz del sol, se matan los gérmenes y las bacterias y los hongos se previenen de reproducirse. Este proceso natural de la desinfección se puede utilizar con más eficacia posible aplicando la radiación UV de una manera controlada.

Como parte fundamental en el tratamiento de agua para consumo humano, se realiza el proceso de desinfección, el cual tienen como finalidad eliminar microorganismos o bacterias existentes en el agua que puedan afectar la salud de las personas.

Entre las sustancias químicas más eficientes en costos y tiempo para la desinfección del agua tenemos las que se indican a continuación:

\_

<sup>&</sup>lt;sup>20</sup> http://www.lenntech.es/faq-purificacion-agua.htm#ixzz0vC5jsTcu

## 1.8.2.4.1. Acido hipocloroso

El ácido hipocloroso es la denominación que se le otorga al ácido que resulta de la unión del óxido ácido de cloro con  $H_2O$ . Recibe tal nombre debido a que el cloro actúa con el estado de oxidación +1, que es el menor de los cuatro que posee: +1, +3, +5 y +7. Su fórmula química es la siguiente: HClO.

#### 1.8.2.4.1.1. Usos

Debido a que el cloro es el desinfectante universal y a que el HClO es el componente activo del cloro, el HClO a concentraciones elevadas trabaja muy bien como desinfectante de superficies y como sustancia dirigida a la inactivación de desechos hospitalarios. Es un desinfectante de alto nivel.

## 1.8.2.4.2. Hipoclorito de calcio

El hipoclorito de calcio, cuya fórmula es Ca(OCl)2, se fabrica a partir de cal hidratada especial. El proceso tiene como etapa principal la reacción química del cloro gas con la cal, lo que da como resultado un sólido en polvo, el cual es envasado bajo criterios de hermeticidad y seguridad.

El cloro es el desinfectante más empleado en los suministros de agua pequeños en la zona del Caribe y América Latina, ya sea en forma de gas o de hipoclorito, que se obtiene como polvo, líquido, tabletas o gránulos.

El hipoclorito de calcio se vende en forma de polvo o gránulos con concentraciones de 20%, 35%, 65% y 70% de cloro disponible. Desde el punto de vista práctico, generalmente es mucho más fácil y más exacto administrar una solución de hipoclorito que una de polvo o de gránulos al desinfectar agua a nivel doméstico. Por tanto, es práctica común preparar una solución madre con una concentración de cloro disponible del 1% para este fin.

#### 1.8.2.4.2.1. Usos

Para la desinfección del agua de uso doméstico, los hipocloritos de calcio y de sodio son más apropiados que el gas cloro licuado. También existen compuestos más complejos de cloro que se venden específicamente como desinfectantes de suministros de aguas domésticas o individuales.

## 1.8.2.4.3. Hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio o hipoclorito sódico, (cuya disolución en agua es conocida popularmente como agua lavandina, cloro, lejía, agua de Javel o agua Jane) es un compuesto químico, fuertemente oxidante, su fórmula es NaClO.

Contiene el cloro en estado de oxidación +1 y por lo tanto es un oxidante fuerte y económico. Debido a esta característica destruye muchos colorantes por lo que se utiliza como blanqueador. Además se aprovechan sus propiedades desinfectantes.

En disolución acuosa sólo es estable a pH básico. Al acidular en presencia de cloruro libera cloro elemental, que en condiciones normales se combina para formar el gas dicloro, tóxico. Por esto debe almacenarse alejado de cualquier ácido.

#### 1.8.2.4.3.1. Usos

El hipoclorito de sodio se usa mucho como oxidante en el proceso de potabilización del agua, a dosis ligeramente superiores al punto crítico (punto en que empieza a aparecer cloro residual libre).

Se utiliza también como desinfectante en piscinas, ya sea por aplicación directa en forma de líquido (125 ml diarios por cada 10m3 de agua), pastillas concentradas o en polvo, o a través de un aparato de electrólisis salina por el que se hace circular el agua de la piscina. Para que la electrólisis tenga lugar se debe salar ligeramente la piscina (necesitaremos 4g de sal por litro de agua). El aparato de electrólisis, mediante descargas eléctricas trasforma la Sal (NaCl) en hipoclorito de sodio consiguiendo desinfectar el agua.

#### 1.8.2.5. Destilación

La destilación es la colección de vapor de agua, después de hervir las aguas residuales. Con un retiro correctamente diseñado del sistema de contaminantes orgánicos e inorgánicos y de impurezas biológicas puede ser obtenido, porque la

mayoría de los contaminantes no se vaporizan. El agua pasará al condensador y los contaminantes permanecerán en la unidad de evaporación.

#### 1.8.2.6. Electrodiálisis

La electrodiálisis es una técnica que emplea las membranas actuales y especiales eléctricas, que son semipermeables a los iones, basadas en su carga. Membranas cargadas de cationes y las membranas cargadas de aniones se colocan alternativamente, con los canales del flujo entre ellos, y los electrodos se colocan en cada lado de las membranas. Los electrodos atraen a los iones contrarios a través de las membranas, para eliminarlos del agua.

## 1.8.2.7. Ajuste del pH

El agua municipal necesita un ajuste de pH a menudo, para prevenir la corrosión de las tuberías y prevenir la disolución del plomo en los abastecimientos de agua. El pH es llevado hacia arriba o hacia abajo a través de la adición del cloruro de hidrógeno, en caso de que un líquido sea básico, o del hidróxido de sodio, en caso de un líquido ácido. El pH será convertido a aproximadamente 7 ó 7,5, después de la adición de ciertas concentraciones de estas sustancias.<sup>21</sup>

## 1.8.3. Tratamientos biológicos

La purificación biológica del agua se realiza para bajar la carga orgánica de compuestos orgánicos disueltos. Los microorganismos, principalmente bacterias, hacen la descomposición de estos compuestos. Hay dos categorías principales de tratamiento biológico: tratamiento aerobio y tratamiento anaerobio.

La demanda biológica de oxígeno (DBO) define la carga orgánica. En sistemas aerobios el agua se airea con aire comprimido (con oxígeno en algunos casos simplemente), mientras que los sistemas anaerobios funcionan bajo condiciones libres de oxígeno.

<sup>&</sup>lt;sup>21</sup> Guías para la Calidad del Agua Potable, Organización Mundial de la Salud OMS, Vol1.

#### **OSMOSIS INVERSA**

#### 1.9. Ósmosis natural

Cuando se ponen en contacto mediante una membrana semipermeable dos soluciones de distinta concentración; las fuerzas naturales hacen fluir el agua pura desde la solución más diluida a las más concentrada, hasta que se igualen las concentraciones de las soluciones a ambos lados de la membrana.<sup>22</sup> Este fenómeno natural es conocido como ósmosis.

#### 1.10. Presión osmótica

El paso de agua implica un aumento de volumen y por lo tanto de altura del paso en el lado de la solución concentrada y una disminución en el de la más diluida.

Esta diferencia de alturas entre ambos lados de la membrana, se traduce en una presión ejercida por el líquido, que es la presión osmótica de la solución.

La presión osmótica se explica como la presión que se aplica en el comportamiento del concentrado; para hacer que el flujo neto del disolvente no pase a través de la membrana semipermeable (que solo deja pasar al disolvente). Es decir que el flujo sea nulo.

En otras palabras existe una diferencia de presiones tal que la tendencia natural del liquido a fluir desde el compartimiento con soluto sea compensado exactamente por la tendencia natural del fluido a circular de una zona de mayor presión a una de menor presión.<sup>23</sup>

## 1.11. Fenómeno de ósmosis inversa

Este fenómeno se determina tomando en consideración la posibilidad de invertir la presión osmótica aplicando una presión igual o superior a la misma, en el lado de la solución más concentrada para de esta manera provocar el paso del agua en sentido inverso. Este fenómeno se llama osmosis inversa.

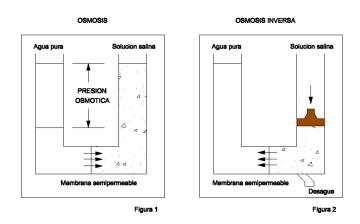
<sup>&</sup>lt;sup>22</sup> Guía para la calidad del agua; Organización Mundial de la Salud.

<sup>&</sup>lt;sup>23</sup> Química Vol. I; CHANG, Raymond.

La ósmosis inversa es la separación de componentes orgánicos e inorgánicos del agua por el uso de presión ejercida en una membrana semipermeable mayor que la presión osmótica de la solución. La presión forza al agua pura a través de la membrana semipermeable, dejando atrás los sólidos disueltos. El resultado es un flujo de agua pura, esencialmente libre de minerales, coloides, partículas de materia y bacterias.

El agua se hace pasar a través de membranas que dividen el flujo en dos efluentes uno concentrado y otro que se conoce como permeado, La membrana es una película semipermeable que permite permear agua con una baja concentración de contaminantes debido a la diferencia de presión osmótica generada entre el efluente de alimentación, el permeado y la membrana.

El Permeado es un efluente bajo en sales y el Rechazo es un efluente con alto contenido de sales y contaminantes.<sup>24</sup>



Grafica 1.2 Esquema de fenómeno de ósmosis inversa

Fuente: www.humboldtmexico.com/datos/webs/glosario/osmosis/htm

<sup>24</sup> http://www.lenntech.es/biblioteca/osmosis-inversa/que-es-osmosis-inversa.htm#ixzz0tgrZJAxy

#### 1.12. Sistemas de membranas

Este tipo de tecnologías es muy utilizado en la separación de diferentes tipos de residuos. El sistema de membranas trabaja sin la adición de productos químicos, con un uso relativamente bajo de la energía y conducciones de procesos fáciles y bien operativos.

Las membranas se utilizan de manera muy particular para la obtención de agua tratada procedente de aguas subterráneas, superficiales o residuales. Actualmente las membranas son competitivas con las técnicas convencionales. El proceso de la separación por membrana se basa en la utilización de membranas semipermeables.

El principio es bastante simple: la membrana actúa como un filtro muy específico que dejara pasar el agua, mientras que retiene los sólidos suspendidos y otras sustancias.

La membrana funciona como una pared de separación selectiva, ciertas sustancias pueden atravesar la membrana, mientras que otras quedan atrapadas en ella.

Hay dos factores que determinan la efectividad de un proceso de filtración de membrana: selectividad y productividad.

La selectividad se expresa mediante un parámetro llamado factor de retención o de separación mientras que la productividad se expresa mediante un parámetro llamado flujo.

Estos dos parámetros dependen del tipo de membrana que se utilice dentro de un sistema de purificación de agua.

# 1.12.1. Membrana semipermeable

Una membrana semipermeable es cualquier membrana animal, vegetal o sintética en la que el agua puede penetrar y traspasar con mucha más facilidad que los otros componentes que se encuentran en dicha solución; por ejemplo para separar y quitar los sólidos disueltos, materia orgánica, materia coloidal, sub-microorganismos, virus y bacterias del agua.

El proceso se llama osmosis inversa puesto que requiere la presión para forzar el agua pura a través de una membrana; saliendo las impurezas detrás. La osmosis inversa es capaz de quitar entre un 95 a 99% los sólidos disueltos totales (TDS) y el 99 % de todas las bacterias para de esta manera generar agua segura y de buena calidad para el consumo humano.

La permeabilidad de la membrana puede ser tan pequeña que prácticamente todas las impurezas, moléculas de la sal, bacterias y los virus son separados del agua, su función consiste básicamente en la remoción o desmineralización de los componentes orgánicos presentes disueltos en el agua (TDS) por la acción de una presión ejercida sobre una membrana semipermeable.<sup>25</sup>



Grafica 1.3 Esquema membrana semipermeable

Fuente: www.aguamarket.com/sql/productos

#### 1.12.2. Material de las membranas

Dependiendo del material de las membranas, ciertos factores afectaran la calidad y la cantidad del agua producida a través de esta tecnología. En la actualidad hay tres tipos de materiales para membranas que son usados en sistemas de osmosis inversa: ACETATO DE CELULOSA, POLIAMIDAS Y MEMBRANA DE PELÍCULA DELGADA.

Cada uno de los materiales de las membranas exige ciertos requisitos sobre el agua de entrada, los cuales deben cumplirse si se aspira lograr la vida normal de la membrana. Los factores que más afectan el material de la membrana son: la temperatura, el pH, las bacterias, el cloro libre y el índice de saturación de Langlier.

.

<sup>&</sup>lt;sup>25</sup> Procesos de Membranas ; Romero Rojas Jairo

Las membranas de acetato de celulosa pueden ser afectadas por la presencia de bacterias. Si el agua de suministro no se encuentra suficientemente cloratada, será necesario un pre tratamiento con inyección de cloro para evitar daños causados por bacterias.

Por otro lado, las membranas de poliamidas, no son afectadas por bacterias, pero pueden ser destruidas por el cloro y otros agentes oxidantes. En este caso, el agua de entrada debe ser pre tratada para removerle el cloro y otros componentes dañinos. El carbón activado puede ser efectivo para remover el cloro, mientras que la inyección de bisulfato de sodio puede ser utilizada para remover otros agentes oxidantes.

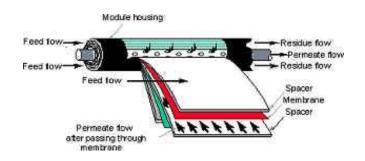
# 1.12.3. Tipos de membranas

Entre los tipos de membranas más importantes tenemos: la de espiral enrolladas y las que son fabricadas con fibra hueca; aunque también existen membranas planas y en configuración tubular.

#### 1.12.3.1. Membranas de espiral

Las membranas de espiral consisten en dos capas de membrana, situadas en un tejido colector de permeados. Esta funda de membrana envuelve a un desagüe de permeados situado en posición central (ver figura de abajo). Esto hace que la densidad de embalaje de las membranas sea mayor. El canal de entrada del agua se sitúa a una altura moderada, para prevenir la obstrucción de la unidad de membrana.

Las membranas de espiral son usadas solamente para aplicaciones de nanofiltración y ósmosis inversa (RO).

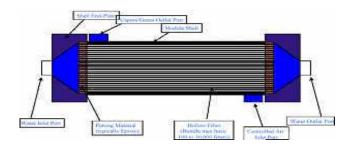


Grafica 1.4 Membrana de espiral

Fuente: www.lenntech.com/español/pantallas parabolicas.htm

#### 1.12.3.2. Membranas de fibras huecas

Las membranas de fibras huecas tienen un diámetro inferior a 0.1 µm. En consecuencia, las posibilidades de obstrucción de una membrana de fibras huecas son muy elevadas. Las membranas solo pueden ser usadas para el tratamiento de agua con un bajo contenido de sólidos suspendidos. La densidad de empaquetamiento de una membrana de fibras huecas es muy alta. Las membranas de fibras huecas son casi siempre usadas solamente para nanofiltración y ósmosis inversa (RO).



Grafica 1.5 Membrana de fibras huecas

Fuente: www.lenntech.com/español/pantallas parabolicas.htm

#### 1.12.3.3. Membranas planas o almohadiformes

Las membranas que constan de placas planas se llaman membranas almohadiformes. El nombre de almohadiforme viene de la forma de almohada que tienen dos membranas cuando son empaquetadas juntas en una unidad de membrana. Dentro de la "almohada" hay una placa de apoyo, que se ocupa de la solidez.

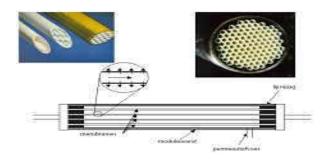
En el módulo se encuentran muchas almohadas con un cierto espacio de separación entre ellas que depende del contenido en sólidos disueltos del agua residual. El agua fluye de adentro hacia afuera a través de las membranas. Cuando el tratamiento ha sido realizado, el permeado se recoge en el espacio entre las membranas, desde donde es sacado a través de cañerías.

# 1.12.3.4. Membranas tubulares

Las membranas tubulares no son membranas autosuficientes. Están situadas dentro de un tubo, hechas de un tipo especial de material. Este material es la capa que sostiene a la membrana. Debido a que las membranas tubulares se localizan

internamente en un tubo, el flujo en una membrana tubular es generalmente del revés. La causa principal de esto es que la unión de la membrana a la capa que la sostiene es muy débil.

Las membranas tubulares tienen un diámetro de 5 a 15 mm. Debido al tamaño de la superficie de la membrana, no es probable que las membranas tubulares se obstruyan. Un inconveniente de las membranas tubulares es que la densidad del empaquetamiento es baja, lo que resulta en un mayor precio por módulo.



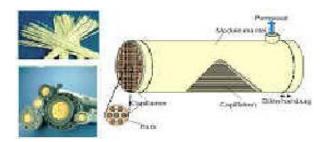
Grafica 1.6 Membrana tubular

Fuente: www.lenntech.com/español/pantallas parabolicas.htm

# 1.12.3.5. Membranas capilares

Con las membranas capilares la membrana sirve de barrera selectiva, que es suficientemente grande para resistir las presiones de filtración. Debido a esto, el flujo a través de las membranas capilares puede ser tanto de adentro afuera como de afuera hacia adentro.

El diámetro de las membranas capilares es mucho más pequeño que el de las membranas tubulares, concretamente de 0.5 a 5 mm. Debido al menor diámetro, las probabilidades de obstrucción con una membrana capilar son mucho mayores



Grafica 1.7 Membrana capilar

Fuente: www.lenntech.com/español/pantallas parabolicas.htm

#### 1.12.4. Obstrucción de la Membrana

Durante el proceso de filtración por medio de la membrana la obstrucción de la misma es inevitable incluso con un pre tratamiento.

Los tipos y las cantidades de suciedad dependen de diferentes factores como: la calidad del agua, el tipo de membrana, material de la membrana, diseño del sistema y control en los procesos.

La contaminación de la membrana genera un mayor gasto de energía, una mayor frecuencia de limpieza y menor límite de vida; dicha contaminación es denominada obstrucción.

La obstrucción es el proceso mediante el cual existe una reducción en el rendimiento operacional de la membrana, originado por la deposición de sólidos suspendidos o disueltos en la superficie externa de la membrana o en los poros de la membrana.

### 1.12.5. Limpieza de las membranas

Existen unas cuantas técnicas de limpieza para la eliminación de la suciedad de membrana. Estas técnicas son: lavado por chorro delantero, lavado por chorro trasero, lavado por chorro de aire y limpieza química.

1.12.5.1. Lavado por chorro delantero.- Cuando se aplica un chorro de agua delantero las membranas son lavadas desde adelante con el agua entrante o con el permeado. El agua entrante o el permeado fluyen a través del sistema más rápidamente que durante la fase de producción. Debido a la mayor rapidez de flujo y a la turbulencia resultante, las partículas que habían sido absorbidas por la membrana son liberadas y descargadas mientras que las partículas que habían sido absorbidas por los poros de la membrana no son liberadas. Estas partículas solo pueden ser eliminadas por medio de lavado con chorro de agua trasero.

**1.12.5.2.** Lavado por chorro trasero.- Es un proceso de filtración inversa. Se hace fluir el permeado a presión a través de la parte por donde entra el agua, aplicando el doble de flujo que se utiliza durante la filtración. En caso de que el flujo no se haya

restablecido suficientemente después del lavado con chorro de agua trasero se puede aplicar un proceso de limpieza química.

**1.12.5.3.** Lavado por chorro de aire.- Un método de limpieza más innovador es el llamado lavado por chorro de aire o por chorro de aire y aire. Este es un lavado por chorro delantero durante el cual se inyecta aire en el tubo de abastecimiento. Por efecto de la inyección del aire (permaneciendo igual la velocidad del agua) se crea un sistema de limpieza mucho más turbulento.

**1.12.5.4. Limpieza química.**- Durante el proceso de limpieza química las membranas son empapadas con una solución de lejía clorinada, acido hipoclórico o peróxido de hidrogeno. Primeramente la solución se empapa en las membranas durante unos minutos y después se aplica un chorro de agua delantero o trasero que enjuaga los contaminantes.

# 1.12.6. Factores del agua de alimentación que afectan a la membrana semipermeable

Entre los factores más importantes que afectan a las membranas semipermeables utilizadas en los tratamientos de purificación de agua tenemos los que se enuncian a continuación:

#### 1.12.6.1. Presión

La presión del agua de alimentación afecta la cantidad y la pureza del agua producida por la ósmosis inversa. Baja presión del agua de alimentación causa baja corriente y baja pureza.

# 1.12.6.2. pH

Determinar la variedad del pH en agua de alimentación es muy importante. Es recomendado de usar una variedad más amplía de membranas cuando el agua de alimentación es básica, ácida o inestable.

# 1.12.6.3. Índice de saturación de Langlier (ISL)

El ISL indica el principio de la formación de una escala sobre el área de la membrana. El ISL necesita examen de la temperatura, del total de sólidos inorgánicos, de la dureza alcalina, y pH del agua de alimentación. Si el índice ISL es positivo, se recomienda la instalación de un suavizador de agua ante del sistema de ósmosis inversa.

# 1.12.6.4. Cloro libre (TFC) y bacterias

Las membranas de acetato de celulosa necesitan una limpieza constante de TFC para impedir la propagación de bacterias y que se dañe la membrana. En cambio, la poliamida y las membranas finas, como cintas, son dañadas por el TCF. El carbón activado es usado para remover el TCF cuando la poliamida y las membranas finas lo necesitan.

# **1.12.6.5. Temperatura**

La duración de la membrana se basa sobre la temperatura del agua de alimentación que debe ser de 25°C. Por cada 1°C bajo 25°C, la cantidad de la producción del agua es reducida por 3%. El agua de alimentación que tiene una temperatura superior a 35°C dañara la mayoridad de las membranas.

En la tabla siguiente indicamos los cinco factores más importantes que afectan a las membranas semipermeables y las limitaciones que estos imponen para diferentes tipo de membranas de acuerdo al material que están constituidas las mismas.

Tabla 1.12 Factores de agua de alimentación que afectan a las membranas semipermeables dependiendo del tipo de material de construcción

Fuente: www.humboldtmexico.com/datos/webs/glosario/osmosis/htm

	ACETATO DE CELULOSA TMD2730/ TMD2731	POLIAMIDA TMD2732	MEMBRANA DE PELICULA DELGADA TMD2734	MEMBRANA TRI ACETATO DE CELULOSA TMD6317	MEMBRANA TFM MEMBRANA DE PELICULA DELGADA TMD6318
Ph	4 - 8	1 - 11	4 - 11	4 - 8	4 - 11
INDICE LANGLIER	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
CLORO LIBRE	0.2 - 1.0 ppm de cloro libre	0.00	0.00	0.2 - 1.0 ppm de cloro libre	0.10 ppm
BACTERIA	Afectado por bacteria, requiere cloro	No lo afecta	No lo afecta	Afectado por bacteria, requiere cloro	No lo afecta
TEMPERATURA	4 - 30 °C	4 - 30 °C	4 - 50 °C	4 - 31 °C	4 - 31 °C

Nota : los volumenes de agua producidos , son afectados por la temperatura del agua de entrada.

Por cada grado C por debajo de los 25°C se disminuira en un 3% el volumen de agua producida

Dias ppm = En el agua de entrada con 1 ppm de cloro libre, la membrana funcionara 500 dias antes de que se presenten dificultades

# 1.12.7. Elementos que rechaza la membrana semipermeable

Respecto a los componentes orgánicos e inorgánicos peligrosos para la salud; y que las membranas semipermeables retienen y rechazan tenemos los siguientes:<sup>26</sup>

39

<sup>&</sup>lt;sup>26</sup> CEPIN; Av. República del Salvador N35-08 Y Portugal, Edificio Portugal.

Tabla 1.13. Componentes orgánicos e inorgánicos que rechaza la membrana semipermeable

Fuente: CEPIN S.A. Av. República del Salvador N35-08 y Portugal

Componente	(Porcentaje)%	Componente	(Porcentaje)%
Aluminio	97-98	Níquel	97-99
Amonio	85-95	Nitrato	93-96
Arsénico	94-96	Fosfato	96-99
Bacterias	96-98	Polifosfato	98-99
Bicarbonato	95-98	Potasio	92
Bromuro	93-96	Pirogen	96-98
Cadmio	96-98	Radioactividad	95-98
Calcio	96-98	Radium	97
Cloro	94-95	Selenio	97
Cromato	90-98	Silicona	85-90
Cromo	96-98	Silicato	95-97
Cobre	97-99	Plata	95-97
Cianuro	90-95	Sodio	96-98
Ferrocianuro	98-99	Sulfato	96-98
Fluoruro	94-96	Zinc	98-99
Hierro	98-99	Virus	99
Plomo	96-98	Insecticidas	97
Magnesio	96-98	Detergentes	97
Manganeso	96-98	Herbicidas	97
Mercurio	96-98		
TOTAL %	96-99		

#### 1.12.8. Beneficios de la ósmosis inversa

Sirve para la purificación del agua extrayendo partículas de hasta entre 0,0001 micras, el sistema más potente para la purificación mediante membrana. Elimina por completo sales disueltas además de todo lo dicho anteriormente.

Mediante la tecnología de membranas se pueden tener muchos beneficios como:

- Permite remover la mayoría de los sólidos (inorgánicos u orgánicos) disueltos en el agua (hasta el 99%).
- Remueve los materiales suspendidos y microorganismos.
- Realiza el proceso de purificación en una sola etapa y en forma continua.

- Es una tecnología extremadamente simple, que no requiere de mucho mantenimiento y puede operarse con personal no especializado.
- El proceso se realiza sin cambio de fase, con el consiguiente ahorro de energía.
- Es modular y necesita poco espacio, lo que le confiere una versatilidad excepcional en cuanto al tamaño de las plantas: desde 1 m3/día, a 1.000.000 m3/día.
- Tratamiento de efluentes municipales e industriales para el control de la contaminación y/o recuperación de compuestos valiosos reutilizables. <sup>27</sup>

# 1.12.9. Aplicaciones

La osmosis inversa puede aplicarse en un campo muy amplio y entre sus diversos usos más importantes podemos mencionar:

# 1.12.9.1. Abastecimiento de aguas para usos industriales y consumo de poblaciones

Dentro de las aplicaciones más importantes que ha tenido en sus inicios la osmosis inversa esta la producción de agua ultra pura para uso de calderas de alta presión y otros procesos industriales.

Esta es una de las aplicaciones más importantes debido se puede obtener agua prácticamente libre de materia orgánica y dureza, bajo sílice y con muy bajos contenidos de sales.

Si el proceso requiere más calidad de lo que producen las membranas convencionales, una solución es instalar membranas de más alto rechazo y estas a su vez operan a mayor presión.

<sup>&</sup>lt;sup>27</sup> www.info@osmosisinversaytratamientoagua.com

# 1.12.9.2. Producción de agua ultra pura para productos farmacéuticos y cosméticos

Dentro de esta aplicación se debe instalar columnas de carbón activado después de la osmosis para eliminar cualquier residuo de cloro o solvente orgánico que logre traspasar las membranas.

También se puede instalar esterilizadores de luz ultravioleta para conseguir que el agua sea aséptica.

# 1.12.9.3. Elaboración de cerveza y refrescos

Es una de las aplicaciones más importantes debido a que el agua purificada que se obtiene por este proceso se utiliza directamente como materia prima para la elaboración de cervezas y bebidas.

La osmosis inversa se utiliza en la elaboración de estos productos cuando el agua disponible tiene un contenido tan alto en dureza o en cloruros que no pueden llenar las especificaciones de calidad dentro de este tipo de procesos de producción.

# 1.12.9.4. Fabricación de hielo

Dentro del análisis bacteriológico se ha demostrado que el frio no llega a matar las bacterias. Por tal motivo la purificación del agua para la elaboración del hielo es un uso muy congruente ya que tiene varias ventajas:

- El agua obtenida por osmosis inversa nos ayuda a producir hielo nítido y cristalino el cual es muy solicitado.
- La turbidez del hielo fabricado con agua corriente se debe a que durante el proceso de congelación, las sales y otros contaminantes tienden a concentrarse en el centro de los cubos y barras generando un aspecto coloreado, delatando su impureza.

El agua tratada por este proceso no contiene dichos contaminantes y rinde hielo con un buen aspecto.

# 1.12.9.5. Producción de agua para consumo humano

Esta es la aplicación más importante y en la cual está basada este tipo de proyecto debido a que dentro de las plantas potabilizadoras por osmosis inversa existentes las comunes que son muy pequeñas como es de 4 a 6 litros por día (plantas caseras o de yate) y que en la actualidad hay muchos proveedores de este tipo de equipos debido a su importante aplicación dentro de la salud.

Dicho sistema no solo puede purificar agua de mar, sino que también puede purificar agua de vertiente las cuales pueden tener un contenido alto de: arsénico, flúor, plaguicidas, fertilizantes y otros compuestos que hacen al agua muy peligrosa al momento de consumir por efecto que posee este tipo de elementos que son cancerígenos para las personas.

La remoción de arsénico con osmosis inversa es una aplicación muy interesante. El arsénico en el agua potable incrementa la predisposición del cáncer a la piel en las poblaciones que beben agua con este metal pesado. La osmosis tiene la capacidad de remover prácticamente arsénico al 100% y a un costo económico; y como aspecto positivo es que dichos sistemas son sencillos de operar.

# PURIFICACIÓN DEL AGUA POR EL MÉTODO DE ÓSMOSIS INVERSA

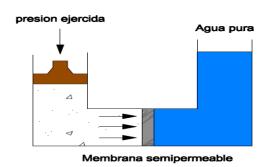
### 1.13. Introducción

En la purificación de agua por osmosis inversa, toda el agua tratada es pasada por la membrana semipermeable, la misma que funciona como una pared de separación selectiva. Ciertas sustancias pueden atravesar la membrana, mientras que otras quedan atrapadas en ella.<sup>28</sup>

-

<sup>&</sup>lt;sup>28</sup> www.osmofilter.com/osmosisinversa/htm

#### OSMOSIS INVERSA



Grafica 1.8 Separación selectiva de partículas por osmosis inversa

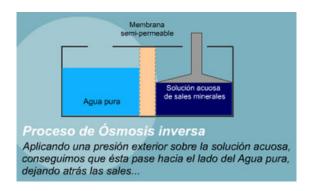
Fuente: www.osmofilter.com

Las limitaciones básicas en la osmosis inversa al usar membranas semipermeables son:

- El pH del agua de suministro debe estar siempre del lado acido para evitar la hidrolisis de la membrana (opera mejor en un pH de 5.0 a 7.0) y alargar la vida útil de la misma.
- La temperatura de proceso no debe exceder los 75-80°F si se espera una vida larga de la membrana.
- La vida de la membrana es de uno a tres años dependiendo del pH y la presión.

# 1.14. Importancia de la osmosis inversa en el tratamiento del agua

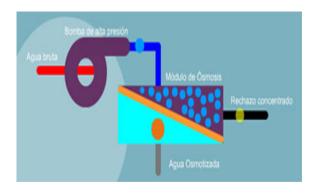
La ósmosis inversa es un procedimiento que garantiza el tratamiento físico, químico y bacteriológico del agua. Funciona mediante membranas de poliamida semipermeables, enrolladas en espiral, que actúan de filtro, reteniendo y eliminando la mayor parte de las sales disueltas al tiempo que impiden el paso de las bacterias y los virus, obteniéndose una agua pura y esterilizada. Aguas con un elevado contenido de sales como, sodio, calcio, boro, hierro..., cloruros, sulfatos, nitratos y bicarbonatos, etc; pueden ser tratadas con la ósmosis inversa hasta alcanzar los límites considerados como agua aceptable para su utilización.



Grafica 1.9 proceso de osmosis inversa para obtener agua pura

Fuente: www.osmofilter.com

La relación entre producto y concentrado constituye la recuperación, expresada en porcentaje los rechazos para: Sulfatos (98 %), Arsénico (99 %), Fluoruros (97 %), Nitratos (91 %), Bacterias, Virus y hongos más del 98 %.



Grafica 1.10 Sistema de separación de sólidos disueltos por osmosis inversa

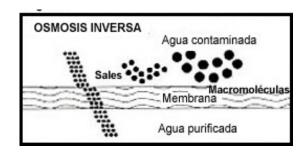
Fuente: www.osmofilter.com

# 1.15. Función de la membrana semipermeable en el proceso de osmosis inversa

Las membranas filtrantes son la clave y responsables de separar las sales del agua. Dichas membranas pueden considerarse como filtros moleculares. El tamaño de los poros de estas membranas es extremadamente reducido, por lo que se requiere una presión considerable para hacer pasar cantidades de agua a través de ellas. La elección del modelo de membrana más apropiado es según el agua a tratar y su empleo posterior, determinando el tipo de instalación más idónea.

# 1.16. Tecnología del proceso de osmosis inversa en el tratamiento del agua

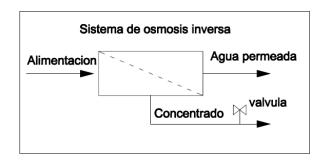
La tecnología del proceso de ósmosis inversa es bien conocida por su efectividad para reducir el total de sólidos disueltos y también contaminantes iónicos específicos que contiene el agua.



Grafica 1.11. Separación de sólidos disueltos por ósmosis inversa

Fuente: www.acquamatter.com/membranas\_osmoticas.htm

La figura siguiente ilustra un esquema de un sistema de OI. Una bomba de alta presión provee la energía para que el agua pase a través de la membrana semipermeable la cual atrapa la mayoría de las sales disueltas y otros contaminantes que contiene el agua; el agua permeada sale del sistema hacia una tubería que enviará el agua a un deposito de almacenamiento mientras que el concentrado sale hacia una válvula de desagüe. Un restrictor de flujo puesta en la línea hace que la presión empuje al agua permeada pasar a través de la membrana.



Grafica 1.12. Esquema secuencia sistema de osmosis inversa

Fuente: www.acquamatter.com/membranas osmoticas.htm

# DESCRIPCIÓN GENÉRICA DE UN EQUIPO DE ÓSMOSIS INVERSA

# 1.17. Componentes del equipo

a) Tanques de almacenamiento de agua.- Los tanques de agua son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable. Las plantas de tratamiento se dimensionan para producir de acuerdo a la cantidad total de agua que la ciudad o pueblo consume a lo largo del día, y los tanques absorben las variaciones horarias: cuando hay poco consumo (como en la noche) se llenan, y cuando el consumo es máximo (como, por ejemplo, a la hora de cocinar) se vacían.



Grafica 1.13. Tanque de captación de agua

Fuente: http://www.watermark-it.com/

# b) Filtro de arenas o de sedimentos

La función de este filtro es de detener las impurezas grandes (sólidos hasta 30 micras) que trae el agua al momento de pasar por las camas de arena y quitarle lo turbio al agua, estos filtros se regeneran periódicamente. Dándoles un retrolavado a presión, para ir desalojando las impurezas retenidas al momento de estar filtrando.



Grafica 1.14. Filtro de sedimentos

Fuente: www.aguamarket.com

# c) Filtro de carbón activado en bloque

El filtro de carbón activado reduce el gusto, olor y la clorina lo que maximiza la capacidad del carbón, posee elemento filtrante, está impregnado con plata coloidal, permitiendo retener más del 98.6% de las bacterias y más del 95% de otros contaminantes químicos como el cloro, pesticidas, detergentes, herbicidas, plomo, etc.



Grafica 1.15. Filtro de carbón activado

Fuente: www.aguamarket.com

**d) Filtro de carbón granular.-** El filtro de carbón activado granular es un elemento filtrante, está impregnado con plata coloidal, permitiendo retener más del 98.6% de las bacterias y más del 95% de otros contaminantes *químicos* como el cloro, pesticidas, detergentes, herbicidas, plomo, etc.



Grafica 1.16. Filtro de carbón granular

Fuente: www.aguamarket.com

e) Osmosis inversa.- El proceso de ósmosis inversa utiliza una membrana semipermeable para separar y para quitar los sólidos disueltos, los orgánicos, los pirogénicos, la materia coloidal sub micro organismos, virus, y bacterias del agua. El proceso se llama ósmosis inversa puesto que requiere la presión para forzar el agua

pura a través de una membrana, saliendo las impurezas detrás. La ósmosis inversa es capaz de quitar 95%-99% de los sólidos disueltos totales (TDS) y el 99% de todas las

bacterias, así proporcionando un agua segura y pura.

Este procedimiento garantiza el tratamiento desalinizador físico, químico y bacteriológico del agua. Funciona mediante membranas de poliamida semipermeables, enrolladas en espiral, que actúan de filtro, reteniendo y eliminando la mayor parte de las sales disueltas al tiempo que impiden el paso de las bacterias y

los virus, obteniéndose un agua pura y esterilizada.

El rechazo típico en una Ósmosis Inversa es del 30 %, es decir, que por cada litro que entra a un sistema de ósmosis inversa, se obtienen 700 mL de agua de la más alta calidad (producto) y se desechan al drenaje otros 300 mL (rechazo) que contiene los

TDS. Los equipos de ósmosis inversa remueven o rechazan:

• Entre un 90 % y 98 % de Flúor, Sodio, Calcio y Metales pesados.

• Más del 97 % de elementos orgánicos con Peso Molecular de 1000.

9

Grafica 1.17. Membrana enrollada en espiral.

Fuente: www.aguamarket.com

1.18. Funcionamiento del Sistema

Antes de iniciar el proceso de tratamiento y purificación de agua, esta es almacenada

en Tanques Plásticos y el agua es clorada.

El cloro elimina la mayor parte de las bacterias, hongos, virus, esporas y algas presentes en el agua. No se necesita añadir mucho cloro, una concentración de 0,5 ppm es suficiente para destruir bacterias e inactivar el virus, después de un tiempo de

reacción mínimo de 30 minutos.

49

El funcionamiento del equipo empieza con identificar la fuente de distribución o captación de agua; en este caso para almacenar el agua a tratarse en un tanque de almacenamiento; incorporado con una bomba para proveer la presión necesaria para generar el fenómeno de osmosis inversa.

El agua ingresa por un filtro de sedimentos que elimina los sólidos en suspensión (tierra, barro, arena, óxidos, etc.) con un tamaño mayor de 5 micras. Posteriormente ingresa por un filtro de carbón activado granular que proporciona un buen sabor al agua antes de que esta sea almacenada en un tanque de descarga.

En el proceso de filtrado pasa por un pos filtro de carbón activado en bloque que absorbe y elimina el cloro y otros contaminantes químicos del agua (pesticidas, aceites) hasta un 99.9%.

En la etapa final el agua es conducida por una membrana semipermeable que rechaza los sólidos disueltos (sales) y otros contaminantes, tanto orgánicos como inorgánicos, permitiendo solo el paso de las moléculas de agua (hidrogeno y oxigeno).

Y posteriormente el agua el almacenada en un tanque de captación donde el agua se encuentra tratada y lista para el consumo.

#### 1.19. Elementos auxiliares que componen un equipo de osmosis inversa

#### 1.19.1. Bomba de succión

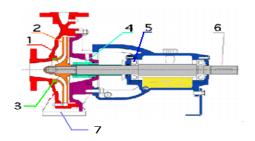
Dispositivo mecánico que añade energía a un fluido. Está compuesta por un motor eléctrico o algún otro mecanismo principal de potencia que hace funcionar el eje de la bomba, lo cual trae como resultado un aumento de la presión del fluido y ésta comienza a fluir.

# 1.19.1.1. Bomba centrifuga

Una bomba centrífuga es una máquina que consiste en un conjunto de alabes rotatorios encerrados dentro de una carcasa, los cuales imparten energía al fluido por la fuerza centrífuga, es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio en energía cinética y potencial requerida<sup>29</sup>.

El fluido entra por el centro del impulsor, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa de la bomba, que por el contorno de su forma lo conduce hacia la salida.

## 1.19.1.2. Partes de una bomba centrifuga



Grafica 1.18. Corte esquemático de una bomba centrífuga,

Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eo/centrifugas

- 1.- Carcasa
- 2.- Impulsor
- 3.- Anillos de desgaste
- 4.- Sellos
- 5.- Cojinetes
- 6.- Eje
- 7.- Base

1.- Carcasa: Es la parte exterior protectora de la bomba y cumple la función de convertir la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor en energía de presión. Esto se lleva a cabo mediante reducción de la velocidad por un aumento gradual del área.

51

<sup>&</sup>lt;sup>29</sup> www.wikimedia.org/wikipedia/commons/eo/centrifugas

**2.-** *Impulsor:* Es el corazón de la bomba centrífuga. Recibe el líquido y le imparte una velocidad de la cual depende la cabeza producida por la bomba.

3.- Anillos de desgaste: Cumplen la función de ser un elemento fácil y barato de

remover en aquellas partes en donde debido a las cerradas holguras entre el impulsor

y la carcasa, el desgaste es casi seguro, evitando así la necesidad de cambiar estos

elementos y quitar solo los anillos.

4.- Sellos: La función de estos elementos es evitar el flujo hacia fuera del líquido

bombeado a través del orificio por donde pasa la flecha de la bomba y el flujo de aire

hacia el interior de la bomba.

5.- Cojinetes: Sirven de soporte a la flecha de todo el rotor en un alineamiento

correcto en relación con las partes estacionarias. Soportan las cargas radiales y

axiales existentes en la bomba.

6.- Eje: En el giran todos los elementos que de la bomba centrífuga, transmitiendo

además el movimiento que imparte el eje del motor.

7.- Base: Sirven de soporte a la bomba, sosteniendo el peso de toda ella.

1.19.2. Tuberías

Es el conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante

un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de tuberías de un

sistema

1.19.2.1. Características técnicas

Entre las características se encuentran: tipo, tamaño, aleación, resistencia, Cédula y

dimensión.

Grafica 1.19. Tuberías (Catálogo grupoprovi)

Fuente: www.grupoprovi.com

*Diámetros:* Es la medida de un accesorio o diámetro nominal mediante el cual se identifica al mismo y depende de las especificaciones técnicas exigidas.

**Resistencia:** Es la capacidad de tensión en libras o en kilogramos que puede aportar un determinado accesorio en plena operatividad.

*Aleación:* Es el material o conjunto de materiales del cual está hecho un accesorio de tubería.

*Cédula:* Es el grosor que posee la pared del accesorio de acuerdo a las normas y especificaciones establecidas.

#### 1.19.3. Codos

Son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tantos grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.



Grafica 1.20. Codo

Fuente: http://www.facenil.com/accesorios/reduccionbushin.htm

# Tipos de codos

Los codos estándar son aquellos que vienen listos para la pre-fabricación de piezas de tuberías y que son fundidos en una sola pieza con características específicas y son:

- Codos estándar de 45°
- Codos estándar de 90°
- Codos estándar de 180°

#### Características técnicas

*Diámetro:* Es el tamaño o medida del orificio del codo entre sus paredes. También existen codos de reducción.

*Angulo:* Es la existente entre ambos extremos del codo y sus grados dependen del giro o desplazamiento que requiera la línea.

*Radio:* Es la dimensión que va desde el vértice hacia uno de sus arcos. Según sus radios los codos pueden ser: radio corto, largo, de retorno y extra largo.

*Cédula:* Es una normativa o codificación del fabricante determinada por el grosor de la pared del codo.

*Aleación:* Es el tipo de material o mezcla de materiales con el cual se elabora el codo, entre los más importantes se encuentran: acero al carbono, acero inoxidable, galvanizado, etc.

*Junta:* Es el procedimiento que se emplea para pegar un codo con un tubo, u otro accesorio y esta puede ser: soldable a tope, roscable, embutible y soldable.

*Dimensión:* Es la medida del centro al extremo o cara del codo y la misma puede calcularse mediante formulas existentes.

# 1.19.4. Tee

Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y cédulas y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería.



Grafica 1.21. Te roscada

Fuente: http://www.facenil.com/accesorios/reduccionbushin.htm

# **Tipos**

- Diámetros iguales o te de recta
- Reductora con dos orificios de igual diámetro y uno desigual.

#### Características técnicas

Diámetro: Las te existen en diámetros desde 1/4" hasta 72".

*Cédula:* Este factor depende del espesor del tubo o accesorio a la cual va instalada.

*Aleación.* Las más usadas en la fabricación son: acero al carbono, acero inoxidable, galvanizado, etc.

*Juntas:* Para instalar las te en líneas de tubería se puede hacer, mediante procedimiento de rosca embutible-soldable o soldable a tope.

*Dimensión:* Es la medida del centro a cualquiera de las bocas de la te.

#### 1.19.5. Reducciones

Son accesorios de forma cónica, fabricadas de diversos materiales y aleaciones. Se utilizan para disminuir el volumen del fluido a través de las líneas de tuberías.



Grafica 1.22. Reducción para tubería

Fuente: http://www.facenil.com/accesorios/reduccionbushin.htm

# **Tipos**

**Estándar concéntrica:** Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido aumentando su velocidad, manteniendo su eje.

**Estándar excéntrica:** Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido en la línea aumentando su velocidad perdiendo su eje.

#### Características técnicas

**Diámetro:** Es la medida del accesorio o diámetro nominal mediante el cual se identifica al mismo, y varía desde 1/4" x 3/8" hasta diámetros mayores.

*Cédula:* Representa el grosor de las paredes de la reducción va a depender de los tubos o accesorios a la cual va a ser instalada.

*Aleación:* Es la mezcla utilizada en la fabricación de reducciones, siendo las más usuales: al carbono, acero inoxidable, etc.

*Junta:* Es el tipo de instalación a través de juntas roscables, embutibles soldables y soldables a tope.

**Dimensión:** Es la medida de boca a boca de la reducción concéntrica y excéntrica.

#### 1.19.6. Válvulas

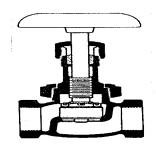
#### Definición

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movible que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

# Componentes de una válvula

- Cuerpo: Es la parte a través de la cuál transcurre el fluido.
- **Obturador:** Es el elemento que hace que la sección de paso varíe, regulando el caudal y por tanto la pérdida de presión.
- Accionamiento: Es la parte de la válvula que hace de motor para que el obturador se sitúe en una posición concreta. Puede ser motorizado, mecánico, neumático, manual o electromagnético.
- **Cierre:** Une el cuerpo con el accionamiento. Hace que la cavidad del cuerpo y del obturador (donde hay fluido) sea estanco y no fugue.
- **Vástago:** Es el eje que transmite la fuerza del accionamiento al obturador para que este último se posicione.





Grafica 1.23. a) Válvula b) Esquema de una válvula

Fuente: http://www.astainvalve.es/5 gate valve.htm

# 1.19.7. Manometros

#### **Definicion**

Los manómetros son los instrumentos utilizados para medir la presión de fluidos (líquidos y gases). Lo común es que ellos determinen el valor de la presión relativa, aunque pueden construirse también para medir presiones absolutas.

Todos los manómetros tienen un elemento que cambia alguna propiedad cuando son sometidos a la presión, este cambio se manifiesta en una escala o pantalla calibrada directamente en las unidades de presión correspondientes.<sup>30</sup>



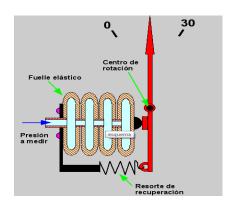
Grafica 1.24. Manómetros para medición de presiones

Fuente: www.monografias.com

# 1.19.7.1. Partes de un manómetro

Entre las partes más importantes de las que está compuesto un manómetro de medición de presiones se encuentran las siguientes:

- 1.- Fuelle elástico.
- 2.- Centro de rotación.
- 3.- Resorte de recuperación.
- 4.- Cuerpo principal del manómetro.
- 5.- Carcaza.



Grafica 1.25. Partes de un manómetro

Fuente: www.monografias.com

-

<sup>&</sup>lt;sup>30</sup> www.sabelotodo.org/aparatos/manometros.htm

# POLÍMEROS

#### 1.20. Definición

Los polímeros comprenden materiales que van desde los familiares plásticos hasta el caucho, se trata de compuestos orgánicos basados en el carbono, hidrógeno y otros elementos no metálicos, caracterizado por la gran longitud de estructuras moleculares. Los polímeros poseen densidades bajas y extraordinaria flexibilidad.

El consumo de polímeros o plásticos ha aumentado en los últimos años. Estos petroquímicos han sustituido parcial y a veces totalmente a muchos materiales naturales como la madera, el algodón, el papel, la lana, la piel, el acero y el cemento. Los factores que han favorecido el mercado de los plásticos son los precios competitivos y a veces inferiores a los de los productos naturales, y el hecho de que el petróleo ofrece una mayor disponibilidad de materiales sintéticos que otras fuentes naturales.

# 1.21. CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS

# 1.21.1. Termoplásticos

Es un plástico que a temperatura ambiente, es deformable, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfría lo suficiente. La mayor parte de los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los cuales poseen cadenas asociadas por medio de débiles fuerzas (Van der Waals); fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrógeno, o incluso anillos aromáticos apilados (poliestireno). Los polímeros termoplásticos difieren de los polímeros termoestables en que después de calentarse y moldearse pueden recalentarse y formar otros objetos, mientras que en el caso de los termoestables o termoduros, después de enfriarse la forma no cambia.

# 1.21.2. Termoestables

Los plásticos termoestables son polímeros infusibles e insolubles. La razón de tal comportamiento estriba en que las cadenas de estos materiales forman una red tridimensional espacial, entrelazándose con fuertes enlaces covalentes. La estructura así formada toma el aspecto macroscópico de una única molécula gigantesca, cuya forma se fija permanentemente, debido a que la movilidad de las cadenas y los grados de libertad para rotación en los enlaces es prácticamente cero.

Los plásticos termoestables poseen algunas propiedades ventajosas respecto a los termoplásticos. Por ejemplo, mejor resistencia al impacto, a los solventes, a la permeación de gases y a las temperaturas extremas.

Entre las desventajas se encuentran, generalmente, la dificultad de procesamiento, la necesidad del curado, el carácter quebradizo del material y el no presentar reforzamiento al someterlo a tensión.

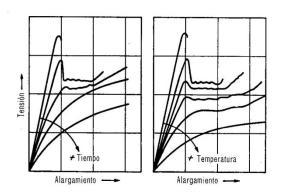
#### 1.21.3. Elastómeros

Es un polímero que regresa a su longitud original después de estirado repetidamente hasta por lo menos dos veces su longitud original a temperatura ambiente. Este comportamiento se debe a que las moléculas pueden enrollarse y desenrollarse elásticamente.

# 1.22. PROPIEDADES DE LOS POLÍMEROS

# 1.22.1. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de los plásticos se ven muy afectadas por el tiempo, la temperatura y otras condiciones del medio ambiente. Esto se observa mucho mejor en los termoplásticos, pero ocurre de igual forma en los materiales termoestables.



Grafica 1.26. Efecto del tiempo y la temperatura sobre las características de resistencia de los termoplásticos

Fuente: www.termoplasticos.com/htm

# 1.22.2. Propiedades térmicas

El comportamiento de los plásticos al calor, no se basa exclusivamente en las propiedades físicas como la dilatación y la conductividad térmica, sino también, a la disminución de la resistencia durante el calentamiento en los puntos de reblandecimiento, fusión, descomposición y temperatura de elaboración.

El coeficiente de dilatación térmica de los plásticos es mucho mayor que la de los metales. Se puede afirmar que su valor varía del 1% al 2% que el de los materiales metálicos.

Por el contrario, la conductividad térmica es mucho menor, esto se debe tener en cuenta en la ingeniería, siempre que no se aproveche esta característica con fines aislantes

# 1.22.3. Propiedades físico-químicas

Para determinar el peso específico o la densidad de los plásticos se utilizan métodos ordinarios, sin embargo en la investigación de los plásticos presentan ciertas dificultades particularmente en mezclas de plásticos, copolimerizados y plásticos entrelazados, por lo que implica un elevado costo instrumental.

Generalmente estos ensayos de determinación de propiedades físico-químicas se los realizan de acuerdo a lo que se requiera conocer los cuales pueden ser:

- Resistencia a la corrosión
- Sensibilidad al agrietamiento por tensiones
- Absorción del agua
- Estabilidad a la luz o a los agentes atmosféricos
- Acción corrosiva de los plásticos
- Características fisiológicas

# 1.23 CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS

#### 1.23.1. Poliéster termoplástico

Se produce a partir de dos compuestos principalmente: Ácido Terftálico y Etilenglicol. Este material tiene una baja velocidad de cristalización y puede encontrarse en estado amorfo-transparente o cristalino.

En general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia y resistencia química.

# 1.23.1.1. Aplicaciones

En la actualidad se están abriendo cada vez más nuevos campos de aplicación y se desarrollan botellas PET de alta calidad y reducido peso, entre sus aplicaciones más importantes dentro de los siguientes sectores:

- Envases y Empaques
- Electro-electrónico: fabricación de capacitores eléctricos.
- Fibras (telas tejidas, cordeles, etc.): En la industria textil, la fibra de poliéster sirve para confeccionar gran variedad de telas y prendas de vestir.

#### 1.23.2. Polietileno

El polietileno pertenece al grupo de los polímeros de las Poliolefinas, que provienen de alquenos (hidrocarburos con dobles enlaces). Son polímeros de alto peso molecular y poco reactivo debido a que están formados por hidrocarburos saturados. Sus macromoléculas no están unidas entre sí químicamente, excepto en los productos reticulados.<sup>31</sup>

# 1.23.2.1. Clasificación

Los Polietilenos se clasifican principalmente en base a su densidad (de acuerdo al código ASTM) como:

<sup>&</sup>lt;sup>31</sup> Enciclopedia del Plástico 2000"; Centro Empresarial del Plástico; Edición 2001; Editorial McGraw-Hill.

- · Polietileno de Baja Densidad (PEBD o LDPE)
- · Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD o LLDPE)
- · Polietileno de Alta Densidad (PEAD o HDPE)
- · Polietileno de Alta Densidad Alto Peso Molecular (HMW-HDPE)
- · Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (UHMWPE)
- **1.23.2.1.1.** Polietileno de baja densidad PEBD.- Es un material traslúcido, inodoro, con un punto de fusión promedio de 110°C. Tiene conductividad térmica baja. Sus principales aplicaciones son dentro del sector del envase y empaque (bolsas, botellas, películas, sacos, tapas para botellas, etc.) y como aislante (baja y alta tensión).
- **1.23.2.1.2. Polietileno lineal de baja densidad PELBD**.- Presenta una buena resistencia a la tracción, al rasgado y a la perforación o punción, buena resistencia al impacto a temperaturas muy bajas (hasta -95°C) y en películas posee excelente elongación. Sus principales aplicaciones son como película encojible, película estirable, bolsas grandes para uso pesado, acolchado agrícola, etc.
- **1.23.2.1.3. Polietileno de alta densidad PEAD.** Presenta mejores propiedades mecánicas (rigidez, dureza y resistencia a la tensión) que el PEBD y el PELBD, debido a su mayor densidad. Presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión. No resiste a fuertes agentes oxidantes como ácido nítrico, ácido sulfúrico fumante, peróxidos de hidrógeno o halógenos. Sus principales aplicaciones son en el sector de envase y empaque (bolsas para mercancía, bolsas para basura, botellas para leche y yogurt, cajas para transporte de botellas, etc.), en la industria eléctrica (aislante para cable), en el sector automotriz (recipientes para aceite y gasolina, tubos y mangueras), artículos de cordelería, bandejas, botes para basura, cubetas, platos, redes para pesca, regaderas, tapicerías juguetes, etc.<sup>32</sup>

62

<sup>&</sup>lt;sup>32</sup> Enciclopedia del Plástico 2000"; Centro Empresarial del Plástico; Edición 2001; Editorial McGraw-Hill.

# 1.23.2.1.4. Polietileno de alta densidad y alto peso molecular HMW-HDPE.-

Presenta propiedades como buena resistencia al rasgado, amplio rango de temperaturas de trabajo (de -40 a 120°C), impermeabilidad al agua y no guarda olores. Sus principales aplicaciones son en película, bolsas, empaque para alimentos, tubería a presión, etc.

**1.23.2.1.5.** Polietileno de ultra alto peso molecular UHMWPE.- Es un material altamente cristalino con una excelente resistencia al impacto, aún en temperaturas bajas de -200°C, tiene muy bajo coeficiente de fricción, no absorbe agua, reduce los niveles de ruido ocasionados por impactos, presenta resistencia a la fatiga y es muy resistente a la abrasión (aproximadamente 10 veces mayor que la del acero al carbón). Tiene muy buena resistencia a medios agresivos, incluyendo a fuertes agentes oxidantes.

#### 1.23.3. Pvc

El Policloruro de Vinilo (PVC) es un polímero termoplástico resultante de la asociación molecular del monómero Cloruro de Vinilo.

Por sí solo es el más inestable de los termoplásticos, pero con aditivos es el más versátil y puede ser sometido a variados procesos para su transformación, lo que le ha hecho ocupar, por su consumo, en el segundo lugar mundial detrás del Polietileno.

# 1.23.3.1. Clasificación

El PVC puede clasificarse de cuatro maneras:

- · Por su método de producción:
- Suspensión, Dispersión, Masa, Solución
- · Peso Molecular:
- Alto, Medio y bajo
- · Tipo de Monómeros:
- Homopolímeros y Copolímeros

#### · Formulación:

- Rígido y Flexible

# 1.23.3.2. Aplicaciones

- Tubería
- Botellas (Aceites comestibles, shampoos y agua purificada)
- Película y Lámina
- Perfiles
- Segmento Flexible:
- Calzado
- Película
- Recubrimiento de cable y alambre

# 1.23.4. Polipropileno

El Polipropileno es un termoplástico que pertenece a la familia de las Poliolefinas y que se obtiene a partir de la polimerización del propileno, el cual es un gas incoloro en condiciones normales de temperatura y presión, que licúa a -48°C. También se conoce al propileno como "propeno".

#### 1.23.4.1. Clasificación

El Polipropileno puede clasificarse por las materias primas que se utilizan en su elaboración y por su estructura química:

- Homopolímero
- Copolímero Impacto
- Copolímero Random

**1.23.4.1.1.** Polipropileno Homopolímero.- Presenta alta resistencia a la temperatura, puede esterilizarse por medio de rayos gamma y óxido de etileno, tiene buena resistencia a los ácidos y bases a temperaturas debajo de 80°C, pocos solventes orgánicos lo pueden disolver a temperatura ambiente. Posee buenas propiedades dieléctricas, su resistencia a la tensión es excelente en combinación con

la elongación, su resistencia al impacto es buena a temperatura ambiente, pero a temperaturas debajo de 0°C se vuelve frágil y quebradizo.

# **1.23.4.1.1.1.** Aplicaciones:

- Película
- Productos Médicos (jeringas, instrumentos de laboratorio, etc.)

**1.23.4.1.2. Polipropileno Copolímero**.- Presenta excelente resistencia a bajas temperaturas, es más flexible que el tipo Homopolímero, su resistencia al impacto es mucho mayor y aumenta si se modifica con hule EPDM, incrementando también su resistencia a la tensión al igual que su elongación; sin embargo, la resistencia química es inferior que el Homopolímero, debilidad que sé acentuá a temperaturas elevadas.

# **1.23.4.1.2.1.** Aplicaciones:

- Sector de Consumo (Tubos, perfiles, juguetes, recipientes para alimentos, cajas, hieleras, etc.)
- Automotriz (Acumuladores, tableros, etc.)
- Electrodomésticos (Cafeteras, carcazas, etc.)

**1.23.4.1.3. Polipropileno Copolímero Random.-** Las propiedades más sobresalientes del Copolímero Random son: el incremento en transparencia, flexibilidad y resistencia al impacto. Posee un índice de fluidez desde 1 g/10 min para soplado hasta 30g/10 min para inyección.

# **1.23.4.1.3.1.** Aplicaciones:

- Botellas (Vinagre, agua purificada, cosméticos, salsas, etc.)
- Película
- Consumo (Popotes, charolas, etc.)

#### 1.23.5. Poliestireno

El Poliestireno es un polímero que se obtiene a partir de un monómero llamado Estireno, el cual también se conoce con los nombres de vinilbenceno, feniletileno, estirol o estiroleno.

Este material ha tenido gran desarrollo en los últimos años y ha formado un grupo de plásticos denominados: familia de Polímeros, en los que se incluyen:

- · Poliestireno Cristal o de Uso General (PS)
- · Poliestireno Grado Impacto (PS-I)
- · Poliestireno Expansible (EPS)
- · Aleaciones

#### 1.23.5.1. Clasificación

**1.23.5.1.1. Poliestireno Cristal.-** Es un material amorfo de alto peso molecular (200,000 a 300,000 (g/mol), de baja densidad, duro, con buenas propiedades ópticas, mínima absorción de agua, buena estabilidad dimensional y aislamiento eléctrico.

Resiste ácidos orgánicos e inorgánicos concentrados y diluidos (excepto los altamente oxidantes), alcoholes, sales y álcalis. Es atacado por ésteres, cetonas, hidrocarburos aromáticos, clorados y aceites etéreos. Tiene brillo y transparencia.

Presenta baja resistencia al impacto y estabilidad térmica.

# **1.23.5.1.1.1.** Aplicaciones

- Fabricación de envases para productos plásticos alimenticios.
- Construcción de elementos farmacéuticos.
- Construcción de tapas, blíster.

**1.23.5.1.2. Poliestireno Expansible (EPS)**.- Es un material dúctil y resistente a temperaturas bajo cero, pero a temperaturas elevadas, aproximadamente a 88°C, pierde sus propiedades.

Debido a ello, y a su bajo coeficiente de conductividad térmica, se utiliza como aislante a bajas temperaturas. Posee poder de amortiguamiento, es decir, permite absorber la energía producida por golpes y vibraciones. Flota en el agua y es completamente inerte a los metales.

Resiste la mayoría de los ácidos, soluciones alcalinas y saladas, sin importar su concentración. También resiste a la temperatura e intemperie, no es tóxico. Sin embargo, no es resistente a solventes orgánicos o aceites minerales.

# 1.23.1.5.2.1. Aplicaciones

- Edificación
- Vivienda
- Especialidades Industriales
- Cuerpos Moldeados
- Envases

**1.23.5.1.3. Poliestireno Grado Impacto (PS-I).-** Los diferentes grados que existen de estos materiales (Medio y Alto Impacto), presentan propiedades similares a las del Poliestireno de uso general. Su color natural va de translúcido a opaco.

Son estables térmicamente, tienen niveles muy bajos de materia volátil y poseen una resistencia al impacto entro dos y cuatro veces superior al PS Cristal, según el contenido y tipo de elastómero.

#### **1.23.5.1.3.1.** Aplicaciones

El PS-I tiene las siguientes aplicaciones:

- Piezas rígidas con brillo e impacto
- Industria del envase y empaque (platos y vasos desechables)
- Asientos sanitarios
- Carretes Industriales
- Carcazas de Electrodomésticos.

Tabla 1.14. Propiedades físicas y mecánicas del polietileno solido

Fuente: www.monografias.com/polimeros/technology/htm

Peso molecular medio	25.000
Viscosidad intrínseca ( en tetranidronaftaleno a 75°C) lts/gr	1.00
Punto de fusión en ° C	110
Densidad	
a 20 ° C	0.92
a 50° C	0.90
a 80° C	0.87
a 110° C	0.81
Coeficiente de dilatación lineal entre 0 y 40°C por °C	0.0002
Aumento de volumen por calentamiento desde 20 a 110°C	14
Compresibilidad a 20°C, por atm.	5.5x10 <sup>-5</sup>
Calor especifico	
a 20 ° C	0.55
a 50° C	0.70
a 80° C	0.90
Índice de refracción	1.52
Modulo de Young (0-5% de extensión) Kg/cm <sup>2</sup>	1.60
Resistencia a la tracción a 20°C en Kg/cm²	150
Resistencia al choque (barra con muesca de 0.50 plg en cuadro)	
Kg/m	2.070
Dureza Brinell (bola de 2 mm de diámetro ) ; 3 Kg	2
Conductividad térmica ; cal / (seg.cm²) (°C/cm)	0.0007
Alargamiento en la ruptura	500

Tabla 1.15. Propiedades del polietileno líquido

Fuente: www.monografias.com/polimeros/technology/htm

Densidad a T = 120°C	0,80
Coeficiente de dilatación cubica	0,0007 por °C
Calor especifico	0,70 (aprox)

Tabla 1.16. Propiedades del polietileno de alta y baja densidad

Fuente: www.monografias.com/polimeros/technology/htm

PROPIEDADES	LDPE	LLDPE	HDPE
Densidad (g/cm3)	0.92 0.93	0.922 - 0.926	0.95 - 0.96
Resistencia a la tracción x 1000	0.90 2.50	1.80 – 2.90	2.90 – 5.40
Elongación (%)	550 - 600	600 - 800	20 - 120
Cristalinidad (%)	65		95
Rigidez dieléctrica (V/mil.)	480		480
Máxima temperatura de uso (°C)	82 - 100	480	80 - 120

#### **CAPITULO II**

# METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. Introducción

La Investigación es un proceso; que mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y puntual para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento.

Para obtener algún resultado de manera clara y precisa es necesario aplicar algún tipo de investigación; esta posee una serie de pasos para lograr el objetivo planteado o para llegar a la información solicitada. La investigación tiene como base el método científico y este es el método de estudio sistemático de la naturaleza que incluye las técnicas de observación, reglas para el razonamiento y la predicción, ideas sobre la experimentación planificada y los modos de comunicar los resultados experimentales y teóricos.

#### 2.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Es conveniente señalar que en la realidad la investigación no se puede clasificar exclusivamente en alguno de los tipos que se explican a continuación sino que generalmente en toda investigación se persigue un propósito señalado, se busca un determinado nivel de conocimiento y se basa en una estrategia particular o combinada.

Dentro de los tipos de investigación más relevantes que hemos aplicado en este tema tenemos los siguientes:

- **2.2.1. Investigación Aplicada:** Su principal función es la recolección de datos referentes a sistemas y métodos de purificación de agua ya existentes; y en base a estos conocimientos construir un nuevo tipo de equipo que ejecute la misma función. (R, Sampieri, C Fernández Baptista; 1992)
- **2.2.2. Investigación documental:** La finalidad de esta investigación es recolectar fuentes de información real; ya sea esta de libros, textos, revistas; expedientes, etc.; para poder estructurar el marco teórico y sustentar las diferentes características del equipo a construirse con la información utilizada. (R, Sampieri, C Fernández Baptista; 1992)
- **2.2.3.** Investigación explorativa: Radica en encontrar la problemática de un determinado aspecto; en el presente proyecto el problema existente es que en los

sectores rurales hay la falta de acceso para obtener agua de consumo humano. Por ende proponemos un sistema prototipo de purificación de agua utilizando elementos de tecnología moderna; en comparación con otro tipo de tratamientos tradicionales de agua. (R, Sampieri, C Fernández Baptista; 1992)

- **2.2.4. Investigación descriptiva:** Su función es partir de un método de análisis y estudio investigativo que es de gran importancia ya que debemos considerar el tipo de agua que vamos a purificar para lo cual partimos de un análisis de agua en un laboratorio y determinamos las diferentes características y propiedades que posee la misma; con la finalidad de utilizar un tratamiento adecuado para llegar a obtener agua purificada de buena calidad que cumpla con las normativas para consumo humano. (R, Sampieri, C Fernández Baptista; 1992)
- **2.2.5.** Investigación explicativa: Su función es responder y explicar la ejecución de este tipo de proyecto; en esta investigación la razón más importante para encaminarse a la construcción de una planta prototipo es promover el cuidado en la salud de las personas al consumir agua en mal estado; debido a que un inconveniente en nuestro medio es el consumo de agua contaminada y también la falta de fuentes y mecanismos que generen agua tratada; lo cual hace que se produzcan enfermedades en las personas. Por ende para evitar este tipo de inconvenientes proponemos un sistema de purificación por osmosis inversa el cual utiliza agua de vertiente para dicho tratamiento. (R, Sampieri, C Fernández Baptista; 1992)

#### 2.3. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo investigativo se realizó en el sector de Puembo ubicado al noroeste de la ciudad de Quito; en donde se efectuó un estudio para la elaboración de un sistema prototipo de purificación de agua tomando en consideración que en dicho sector existe vertientes de agua dulce muy útil para obtener agua potable con buena calidad para consumo humano.

Dichos estudios fueron realizados en el mes de agosto del 2010 en el que se analizó las características del agua para ser tratada; proveniente de la vertiente de la parroquia de Puembo (orillas del Rio Guambi).

Además se estudió los parámetros con los cuales se puede llegar a obtener agua de consumo humano aplicando el método de purificación por osmosis inversa y cumpliendo con las normativas correspondientes establecidas en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108.

La capacidad de producción estimada que se ha propuesto para esta planta prototipo es de 250 litros tanto en el tanque de captación de agua cruda como en el tanque de agua tratada. Por consiguiente el equipo va a producir una cantidad que duplica el valor que podría consumir una familia constituida por 7 personas; tomando en consideración la tabla 1.1. que nos indica un valor aproximado de los litros que consume una persona por día.

Inicialmente se tomo una cantidad de volumen de agua de la vertiente antes mencionada para posteriormente llevar dicha muestra a un laboratorio de análisis de agua.



Grafica 2.1. Ubicación de vertiente agua dulce en parroquia Puembo

Fuente: Origen

#### 2.4. MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Dentro de la siguiente investigación se utilizo diferentes métodos los cuales nos ayudaron a entender las técnicas más pertinentes para el proceso de purificación del agua; los cuales se enuncian a continuación:

#### 2.4.1. Método analítico sintético

En toda esta investigación se utilizó el Método Analítico basado en la norma APHA-AWWA-WPCF correspondiente al Estándar Métodos que es el procedimiento más aconsejable para este tipo de análisis.

Este método nos ayudó a conocer un reporte acerca de las características y componentes principales del agua a ser tratada.

A través de los análisis de laboratorio se recolectó la información más importante acerca del agua a purificar; en la cual tenemos los parámetros físicos, inorgánicos y microbiológicos; y que a su vez nos sirvió de guía para determinar el procedimiento más adecuado y factible para tratar el agua.

Además se utilizó fuentes bibliográficas tales como: libros, catálogos, manuales, revistas; desde el inicio del proyecto para de esta manera justificar y sustentar los datos encontrados para la ejecución del sistema.

Cabe señalar que todos los datos obtenidos son de gran ayuda para procesar la información y realizar un estudio cualitativo y cuantitativo del proyecto.

Todos los datos iniciales serán comparados con los datos finales que se obtenga luego de utilizar el sistema de purificación de agua para determinar si el estudio realizado fue exitoso.

#### 2.4.2. Método inductivo deductivo

Para este tipo de análisis investigativo se tomo en consideración los problemas para obtener agua potable de consumo humano y los factores que contaminan el agua.

Se debe determinar los aspectos más importantes para llegar a obtener agua potable y cumplir los diferentes procesos a seguir para encaminarse a dicho objetivo.

Se prosiguió por recolectar la mayoría de datos posibles acerca del agua sin tratar y definir los parámetros de dicho elemento para posteriormente limitar un alcance en este proyecto.

Se consideró datos e informes de plantas de purificación de agua específicamente de la ciudad de Quito con la finalidad de observar los parámetros de cumplimiento del agua potabilizada.

Una de la plantas en las cuales la investigación está basada es la planta de tratamiento de agua de la empresa EMAAP-Q sector bellavista; cuyo objetivo es llegar a obtener los parámetros establecidos por la norma INEN 1108 actualmente cumpliendo con la tercera revisión.

# 2.5. FUENTES Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

# **2.5.1. Objetivo**

El objetivo principal en esta etapa, consiste en dirigir todos los esfuerzos de almacenamiento de datos hacia la ejecución del proyecto, tomando en consideración las diferentes fuentes de información (sea una persona, un producto, material impreso, etc.) en la que pueda suministrar datos oportunos y altamente específicos

acerca de los elementos y procedimientos necesarios para realizar el tratamiento de purificación de agua para consumo humano por el método de osmosis inversa.

#### 2.5.2. FUENTES Y TÉCNICAS

Las fuentes de información a ser utilizadas, van a depender tanto de la tarea en sí misma, como de las limitaciones del proyecto; entre las más importantes que podemos señalar son: tiempo, disponibilidad en el mercado y costos.

La información para la investigación y realización de este proyecto fue proporcionada de libros de bibliotecas, páginas de internet, publicaciones técnicas, catálogos de empresas públicas y privadas, revistas técnicas; en donde, se analiza temas netamente acerca de la purificación y los tratamientos del agua para consumo humano.

# 2.6. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de la información se tomo en cuenta los siguientes aspectos:

#### 2.6.1. Plan de muestreo

Tabla 2.1. Cuadro de cantidades de muestras de agua tomadas Fuente: Origen

LUGAR DE	UBICACIÓN	DÍAS DE	TOTAL DE
MUESTREO	GEOGRÁFICA	MUESTREO	MUESTRAS
			ANALIZADAS
Agua captada en	Parroquia Puembo	1	2
vertiente			
	Provincia		
	Pichincha		
Agua captada en	Parroquia Puembo	1	2
vertiente			
	Provincia		
	Pichincha		



Grafica 2.2. Ubicación de salida de caudal de vertiente rio Guambi Fuente: Origen

- Se contó con la colaboración de la directora del Laboratorio de Control de Calidad; Unidad "Sector Bellavista"; de la empresa EMAAP-Q para el análisis de muestra de agua.
- Se revisó con la directora los resultados obtenidos de las muestras comparando con los análisis de calidad de agua obtenidos en la planta de tratamiento bellavista.

#### 2.7. PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE LA MUESTRA

#### 2.7.1. Condiciones iniciales de muestreo del agua

En esta etapa se analizo las características y los tratamientos de purificación de agua basados en el estudio de los parámetros del agua cruda con la que contamos inicialmente

Para realizar el proceso de obtencion de la muestra de agua ( agua de vertiente ) ; es necesario seguir diferentes etapas que se enuncian a continuacion:

#### 2.7.2. Mecanismo de análisis

El primer paso de esta etapa es la recolección de muestras. Posteriormente el agua recolectada se somete a análisis fisicoquímicos, bacteriológicos e hidrobiológicos, según su origen y finalidad.

Sobre la base de estos análisis, se podrá decir si la muestra cumple con las normas de potabilización y se determinará cuáles son sus características.

#### 2.7.3. Mecanismo de recolección

Para la obtención de la muestra en este estudio se detalló un punto de ubicación geográfico en donde se va a recoger la misma. Según las condiciones de tales

puntos, se podrá decir, con cierto porcentaje de seguridad, si el agua investigada tiene o no condiciones de potabilización.

En este caso el sector para la recolección de agua es la vertiente de la parroquia de Puembo (Rio Guambi); ubicada al nororiente de la ciudad de Quito provincia de Pichincha.

Esta muestra nos permitió conocer los parámetros del agua a ser tratada con la finalidad de obtener datos reales con los cuales vamos a trabajar para realizar el diseño del sistema de purificación.

# 2.7.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN

La técnica de recolección se aplica según la finalidad de la muestra.

# 2.7.4.1. Para análisis fisicoquímicos del agua

Técnica de recolección

a) Cantidad: 3 litros.

b) Frascos: se pueden usar frascos de vidrio o de plástico. Los de plástico se usan más debido a su inercia química y por ser más resistentes. Si por cualquier motivo fuera necesario utilizar botellas de vidrio, se deben emplear las que sirven para transportar sustancias solubles en agua (vino, vinagre, etcétera) y nunca las que se emplean para sustancias insolubles (aceites, gasolina, etcétera).

c) Limpieza de los frascos: en el caso del vidrio, se usa una mezcla sulfocrómica o KMnO4 alcalino, agua limpia y agua destilada. Para material plástico se usa detergente, agua limpia y agua destilada.

d) Durante la recolección: lavar el frasco con el agua que se va a recolectar. Se debe llenar el frasco directamente, sin embudos ni recipientes intermediarios. Cuando sea imposible introducir el líquido sin recipientes intermediarios o embudos, estos se deben lavar adecuadamente con la misma agua.<sup>33</sup>

e) Tiempo transcurrido entre la recolección y el análisis:

La duodécima edición de los Métodos Estándares sugiere como límites máximos los siguientes:

76

<sup>&</sup>lt;sup>33</sup> www.quimika.com/materias/ingenieria-ambiental/coloides.htm

Aguas no contaminadas...... 72 horas

Aguas ligeramente contaminadas...... 48 horas

Se debe recordar que los resultados serán más reales cuanto menor sea el tiempo transcurrido entre la recolección y el análisis.

- f) Algunos constituyentes químicos se pueden examinar a la hora de la recolección, tales como O2, CO2, CH4, H2S, Cl2, con riesgo de subregistro, y CO2, O2 y pH con riesgo de sobrerregistro.
- g) Recolección de oxígeno disuelto (OD): se sabe que la medida del OD puede dar una idea de las condiciones sanitarias de las aguas superficiales y del efecto de residuos oxidables en los cursos de agua. Además, puede brindar una apreciación de las condiciones del agua para la vida de los peces y otros microorganismos, así como una evaluación del proceso de auto purificación de la masa líquida.
- h) Temperatura para conservar la muestra. Para mantener el balance nitrato-nitritoamonio, sulfato-sulfito, se debe reducir la actividad microbiológica con temperaturas bajas y ausencia de luz.

#### 2.7.4.1.1. Punto de recolección

- a) Ríos y cursos de agua: se elige el lugar de acuerdo con la proximidad de las fuentes de contaminación y de los efluentes. Se debe considerar que el mecanismo de homogeneización no se realiza instantáneamente y si hay alguna duda en torno al proceso, se debe realizar una prueba en laboratorio para verificarlo. Para cursos de agua pequeños y medianos se puede obtener una sola muestra. Esta se debe recolectar del centro de la corriente y a una profundidad media, inferior a cinco centímetros. De este modo se evitará recolectar material que esté en la superficie.
- b) Lagos, lagunas y reservorios: cuando estos reservorios tienen grandes dimensiones, se debe controlar la circulación interna. Por lo general, se toman muestras representativas alejadas de las orillas y cercanas al punto de captación.
- c) Si dispone de una bomba, úsela y deje fluir el agua durante quince minutos; si no la tiene, emplee un balde limpio o el mismo recipiente de recolección.
- d) Red: antes de usar la red, deje correr el agua durante cierto tiempo considerando el diámetro de la tubería y el flujo de agua.
- e) En las plantas de tratamiento de agua: la recolección se realiza en la entrada y durante el tratamiento final. Actualmente, debido a que existe mayor preocupación

en torno a la turbidez, también se está haciendo una recolección del agua decantada y del agua filtrada.<sup>34</sup>

# 2.7.4.1.2. Identificación de la muestra

Siempre se debe identificar la muestra mediante los siguientes datos:

- Localización o procedencia (ciudad, región, etcétera);
- Fuente (río, lago, manantial, pozo);
- Lugar de recolección (identificación del punto donde se recolectó la muestra);
- Fecha y hora;
- Temperatura del aire y del agua;
- Condiciones meteorológicas;
- Caudal del río;
- Nivel del reservorio:
- Profundidad del pozo, y
- Nombre del recolector.

Dentro de lo posible, anote las condiciones higiénicas y de protección de los lugares de recolección e informe sobre cualquier irregularidad que se presente.

#### 2.7.4.2. Para análisis bacteriológicos e hidrobiológicos

Un técnico del propio laboratorio encargado del análisis debe responsabilizarse de la recolección destinada a los análisis bacteriológicos.

Técnica de recolección

- a) Cantidad: 100 mililitros.
- b) Frascos de vidrio de 125 mililitros con tapa esmerilada y boca ancha.
- c) Limpieza de los frascos: los frascos se esterilizan en un horno Pasteur a 170 °C durante dos horas.
- d) En el caso de muestras cloradas, se debe agregar 100 miligramos de tiosulfato de sodio, que no tiene acción nociva para el desarrollo de las bacterias; su función es neutralizar la acción del cloro.
- e) Tiempo transcurrido entre la recolección y el análisis: este lapso no debe exceder las 24 horas; dentro de lo posible, se mantienen las muestras a la temperatura de recolección o a bajas temperaturas (0 a 10 °C) y lejos de la luz. Lo ideal sería realizar el análisis una hora después de la recolección. Las normas actuales establecen 30 horas como lapso máximo entre la recolección y el inicio del análisis.

<sup>&</sup>lt;sup>34</sup> www.quimika.com/materias/ingenieria-ambiental/coloides.htm

Transcurrido dicho lapso, las muestras deben abandonarse.

- f) Es recomendable seguir una técnica aséptica. En el caso de aguas cloradas, no lave el frasco y nunca lo llene por completo. En caso de utilizar un grifo, deje correr el agua, desinféctela y déjela correr otra vez para recolectar la muestra inmediatamente. Evite las goteras o fugas por la parte superior.
- g) Indicaciones generales: los frascos deben abrirse en el momento de la recolección y debe evitarse que la tapa toque cualquier superficie.
- h) Procure verificar la proporción de cloro siempre que sea posible.<sup>35</sup>

#### 2.7.4.2.1. Punto de recolección

- a) En los ríos y cursos de agua: se debe recolectar no tan cerca de la orilla. El frasco se debe sostener con la mano para llenarlo en dirección contraria a la corriente. En caso de usar un cordel delgado, el vidrio se debe colocar con la boca hacia abajo. La recolección deberá durar tres minutos como máximo.
- b) Red: se recolecta la muestra de los grifos directos de la red. Para realizar esto, se debe cerrar el registro del grifo de captación del agua; si el agua no sale por el grifo, saldrá directamente por la red.

Los puntos de recolección se eligen entre hospitales, estaciones de gasolina, panificadoras, etcétera, por ser lugares fácilmente accesibles a cualquier hora.

- c) Reservorios: se recolecta la muestra en la entrada del reservorio, en el suelo y el subsuelo
- d) En las plantas de tratamiento de agua: el muestreo se realiza en las entradas, en los decantadores, en las salidas de los filtros y en el agua tratada final.

#### 2.7.4.2.2. Identificación de la muestra

Aparte de los datos mencionados en el caso de la recolección para el análisis físicoquímico, se debe tener datos acerca del lugar de donde proviene la muestra. El recolector debe estar preparado para proporcionar la información sobre las fuentes de contaminación reales y potenciales del área, y conocer el funcionamiento de las plantas de tratamiento.

Los siguientes datos complementarios son importantes para conocer la muestra:

- a) Si la muestra proviene de un pozo, se debe indicar lo siguiente:
- Profundidad del pozo;
- Edad del pozo;

\_

<sup>35</sup> www.quimika.com/materias/ingenieria-ambiental/coloides.htm

- Condiciones higiénicas de los bordes del pozo, y
- Existencia de letrinas en lugares próximos.
- b) Si la muestra proviene de aguas superficiales, se debe dar las siguientes informaciones:
- Origen (río, arroyo, vertiente, lago);
- Caudal, y
- Existencia de aguas residuales en las cercanías y distancia a la que están ubicadas.
- c) Si la muestra proviene de fuentes de abastecimiento público, se debe especificar estos datos:
- Fuente de abastecimiento;
- Sistema de tratamiento;
- Sustancias usadas en el tratamiento;
- Sistema de filtración;
- Cloro libre en el agua de consumo;
- Limpieza del depósito de distribución;
- Quejas sobre la calidad del agua;
- Existencia de enfermedades de origen hídrico, y
- Otras observaciones de importancia. 36

#### 2.8. TOMA DE MUESTRA

Se toma una muestra de la vertiente en un volumen de 3 litros utilizando un recipiente de plastico como se puede visualizar en la figura que se presenta a continuación.

El valor de cualquier resultado de laboratorio depende de la integridad de la muestra, es decir, la manera o forma en que se ha realizado la toma de la muestra respectiva, la misma que debe ser representativa a las condiciones del momento. El propósito es recoger una porción de agua cruda, de volumen adecuado, para ser manejada convenientemente en el laboratorio.

En el estudio para la obtención de la muestra de agua de vertientes se debe seguir el siguiente procedimiento en forma general:

a) La muestra debe tomarse necesariamente en el sitio donde exista la mayor captación de caudal ya sea la fuente de un rio, laguna o vertiente de agua dulce.

<sup>&</sup>lt;sup>36</sup> www.quimika.com/materias/ingenieria-ambiental/coloides.htm

- b) La ubicación para la toma de la muestra debe tener facilidad acceso
- c) Por lo general la muestra debe ser tomada a una profundidad inferior a cinco centímetros de la superficie de la vertiente para evitar recolectar material pesado.
- d) Deben excluirse las partículas grandes, es decir, mayores a 6 milímetros de diámetro.
- e) Las muestras deben examinarse tan pronto sea posible, ya que la descomposición bacteriana continúa en el frasco de la muestra. Como máximo de tiempo transcurrido en la recolección y el análisis para aguas ligeramente contaminadas es de 48 horas.
- f) Tomar la temperatura del agua en el punto donde se extrajo la muestra, el nombre del recolector, la fecha y hora y si es posible el caudal del rio o vertiente.
- g) Identificar la muestra, anotar datos de la misma y colocarla en una hielera.



Grafica 2.3. Muestra tomada en la vertiente Parroquia Puembo (rio guambi)

Fuente: Origen

#### 2.9.ALMACENAMIENTO DE LA MUESTRA

La muestra se almacenará en un recipiente adecuado, con su respectiva información (rotulado).



Grafica 2.4. Muestra llevada a laboratorio de analisis

**Fuente: Origen** 

#### 2.10. DOCUMENTACION

ESPECIFICACIONES RECEPCIÓN AGUA DE			
VERT	TIENTE		
	Quito 6 de Agosto del		
EMAAP-QUITO	2010		
SECTOR	Persona receptora de la		
BELLAVISTA	muestra:		
	Doctora Margoth Terán		
1. DESCRIPCIÓN DEL P	RODUCTO		
Muestra de agua de vertie	ente equivalente 3 litros ; 2		
tomas			
2. RESPONSABLE			
Investigador ( Alejandro Carate ; Luis Lapo)			
3. Materiales			
Recipiente de Recolección plástico; Guantes.			
4. CONDICIONES AMBIENTALES			
Temperatura : 20 °C (Quito)			
5. REQUISITOS OPERACIONALES			
Control de características muestra inicial			
6. EMBALAJE Y TRANSF	6. EMBALAJE Y TRANSPORTE		
Recipiente etiquetado, necesariamente refrigerada			

Grafica 2.5. Especificaciones de recepcion de muestra

**Fuente: Origen** 

#### 2.11. TRATAMIENTOS DE LA MUESTRA

A la muestra de agua proveniente de una vertiente se realizó el análisis de las características físico – química del agua que consta 23 parámetros: temperatura, pH, color, turbiedad, conductividad, sólidos totales, alcalinidad total, dureza, calcio, magnesio, manganeso, hierro, aluminio, flúor, cloruros, amoniaco, sulfatos, nitritos, nitratos, fosfatos, sílice, cloro libre residual. Además se realizó el análisis microbiológico que consta el análisis de aerobios mesofilos, coliformes totales y fecales.



Grafica 2.6. Análisis en laboratorio de muestra de agua tomada

Fuente: Origen (Laboratorio)



Grafica 2.7. Análisis de pH en laboratorio de muestra de agua tomada

Fuente: Origen (Laboratorio)

#### 2.12. MÉTODOS Y TÉCNICAS

#### 2.12.1. Métodos

Los métodos de análisis de laboratorio están basados en la Estándar Métodos APHA-AWWA-WPCF; utilizados en el análisis de aguas potables y residuales.

#### 2.12.2. Técnicas

Las técnicas utilizadas son propias del proceso que se desarrolla en el laboratorio donde se realiza el análisis del agua; para obtener mayor información se puede consultar en la normativa expuesta por la Standard Methods en la empresa EMAAP-Q planta bellavista.

#### 2.13. RESULTADOS FINALES

En este punto se obtiene el documento de analisis del agua llevada anteriormente al laboratorio ; en la que se exponen los parametros mas importantes de la misma.Dentro de las características que se detallan en el informe obtenido del

analisis de la muestra de agua realizada en la planta de tratamiento "Sector Bellavista" EMAAP-Q se encuentran los parametros : físicos , inorganicos o quimicos y microbiologicos los cuales se indican a continuacion:

Tabla 2.2. Hoja de reporte de analisis de laboratorio

Fuente: Planta de tratamiento de agua potable EMAAP-Q Sector Bellavista

#### UNIDAD SISTEMA BELLAVISTA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

VERTIENTE DE LA PARROQUIA PUEMBO (ORILLA DEL RIO GUAMBI)

			=.,
FECHA DE ANALISIS:	16 de Agosto de	el 2010	
TIPO DE MUESTRA:	Agua cruda		
SOLICITADO POR:	Señores Alejano	dro Carate - Luis Lapo	
PARAMETROS	UNIDAD	METODO DE ANALISIS	
	PARAMETROS	FISICOS	
TEMPERATURA	°C	Termometrico	8.20
PH	-	Electrometrico	7.73
COLOR	UTC	Comparacion visual	5
TURBIEDAD	NTU	Nefelometrico	0.80
CONDUCTIVIDAD	Us/cm	Conductivimetrico	625
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/l	Gravimetrico	608
	PARAMETROS	INORGANICOS	
ALCALINIDAD (CaCO₃)	mg/l	Titulometrico (H2SO4)	273
DUREZA TOTAL (CaCO-)	ma/l	Titulometrico (EDTA)	17/

ALCALINIDAD (CaCO₃)	mg/l	Titulometrico (H2SO4)	273
DUREZA TOTAL (CaCO₃)	mg/l	Titulometrico (EDTA)	174
CALCIO (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l	Titulometrico (EDTA)	24.40
MAGNESIO (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l	Calculo	27.60
MANGANESO (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l	Espectrofotometrico (Persulfato)	0.00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/l	Espectrofotometrico (Eriocromo cianina R)	0.00
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/l	Espectrofotometrico (Fenantrolina)	0.00
FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	mg/l	Espectrofotometrico (Spadns)	1.35
CLORUROS (CI <sup>-</sup> )	mg/l	Titulometrico (Argentometrico)	18.50
AMONIACO (NH₃)	mg/l	Espectrofotometrico (Nesslerizacion)	0.31
NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	Espectrofotometrico (Diazotacion)	0.03
NITRATOS (NO₃⁻)	mg/l	Espectrofotometrico (Reduccion cadmio)	8.40
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	Espectrofotometrico (Turbidimetrico)	110
FOSFATOS (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l	Espectrofotometrico (Acido ascorbico)	0.47
SILICE (SiO₂)	mg/l	Espectrofotometrico (Molibdosilicato)	74.40
CLORO LIBRE RESIDUAL (Cl₂)	mg/l	Colorimetrico (DPD)	0.00
	PARAMETROS	MICROBIOLOGICOS	

AEROBIOS MESOFILOS	UFC/ml	Recuento en placa	15
COLIFORMES TOTALES	NPM/100ml	Enzima sustrato definido (Tubos multiples)	93
COLIFORMES FECALES	NPM/100ml	Enzima sustrato definido (Tubos multiples)	< 1.1

#### **REFERENCIA:**

PROCEDENCIA

Metodo de analisis realizados en base al Estandar Metodos APHA-AWWA-WPCF Cualquier fotocopia de este documento no es responsable de la EMAAP-Q

#### **OBSERVACIONES:**

Los valores de cloro residual y temperatura no son realizados in situ. El muestreo es responsabilidad del cliente

# 2.14. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta etapa se comparan los resultados obtenidos del agua de vertiente analizada en el laboratorio con respecto a los porcentajes obtenidos en la planta EMMAP-Q Bellavista la misma que cumple con los parámetros emitidos por la norma NTE INEN 1108.

Para realizar dicha comparación se consideró un diagnostico de los parámetros: físico-químicos y microbiológicos del agua en análisis para delimitar el tipo de tratamiento a utilizarse.

#### 2.15. Análisis comparativos

Los datos de comparación tienen como objeto verificar si el agua de la vertiente cumple con los porcentajes establecidos dentro de los parámetros físicos, inorgánicos ó químicos y microbiológicos vigentes en la norma NTE INEN 1108.

En los parámetros físicos el agua diagnostica los siguientes resultados:

1500 1600 1400 1200 1000 800 608 VALOR MUESTRA 600 ■ VALOR NORMA 400 200 5 15 0,8 5 PARAMETROS FISICOS 0 COLOR **TURBIEDAD SOLIDOS TOTALES DISUELTOS** 

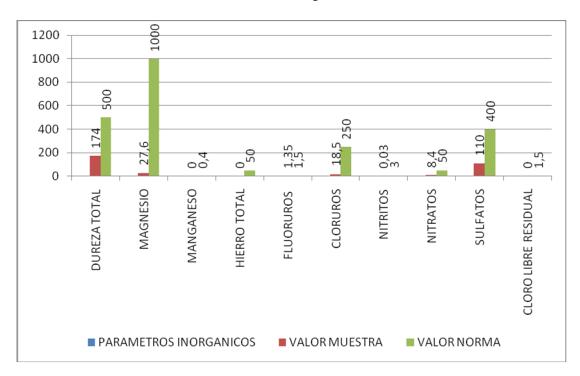
Tabla 2.3. parametros fisicos comparativos del agua de vertiente

Fuente: origen

En los parámetros químicos o inorgánicos el agua diagnostica los siguientes resultados:

Tabla 2.4. parametros quimicos comparativos del agua de vertiente

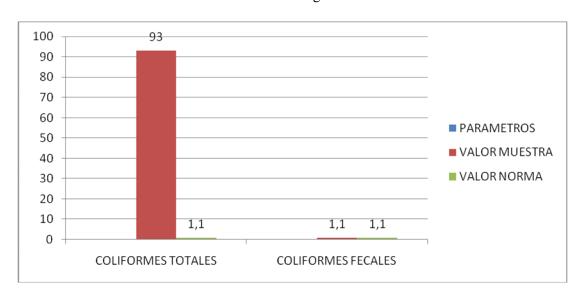
Fuente: origen



Finalmente dentro de los parámetros microbiológicos el agua presenta los siguientes diagnósticos:

Tabla 2.5. parametros microbiologicos comparativos del agua de vertiente

Fuente: origen



#### 2.15.1. Análisis comparativos (Metales pesados)

La finalidad del análisis de metales pesados en el agua de vertiente es debido a que esta puede contener elementos tóxicos y nocivos en altas cantidades tales como el arsénico, mercurio que pueden ocasionar problemas en la salud de las personas; razón por la cual es recomendable realizar un estudio de estos elementos con el objetivo de cumplir con los requisitos establecidos en la normativa del municipio basada en la norma NTE INEN 1108.

Tabla 2.6. Valores comparativos de metales pesados existentes en el agua

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO PERMITIDO NORMA NTE INEN 1108	VALORES AGUA DE VERTIENTE ANALIZADA	DIAGNOSTICO
ARSENICO	mg/l	0,01	5,3 ug/l	CUMPLE
MERCURIO	mg/l	0,006	< 0,1 ug/l	CUMPLE
COBRE	mg/l	2	< 0,01 mg/l	CUMPLE
PLOMO	mg/l	0,01	< 0,1 mg/l	NO CUMPLE
ZINC	mg/l	1,5	< 0,01 mg/l	CUMPLE
CADMIO	mg/l	0,003	< 0,01 mg/l	NO CUMPLE

# 2.15.2. Conclusión de análisis comparativos en metales pesados

De acuerdo a la comparación realizada entre los valores proporcionados por la norma NTE INEN 1108 y los resultados obtenidos del análisis de metales pesados del agua de vertiente concluimos que:

Tabla 2.7. Diagnostico de metales pesados existentes en el agua

Fuente: origen

PARÁMETROS	DIAGNOSTICO
ARSÉNICO	CUMPLE
MERCURIO	CUMPLE
COBRE	CUMPLE
PLOMO	NO CUMPLE
ZINC	CUMPLE
CADMIO	NO CUMPLE

#### 2.16. Plan de análisis final

Partiendo de los resultados comparativos podemos concluir que es necesario realizar un tratamiento de agua; por tanto se ha optado considerar el proceso por osmosis inversa debido a que existe un gran porcentaje de sólidos disueltos en el agua; elementos inorgánicos que afectan a la salud como: magnesio, cloruros, sulfatos, sílice, etc y la concentración de aerobios mesofilos y coliformes totales en la composición del agua.

En consideración para la solución de este problema se tomó la decisión de diseñar y construir un sistema de tratamiento de agua.

Con la construcción y puesta en operación del sistema de purificación de agua se espera que el agua tratada cumpla con los parámetros y requisitos establecidos en la normativa vigente de saneamiento y agua potable expuesta mediante la norma NTE INEN 1108.

Y finalmente como un aspecto importante para mencionar es que después de la construcción del sistema; necesariamente se debe realizar pruebas de verificación; para la cual se tomarán nuevamente una cantidad específica de muestras de agua y se efectuará un análisis de laboratorio; para posteriormente generar indicadores comparativos entre los porcentajes de agua sin tratar (ANTES) y el agua tratada por medio de este equipo (DESPUÉS).

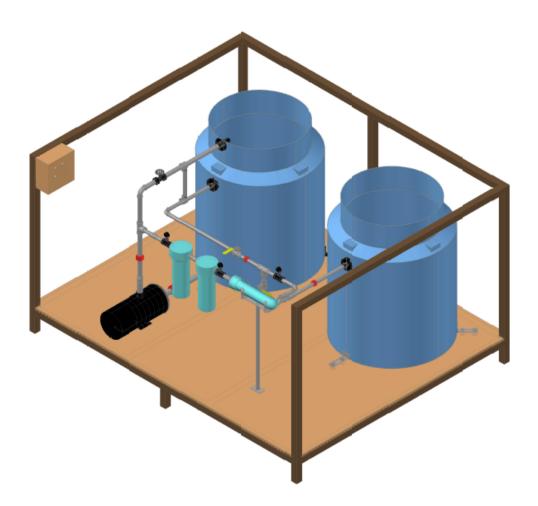
# **CAPITULO III**

# DISEÑO, CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA

# 3.1. DISEÑO DEL SISTEMA

En este capítulo se analizan los componentes que forman parte del sistema, el tipo de instalación (lugar de salida del fluido y el lugar de destino o llegada del fluido); el volumen de los tanques de almacenamiento de agua, el caudal estimado en el sistema y la capacidad de producción de agua tratada.

En el diseño que se indica a continuación se genera la forma geométrica del sistema a construirse; así como también las partes que lo conforman tales como: tanques de almacenaje para el fluido, tuberías, filtros, membranas, válvulas, accesorios, elementos de control, entre otros.



Grafica 3.1. Forma geométrica del sistema de purificación de agua

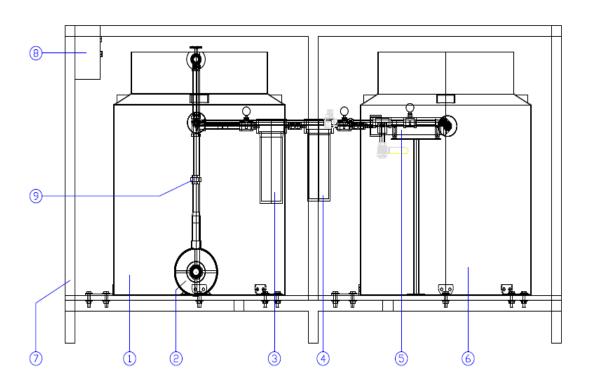
Fuente: Origen

#### 3.2. Condiciones de diseño

- Mediante este tipo de sistema podemos obtener 84 litros de agua en 24 horas.
- La presión necesaria en la membrana semipermeable de osmosis inversa es de un valor promedio de 5.5 bares.
- El fluido utilizado es agua, a 20 °C. (Temperatura promedio en Quito).
- El peso específico del agua a 20 °C,  $\gamma = 9.79 \frac{kN}{m^3}$ .
- La presión atmosférica: 100,5 KPa
- Densidad del agua a 20 °C,  $\rho = 998 \frac{kg}{m^3}$
- Viscosidad dinámica del agu<sup>a a 20°C,  $\mu = 1,02 \times 10^{-3} \frac{\text{N-s}}{m^2}$ </sup>

# 3.3. PARTES Y ETAPAS DE FILTRACIÓN DEL SISTEMA

La siguiente grafica es un esquema preliminar del diseño referente al prototipo para purificación del agua puesto que los planos reales se exponen al finalizar la construcción del mismo; debido a que en el transcurso del estudio de la tesis pueden existir algunas modificaciones en la misma.



Grafica 3.2. Partes principales del sistema de purificación de agua

Fuente: Origen

A continuación se enumeran los elementos y partes que está constituido el sistema de acuerdo a la grafica mostrada anteriormente:

- 1.- Tanque de almacenamiento (agua cruda)
- 2.- Bomba de succión.
- 3.- Filtro de sedimentos (F.S.)
- 4.- Filtro de carbón activado granular (F.C.A.G.)
- 5.- Membrana semipermeable de osmosis inversa (M.O.I.)
- 6.- Tanque de almacenamiento (agua tratada).
- 7.- Base o estructura de sujeción del sistema.
- 8.- Tablero de control.
- 9.- Tuberías de acero galvanizado para succión y descarga, accesorios como: válvulas, manómetros, reducciones, neplos, universales, etc.

## 3.3.1. Etapas de filtración

Dentro de las etapas de filtración que se realiza en el sistema para tratamiento de agua para vertientes tenemos los que elementos que se indican a continuación:

Tabla 3.1. Características de los filtros de purificación de agua

Fuente: CEPIN S.A.; Av. República del Salvador N35-08 y Portugal

ITEM	CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO
Primera Etapa	Este filtro de sedimentos de 5 micras esta hecho de fibras de
Filtro de Sedimentos	polipropileno 100%. Tiene la capacidad de eliminar polvo, partículas y oxido.
	Permite que se pueda lavar de 4 a 6 veces obteniendo mayor durabilidad.

#### Segunda Etapa

Filtro de carbón granulado



Este tipo de filtro tiene la propiedad de generar un alto rendimiento. Es un elemento filtrante , está impregnado con plata coloidal, permitiendo retener más del 98.6% de las bacterias y más del 95% de otros contaminantes químicos como : el cloro, pesticidas, detergentes, herbicidas, plomo, etc.

# Tercera Etapa

Membrana de osmosis inversa



Tipo de membrana de alto rechazo de materias inorgánicas. Esta membrana elimina los siguientes contaminantes que pueden estar presentes en el agua:

plomo,cobre,bario,cromo,mercurio,sodio,cadmio,fluoruro,nitrito,nit rato y selenio. Además este tipo de elemento se utiliza cuando el agua tiene alto índice de conductividad en su composición.

#### 3.4. Parámetros iniciales de diseño en elementos para sistema de purificación

En el presente trabajo se realiza el diseño mediante cálculos cuya finalidad es determinar en valores numéricos: Las Perdidas de energía que genera el sistema, los esfuerzos de algunos elementos sometidos a cargas y su dimensionamiento, la selección de los materiales y accesorios adecuados para la construcción del equipo como: bombas, manómetros, válvulas, accesorios, etc.

En las pérdidas de energía se debe realizar un cálculo teórico de todos los elementos a instalarse tales como: tuberías, codos, válvulas, filtros, medidores de presión etc; para generar una cuantificación total de las mismas; que nos ayudarán posteriormente a la selección de la bomba a utilizarse.

En el cálculo de cargas se debe analizar los tipos de elementos que van a generar esfuerzos o se encuentran sometidos a esfuerzos por efecto de cargas aplicadas a los mismos. En el presente sistema el análisis de esfuerzos se realiza específicamente en:

- Los tanques de almacenamiento del fluido donde se estudia el análisis para tanques de pared delgada utilizado para dimensionar el espesor de pared de los mismos
- La base o estructura que soporta todo el sistema ya que se debe dimensionar y seleccionar el perfil adecuado dependiendo de las cargas y los esfuerzos que van a ser aplicados en dichos elementos.

# 3.5. CALCULO DE LAS PERDIDAS DE ENERGÍA EN LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

#### **Objetivo**

La finalidad del cálculo de las pérdidas de energía es evitar una incorrecta selección de la bomba así como también realizar un correcto dimensionamiento en las líneas de succión y descarga del equipo para que el sistema cumpla con los parámetros inicialmente establecidos.

El diseño de la planta prototipo de purificación de agua por el método de osmosis inversa OI se realizará a través de un análisis de todas las variables que intervienen en el proceso de transporte del fluido.

Seguidamente para el cálculo en este sistema se debe tener presente los datos de diseño requeridos tales como presiones de trabajo, producción estimada de agua tratada, recorrido geométrico de la tubería, peso específico del fluido, viscosidad, temperatura y cualquier otro parámetro que pueda influir en el funcionamiento del sistema.

Con los datos teóricos obtenidos se obtendrá la selección de la bomba y se revisarán los resultados expuestos; y si es necesario se realizará su respectiva modificación en el diseño.

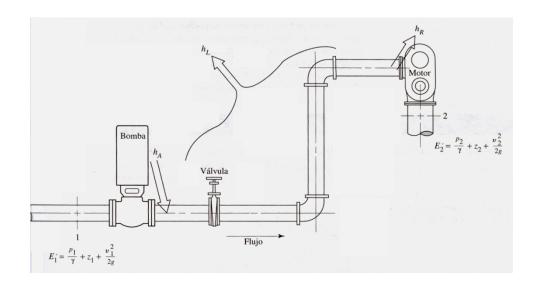
Estos datos posteriormente se utilizarán en la compra de la bomba para su respectiva instalación; tomando como referencia el punto de operación.

#### 3.5.1. Ecuación general de la energía

La ecuación general de la energía es una extensión de la ecuación de Bernoulli, que permite calcular las pérdidas y ganancia de energía que existen en el sistema de purificación.

La dirección del flujo, se genera desde el punto de salida del fluido (Lado izquierdo de la ecuación) hacia el punto de llegada del fluido (Lado derecho de la ecuación).

En la siguiente grafica se aprecia la interpretación de la ecuación de energía la cual representa un sistema de flujo.



Grafica 3.3 Sistema de flujo de un fluido

Fuente: (MOTT, Robert, Mecánica de Fluidos, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, México2006, p 196).

Donde:

 $E'_{I}$ = Energía que posee el fluido por unidad de peso en la sección 1.

 $E'_2$ = Energía que posee el fluido por unidad de peso en la sección 2.

 $h_A$ = Energía agregada

 $h_R$ = Energía removida

 $h_L$ = Pérdidas

$$E'_{1} + h_{4} - h_{R} - h_{L} = E'_{2}$$

La energía que posee el fluido se puede determinar utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{P1}{Y} + z1 + \frac{V1^2}{2g} + h_A + h_R - h_L = \frac{P2}{Y} + z2 + \frac{V2^2}{2g}$$

Donde:

 $\frac{p_1}{r}$  = Presión del tanque de succión dividido para el peso específico del líquido (medido en m.c.a que es metros de columna de agua).

 $\frac{\mathbb{P}^2}{\Upsilon}$  = Presión del tanque de descarga dividido para el peso específico del líquido (medido en m.c.a que es metros de columna de agua).

 $Z_1$  = Punto cero tomado desde la superficie del tanque de succión (medido en m.c.a que es metros de columna de agua).

 $Z_2$  = Altura del líquido tomado desde la superficie del tanque de succión hasta la superficie del líquido del tanque o la tubería en la descarga (medido en m.c.a que es metros de columna de agua).

 $\frac{v_1^2}{2g}$  = Velocidad de succión elevada al cuadrado dividida para la gravedad multiplicada por dos (medido en m.c.a que es metros de columna de agua).

 $\frac{v_2^2}{2g}$ =Velocidad de descarga elevada al cuadrado dividida para la gravedad multiplicada por dos (medido en m.c.a que es metros de columna de agua).

 $h_A$ = Energía agregada por la bomba al sistema (medido en m.c.a que es metros de columna de agua).

 $h_R$ = Energía removida por alguna turbina o elemento mecánico (medido en m.c.a que es metros de columna de agua).

 $h_L$ = Pérdidas totales en el sistema (medido en m.c.a que es metros de columna de agua).

#### 3.5.2. Tipo de flujo en un sistema de transporte

Para analizar el comportamiento del fluido que en nuestro caso es agua, dependerá si el flujo es laminar o turbulento como se estudia posteriormente en el cálculo.

Para predecir el tipo de flujo que pasa a través de las tuberías sin tener que observarlo en realidad utilizamos la siguiente ecuación:

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

$$N_R = \frac{v.D.\rho}{\mu} = \frac{v.D}{\nu}$$

Donde:

 $N_R$  – Número de Reynolds.

v = Velocidad del fluido.

**D** = Diámetro interior de la tubería.

υ = Viscosidad cinemática.

 $\mu$  = Viscosidad dinámica.

ρ – Densidad del líquido.

 $N_R < 2000$  Flujo laminar

 $2000 \le N_R \le 4000$  Región critica

 $N_R > 4000$  Flujo turbulento

# 3.5.3. Pérdidas por fricción en flujo laminar

Si existiese este tipo de flujo en el sistema de purificación, el fluido parecería moverse como si fueran varias capas, una sobre la otra. Debido a la viscosidad del fluido (Agua), se crea un esfuerzo cortante entre sus capas.

La energía se pierde del fluido por la acción de las fuerzas de fricción de la tubería de succión y descarga que hay que vencer, y que son producidas por el esfuerzo cortante.

Debido a que el flujo laminar es tan regular y ordenado, podemos obtener una relación entre la pérdida de energía y los parámetros mensurables del sistema de flujo. Dicha relación se conoce como ecuación de Hagen-Poiseuille.

$$N_i = \frac{32 \, \mu.L. \nu}{Y.D^2}$$

La pérdida de energía debido a la fricción en el flujo laminar puede calcularse con la Ecuación de Hagen-Poiseuille o con la ecuación de Darcy.

$$h_l = \frac{32.\mu.L.\nu}{\gamma.D^2}$$
 Ecuacion de Hagen — Poiseuille

$$h_l = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g}$$
 Ecuacion de Darcy

#### 3.5.4. Pérdidas por fricción en flujo turbulento

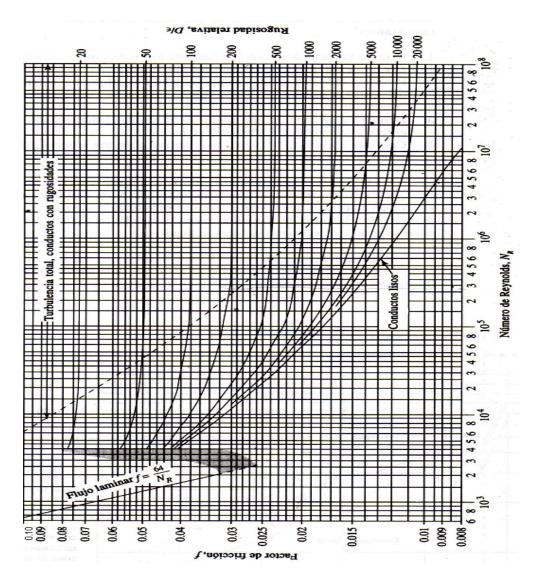
Para saber si el flujo que circula por la tubería es turbulento, se debe calcular el número de Reynolds. Por ello debemos primero determinar el valor f, este depende del número de Reynolds y de la rugosidad de la tubería. La rugosidad es la relación del diámetro de la tubería D a la rugosidad promedio de su pared  $\varepsilon$ .

El coeficiente de fricción lo podemos determinar de acuerdo al diagrama de Moody el cual muestra la gráfica del coeficiente de fricción (f) versus el número de Reynolds  $N_R$ , con una serie de curvas paramétricas relacionadas con la rugosidad ( $D/\varepsilon$ ).

#### 3.5.4.1. Diagrama de Moody

En este diagrama se utilizan escalas logarítmicas tanto a f como a  $N_R$ , debido al rango tan amplio de valores que se obtiene. A la izquierda de la gráfica, para números de Reynolds menores de 2000, la línea recta muestra la relación f=64/ $N_R$  para el flujo laminar. Para 2000 <  $N_R$  < 4000 no hay curvas, debido a que ésta es la zona crítica entre el flujo laminar y el flujo turbulento, y no es posible predecir cuál de ellos ocurrirá. El cambio de flujo laminar a turbulento da como resultado valores para los factores de fricción dentro de la zona sombreada. Más allá de  $N_R$  = 4000, se grafica la familia de curvas para distintos valores de  $D/\varepsilon$ .

- 1. Para un flujo con número de Reynolds dado, conforme aumenta la rugosidad  $D/\varepsilon$ , el factor de fricción f disminuye.
- 2. Para una rugosidad  $D/\varepsilon$ , el factor de fricción f disminuye con el aumento del número de Reynolds, hasta que se alcanza la zona de turbulencia completa.
- 3. Dentro de la zona de turbulencia completa, el número de Reynolds no tienen efecto sobre el factor de fricción.
- 4. Conforme se incrementa la rugosidad  $D/\varepsilon$  también se eleva el valor del número de Reynolds donde comienza la zona de turbulencia completa.



Grafica 3.4. Diagrama de Moody

Fuente: MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, México 2006, p 241

El diagrama de Moody es un medio usado para determinar el valor del factor de fricción al resolver problemas con cálculos manuales.

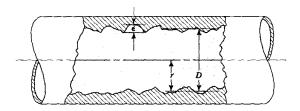
En la zona de **flujo laminar**, para valores por debajo de 2000, f se obtiene de la siguiente ecuación.

$$f = \frac{64}{N_R}$$

En la zona de **flujo turbulento**, para valores mayores de 4000, f se obtiene de la siguiente ecuación.

$$f = \frac{0.25}{\left[\log(\frac{1}{3.70x\frac{D}{\varepsilon} + \frac{5.74}{N_B^{0.90}}}\right]^2}$$

En la figura siguiente ilustramos (en forma exagerada) la rugosidad de la pared de la tubería como la altura de los picos de las irregularidades de la superficie. La condición de la superficie de la tubería depende sobre todo del material de que está hecho el tubo y el método de fabricación.



Gráfica 3.5. Rugosidad de la pared de un tubo

Fuente: (MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, México 2006, p 240)

En la tabla que se indica a continuación se aprecia el valor  $\varepsilon$  de la rugosidad promedio de la pared de tuberías y tubos existentes comercialmente. Estos son sólo valores promedio para tuberías nuevas y limpias. Es de esperarse cierta variación, una vez que una tubería ha estado en servicio durante algún tiempo, la rugosidad cambia debido a la corrosión y a la formación de depósitos en la pared.

Tabla 3.2. Valores de Rugosidad en las tuberías

Fuente: MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, México 2006, p 240

Material	Rugosidad ∈ (m)	Rugosidad € (pie
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	$3.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-6}$
Tubo extruido; cobre, latón y acero	$1.5 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$
Acero, comercial o soldado	$4.6 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$
Hierro galvanizado	$1.5 \times 10^{-4}$	$5.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, recubierto	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, no recubierto	$2.4 \times 10^{-4}$	$8.0 \times 10^{-4}$
Concreto, bien fabricado	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Acero remachado	$1.8 \times 10^{-3}$	$6.0 \times 10^{-3}$

#### 3.5.5. Perdidas Mayores

Las pérdidas mayores se generan por efecto que un sistema genera turbulencia local; lo que ocasiona que la energía se disipe como calor. Siempre que hay una restricción por ejemplo un cambio en la velocidad o dirección del flujo hay pérdidas de este tipo. Básicamente este análisis se utiliza para el cálculo de pérdidas de energía en tuberías para conducir un fluido.

Para determinar el análisis teórico de las perdidas mayores utilizamos la siguiente ecuación que se indica:

$$h_i = f x \frac{L}{D} x \frac{v^2}{2g}$$

#### 3.5.6. Perdidas Menores

Para calcular las pérdidas menores de energía que se producen en el sistema por accesorios tales como: codos, filtros, expansión o contracción de la sección de flujo, o por válvulas utilizamos la siguiente ecuación:

$$h_L = k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

 $h_L$ = Pérdida menor,

*K*= Coeficiente de resistencia

v= Velocidad promedio del flujo en el tubo, donde ocurre la pérdida menor.

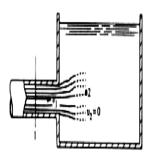
La magnitud del coeficiente de resistencia depende de la geometría del dispositivo que ocasiona la pérdida, y a veces de la velocidad de flujo.

#### 3.5.7. Perdidas en la salida de un fluido

Cuando el fluido pasa de la tubería de descarga al tanque de llegada como indica en la grafica mostrada a continuación su velocidad disminuye hasta casi cero. En el proceso se disipa la energía cinética que el fluido tenía en la tubería de descarga, indicada por la cabeza de  $v_I^2/2g$ . Por tanto, la energía perdida se calcula con la siguiente ecuación:

$$h_L = k \cdot \frac{{\nu_1}^2}{2g}$$

A ésta energía perdida se le denomina pérdida en la salida. Para esto utilizamos un valor de K=1 que se emplea sin que importe la forma de la salida en el lugar donde el tubo se conecte a la pared del tanque.



Grafica 3.6. Pérdida en la salida de un tanque de Almacenamiento

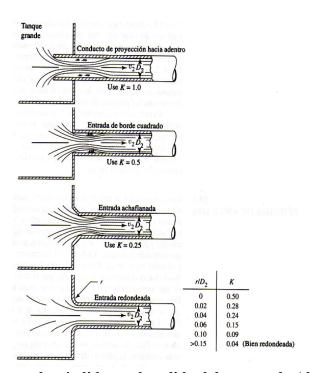
Fuente: MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, México 2006, p 271

#### 3.5.8. Pérdidas en la entrada de un fluido

La pérdida ocurre cuando el flujo del tanque de salida, relativamente grande con relación al diámetro de la tubería de succión, el fluido se ve sometido a un cambio de velocidad de casi cero, en el tanque, a una muy grande, que se presenta en la tubería.

En la siguiente figura se presentan los coeficientes de resistencia más utilizados para calcular la pérdida de energía con la siguiente expresión:

$$h_L = k \cdot \frac{{\nu_2}^2}{2g}$$



Grafica 3.7. Factor de pérdidas en la salida del tanque de Almacenamiento

Fuente: (MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, México 2006, p 280)

#### 3.5.9. Pérdidas en válvulas

La pérdida de energía que se presenta cuando el fluido (agua), circula por las válvulas (globo, compuerta, bola, etc.), se calcula con la ecuación de perdidas menores indicada anteriormente. Sin embargo, el método para determinar el coeficiente de resistencia *K* es diferente.

Para calcular dicho coeficiente necesitamos aplicar la siguiente ecuación:

$$k = \frac{L_{\sigma}}{D} . f_{T}$$

Donde:

k= coeficiente de resistencia

 $\frac{l_g}{D}$  = relacion de longitud equivalente con respecto a su diametro

 $f_T$  = factor de friccion dependiendo del tipo de elemento

En la tabla que a continuación se indica presentamos el valor Le/D, llamado relación de longitud equivalente y se considera constante para un tipo dado de válvula o acoplamiento.

Tabla 3.3. Factor de Resistencia en válvulas y acoplamientos

Fuente: MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, México 2006, p 283

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería $L_e/D$
Válvula de globo—abierta por completo	340
Válvula de ángulo—abierta por completo	150
Válvula de compuerta—abierta por completo	8
—³/4 abierta	35
—¹/2 abierta	160
—¹∕₄ abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo bola	150
Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a	8 pulg 45
—10 a 14 pulg	35
—16 a 24 pulg	25
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420
Válvula de pie—tipo disco de bisagra	10 no 75 no 2
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar—con flujo directo	20
—con flujo en el ramal	60

Los valores para  $f_T$  varían según el tamaño de la tubería y la válvula, lo que hace que el valor del coeficiente de resistencia K también varíe. La tabla siguiente presenta una lista de los valores de  $f_T$  para tamaños estándar de tubería de acero comercial, nueva y limpia.

Tabla 3.4. Factor de fricción en la zona de turbulencia completa para tubería de acero comercial, nueva y limpia.

Fuente: MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, México 2006, p 284

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción $f_T$	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de frición $f_T$
1/2	0.027	31/2, 4	0.017
3/4	0.025	5	0.016
1,	0.023	6	0.015
11/4	0.022	8–10	0.014
11/2 0000%	0.021	12–16	0.013
2	0.019	18–24	0.012
21/2, 3	0.018		

#### 3.5.10. Selección de dimensiones en tuberías y accesorios

En el estudio de la selección de tuberías se determinará los diámetros de las tuberías y accesorios; mientras mayor es el diámetro, mayor es el costo y sabemos que mientras menor es el diámetro mayor velocidad tanto en la aspiración y descarga.

Por tal motivo es recomendable realizar un análisis en base a tablas y a catálogos de las diferentes dimensiones de tuberías existentes en el mercado nacional.

### 3.5.11. Partes y Elementos del sistema que generan pérdidas de energía

El objetivo es determinar que en un sistema de circulación de flujo para un fluido se llega a obtener pérdidas de energía debido a muchos factores como:

- La fricción conforme el fluido pasa por los ductos
- Perdidas de energía por cambio en el tamaño de la trayectoria de flujo y
- Perdidas de energía por las válvulas y accesorios que conforman el sistema.

En el sistema de purificación de agua se detallan las pérdidas de energía dependiendo de la trayectoria que tenga el fluido de trabajo y la carga que se aplique en el sistema.

A continuación detallamos los elementos que generan perdidas de energía en el sistema:

Tabla 3.5. Elementos que generan perdidas de energia en el sistema

Fuente: Origen

ELEMENTOS QUE GENERAN PERDIDAS DE ENERGIA		
Item	Descripcion Elemento	
1	Orilla de tanque de 1 "	
2	Orilla de tanque de 3/4 "	
3	Orilla de tanque de 1/2 "	
4	Codo de 90° de 3/4 "	
5	Codo de 90° de 1/2 "	
6	Tee 3/4"	
7	Tee 1/2"	
8	reduccion o bushing 3/4"	
9	reduccion o bushing 1/2"	
10	filtro de sedimentos	
11	filtro de carbon activado granular	
12	membrana semipermeable	
13	Valvula de compuerta de 3/4"	
14	Valvula de compuerta de 1/2"	
15	Valvula de bola de 1/2"	
16	tuberia de succion de 1"	
17	tuberia de descarga de 1/2"	
18	tuberia de retorno de 3/4"	

# 3.5.12. Análisis de las pérdidas de energía

Un parámetro de suma importancia para realizar un diseño óptimo es el conocimiento real de las pérdidas de energía que se producen a través de todo el sistema, estás son causadas por la fricción interna que produce el fluido en las tuberías y accesorios, como se indicó anteriormente, tales pérdidas tienen como resultado la disminución de presiones en la succión y en la descarga del fluido.

Para realizar el cálculo teórico de las pérdidas de energía debemos inicialmente partir de los datos y condiciones a las que trabaja el sistema; como se indica a continuación:

#### Datos del sistema

Q= 22 GPD (Galones por día de producción de agua purificada)

$$ρ=998 \frac{kg}{m^3}$$
 Densidad del agua 20°C a nivel de la ciudad de Quito.

$$\mu$$
= 1,02 x 10<sup>-3</sup>  $\frac{M_{*}s}{m^{2}}$  Viscosidad dinámica del agua a 20°C

 $D_s$ = 0,02660 m (Diámetro interior de succión de una tubería de diámetro nominal equivalente a 1")

D<sub>r</sub>=0,0209 m (Diámetro interior tubería de regulación de caudal de dimensión nominal equivalente a 3/4")

 $D_d$ = 0,01580 m (Diámetro interior de descarga fluido de una tubería de diámetro nominal equivalente a 1/2")

# 3.5.13. Cálculos teóricos de pérdidas de energía en el sistema de purificación de agua

#### 3.5.13.1. Velocidades en el sistema

En este análisis que se muestra a continuación se asume la tabla de velocidades de flujo recomendables para sistemas de fluido de potencia la cual nos ayudará a calcular la sección transversal de los tamaños finales de las tuberías para así lograr un rendimiento razonable, al tomar en cuenta las pérdidas de energía, las presiones en puntos críticos del sistema, la energía requerida en la bomba y el costo de ciclo de vida del equipo.

Tabla 3.6. Rango recomendado de velocidad en un sistema de flujo

Fuente : MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, México 2006, p 262

Rango recomendado de velocidad		
pie/s	m/s	
2-4	0.6-1.2	
4–13	1.5-4	
7–18	2-5.5	
	pie/s  2-4 4-13	

**Entonces:** 

 $V_s$  = Velocidad de succión tomada de la tabla 3.6 (0.90 m/s)

 $V_d$  = Velocidad de descarga tomada de la tabla 3.6 (3 m/s)

3.5.13.2. Área transversal de la tubería

Aplicando la fórmula Q = v.A y despejando en este caso el área tenemos la siguiente ecuación:

Donde:

Q = caudal que genera en el sistema

v = velocidad en la tubería de succión y descarga

A = área transversal de la tubería de conducción del fluido

3.5.14. CALCULO EN ETAPA DE SUCCIÓN DEL SISTEMA

En este análisis se consideró un caudal nominal de 15 litros/min para la alimentación en la succión del sistema prototipo de purificación de agua debido a que experimentalmente se comprobó que la membrana semipermeable tiene la capacidad de filtrar la cantidad antes mencionada.

Dicho calculo se realizó tomando en consideración el área de flujo de la membrana utilizada equivalente a  $8.41947x10^{-4}m^2$ . (ver anexo H, pág. 220)

Donde: Q = v.A

$$Q = 15 \frac{litros}{minuto} \ o \ 2.54 \times 10^{-4} \frac{m^3}{seg}$$

$$A = 8.41x10^{-4}m^2$$

Por tanto:

$$v = 0.30 \, \frac{m}{seg}$$

Para la selección de la tuberia de succión se realizó el siguiente cálculo donde se toma en consideración una velocidad media de 0.90 m/seg (ver tabla 3.6; pág. 105) como se indica a continuación:

$$A_{s=\frac{Q}{V_s}}$$

$$As = \frac{\frac{2.50 \times 10^{-4} m^3}{seg}}{\frac{0.90 \frac{m}{s}}{}}$$

$$As_{=2.77x10^{-4}} m^2$$

#### 3.5.14.1. Diámetro de la tubería

Con el cálculo del área transversal de la tubería procedemos a obtener el diámetro de la misma; la cual se indica a continuación:

$$Ds = \sqrt{\frac{(2.77 \times 10^{-4} \times 4)}{\pi}}$$

$$Ds = 0.0195 m \ o \ 0.756 plg$$

Analizando los resultados determinamos que la mejor opción es considerar el diámetro de entrada que tenga la bomba, y se recomienda mantener dicha medida en la mayoría de los casos.

Para los cálculos posteriores se utiliza el diámetro interior de la tubería que se especifique en las tablas dependiendo del material a utilizarse.

En el sistema prototipo de purificación de agua se escogió la tubería de acero galvanizado cedula 40; ya que existe presiones medias y por efecto que en nuestro medio este tipo de material es fácil de obtener en el mercado nacional.

#### 3.5.14.2. Pérdidas mayores

En un sistema las pérdidas mayores se generan por fricción en las tuberías o elementos de gran longitud; a continuación se realiza el análisis de este tipo de pérdidas:

#### 3.5.14.2.1. Calculo del área de la tubería de succión

$$A_{S} = \frac{\pi \cdot D_{S}^{2}}{4}$$

$$A_{S} = \frac{\pi \cdot (0,02660)^{2}}{4}$$

$$A_{S} = 5.55716x10^{-4} m^{2}$$

#### 3.5.14.2.2. Calculo de la velocidad de succión

$$V_S = \frac{Q}{A_S}$$

$$V_S = \frac{2.50x10^{-4} \frac{m^3}{seg}}{5.55716x10^{-4} m^2}$$

$$V_{S} = 0.45 \frac{m}{seg}$$

# 3.5.14.2.3. Calculo de pérdidas de energía en la tubería de succión de 1"

$$NR = \frac{\rho.Vs.Ds}{\mu}$$

Donde:

$$N_R = \frac{998 \frac{kg}{m} \times 0.45 \frac{m}{seg} \times 0.02660 m}{1.02 \times 10^{-3} \frac{N.s}{m^2}}$$

$$N_{R=}$$
 11711.82

#### Conclusión:

Al realizar el cálculo del número de Reynolds obtenemos que su valor sobrepasa el límite de flujo laminar debido a que los valores permisibles se encuentran en los siguientes rangos:

 $Si N_R < 2000$ ; el flujo es laminar

 $Si N_R > 4000$ ; el flujo es turbulento

### 3.5.14.2.3.1. Calculo de la rugosidad relativa

En este análisis tomamos en consideración el valor de la rugosidad relativa para el acero galvanizado por tablas equivalente a: 1.50 x10<sup>-4</sup> m

$$\frac{D_S}{\varepsilon} = \frac{0.02660 \, m}{1.50 \, x \, 10^{-4} \, m}$$

$$\frac{D_{S-d}}{\varepsilon} = 177.33$$

#### 3.5.14.2.3.2. Calculo del factor de fricción en tuberías

En este análisis tomamos como factor importante el número de Reynolds para la zona donde existe flujo turbulento; expuesto en la siguiente fórmula:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{1}{3.70 \times D/E} + \frac{5.74}{NR^{0.90}}\right)\right]^2}$$

$$f_{t} = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{1}{3.70 \times 177.33} + \frac{5.74}{11711.82^{0.90}}\right)\right]^{2}}$$

$$f_t = 0.038$$

Aplicando la formula de pérdidas mayores en tuberías obtenemos que:

$$h_l = f_t x \frac{l_s}{D_c} x \frac{(V_s)^2}{2g}$$

#### Donde:

l<sub>s</sub>= Longitud de la tubería de succión y descarga.

 $D_s$  = Diámetro interior de succión de una tubería de diámetro nominal igual a 1"

h, = Perdidas en la tuberia de succion y descarga

$$h_{l1} = 0.038 \ x \frac{0.30 \ m}{0.02660 \ m} \ x \frac{(0.45 \ m/seg)^2}{2x9.81 \ m/seg^2}$$

$$h_{l1}=0.00442\,m$$

### 3.5.14.3. Pérdidas menores

Para calcular las pérdidas de energía que se producen en accesorios tales como: codos, válvulas, entre otros elementos. Utilizamos la siguiente ecuación:

$$h_L = Kx \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

K = Coeficiente de resistencia (dado para cada elemento).

v= Velocidad de flujo en el conducto.

$$g = Gravedad (9.81 \text{m/s}^2).$$

 $h_{L}$ = Pérdida menor.

# 3.5.14.3.1. Calculo perdidas de energía en acoplamiento en la orilla del tanque

Tomando un coeficiente de resistencia en la orilla del tanque igual a k=0.5 equivalente a un acoplamiento en borde cuadrado; tenemos los siguientes resultados de pérdidas:

$$\boldsymbol{h_{l2}} = \frac{k \operatorname{orilla.(Vs)^2}}{2g}$$

$$h_{l2} = \frac{0.50 \; x (0.45 \; m/s)^2}{2 x 9.81 \; m/s^2}$$

$$h_{12} = 0.00516 \text{ m}$$

#### 3.5.15. CALCULO EN ETAPA DE DESCARGA

Para este análisis se consideró una velocidad media de 3 m/seg (ver tabla 3.6; pág. 105) con un caudal de alimentación de 15 litros/minuto.

A continuación de indica el cálculo para obtener el área transversal de succión del sistema de purificación:

$$A_{s=\frac{Q}{V_d}}$$

$$As = \frac{\frac{2.50 \times 10^{-4} m^3}{seg}}{3 \frac{m}{s}}$$

$$As_{=8.33 \times 10^{-5} m^2}$$

#### 3.5.15.1. Diámetro de la tubería

Con el cálculo del área transversal de la tubería procedemos a obtener el diámetro de la misma; la cual se indica a continuación:

$$Ds = \sqrt{\frac{(8.33 \times 10^{-5} \times 4)}{\pi}}$$

$$Ds = 0.0103 m \ o \ 0.4056 plg$$

Al obtener los resultados concluimos que la mejor opción es utilizar una tubería de diámetro ½" cedula 40 para la etapa de descarga en el sistema de purificación de agua.

#### 3.5.15.2. Pérdidas mayores

En un sistema las pérdidas mayores se generan por fricción en las tuberías o elementos de gran longitud; a continuación se realiza el análisis de este tipo de pérdidas:

#### 3.5.15.2.1. Calculo del área de la tubería de descarga

$$A_S = \frac{\pi \cdot D_S^2}{4}$$

$$A_{S} = \frac{\pi. \ (0.01580)^{2}}{4}$$

$$A_S = 1.96066 \, x 10^{-4} \, m^2$$

### 3.5.15.2.2. Calculo de la velocidad de descarga

$$V_S = \frac{Q}{A_S}$$

$$V_S = \frac{2.50 \times 10^{-4} \frac{m^3}{\text{seg}}}{1.96066 \times 10^{-4} m^2}$$

$$V_S = 1.275 \frac{m}{seg}$$

### 3.5.15.2.3. Calculo de pérdidas de energía en la tubería de descarga de 1/2"

$$NR = \frac{\rho.Vs.Ds}{\mu}$$

Donde:

$$N_R = \frac{998 \frac{kg}{m} \times 1.275 \frac{m}{seg} \times 0.01580 m}{1.02 \times 10^{-3} \frac{N.s}{m^2}}$$

$$N_{R=}\,\mathbf{19710.50}$$

#### Conclusión:

Al realizar el cálculo del número de Reynolds obtenemos que su valor sobrepasa el límite de flujo laminar debido a que los valores permisibles se encuentran en los siguientes rangos:

 $Si N_R < 2000$ ; el flujo es laminar

#### 3.5.15.2.3.1. Calculo de la rugosidad relativa

En este análisis tomamos en consideración el valor de la rugosidad relativa para el acero galvanizado por tablas equivalente a: 1.50 x10<sup>-4</sup> m

$$\frac{D_S}{s} = \frac{0.01580 \, m}{1.50 \, r \cdot 10^{-4} \, m}$$

$$\frac{D_{S-d}}{s} = 105.33$$

### 3.5.15.2.3.2. Calculo del factor de fricción en tuberías

En este análisis tomamos como factor importante el número de Reynolds para la zona donde existe flujo turbulento; expuesto en la siguiente fórmula:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{1}{3.70 \times D/E} + \frac{5.74}{NR^{0.90}}\right)\right]^2}$$

$$f_{\rm c} = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{1}{3.70 \times 105.33} + \frac{5.74}{19710.50^{0.90}}\right)\right]^2}$$

$$f_{\rm c} = 0.0408$$

Aplicando la formula de pérdidas mayores en tuberías obtenemos que:

$$h_l = f_t x \frac{l_s}{D_S} x \frac{(V_S)^2}{2g}$$

#### Donde:

l<sub>s</sub>= Longitud de la tubería de succión y descarga.

 $D_s$  = Diámetro interior de succión de una tubería de diámetro nominal igual a 1/2"

 $h_t$  = Perdidas en la tuberia de descarga

$$h_{l3} = 0.0408 x \frac{1.20 m}{0.01580 m} x \frac{(1.275 m/seg)^2}{2x9.81 m/seg^2}$$

$$h_{i3} = 0.257 m$$

#### 3.5.15.3. Pérdidas menores

# 3.5.15.3.1. Cálculo de pérdidas de energía en acoplamiento en la orilla del tanque

Tomando un coeficiente de resistencia en la orilla del tanque igual a k=0.5 equivalente a un acoplamiento en borde cuadrado; tenemos los siguientes resultados de pérdidas:

$$\boldsymbol{h_{l4}} = \frac{k \operatorname{orilla}.(Vs)^2}{2g}$$

$$h_{l4} = \frac{0.50 \ x (1.275 \ m/s)^2}{2 x 9.81 \ m/s^2}$$

$$h_{l4} = 0.04143 \text{ m}$$

Pérdida total de energía en acoplamiento de orilla en el tanque de almacenamiento de agua purificada igual a:  $2 \times 0.04143 \text{ m} = 0.0829 \text{ m}$ 

### 3.5.15.3.2. Cálculo de las pérdidas en codos de 90°

$$h_{l5} = \frac{k_{codos.(V_d)}}{2g}$$

 $L_{\rm g}/D = 30$  (Valor indicado en tabla)

 $f_{\rm T} = 0.027$  (factor de friccion para tuberia de 1/2")

$$k = (L_e/D).f_T$$

$$k = (30) \times 0.027$$

$$K = 0.81$$

$$h_{is} = \frac{0.81 \times (1.275 \frac{m}{seg})^2}{2 \times 9.81 \, m/seg^2}$$

$$h_{l5} = 0.0672 m$$

Perdidas total de energía en codos de  $90^{\circ} = 2 \times 0.0672 \text{ m} = 0.134 \text{ m}$ 

# 3.5.15.3.3. Cálculo de las pérdidas en tee

$$h_{l6} = \frac{k_{codos,(V_d)}}{2g}$$

 $L_{\epsilon}/D = 20$  (Valor indicado en tabla)

 $f_T = 0.027$  (factor de friccion para tuberia de 1/2")

$$k = (L_e/D).f_T$$

$$k = (20) \times 0.027$$

$$K = 0.54$$

$$h_{l6} = \frac{0.54 \, x \, (1.275 \frac{m}{seg})^2}{2 \, x \, 9.81 \, m/seg^2}$$

$$h_{ie} = 0.045 \ m$$

Perdidas total de energía en tee =  $4 \times 0.045 \text{ m} = 0.179 \text{ m}$ 

### 3.5.15.3.4. Cálculo de pérdidas en válvula de bola 1/2"

Para el cálculo de la perdida de energía en este tipo de válvula utilizamos la formula que a continuación indicamos; tomando en consideración abierta al 100%.

$$h_{l7} = \frac{k_{vc.(v_d)^2}}{2g}$$

 $L_e/D = 150$ , Relación de longitud equivalente (válvula completamente abierta)

 $f_T = 0.027$  (factor de friccion para tuberia de 1/2")

$$k = (L_e/D).f_T$$

$$k = (150) \times 0.027$$

$$K = 4.05$$

Aplicando la formula inicial para el cálculo en este tipo de válvula obtenemos que:

$$h_{17} = \frac{4.05 \, x \, (\, 1.275 \frac{m}{seg})^2}{2x \, 9.81 \, m/seg^2}$$

$$h_{l7} = 0.336 \ m$$

Perdidas total de energía en válvula de bola =  $2 \times 0.336 \text{ m} = 0.672 \text{ m}$ 

# 3.6. CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA ( $h_{\mathtt{L}}$ ) EN LA SUCCIÓN Y DESCARGA

Tabla 3.7. Perdidas de presión en succión y descarga

Fuente: Origen

ITEM	ITEM DESCRIPCIÓN				
SUCCIÓN					
1	tuberia de succión 1"	0,02286			
2	acoplamiento del tanque de orilla 1"	0,0289			
	DESCARGA				
3	tuberia de descarga 1/2"	0,257			
4	acoplamiento tanque de orilla descarga 1/2"	0,04143			
5	válvula de bola de 1/2" rechazo	0,336			
6	válvula de bola de 1/2" purga	0,336			
7	codos de 90° de 1/2"	0,134			
8	tee de 1/2"	0,179			
total 1,33519					

# 3.7. PERDIDAS DE ENERGÍA EN ELEMENTOS FILTRANTES

### 3.7.1. Cálculo de las pérdidas de energía en elementos filtrantes

En este cálculo se debe tomar en consideración la variación de presiones obtenidas mediante los análisis experimentales realizados en el laboratorio.

A continuación de indica mediante una explicación las pérdidas de energía en los filtro de sedimentos y carbón activado granular.

#### 3.7.1.1. Filtro de sedimentos

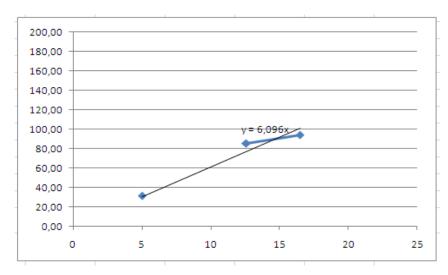
Para obtener el diferencial de presión en un filtro de sedimentos debemos considerar el caudal que se conduce por dicho elemento y aplicar la ecuación de pérdidas de energía obtenida mediante ensayos de laboratorio como se indica a continuación:

Ecuación es igual a: y = 6,096 x

Donde generamos un caudal x=15 litros/minuto

Por tanto obtenemos que la perdida de energía en mm Hg es igual a y= 91,44

Al realizar las respectivas transformaciones a unidades de presión en el sistema ingles obtenemos que la pérdida de energía en este elemento es equivalente a: 1,768 psi.



Grafica 3.8. Diagrama de Caudal vs Presión en filtro de sedimentos

Fuente: Origen

#### 3.7.1.2. Filtros de carbón activado granular

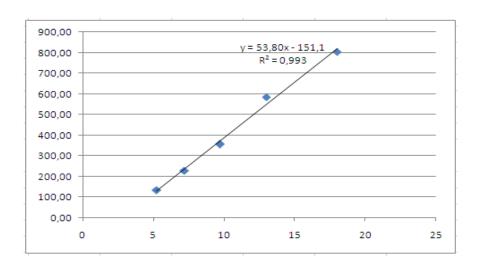
Para este tipo de filtro realizamos el análisis ejecutado en el filtro de sedimentos en el cual se debe aplicar la ecuación obtenida mediante pruebas de ensayo para este elemento y considerar un caudal de ingreso en el mismo como se indica a continuación:

Ecuación es igual a: y = 53,80 x - 151,10

Donde generamos un caudal x = 15 litros/minuto

Por tanto obtenemos que la perdida de energía en mm Hg es igual a y= 655

Al realizar las respectivas transformaciones a unidades de presión en el sistema ingles obtenemos que la pérdida de energía en este elemento es equivalente a: 12,686 psi.



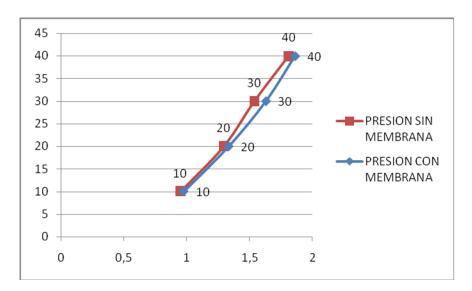
Grafica 3.9. Diagrama de Caudal vs Presión en filtro de carbón activado granular

Fuente: Origen

#### 3.7.1.3. Membrana semipermeable

Para obtener el cálculo de las pérdidas de energía en una membrana semipermeable debemos considerar la presión a la que trabaja; ya que al realizar pruebas experimentales en el laboratorio no se encontró variación de presión con la utilización y sin la utilización de este tipo de elemento.

Por consiguiente se debe utilizar la energía mínima de trabajo para generar un empuje necesario para que el fluido pueda traspasar por dicha membrana.



Grafica 3.10. Diagrama de Caudal vs Presión en membrana semipermeable

Fuente: Origen

Por ende en este análisis obtenemos que la perdida de energía en una membrana fabricada en poliamida con un índice de retención de sólidos disueltos mayor a 98% es equivalente a 50 psi ; debido a que se debe generar la mínima presión a la que trabaja la membrana como se indica en la tabla mostrada a continuación:

Tabla 3.8. Perdidas de presión en membrana semipermeable

Fuente: Origen

#	Model	Dia x Lgth	Test Pressure	Capacity (GPD)*	Rejection Rate**
60181250	Filmtec TW30-1812-50	2 x 12"	50 psi	50	>98%

# 3.8. PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA

Tabla 3.9. Perdidas de presión en elementos del sistema de purificación

Fuente: Origen

ELEMENTOS QUE GENERAN PERDIDAS DE PRESIÓN	ALTURAS EQUIVALENTES
elementos de fricción (m)	1,33519
filtros de trabajo (m)	14,42921053
membrana filtrante (m)	35,15896154
total	50,92336207

#### 3.9. FACTORES PARA LA SELECCIÓN DE LA BOMBA DE TRABAJO

Al seleccionar una bomba para una aplicación específica, se debe considerar los factores siguientes:

- Naturaleza del líquido por bombear (Agua a 20°C).
- Capacidad requerida de caudal 16 litros/minuto.
- Condiciones del lado de succión (entrada) de la bomba (Diámetro de 1").
- Condiciones del lado de descarga (salida) de la bomba (Diámetro de 1/2").
- Condiciones etapa de antiretorno (Diámetro 3/4")
- Cabeza total sobre la bomba.
- Tipo de sistema donde la bomba impulsa el fluido (descarga).
- Tipo de fuente de potencia (motor eléctrico es nuestro caso).
- Limitaciones de espacio, peso y posición.
- Condiciones ambientales (Normales).
- Costo de adquisición e instalación de la bomba.
- Códigos y estándares gubernamentales (Recomendados por el fabricante).

Los catálogos de bombas y los representantes del fabricante proporcionan la información necesaria para seleccionar y cumplir las especificaciones de la bomba requerida.

# 3.10. ALTURA EQUIVALENTE PARA LA SELECCIÓN DE LA BOMBA DE TRABAJO

El cálculo de la altura equivalente es un factor muy importante por efecto que se utiliza dicho valor para la selección de la bomba de trabajo necesaria para producir un determinado caudal.

En la tabla siguiente se muestra la altura total en metros de columna de agua que la bomba debe generar para cumplir con los parámetros de diseño establecidos anteriormente.

Tabla 3.10. Altura equivalente en metros de columna de agua para la selección de la bomba

Fuente: Origen

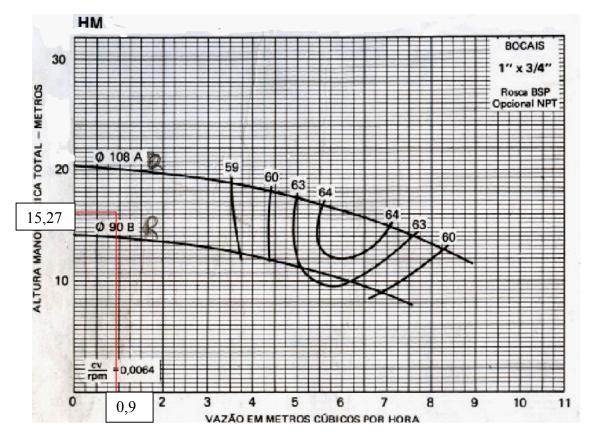
Ítem	H total bomba (m)	H total bomba (ft)
bomba de alimentación	50,923362	167,02862
factor de seguridad en bomba de 1.50	76,385043	250,54294

#### 3.11. SELECCIÓN DE LA BOMBA DE TRABAJO

Mediante catálogos de diferentes bombas mecánicas existentes en nuestro medio (ver anexo I, pág. 220); se seleccionó una bomba multietapas de 5 rodetes en acero inoxidable debido a que en comparación con otros tipos de bombas genera la presión de trabajo requerida y un caudal que se encuentra dentro de la curva de operación de la bomba.

Otra posibilidad para generar el caudal y presión para el funcionamiento del sistema fue la conexión de diferentes bombas centrifugas en serie; pero debido al porcentaje de costos que eran semejantes si se utilizaba bombas en serie o una sola bomba a su vez; se optó por seleccionar la bomba multietapas HM5Q-6 de 2HP.

A continuación mostramos la curva de la bomba multietapas GRUNDFOS con respecto al análisis de pérdidas de presión vs caudal que genera el sistema:



Grafica 3.11. Curva de trabajo de la bomba centrifuga multietapas

Fuente: www.acerocomercial.com

Como observamos en la grafica anterior; la bomba seleccionada genera un elevado caudal de trabajo por consiguiente se realizó en el equipo de purificación de agua un sistema de antiretorno con la finalidad de proporcionar hacia la descarga un flujo determinado de agua para evitar que los filtros y la membrana semipermeable sean afectados por el alto porcentaje de caudal que la bomba de trabajo produce.

El flujo de caudal en la descarga se lo controla mediante el cierre o la apertura de la válvula de bola existente en la zona de descarga (etapa de rechazo) y además con la ayuda de una válvula de compuerta instalada en la zona de antiretorno, la que tiene como función mantener un caudal estable realizando un ciclo cerrado.

Dicho cálculo en la etapa de antiretorno se indica en el análisis siguiente:

#### 3.12. CALCULO EN TUBERIA DE ANTI RETORNO DEL SISTEMA

Para realizar este tipo de cálculo debemos considerar una velocidad estimada equivalente a 1.50 m/seg (ver tabla 3.6; pág. 105) y un caudal de 16 litros/minuto el mismo que se calculó experimentalmente mediante pruebas de funcionamiento del equipo con lo cual obtenemos los siguientes resultados que se indican a continuación:

$$A_{s=\frac{Q}{V_s}}$$

$$As = \frac{\frac{2.66 \times 10^{-4} m^3}{500}}{\frac{1.50 \times m}{s}}$$

$$As_{=1.777 \times 10^{-4}} m^2$$

#### 3.12.1. Diámetro de la tubería

Con el cálculo del área transversal de la tubería procedemos a obtener el diámetro de la misma; la cual se indica a continuación:

$$Ds = \sqrt{\frac{(1.777 \times 10^{-4} \times 4)}{\pi}}$$

$$Ds = 0.0151 \, m$$
 o  $0.60 \, plg$ 

#### 3.12.2. Pérdidas mayores

En un sistema las pérdidas mayores se generan por fricción en las tuberías o elementos de gran longitud; a continuación se realiza el análisis de este tipo de pérdidas:

#### 3.12.2.1. Cálculo del área de la tubería de antiretorno

$$A_S = \frac{\pi \cdot D_s^2}{4}$$

$$A_S = \frac{\pi. \ (0.0209)^2}{4}$$

$$A_S = 3.4306 \, x 10^{-4} \, m^2$$

#### 3.12.2.2. Cálculo de la velocidad de antiretorno

$$V_{S} = \frac{Q}{A_{S}}$$

$$V_{S} = \frac{2.66 \times 10^{-4} \frac{m^{3}}{seg}}{3.4306 \times 10^{-4} m^{2}}$$

$$V_{S} = 0.775 \frac{m}{seg}$$

## 3.12.2.3. Cálculo de pérdidas de energía en la tubería de antiretorno de 3/4"

$$NR = \frac{\rho.Vs.Ds}{\mu}$$

Donde:

$$N_R = \frac{998 \frac{kg}{m} \times 0.775 \frac{m}{seg} \times 0.0209 m}{1.02 \times 10^{-3} \frac{N.s}{m^2}}$$

 $N_{R}=15855.801$ 

#### 3.12.2.3.1. Cálculo de la rugosidad relativa

En este análisis tomamos en consideración el valor de la rugosidad relativa para el acero galvanizado por tablas equivalente a: 1.50 x10<sup>-4</sup> m

$$\frac{D_S}{\varepsilon} = \frac{0.0209 \; m}{1.50 \; x \; 10^{-4} \; m}$$

$$\frac{D_{S-d}}{\epsilon} = 139.33$$

#### 3.12.2.3.2. Cálculo del factor de fricción en tuberías

En este análisis tomamos como factor importante el número de Reynolds para la zona donde existe flujo turbulento; expuesto en la siguiente fórmula:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{1}{3.70 \times D/E} + \frac{5.74}{NR^{0.90}}\right)\right]^2}$$

$$f_{t} = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{1}{3.70 \times 139.33} + \frac{5.74}{15855.8010.90}\right)\right]^{2}}$$

$$f_{\tau} = 0.03879$$

Aplicando la formula de pérdidas mayores en tuberías obtenemos que:

$$h_l = f_c x \frac{l_s}{D_S} x \frac{(V_S)^2}{2g}$$

#### Donde:

l<sub>s</sub>= Longitud de la tubería de anti retorno

 $D_s$  = Diámetro interior de succión de una tubería de diámetro nominal igual a 3/4"

 $h_t = Perdidas en la tuberia de retorno$ 

$$h_{18} = 0.03879 \times \frac{1 m}{0.0209 m} \times \frac{(0.775 m/seg)^2}{2x9.81 m/seg^2}$$

$$h_{i8} = 0.0568 \, m$$

#### 3.12.3. Pérdidas menores

# 3.12.3.1. Cálculo de pérdidas de energía en acoplamiento en la orilla del tanque

Tomando un coeficiente de resistencia en la orilla del tanque igual a k=0.5 equivalente a un acoplamiento en borde cuadrado; tenemos los siguientes resultados de pérdidas:

$$h_{l9} = \frac{k \operatorname{orilla}.(Vs)^2}{2g}$$

$$h_{l9} = \frac{0.50 \; x ( \, 0.775 \, m/s)^2}{2 x 9.81 \, m/s^2}$$

$$h_{19} = 0.0153 \text{ m}$$

### 3.12.3.2. Cálculo de las pérdidas en codos de 90°

$$h_{l10} = \frac{k_{codos.(V_d)^2}}{2g}$$

 $L_{\text{g}}/D = 30$  (Valor indicado en tabla)

 $f_T = 0.025$  (factor de friccion para tuberia de 3/4")

$$k = (L_s/D).f_T$$

$$k = (30) \times 0.025$$

$$K = 0.75$$

$$h_{i10} = \frac{0.75 \times (0.775 \frac{m}{seg})^2}{2 \times 9.81 \ m/seg^2}$$

$$h_{l10} = 0.0230 \ m$$

### 3.12.3.3. Cálculo de las pérdidas en tee

$$h_{l11} = \frac{k_{codos.(V_d)^2}}{2g}$$

 $L_{\epsilon}/D = 20$  (Valor indicado en tabla)

 $f_T = 0.025$  (factor de friccion para tuberia de 3/4")

$$k = (L_s/D).f_T$$

$$k = (20) \times 0.025$$

$$K = 0.50$$

$$h_{l11} = \frac{0.50 \ x \left(0.775 \frac{m}{seg}\right)^2}{2 \ x \ 9.81 \ m/seg^2}$$

$$h_{i11} = 0.0153 m$$

#### 3.12.3.4. Cálculo de las pérdidas válvula de compuerta

Para el cálculo de la perdida de energía en este tipo de válvula utilizamos la formula que a continuación indicamos; tomando en consideración abierta al 100%.

$$h_{l12} = \frac{k_{Vc.(V_d)^2}}{2g}$$

 $L_{\sigma}/D = 8$ , Relación de longitud equivalente (válvula completamente abierta)

 $f_T = 0.027$  (factor de friccion para tuberia de 3/4")

$$k = (L_{\epsilon}/D).f_{T}$$
  
 $k = (8) \times 0.025$   
 $K = 0.20$ 

Aplicando la formula inicial para el cálculo en este tipo de válvula obtenemos que:

$$h_{i12} = \frac{0.20 \ x \left(0.775 \frac{m}{seg}\right)^2}{2x \ 9.81 \ m/seg^2}$$

$$h_{i12} = 0.00614 \ m$$

# 3.13. TABLA DE PÉRDIDAS TOTALES DE ENERGÍA EN ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE PURIFICACIÓN

A continuación de detalla una tabla en la cual se indican los valores de las pérdidas de presión en elementos y accesorios que componen el sistema prototipo de purificación de agua:

Tabla 3.11. Pérdidas totales de energía en el sistema de purificación

Fuente: Origen

ITEM	DESCRIPCIÓN	H (m)			
	SUCCIÓN				
1	tuberia de succión 1"	0,02286			
2	acoplamiento del tanque de orilla 1"	0,0289			
	DESCARGA				
3	tuberia de descarga 1/2"	0,257			
4	acoplamiento tanque de orilla descarga 1/2"	0,04143			
5	válvula de bola de 1/2" rechazo	0,336			
6	válvula de bola de 1/2" purga	0,336			
7	codos de 90° de 1/2"	0,134			
8	tee de 1/2"	0,179			
ANTIRETORNO					
9	tuberia de antiretorno 3/4"	0,0568			
10	acoplamiento tanque de orilla 3/4"	0,0153			
11	válvula de compuerta de 3/4"	0,00614			
12	codo de 90° de 3/4"	0,023			
13	tee de 3/4"	0,0153			
	total 1,45173				

# 3.14. CALCULO TOTAL DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA

Mediante una cuantificación de pérdidas de energía obtenemos el valor total equivalente en metros de columna de agua en todos los elementos que conforman el sistema prototipo de purificación de agua como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 3.12. Pérdidas totales de presión en todos los componentes del sistema

Fuente: Origen

ELEMENTOS QUE GENERAN PERDIDAS DE PRESIÓN	ALTURAS EQUIVALENTES
elementos de fricción (m)	1,45173
filtros de trabajo (m)	14,42921053
membrana filtrante (m)	35,15896154
total	51,039937

# 3.15. ANÁLISIS PARA EL CÁLCULO TEÓRICO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA

Para el cálculo teórico de la bomba realizamos a continuación un balance de energía del sistema en la cual analizamos los siguientes factores mediante la ecuación general de la energía:

$$\frac{P1}{v} + z1 + \frac{v1^2}{2a} + h_A + h_R - h_L = \frac{P2}{v} + z2 + \frac{v2^2}{2a}$$

#### Donde:

 $\frac{P_1}{\gamma}$  = 0 .Por efecto que el tanque de succión está abierto a la atmosfera.

 $\frac{P_2}{\gamma}$  = 0 Por efecto que el tanque de descarga está abierto a la atmosfera.

 $\mathbf{Z}_{\mathbf{1}} = 0$ , Punto de inicio de nuestro sistema (Punto cero tomado desde la superficie del tanque de succión).

 $Z_2$ = 0.40 m, Altura del líquido tomado desde la superficie del tanque de succión hasta la superficie la tubería de descarga.

$$\frac{v_1^2}{2g} \approx 0$$
, Consideración debido a que el área superficial del recipiente es grande.

$$\frac{v_2^2}{2g}$$
 = ?, Pérdida tomando en cuenta la velocidad de descarga.

 $h_A$ = ?, Energía agregada por la bomba al sistema.

 $h_R = 0$ , Energía removida por alguna turbina o elemento mecánico (No existe en nuestro sistema).

h<sub>L</sub> = Pérdidas totales en el sistema.

# 3.15.1. CALCULO DE LA ENERGÍA SUMINISTRADA POR LA BOMBA AL SISTEMA

Para determinar este cálculo debemos partir del balance de la energía como se indica a continuación donde obtenemos los siguientes parámetros para este sistema dados mediante el análisis realizado anteriormente:

$$h_A = Z_2 + h_L + V_2^2 / 2g$$

Donde:

$$V_2^2/2g = 0.0829 \text{ m}$$

$$Z_2 = 0.689 \text{ m}$$

$$h_L = 51,040 \frac{N.m}{N} = m$$

$$h_A = 51,8119 \frac{N.m}{N} = m$$

# 3.15.2. CALCULO DE LA POTENCIA AGREGADA AL FLUIDO POR LA BOMBA

Para obtener el cálculo de la potencia teórica de la bomba utilizamos la ecuación mostrada a continuación:

$$P_A = h_A \cdot \gamma \cdot Q$$

**Donde:** 

 $P_A = Potencia agregada al fluido$ 

 $h_{\!\scriptscriptstyle A}=$  energia suministrada por la bomba al fluido

 $\gamma = peso$  especifico del fluido de trabajo

Q = caudal de descarga

$$P_A = 51,8119 \ m \ x \ 9790 \ \frac{N}{m^3} \ x \ 2,50x10^{-4} \frac{m^3}{seg}$$

$$P_A = 126,8096 w$$

$$P_A = 0.12680 \; Kw$$

Procedemos a calcular la potencia mínima que deberá tener la bomba a seleccionarse, asumimos que tendrá una eficiencia del 55% (La eficiencia para las bombas centrífugas van desde el 40% hasta el 80%).

$$Pot_{entrada} = \frac{P_A}{e}$$

$$Pot_{entrada} = \frac{0.12680 \; Kw}{0.55}$$

$$Pot_{entrada} = 0.230 \text{ Kw}$$

# 3.15.3. CALCULO TOTAL DE LA ALTURA EQUIVALENTE EN EL SISTEMA DE PURIFICACIÓN

El cálculo de la altura equivalente en un sistema es un factor muy importante por efecto que se utiliza dicho valor para la selección de la bomba de trabajo necesaria para producir un determinado caudal.

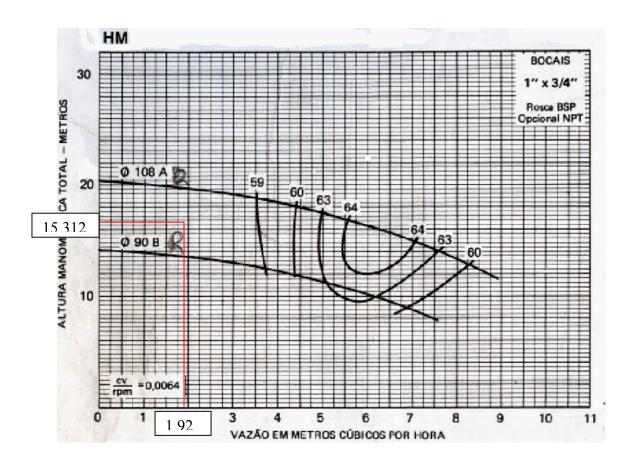
En la tabla siguiente se muestra la altura total en metros de columna de agua que la bomba debe generar para cumplir con los parámetros de diseño establecidos anteriormente.

Tabla 3.13. Altura total del sistema medido en metros de columna de agua

Fuente: Origen

Ítem	H total bomba (m)	H total bomba (ft)
bomba de alimentación	51,03990207	167,4108788
factor de seguridad en bomba de 1.50	76,55985311	251,1163182

# 3.15.4. PUNTO DE OPERACIÓN DE LA BOMBA DE TRABAJO



Grafica 3.12. Punto de operación de la bomba HM5Q-6 2 HP 5 ETAPAS MARCA GRUNDFOS

Fuente: www.acerocomercial.com

# 3.16. CÁLCULO Y ANÁLISIS PARA TANQUES DE PARED DELGADA

#### 3.16.1. Introducción

En este análisis se debe conocer como aspecto inicial si los tanques son presurizados o se encuentran a presión atmosférica; en este sistema tanto el tanque de aspiración como el tanque de descarga no se encuentran presurizados.

Los tanques a utilizarse en el sistema prototipo tienen como característica importante que son fabricados de un material polímero; específicamente de Polietileno de baja densidad.

Un factor importante para seleccionar este tipo de material en el equipo de purificación de agua; es que comparado con otros materiales de almacenamiento de productos alimenticios tiene grandes ventajas como son:

- Es un material que garantiza las características originales del producto almacenado
- Este material en la construcción de tanques no se corroe ni se oxida y no requiere un mantenimiento continuo.
- Comparado con otro tipo de material en la fabricación de tanques de almacenaje de productos alimenticios como por ejemplo: el acero inoxidable A-304 es menos costoso y su peso es relativamente menor.
- Es de fácil instalación y no es peligroso de manipular en estado sólido.

Para la construcción de los tanques se debe especificar las características técnicas de los recipientes de almacenamiento; las mismas que se detallan a continuación:

- Espesor de pared del tanque
- Capacidad de volumen de agua que puede almacenar el agua
- Forma y dimensiones del tanque.

#### 3.16.2. Dimensiones del tanque de almacenamiento

Para dimensionar el volumen del tanque asumimos una cantidad total de producción de agua equivalente a 84 litros diarios.

En este caso determinamos las dimensiones de acuerdo a las especificaciones técnicas dadas por el fabricante de los tanques las cuales se indican a continuación:

Tabla 3.14. Capacidad permisible de los tanques de almacenamiento de agua

Fuente: www.amancoplastigama.com

	CAPACIDA	<b>/</b> D	Α	В	Н
NOMINAL	TOTAL	UTIL	diametro tapa	diametro base	altura total del tanque
litros	litros	litros	mm	mmm	mm
250	280	260	550	690	880

Aplicando la formula de Área para cuerpos cilíndricos igual a:

$$A = \frac{\pi . D^2}{4}$$

Donde:

A = área del cilindro

D = diámetro del cilindro equivalente a 0.69 metros

Obtenemos que:

$$A = \frac{\pi . (0.69m)^{z}}{4}$$

$$A = 0.374 \text{ m}^2$$

Como un siguiente paso relacionamos la capacidad de producción nominal de agua en metros cúbicos igualando al área del cilindro multiplicado por la altura; con el objeto de encontrar dicha variable.

La capacidad de producción en unidades de volumen del tanque es equivalente a 250 litros o 0.25 m³ y el área es 0.374 m²; como se indica a continuación:

$$v = A.h$$

Donde

v = Capacidad de produccion nominal de volumen de agua

A =área total del cilindro

h = Altura total del cilindro

$$0.25 m^3 = \frac{\pi \cdot (0.69m)^2}{4} \cdot h$$

Despejando la H (altura) de la formula obtenemos que:

$$h = \frac{4 \times 0.25 \, m^3}{\pi \cdot (0.69 \, m)^2}$$

h = 0.6684 metros

El cálculo realizado anteriormente justifica la capacidad nominal de volumen que almacenan los tanques de captación y de agua tratada.

Por lo tanto las dimensiones nominales de los tanques utilizados en el sistema de purificación de agua por osmosis inversa son las siguientes:

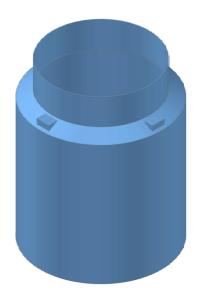
Diámetro exterior: 0.690 metros

Diámetro interior: 0.684 metros

Altura externa: 0.667 metros

Altura interna: 0.661 metros

### 3.16.3. Esquema del tanque de almacenamiento:



Grafica 3.13. Esquema del tanque de almacenamiento para agua

Fuente: Origen

#### 3.16.4. Calculo del espesor de pared de los tanques de almacenamiento de agua

En este análisis estudiamos parámetros tales como:

- El tipo de material de construcción de los tanques y sus propiedades físicas y mecánicas.
- El análisis de tanques de pared delgada debido a que la capacidad de volumen de agua no es a gran escala y los tanques no se encuentran presurizados.
- Las dimensiones que tienen los tanques de almacenamiento para el cálculo de la presión crítica dependiendo del tipo de fluido que se encuentre confinado en dicho recipiente.

# 3.16.5. Material de construcción de los tanques

Polietileno de baja densidad PEBD

### 3.16.5.1. Características

Presenta una buena resistencia a la tracción, al rasgado y a la perforación o punción, buena resistencia al impacto a temperaturas muy bajas (hasta -95°C) y en películas posee excelente elongación.

En las aplicaciones de elementos para almacenamiento de fluidos tenemos que este tipo de material se utiliza para:

Agua potable

Agua cruda o natural

Jugos cítricos

Pulpa de frutas

Aceites animales

Aceites vegetales

Glucosa

Almidón

Agua oxigenada al 30%

Otros productos alimenticios

Tabla 3.15. Propiedades físicas y mecánicas del polietileno de baja densidad

Fuente: www.monografias.com/polimeros/htm

Propiedades	POLIETILENO PEBD
Densidad (g/cm³)	0.92 - 0.93
Resistencia a la tracción x 1000 (PSI)	0.90 - 2.50
Elongación (%)	550 - 600
Cristalinidad (%)	65
Rigidez dieléctrica, (V/mill.)	480
Máxima temperatura de uso (°C)	82 - 100

#### 3.16.6. Análisis de diseño para tanques de pared delgada

En este aspecto analizamos el estudio de cilindros de pared delgada; que nos indica que un deposito que contenga un fluido a presión determinada; ya sea este en  $N / m^2$  o PSI; está sometido a fuerzas de tensión según sus secciones longitudinales y transversales; y las paredes tienen que resistir estas fuerzas para evitar que dicho elemento estalle.

Un procedimiento más sencillo para el cálculo analítico de la fuerza F resultante debido a que la distribución de presiones y de fuerzas elementales es la misma en todas las direcciones; es a través de la siguiente formula expuesta:

F = P.D.L

Donde:

El área se calcula tomando en consideración el diámetro del cilindro por la longitud que es equivalente a D x L

La presión se calcula utilizando la formula  $P = \gamma x H$  en el punto más crítico; para este caso en el fondo del tanque

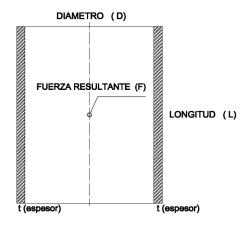
Si:

P = Presión en el punto más crítico del tanque

 $\gamma$  = Peso especifico del fluido almacenado en el tanque

H= altura nominal del tanque de almacenamiento del fluido

Realizando un corte longitudinal en el tanque como se muestra en la siguiente figura podemos identificar el área en análisis y la fuerza que se encuentra perpendicular al plano como se indica a continuación:



Grafica 3.14. Fuerza resultante en tanques cilíndricos de pared delgada

Fuente: Origen

El esfuerzo en la sección longitudinal que soporta la fuerza F; resulta de dividir está entre el área de las dos secciones de corte; por tanto:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Donde:

 $\sigma$  = Esfuerzo circunferencial

F = Fuerza que actúa sobre las paredes del tanque

A = Área perpendicular a la fuerza de interacción

Y reemplazando la formula inicial obtenemos que:

$$\sigma = \frac{P.D.L}{2t.L} = \frac{P.D}{2t}$$
 (Esfuerzo circunferencial)

El esfuerzo calculado mediante la fórmula anterior es el esfuerzo medio; para los cilindros en los que la pared tenga un espesor igual o menor que un decimo de su radio interior; este esfuerzo medio calculado es prácticamente igual al esfuerzo máximo que aparece en la superficie interior del cilindro; y el mínimo en la superficie exterior y su diferencia es muy poco.

#### Nota:

Para calcular el espesor de placa utilizamos la formula de esfuerzo medio; por efecto que el tanque no se encuentra presurizado y no existe otra tipo de fuerzas que trabajen en el tanque cilíndrico.

#### 3.16.7. Calculo de la Presión crítica en el tanque

Aplicando la formula de presión crítica de trabajo y tomando en consideración la altura del tanque cilíndrico obtenemos que:

$$P_C = \gamma . h$$

$$P_{C} = 9.79 \frac{KN}{m^{8}} \times 0.661 m$$

$$P_C = 6.4712 \frac{KN}{m^2}$$
 o 0.0647 bares

$$P_C = 0.0647 \text{ bar x } \frac{14.50 \text{ PSI}}{1 \text{ bar}}$$

$$P_C = 0.9383 \ PS1$$

Donde:

Pc: Presión critica ejercida por el fluido

 $\gamma$  = Peso especifico del fluido de trabajo

H = Altura total del tanque cilíndrico

## 3.16.8. Calculo teórico del espesor en los tanques

Para el cálculo teórico del espesor de los tanques debemos tomar en consideración el diámetro interior del tanque y el esfuerzo de tracción del material que constituye el mismo como se indica a continuación:

Di = 68.40 cm x 
$$\frac{1 p \lg g}{2.54 cm}$$
 = 29.929 plg (Diámetro interior del tanque)

$$\sigma = 2500 \frac{lbf}{plg^2}$$
 (Esfuerzo de tracción del polietileno de baja densidad)

Aplicando la ecuación de esfuerzo circunferencial y despejando el espesor de pared del tanque obtenemos que:

$$\sigma = \frac{P.D}{2t}$$

Donde:

 $\sigma$  = Esfuerzo de tracción del polietileno de baja densidad

P= Presión critica ejercida por el fluido

D = Diámetro que está en contacto con el fluido

t= Espesor de pared del tanque

$$t = \frac{0.9383 \frac{lbf}{plg^2} x \ 26.929 \ plg}{2 \ x \ 2500 \frac{lbf}{plg^2}}$$

$$t = 5.053 \text{ x } 10^{-3} \text{ plg}$$

Entonces: 
$$t = 5.053 \text{ x } 10^{-3} \text{ plg x } \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ plg}}$$
  
 $t = 0.128 \text{ mm}$ 

### 3.16.8.1. Espesor de pared total

Para calcular el espesor total de pared del tanque hay que considerar que se debe incluir un factor de 1/8 de plg por efecto de agentes tales como: la corrosividad, agentes químicos, rayaduras, etc.

Por consiguiente tenemos un valor total de pared en los tanques de almacenamiento de agua equivalente a:

t = 0.128 mm + 1/8 plg

t = 0.128 mm + 3.175 mm

t = 3.303 mm.

#### 3.17. CALCULO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A CARGAS

#### 3.17.1. Introducción

En este cálculo determinamos los elementos que se encuentran sometidos a cargas estáticas; para dicho sistema realizamos el análisis en la base estructural de asentamiento de todo el equipo de purificación de agua y en los de apoyos verticales que actúan como elementos sometidos a compresión; por ende se cuantifica la cantidad de cargas totales existentes las mismas que nos ayudarán a determinar el tipo de material y la selección de un perfil adecuado que pueda soportar todo el peso o carga del sistema, mediante tablas, catálogos o fichas técnicas, etc.

En las cargas que componen el equipo se encuentran:

- Carga de los tanques de aspiración y descarga.
- Carga del fluido almacenado en los tanques.
- Carga de los filtros de: sedimentos, carbón activado granular y membrana semipermeable filtrante.
- Carga de la bomba a utilizarse.
- Carga de elementos como: tuberías, válvulas, manómetros, accesorios entre otros.
- Carga del tablero de asentamiento fabricado en aglomerado.

#### 3.17.2. Calculo teórico de cargas del sistema

#### 3.17.2.1. Peso tanque de almacenamiento captación y descarga

Si 
$$\gamma = 930 \frac{\kappa g}{m^5}$$
 peso específico del polietileno de baja densidad  $V = \frac{\pi}{4} \cdot h \cdot (D^2 - d^2)$  volumen del tanque de almacenamiento  $V = \frac{\pi}{4} \cdot (0.88m) \cdot (0.4761^2 - 0.4678^2)$   $V = 0.005736 m^3$  Entonces  $W = \gamma$ .  $V$   $W = 930 \frac{\kappa g}{m^5} * 5.736x10^{-3} m^3$   $W = 5.3345 \text{ Kg}$ 

#### 3.17.2.2. Peso fluido de almacenamiento

Si  $\gamma = 998 \frac{Kg}{m^2}$  peso específico del agua a temperatura ambiente

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot h \cdot (D^2)$$

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot (0.88m) \cdot (0.684^2)$$

$$V = 0.32 \, m^3$$

Entonces  $w = \gamma$ . V

$$W = 998 \frac{Kg}{m^5} \times 0.32 \ m^3$$

$$w = 319.36 \text{ Kg}$$

#### 3.17.2.3. Peso filtros y membrana semipermeable de tratamiento de agua

Todos los datos mostrados a continuación son obtenidos por análisis experimentales.

Filtro de sedimentos y carcaza w = 4Kg

Filtro de carbón activado granular y carcaza w= 5Kg

Membrana semipermeable y carcaza w= 2Kg

### 3.17.2.4. Peso bomba centrifuga multietapas

$$w_{bc} = 50 \text{ Kg}$$

## 3.17.2.5. Peso tubería de acero galvanizado de 1"

Si  $\gamma = 7850 \frac{\kappa_g}{m^2}$  peso específico del acero galvanizado

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot l \cdot (D^2 - d^2)$$
 volumen de la tubería

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot (1m) \cdot (0.0334^2 - 0.0266^2)$$

$$V = 0.000320 \ m^3$$

Entonces  $w = \gamma$ . V

$$W = 7850 \frac{Kg}{m^3} * 0.000320 m^3$$

$$w = 2.5155 \text{ Kg}$$

### 3.17.2.6. Peso tubería de acero galvanizado de 3/4"

Si  $\gamma = 7850 \frac{Kg}{m^3}$  peso específico del acero galvanizado  $V = \frac{\pi}{4} \cdot l \cdot (D^2 - d^2)$  volumen de la tubería

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot (1.50) \cdot (0.0267^2 - 0.0209^2)$$

$$V = 0.000325 \ m^3$$

Entonces  $w = \gamma$ . V

$$w = 7850 \frac{\kappa_g}{m^3} * 0.000325 m^3$$

$$w = 2.553 \text{ Kg}$$

## 3.17.2.7. Peso tubería de acero galvanizado de 1/2"

Si  $\gamma = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  peso específico del acero galvanizado

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot l \cdot (D^2 - d^2)$$
 volumen de la tubería

$$V = \frac{\pi}{4} . (2m). (0.0213^2 - 0.0158^2)$$

$$V = 0.0003205 \, m^3$$

Entonces  $w = \gamma$ . V

$$w = 7850 \frac{Kg}{m^3} * 0.0003205 m^3$$

$$w = 2.516 \text{ Kg}$$

### 3.17.2.8. Peso tablero de aglomerado tropical

Si  $\gamma = 750 \frac{kg}{m^3}$  peso específico de la madera aglomerada

V= a.b.h. volumen del tablero de madera

$$V=(2m). (1.60m). (0.018m)$$

$$V = 0.0576 \, m^3$$

Entonces  $w = \gamma$ . V

$$w = 750 \frac{\kappa_g}{m^s} * 0.0576 m^3$$

$$w = 43.20 \text{ Kg}$$

## 3.17.2.9. Peso de accesorios y elementos de conexión

Para calcular el peso de los accesorios tomamos en consideración un 2% del peso total de los elementos principales que conforman el sistema de purificación de agua.

Entonces si  $w_{total} = 750.95 \, Kg$ 

El 2% de dicho valor es equivalente a 15.019 Kg

En el cuadro que se muestra a continuación indicamos los porcentajes de los pesos que posee cada uno de los elementos que conforman este sistema:

## 3.18. Carga total de elementos que conforman el sistema de purificación de agua

Tabla 3.16. Peso total de los elementos que conforman el sistema para purificación de agua

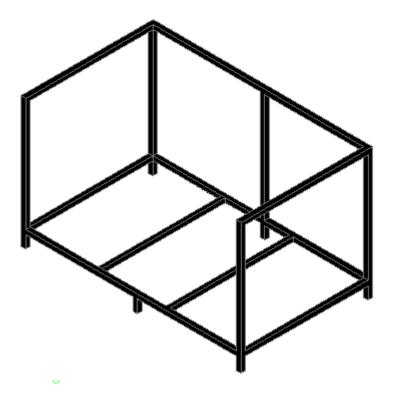
ITEM	DESCRIPCIÓN	% PESOS
1	tanque de almacenamiento captación	5,3345
2	fluido de almacenamiento captación	319,36
3	tanque de almacenamiento descarga	5,3345
4	fluido de almacenamiento descarga	319,36
5	filtro de sedimentos y carcaza	4
6	filtro de carbón activado granular y carcaza	5
7	membrana semipermeable y carcaza	2
8	bomba centrifuga multietapas	50
9	tubería de acero galvanizado 1"	2,515
10	tubería de acero galvanizado 3/4"	2,553
11	tubería de acero galvanizado 1/2"	2,516
12	tablero de aglomerado tropical	43,2
13	peso accesorios y elementos de conexión	15,019
	PESO TOTAL EN Kg	776,192

#### 3.19. Análisis de elementos estructurales sometidos a cargas

En este estudio realizamos un pre diseño de la estructura que compone la base de asentamiento del sistema en donde se encuentra ubicado todo el sistema de purificación de agua.

Para el cálculo de los esfuerzos que se generan en la estructura tomamos en consideración la carga total del equipo como una carga distribuida en toda el área existente; por consiguiente es necesario realizar un análisis de momentos y esfuerzos para posteriormente seleccionar un material de sección adecuado y asegurar que dicha estructura tiene la capacidad de soportar cargas y trabajar sin ningún inconveniente.

A continuación mostramos un esquema donde se indica la estructura que se encuentra sometida a cargas:



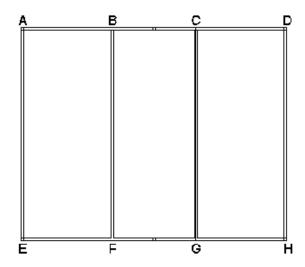
Grafica 3.15. Estructura de asentamiento de equipo de purificación de agua

Fuente: Origen

#### 3.20. Elementos de estructura de asentamiento sometidos a cargas

Los elementos de la estructura de asentamiento tienen como función soportar todas las cargas estáticas existentes en el equipo de purificación de agua.

En la siguiente grafica se indican los elementos de la estructura de asentamiento sometidos a esfuerzos:

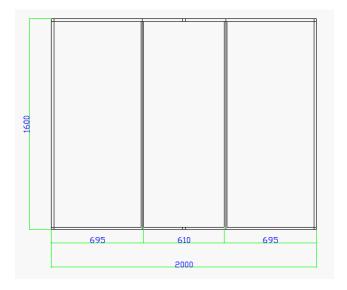


Grafica 3.16. Elementos sometidos para análisis estructural

Fuente: Origen

# 3.21. Área de estructura de asentamiento sometido a cargas

Para realizar el cálculo es necesario saber las dimensiones de la estructura de asentamiento con lo cual obtenemos el esfuerzo por área cuadrada de cada vano o tramo de la estructura.



Grafica 3.17. Dimensiones de marco de asentamiento estructural

### 3.22. Calculo de carga por unidad de área

Tomando en consideración el valor de cargas totales existente en el sistema de purificación por osmosis inversa realizamos el cálculo del esfuerzo por metro cuadrado existente en el marco de asentamiento como se indica a continuación:

Aplicamos la ecuación de esfuerzo equivalente a:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

 $\sigma$  = esfuerzo por cargas aplicada por unidad de longitud

P = carga aplicada

A =Área a la cual se le aplica la carga

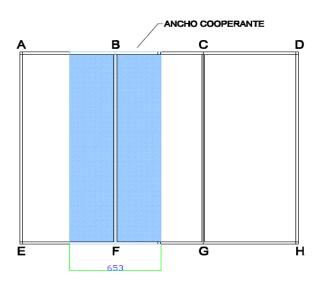
$$\sigma = \frac{800 \, Kg}{(2m).(1.60m)}$$

$$\sigma = 250 \; Kg/m^2$$

### 3.22.1. Análisis viga BF y CG

Para realizar el cálculo de esfuerzos en los elementos mencionados tomamos en consideración las cargas cooperantes de la semiluz existente en dicho tramo de la viga como se indica a continuación.

Por ende debemos considerar en el cálculo que los elementos simplemente se encuentran apoyados como una estructura hiperestática.



Grafica 3.18. Ancho cooperante elementos BF y GC

Teniendo en consideración el ancho cooperante del elemento analizado calculamos la carga por unidad de longitud (carga distribuida) como se indica a continuación:

$$q = \sigma$$
. a

Donde:

q = carga distribuida en elemento de análisis

 $\sigma$  = esfuerzo por unidad de área

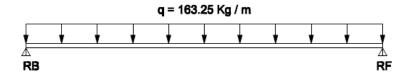
a = ancho cooperante

 $q = 250 \text{ Kg/m}^2 \times 0.653 \text{ m}$ 

q = 163.25 Kg/m

### 3.22.2. Calculo de reacciones en apoyos

En este cálculo determinamos el valor cada una de las reacciones que generan dichos elementos analizados a partir de la carga distribuida como se indica a continuación:



Grafica 3.19. Reacciones RB y RF

Fuente: Origen

Donde:

RB = reacción en nudo B

RF = reacción en nudo F

Por tanto RB y RF es equivalente a: 
$$\frac{163.25 \text{Kg} / \text{m} \times 1.60 \text{ m}}{2} = 130.60 \text{ Kg}$$

## 3.22.3. Calculo del momento máximo en elementos BF y CG

Para determinar el momento máximo en dichos elementos utilizamos la siguiente ecuación:

$$\mathbf{M} = \frac{\mathbf{q} \cdot \mathbf{L}^2}{8}$$

Donde:

M = momento máximo generado en el elemento de análisis

q = carga distribuida en elemento

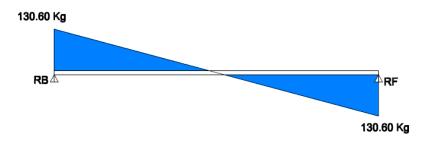
L = longitud del elemento

Por tanto obtenemos que:

$$M = \frac{163.25 \, Kg/m \cdot (1.60m)^2}{8} = 52.24 \, Kg. \, m$$

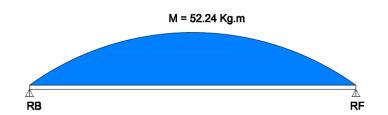
Transformando el momento a unidades del sistema ingles obtenemos un valor equivalente a:

$$M = 4.53 \text{ Klb.plg}$$



Grafica 3.20. Diagrama de corte en elemento BF

Fuente: Origen



Grafica 3.21. Diagrama de momento máximo en elemento BF

### 3.22.4. Calculo del modulo de sección en elementos BF y CG

El objetivo es determinar el modulo de sección del elemento en análisis para realizar una selección adecuada lo cual nos ayudará a su construcción.

Aplicando la formula de modulo de sección equivalente a:

$$Sx = \frac{M \ maximo}{0.60 \ Fy}$$

Donde:

Sx = equivalente al modulo de sección

M = momento máximo

Fy = esfuerzo de fluencia

$$S_X = \frac{4.53 \text{ Klb. plg}}{0.60 (50 \text{ Klb/plg}^2)}$$

$$Sx = 0.151 \text{ plg}^3 \text{ o } 2.47 \text{ cm}^3$$

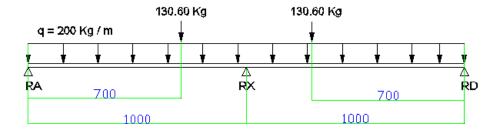
#### Conclusión:

Al determinar el modulo de sección en dicho elemento y comparando con un catalogo de materiales de construcción podemos concluir que se necesita un tubo de 40mm x 40 mm equivalente a un tubo cuadrado de 1 ½" x 40mm y espesor de 1.5mm.

### 3.23. Calculo de los elementos longitudinales

Prosiguiendo con el análisis debemos efectuar el cálculo de las vigas AD y EH con lo cual obtenemos un diseño de todos los elementos de la estructura de asentamiento del equipo de purificación de osmosis inversa como se indica a continuación:

#### 3.23.1. Análisis viga AD



Grafica 3.22. Diagrama de cargas existentes en viga AD

## 3.23.2. Calculo del momento máximo en viga AD

Partiendo del método de cross analizamos la viga AD como se indica a continuación:

#### Tramo AX

$$\frac{Pab\;(l+a)}{2l^2} = \frac{130,60\;x\;0,70\;x\;0,30\;(1+0,70)}{2x1^2} = 24\;Kg.m$$

$$\frac{ql^2}{8} = \frac{200x1^2}{8} = 25 \ Kg.m$$

#### Tramo XB

$$\frac{Pab\ (l+b)}{2l^2} = \frac{130,60\ x\ 0,30\ x\ 0,70\ (1+0,70)}{2x1^2} = 24\ Kg.m$$

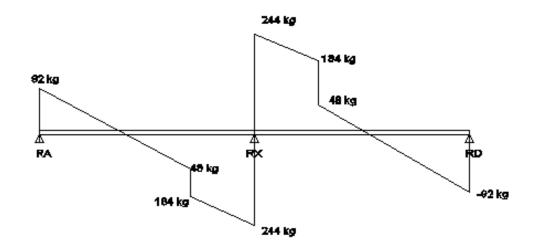
$$\frac{ql^2}{8} = \frac{200x1^2}{8} = 25 \ Kg.m$$

Tabla 3.17. Tabla de momentos calculados viga AD

ITEM	R A		RX	RX		R B
P		0.75			0.75	
Q			0.50	0.50		
М	0		-49	49		0
TOTALES	0		49	49		0

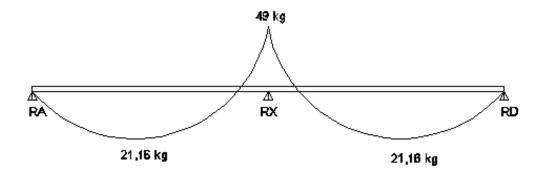
ITEM	R A	RX	R X	R B
P	41	95	95	41
Q	100 100		100 100	
M	(-)49	49	49	(-)49
VARIACIÓN DE MOMENTOS	92	244	244	92
TOTALES		488	488	

# 3.23.3. Calculo de esfuerzos cortantes y momentos en viga AD



Grafica 3.23. Diagrama de esfuerzo cortante en viga AD

Fuente: Origen



Grafica 3.24. Diagrama de momentos máximos en viga AD

## 3.23.4. Calculo del modulo de sección en viga AD

Para determinar el modulo de sección realizamos el siguiente análisis utilizando la siguiente ecuación:

$$Sx = \frac{M \ maximo}{0.60 \ Fy}$$

Donde:

Sx = equivalente al modulo de sección

M = momento máximo

Fy = esfuerzo de fluencia

$$Sx = \frac{4.25 \ Klb.plg}{0.60 \ (50 \ Klb/plg^2)}$$

 $Sx = 0.141 \text{ plg}^3 \text{ o } 2.31 \text{ cm}^3$ 

#### Conclusión

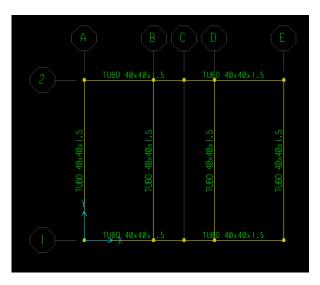
Mediante el catalogo de materiales proporcionado por la empresa DIPAC seleccionamos el perfil de sección con el cual se debe construir la estructura de asentamiento.

Por consiguiente utilizamos un perfil tubular cuadrado de 1 1/2" x 40 mm y espesor de 1.5 mm

# 3.24. CALCULO DE MOMENTOS Y DEFLEXIONES REALIZADOS EN EL PROGRAMA SAP

A continuación indicamos el cálculo de momentos y deflexiones realizado en el programa SAP con lo cual podemos afirmar que dicho elemento estructural es el más adecuado para construir este tipo de estructura.

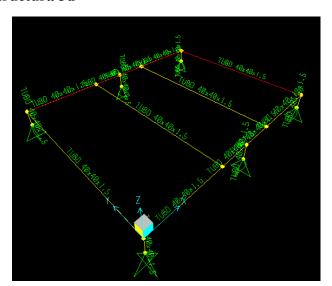
### 3.24.1. Dimensiones de modulo de sección obtenidas en el SAP



Grafica 3.25. Perfil obtenido para la construcción de la estructura mediante análisis en programa SAP

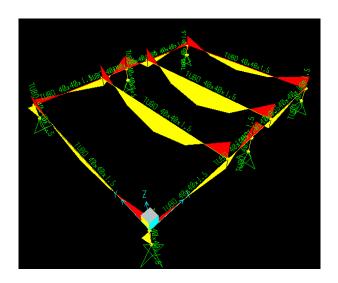
Fuente: Origen

#### 3.24.2. Plano estructura 3d



Grafica 3.26. Diagrama de cortes existentes en estructura de asentamiento generados por programa SAP

## 3.24.3. Momentos generados en la estructura



Grafica 3.27. Momentos generados en simulación de programa SAP de estructura metálica de asentamiento

Fuente: Origen

# 3.25. SELECCIÓN DEL PERFIL DE ESTRUCTURA DE ASENTAMIENTO DEL SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA

Dicha selección lo realizamos con la ayuda del catalogo de la empresa DIPAC en el cual comparamos el modulo de sección que nos proporciona dicha empresa y el modulo de sección calculado para la selección del material como se indica a continuación:

DIMENSI	ONE	s	PESO	AREA		IEDAI		
D211121102				,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	EJES	EJES X-X e Y-Y		
Designación	В	e	P	Α	I	w	ı	
Plg	mm	mm	Kg/6m	cm2	cm4	cm3	cm	
3/4	20	1.5	4.98	1.05	0.58	0.58	0.74	
		2.0	6.30	1.34	0.69	0.69	0.72	
1	25	1.5	6.36	1.35	1.21	0.97	0.95	
		2.0	8.16	1.74	1.48	1.18	0.92	
1 1/4	30	1.5	7.80	1.65	2.19	1.47	1.15	
		2.0	10.08	2.14	2.71	1.81	1.12	
1 1/2	40	1.5	10.62	2.25	5.48	2.74	1.56	
		2.0	13.86	2.94	6.92	3.46	1.53	
		3.0	19.80	4.21	9.28	4.64	1.48	
2	50	1.5	13.44	2.85	11.06	4.42	1.97	
		2.0	17.58	3.74	14.13	5.65	1.94	
		3.0	25.50	5.41	19.40	7.76	1.89	
2 3/8	60	1.5	16.26	3.74	18.68	6.22	2.23	
		2.0	22.44	4.54	25.12	8.37	2.35	
		3.0	33.30	6.61	35.06	11.69	2.30	
3	75	2.0	27.00	5.74	50.47	13.46	2.97	
		3.0	39.60	8.41	71.54	19.08	2.92	Nuevo
		4.0	51.54	10.95	89.98	24.00	2.87	
4	100	2.0	36.42	7.74	122.99	24.60	3.99	
		3.0	53.76	11.41	176.95	35.39	3.94	Nuevo
		4.0	70.38	14.95	226.09	45.22	3.89	

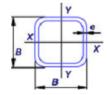
#### APLICACIONES

#### Usos Estructurales

- Columnas de estructuras
- · Estructuras para techos de vidrio
- Cerramientos
- Portones
- Postes de señalización

#### Otros usos

- Carrocerías
- Muebles metálicos
- · Máquinas para gimnasio
- · Casetas de guardianía
- · Estructuras para letreros
- Estructuras metálicas
- Maquinaria industrial
- Remolques



#### **■ NOMENCLATURA**

A= Area de la selección transversal del tubo, cm2 W= Módulo resistente de la sección, cm3

I= Momento de Inercia de la sección, cm4 i= Radio de giro de la sección, cm

Grafica 3.28. Cuadro de propiedades de perfiles tubulares estructurales proporcionado por empresa DIPAC

Fuente: www.dipac.com.ec

Al verificar los resultados de comparación entre el modulo de sección calculado y el modulo de sección que nos proporciona el proveedor en el catalogo de materiales de construcción concluimos que el perfil más adecuado es el tubo cuadrado de 1 ½" x 40 mm y de 5 mm de espesor.

# OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO EQUIPO DE PURIFICACIÓN POR OSMOSIS INVERSA

#### 3.26.1. Generalidades

El objetivo de esta planta prototipo de osmosis inversa tiene como finalidad obtener agua apta para consumo humano y demostrar que se cumple con la norma técnica INEN 1108.

Entre los aspectos más importantes que hemos tomado en consideración para la construcción de este tipo de proyecto se encuentran los siguientes:

- El tipo de agua de ingreso al sistema.
- La calidad de agua que se requiere obtener.
- Los elementos filtrantes utilizados en la purificación del agua.
- El dispositivo generador para presión necesaria de trabajo.

#### 3.26.2. Ejecución del prototipo de purificación de agua

Para la construcción de este sistema prototipo hemos considerado un diseño compacto y lo más sencillo posible en el cual se utilizan materiales existentes en el mercado y elementos que tienen alta tecnología como filtros y membranas.

Además se utilizan tanques fabricados en polietileno de baja densidad para el agua de captación y descarga del agua purificada así como también una bomba multietapas que nos ayuda a generar la presión necesaria de trabajo.

Este sistema se encuentra asentado en una estructura fabricada en perfil tubular cuadrado que sirve para soportar todas las cargas que produce dicho equipo.

#### 3.26.3. Materiales utilizados en la construcción

Dentro de los materiales más importantes que se utilizan para la construcción de este tipo de proyecto tenemos los que se indican a continuación con sus respectivas características:

**3.26.3.1.** Tanques de captación y almacenamiento de agua con capacidad 250 litros de agua. (ver anexo F; pág. 210)



(	Capacidad	ı	А	В	Н
Nominal	Total*	Útil**	^		"
	litros		mm	mm	mm
250	280	260	550	690	880
500	568	546	550	870	1082
1100	1170	1100	550	1120	1390
2500	2540	2400	550	1568	1460
5000	5500	5350	636	2320	1580

<sup>\*</sup> Capacidad Total: Lleno hasta rebosar.

Grafica 3.29. Grafica de tanques utilizados en sistema de purificación de agua

Fuente: www.amancoplastigama.com

3.26.3.2. Filtro de sedimentos (ver anexo K; pág. 235)

Model	Maximum Dimensions	Micron Rating* (Nominal)	Initial ∆P (psi) @ Flow Rate (gpm)
P5-478	2-3/8" x 4-7/8" (60 mm x 124 mm)	5	0.3 psi @ 2 gpm (<0.1 bar @ 7.6 L/min)
P1	2-3/8" x 9-3/4" (60 mm x 248 mm)	1	0.6 psi @ 5 gpm (<0.1 bar @ 19 I/min)
P5)	2-3/8" x 9-3/4" (60 mm x 248 mm)	5	0.2 psi @ 5 gpm (<0.1 bar @ 19 L/min)
P25	2-3/8" x 9-3/4" (60 mm x 248 mm)	25	0.2 psi @ 5 gpm (<0.1 bar @ 19 L/min)
P1-20	2-3/8" x 20" (60 mm x 508 mm)	1	0.6 psi @ 10 gpm (<0.1 bar @ 38 Dmin)
P5-20	2-3/8" x 20" (60 mm x 508 mm)	5	0.6 psi @ 10 gpm (<0.1 bar @ 38 l/min)
P25-20	2-3/8" x 20" (60 mm x 508 mm)	25	0.2 psi @ 10 gpm (<0.1 bar @ 38 L/min)
P1-30	2-3/8" x 30" (60 mm x 762 mm)	1	0.5 psi @ 10 gpm (<0.1 bar @ 38 Umin)
P5-30	2-3/8" x 30" (60 mm x 762 mm)	5	0.2 psi @ 10 gpm (<0.1 bar @ 38 L/min)

<sup>\*</sup> Based on manufacturer's internal testing

Grafica 3.30. Grafica de filtro de sedimentos utilizado en sistema de purificación de agua

Fuente: www.culligan.com.ec

<sup>\*\*</sup> Capacidad Útil: Lleno hasta donde el flotador permite.

## **3.26.3.3.** Filtro de carbón activado granular (ver anexo K; pág. 235)

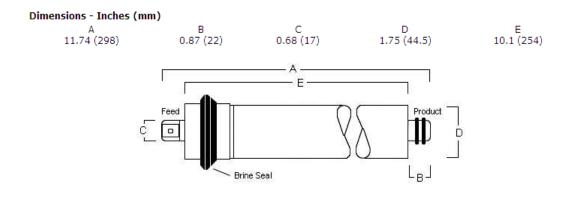
Model	Maximum Dimensions	Micron Rating (Nominal)*	Initial ΔP (psi) @ Flow Rate (gpm)*	Chlorine Taste & Odor Reduction @ Flow Rate (gpm)*†
CBC-5	2-7/8" x 4-7/8" (73mm x 124mm)	0.5	7.0 psi @ 1 gpm (0.48 bar @ 3.8 L/min)	>3,000 gallons @ 1 gpm >11,400 liters @ 3.8 L/min
CBC-10	2-7/8" x 9-3/4" (73mm x 248mm)	0.5	3.7 psi @ 1 gpm (0.26 bar @ 3.8 L/min)	>20,000 gallons @ 1 gpm >75,700 liters @ 3.8 L/min
CBC-20	2-7/8" x 20" (73mm x 508mm)	0.5	3.0 psi @ 2 gpm (0.21 bar @ 7.6 L/min)	>45,000 gallons @ 2 gpm >170,300 liters @ 7.6 L/min
CBC-BB	4-5/8" x 9-3/4" (117mm x 248mm)	0.5	4.6 psi @ 2 gpm (0.32 bar @ 7.6 L/min)	>50,000 gallons @ 2 gpm >189,300 liters @ 7.6 L/min
CBC-20BB	4-5/8" x 20" (117mm x 508mm)	0.5	8.5 psi @ 4 gpm (0.59 bar @ 15.1 L/min)	>150,000 gallons @ 4 gpm >567,800 liters @ 15.1 L/min

<sup>\*</sup> Based on manufacturer's internal testing.

Grafica 3.31. Grafica de filtro de carbón activado granular utilizado en sistema de purificación de agua

Fuente: www.culligan.com.ec

## **3.26.3.4.** Membrana sintética semipermeable fabricada en poliamida.



Specifications:					
Membrane Type:	Polyamide Thin-Film Composite (TFC)				
Maximum Operating Temperature:	113F (45C)				
Maximum Operating Pressure:	150 psi (10 bar)				

Grafica 3.32. Grafica de membrana semipermeable utilizada en sistema de purificación de agua

Fuente: www.culligan.com.ec

**3.26.3.5.** Bomba multietapas fabricada en acero inoxidable (ver anexo I; Pág. 222)



Grafica 3.33. Grafica de bomba multietapas utilizada en sistema de purificación de agua

Fuente: www.acerocomercial.com.ec

**3.26.3.6.** Tubería de 1",3/4" y ½" fabricada en acero galvanizado.



Grafica 3.34. Grafica de tubería de acero galvanizado utilizada en sistema de purificación de agua

# **3.26.3.7.** Válvula de compuerta ¾" fabricada en acero (ver anexo J; Pág. 232)



Grafica 3.35. Grafica de válvula de compuerta utilizada en sistema de purificación de agua

Fuente: www.dismacon.com

3.26.3.8. Válvula de bola ½ " fabricada en acero (ver anexo J; Pág. 232)



Grafica 3.36. Grafica de válvula de bola para apertura de flujo utilizada en sistema de purificación de agua

**3.26.3.9.** Codos, universales y accesorios fabricados en acero galvanizado (ver anexo J; Pág. 232)



Grafica 3.37. Grafica de codos, universales y accesorios utilizados en la construcción del sistema de purificación para agua

Fuente: www.dismacon.com

**3.26.3.10.** Uniones fabricadas en bronce (ver anexo J; Pág. 232)



Grafica 3.38. Grafica de uniones fabricadas en bronce utilizadas en la construcción de equipo para purificación de agua

# **3.26.3.11.** Manómetros para medición de presiones



Grafica 3.39. Grafica de manómetros de presión utilizadas en la construcción de equipo para purificación de agua

Fuente: www.dismacon.com

**3.26.3.12.** Tablero de control ON/OFF para encendido y apagado del sistema.



Grafica 3.40. Grafica de tablero de control utilizado para el arranque y funcionamiento del sistema para purificación de agua

#### 3.26.4. Características y parámetros de funcionamiento

#### 3.26.4.1. Características de funcionamiento

Para el funcionamiento y puesta en marcha del equipo prototipo de purificación de agua hemos considerado las aplicaciones más importantes para las cuales se ha creado dicho sistema.

Entre las principales podemos mencionar:

- Obtener agua de consumo humano libre de elevadas cantidades de sólidos totales disueltos.
- Purificación de agua para disminuir el alto contenido de cloro.
- Purificación de agua de vertientes con elevados porcentajes de materias orgánicas e inorgánicas.
- Obtener agua con bajo contenido de calcio lo cual nos ayuda a disminuir la dureza de la misma.
- Obtener agua libre de bacterias, virus y sustancias patógenas como coliformes totales.

#### 3.26.4.2. Parámetros de funcionamiento

Entre los parámetros de funcionamiento que se deben tomar en consideración en este tipo de sistemas de purificación de agua se encuentran los siguientes:

#### 1.- Caudal

- Caudal de ingreso al sistema de purificación.
- Caudal de agua Producto obtenida.
- Caudal de agua de rechazo.

#### 2.- Presión

 Presión neta de trabajo necesaria para fluir a través los elementos filtrantes como son filtros y membrana semipermeable.

#### 3.26.5. Cuadro de parámetros de funcionamiento

A continuación se detallan los parámetros de funcionamiento que se generan mediante el arranque y la puesta en marcha del equipo prototipo de purificación de agua por osmosis inversa.

Tabla 3.18. Parámetros de funcionamiento generados por el sistema

Fuente: origen

ITEM	DESCRIPCIÓN	CAUDAL (Q) lt/min	PRESIÓN NETA DE TRABAJO (Psi)
1	Producto	0,06	50
2	Rechazo	15	40
3	Retorno	16	160
4	Alimentación	32	160

#### 3.27. ANÁLISIS DE RESULTADOS FINALES

Para obtener los análisis de los resultados finales y la demostración de la funcionalidad del equipo prototipo de purificación de agua tenemos que considerar dos factores importantes como son:

- Las características del agua de alimentación previamente sin tratar.
- Los parámetros obtenidos en el agua después de la utilización del equipo de tratamiento de agua.

### 3.27.1. Tipos de análisis realizados

- Análisis físicos
- Análisis químicos
- Análisis microbiológicos

# 3.28. DATOS DE ANÁLISIS OBTENIDOS DEL AGUA TRATADA MEDIANTE SISTEMA DE PURIFICACIÓN

# Tabla 3.19. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos obtenidos mediante el tratamiento de agua por equipo de purificación

Fuente: unidad bellavista EMAAP-QUITO

#### UNIDAD SISTEMA BELLAVISTA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

PROCEDENCIA VERTIENTE DE LA PARROQUIA PUEMBO (ORILLA DEL RIO GUAMBI)

FECHA DE ANALISIS: 20 de Junio del 2011

TIPO DE MUESTRA: Agua tratada mediante sistema de purificacion

SOLICITADO POR: Señores Alejandro Carate - Luis Lapo

PARAMETROS	UNIDAD	NORMA NTE INEN 1108 - 2010 TERCERA REVISION LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	METODO DE ANALISIS	
	•	PARA	AMETROS FISICOS	•
TEMPERATURA	°C	-	Termometrico	10
PH	-	-	Electrometrico	7.75
COLOR	UTC	15	Comparacion visual	0
TURBIEDAD	NTU	5	Nefelometrico	0.12
CONDUCTIVIDAD	Us/cm	-	Conductivimetrico	22
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/l	-	Gravimetrico	26
PARAMETROS INORGANICOS				
ALCALINIDAD (CaCO₃)	mg/l	-	Titulometrico (H2SO4)	11
DUREZA TOTAL (CaCO₃)	mg/l	-	Titulometrico (EDTA)	2
CALCIO (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l	-	Titulometrico (EDTA)	0.8
MAGNESIO (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l	-	Calculo	0.1
MANGANESO (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l	0.40	Espectrofotometrico (Persulfato)	0.00
ALUMINIO (Al 3+)	mg/l	-	Espectrofotometrico (Eriocromo cianina R)	0.00
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/l	-	Espectrofotometrico (Fenantrolina)	0.17
FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	mg/l	1.50	Espectrofotometrico (Spadns)	0.090
CLORUROS (CI <sup>-</sup> )	mg/l	-	Titulometrico (Argentometrico)	1.5
AMONIACO (NH₃)	mg/l	-	Espectrofotometrico (Nesslerizacion)	0.04
NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	3.0	Espectrofotometrico (Diazotacion)	0.04
NITRATOS (NO₃⁻)	mg/l	50.0	Espectrofotometrico (Reduccion cadmio)	4.1
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	-	Espectrofotometrico (Turbidimetrico)	2
FOSFATOS (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l	-	Espectrofotometrico (Acido ascorbico)	0.00
CLORO LIBRE RESIDUAL (Cl₂)	mg/l	0.3 - 1.5	Colorimetrico (DPD)	0.00
		PARAM	METROS MICROBIOLOGICOS	
AEROBIOS MESOFILOS	UFC/ml	max. 100	Recuento en placa	30
COLIFORMES TOTALES	NPM/100ml	< 1.1	Enzima sustrato definido (Tubos multiples)	< 1.1
COLIFORMES FECALES	NPM/100ml	< 1.1	Enzima sustrato definido (Tubos multiples)	< 1.1

#### REFERENCIA

Metodo de analisis realizados en base al Estandar Metodos APHA-AWWA-WPCF Cualquier fotocopia de este documento no es responsable de la EMAAP-Q

#### **OBSERVACIONES:**

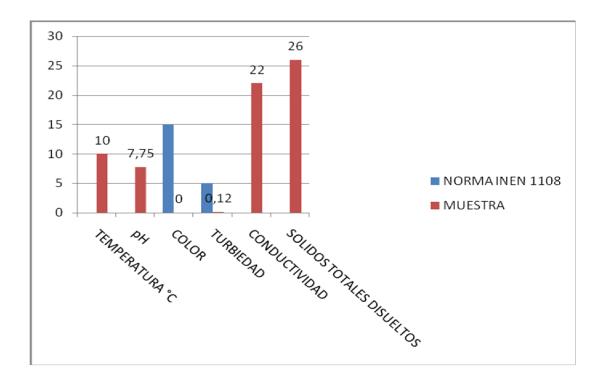
El muestreo y la informacion de procedencia de la muestra es proporcionada por el cliente Para el analisis microbiologico el cliente muestreo dos dias despues el 22 de junio del 2011

# 3.29. ANÁLISIS COMPARATIVOS DE AGUA TRATADA POR MEDIO EQUIPO DE PURIFICACIÓN

### 3.29.1. Parámetros físicos

Tabla 3.20. Parámetros físicos comparativos de agua tratada mediante equipo de purificación de agua

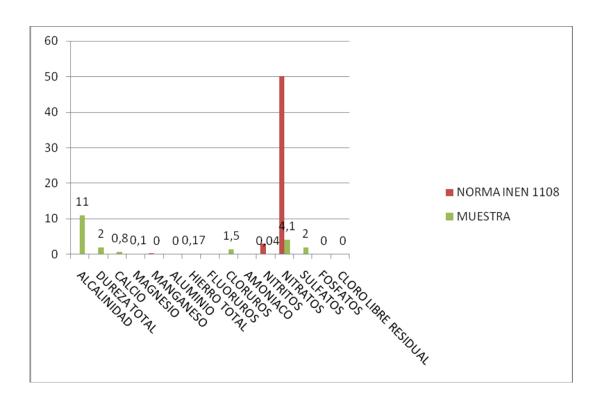
PARAMETROS	UNIDAD	NORMA NTE INEN 1108 - 2010 TERCERA REVISION LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA TRATADA MEDIANTE EQUIPO DE PURIFICACION
TEMPERATURA	°C	-	10
PH	-	-	7.75
COLOR	UTC	15	0
TURBIEDAD	NTU	5	0.12
CONDUCTIVIDAD	Us/cm	-	22
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/l	1500	26



# 3.29.2. Parámetros químicos

Tabla 3.21. Parámetros químicos comparativos de agua tratada mediante equipo de purificación de agua

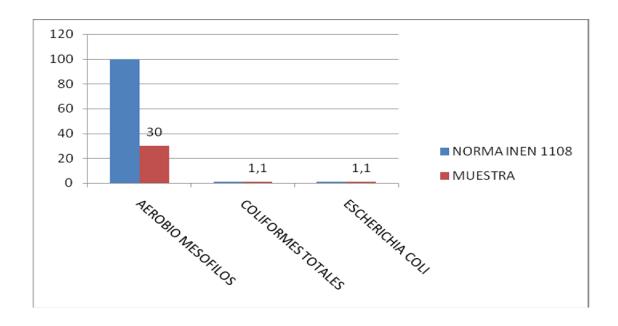
PARAMETROS	UNIDAD	NORMA NTE INEN 1108 - 2010 TERCERA REVISION LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA TRATADA MEDIANTE EQUIPO DE PURIFICACION
ALCALINIDAD (CaCO₃)	mg/l	-	11
DUREZA TOTAL (CaCO₃)	mg/l	-	2
CALCIO (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l	-	0.8
MAGNESIO (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l	-	0.1
MANGANESO (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l	0.40	0.00
ALUMINIO (Al 3+)	mg/l	-	0.00
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/l	-	0.17
FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	mg/l	1.50	0.090
CLORUROS (CI <sup>-</sup> )	mg/l	-	1.5
AMONIACO (NH₃)	mg/l	-	0.04
NITRITOS (NO <sub>2</sub> -)	mg/l	3.0	0.04
NITRATOS (NO₃⁻)	mg/l	50.0	4.1
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	-	2
FOSFATOS (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l	-	0.00
CLORO LIBRE RESIDUAL (Cl <sub>2</sub> )	mg/l	0.3 - 1.5	0.00



# 3.29.3. Parámetros microbiológicos

Tabla 3.22. Parámetros microbiológicos comparativos de agua tratada mediante equipo de purificación de agua

PARAMETROS	UNIDAD	NORMA NTE INEN 1108 - 2010 TERCERA REVISION LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA TRATADA MEDIANTE EQUIPO DE PURIFICACION
AEROBIOS MESOFILOS	UFC/ml	max. 100	30
COLIFORMES TOTALES	NPM/100ml	<1.1	<1.1
ESCHERICHIA COLI	NPM/100ml	< 1.1	<1.1



## 3.30. CONCLUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

Al verificar los resultados de los parámetros: físicos, químicos y microbiológicos del agua tratada mediante el equipo de purificación por osmosis inversa y comparando dichos análisis respecto a la norma NTE INEN 1108 obtenemos que:

En los parámetros físicos existe un bajo porcentaje de turbiedad equivalente a 0.12 NTU, conductividad 22 uS/cm y en lo que respecta a los sólidos totales disueltos una disminución muy considerable igual a 26 mg/litro.

En los parámetros químicos e inorgánicos se obtuvo en alcalinidad 11 mg/litro que es un valor sumamente bajo, dureza total 2 mg/litro con lo que el agua es considerada ablandada; calcio 0.80 mg/litro; magnesio 0.10 mg/litro; hierro total 0.17 mg/litro es decir bajas concentraciones de metales; fluoruros 0.090 mg/litro; cloruros 1.50 mg/litro; amoniaco 0.04 mg/litro; nitritos 0.04 mg/litro que relacionado con el porcentaje permisible de la norma 1108 es una cantidad mínima; nitratos 4.1 mg/litro y sulfatos 2 mg/litro.

En los parámetros microbiológicos existe la presencia de aerobios mesofilos que mediante el tratamiento del agua por el sistema purificador se obtiene un porcentaje de 30 UFC /ml; la existencia de mesofilos totales con un promedio menor a 1.1 NMP/100ml y escherichia coli que es una bacteria existente en todo tipo de agua sin procesar pero mediante la utilización del equipo de tratamiento la cantidad no supera el valor 1.1 NMP/100 ml con lo cual se cumple con la norma vigente para el agua apta para consumo humano.

Por tanto se concluye que el sistema ejecuta el proceso de purificación de agua; con lo cual se cumple con los objetivos inicialmente propuestos en la presente investigación.

### **CAPITULO IV**

## **Costos del Proyecto**

#### 4.1. Introducción

En este capítulo analizamos los valores de cada uno de los elementos (tanques, tuberías, filtros, válvulas, manómetros, bomba, etc.) que conforman el sistema con la finalidad de obtener un rubro total para determinar si el proyecto con respecto a sus costos es viable.

#### 4.2. DETALLES DE COSTOS

A continuación se detalla los valores unitarios y totales de cada uno de los elementos que conforman el sistema prototipo de purificación de agua:

## 4.2.1. TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN Y ACCESORIOS DE ACOPLAMIENTO

Tabla 4.1. Valores tuberías de conducción y accesorios de acoplamiento

ITEM	DECRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
				UNITARIO	TOTAL
1	union bronce B-103 1/2"	unidad	5	4,19	20,95
2	union bronce B-103 3/8"	unidad	1	2,69	2,69
3	neplo corrido B-122 1/2" x 1/4"	unidad	4	3,3	13,2
4	neplo conico B-122 3/8"	unidad	1	1,8	1,8
5	neplo conico B-122 1/8"	unidad	4	2,33	9,32
6	bushing B-110 1/2" x 3/8"	unidad	4	2,68	10,72
7	codo HG 1/2" 90	unidad	2	0,28	0,56
8	universal conica HG 1"	unidad	1	2,27	2,27
9	tee HG 3/4"	unidad	1	0,53	0,53
10	universal conica HG 3/4"	unidad	1	1,7	1,7
11	tee HG 3/4" x 1/2"	unidad	1	0,71	0,71
12	neplo HG 3/4" x 10 cm ASTM	unidad	1	1,14	1,14
13	codo HG 3/4" 90	unidad	1	0,56	0,56
14	adaptador tanque PLMX 3/4"	unidad	1	2,74	2,74
15	tee HG 1/2" 90	unidad	1	0,35	0,35
16	universal conica 1/2"	unidad	3	1,15	3,45
17	codo HG 1/2" x 90	unidad	4	0,28	1,12
18	adaptador tanque PLMX 1/2"	unidad	2	2,18	4,36
19	adaptador tanque PLMX 1"	unidad	1	5,33	5,33
20	bushing B-110 1/2" x 1/4"	unidad	3	2,68	8,04
21	bushing B-110 3/8" x 1/8"	unidad	2	1,29	2,58
				SUBTOTAL	94,12

# 4.2.2. TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Tabla 4.2. Valores tanques de almacenamiento

Fuente: Origen

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Tanque de polietileno para almacenamiento de agua ; espesor 2,5 mm	unidad	2	55	110
				SUBTOTAL	110

# **4.2.3.** VÁLVULAS

Tabla 4.3. Valores de válvulas de conexión

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
				UNITARIO	TOTAL
1	Valvula de compuerta 3/4" PN = 200 PSI	unidad	1	12,65	12,65
2	Valvula de bola 1/2" PN = 200 PSI	unidad	1	3,7	3,7
3	Valvula de compuerta 1/2" PN = 200 PSI	unidad	1	4	4
				SUBTOTAL	20,35

# 4.2.4. BOMBA CENTRIFUGA

Tabla 4.4. Valores bomba centrifuga de accionamiento

Fuente: Origen

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
				UNITARIO	TOTAL
1	Bomba centrifuga MARK GRUNDFOS	unidad	1	827,48	827,48
				SUBTOTAL	827,48

# 4.2.5. COMPONENTES DE INSTALACIÓN DE MANÓMETROS

Tabla 4.5. Valores de componentes de instalación para manómetros

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
				UNITARIO	TOTAL
1	Manometro Escala 0-200 PSI	unidad	4	5,35	21,4
2	Bushing B-110 1/2" x 1/4"	unidad	3	2,68	8,04
3	Tee HG clase 150 1/2"	unidad	3	0,35	1,05
				SUBTOTAL	30,49

# 4.2.6. FILTROS UTILIZADOS

Tabla 4.6. Valores de filtros de purificación de agua

Fuente: Origen

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
				UNTARIO	TOTAL
3	Filtro de sedimentos con carcaza	unidad	1	77	77
2	Filtro de carbon activado granular con carcaza	unidad	1	85	85
4	Membrana semipermable con carcaza	unidad	1	150	150
				SUBTOTAL	312

## 4.2.7. MATERIAL UTILIZADO EN LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA

Tabla 4.7. Valores de materiales utilizados en la estructura del sistema

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
				UNITARIO	TOTAL
1	Tubo cuadrado de 1 1/2" e = 1.5	metros	4	14	56
2	Tornillos de 3/16" x 3/4"	unidad	16	0,05	0,8
3	Tablero Aglomerado tropical 2.44x2.15x18	metros	1	60	60
4	Abrazaderas	unidad	6	0,5	3
				SUBTOTAL	119,8

# 4.2.8. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Tabla 4.8. Valores de instalaciones eléctricas

Fuente: Origen

1	Gabinete 40x40x20	centimetros	1	40,8	40,8
2	Selector on-off	unidad	1	9,15	9,15
3	Conductor de conexión AWG 18	metros	5	1,9	9,5
4	Enchufe trifásico 50 A	unidad	1	4,95	4,95
				SUBTOTAL	64,4

# **4.2.9. INSUMOS**

Tabla 4.9. Valores de insumos utilizados

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
				UNITARIO	TOTAL
1	Electrodo 6011	kg	1	3,5	3,5
2	Teflón	unidad	4	0,32	1,28
3	Permatex 11 oz.	unidad	3	4,5	13,5
				SUBTOTAL	18,28

## 4.2.10. COSTO TOTAL DE MATERIALES E INSUMOS

Tabla 4.10. Valor del costo de materiales e insumos

Fuente: Origen

ITEM	ELEMEN	TOS QUE COI	NFORMAN EL	SISTEMA	SUBTOTAL
1	Tuberias de	conduccion y	accesorios de	e acoplamiento	94,12
2	Tanques de a	almacenamie	nto		110
3	Valvulas				20,35
4	Bomba centr	rifuga			827,48
5	Componente	es de instalac	ion de manor	netros	30,49
6	Filtros utiliza	ados			312
7	Material util	izado en el so	porte del sis	tema	119,8
8	Instalacione	s electricas			64,4
9	Insumos				18,28
SUBTOTAL					1596,92
IVA 12%					191,6304
TOTAL					1788,5504

# 4.2.11. COSTO DE MANO DE OBRA Y ANÁLISIS DE AGUA

Tabla 4.11. Valor de mano de obra utilizado en el sistema

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Mano de obra tubos roscados	unidad	25	25
2	Mano de obra estructura metalica	unidad	50	50
3	Analisis del agua cruda de vertiente	unidad	67,2	67,2
4	Analisis de metales pesados del agua de vertiente	unidad	98,56	98,56
5	Analisis de perdidas de presion en filtros y membrana	unidad	100,8	100,8
6	Analisis de agua tratada mediante sistema de purificacion	unidad	84	84
			SUBTOTAL	425,56

### 4.2.12. COSTOS DE DISEÑO E INGENIERÍA DEL SISTEMA

El valor del diseño del proyecto bordea el 40% del total del proyecto equivalente a 2214,1104 U.S.D. ; como se indica a continuación:

Tabla 4.12. Valor de diseño de ingeniería del sistema

Fuente: Origen

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	COSTO	COSTO
			UNITARIO	FINAL
1	Diseño, estudio, calculos, ingenieria del proyecto	U.S.D.	885	885
			TOTAL	885

### 4.2.13. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Tabla 4.13. Valor del costo total del proyecto

Fuente: Origen

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	COSTO FINAL
1	Costo materiales e insumos	U.S.D.	1788,5504
2	Costo de mano de obra y analisis de agua	U.S.D.	425,56
3	Costo de diseño de ingenieria	U.S.D.	885
		TOTAL	3.099

### **CONCLUSIONES**

- ➤ Para la construcción del equipo de purificación se realizó un análisis previo del agua de vertiente a procesarse ; dicho análisis proporcionó parámetros físicos con valores elevados: conductividad 625 Us/cm , sólidos totales disueltos 608 mg/litro ; en parámetros químicos o inorgánicos: alcalinidad 273 mg/litro , dureza total 174 mg/litro, calcio 24.40 mg/litro, magnesio 27.60 mg/litro, cloruros 18.50 mg/litro, nitratos 8.40 mg/litro sulfatos 110 mg/litro y sílice 74.40 mg/litro ; y en parámetros microbiológicos: coliformes totales 93 NPM/100ml. Estos valores bajaron totalmente cuando el agua fue tratada mediante el equipo de osmosis inversa.
- ➤ Se obtiene agua que cumple con los parámetros expuestos en la norma NTE INEN 1108 apta para consumo humano y que a su vez contiene límites tolerables en relación con los parámetros permisibles obteniendo una reducción del 68% de turbiedad, 96.48% de conductividad, 95.73% de sólidos totales disueltos, 95.97% de alcalinidad, 98.85% de dureza total, 99.60% de magnesio, 93.33% de fluoruros, 91.56% de cloruros, 87.09% de amoniaco, 51.19% de nitratos, 98.18% de sulfatos, 98.82% de coliformes totales.
- ➤ Este tipo de sistema de purificación de agua se puede aplicar para obtener aguas blandas con concentraciones de calcio igual a 0.80 mg/litro y magnesio de 0.1 mg/litro la misma que se puede utilizar dentro de procesos industriales tales como: pasteurización de alimentos, elaboración de medicamentos ,etc.
- ▶ Para cuantificar las pérdidas de presión en los elementos filtrantes tales como: filtros de sedimentos, filtro de carbón activado y membrana semipermeable; se realizó un análisis de laboratorio mediante la relación de caudal vs presión, lo que nos ayudó a obtener una ecuación general que permite calcular las pérdidas de presión en los elementos filtrantes. En este sistema la perdida de presión en el filtro de sedimentos es de 1,768 m.c.a. y en el filtro de carbón activado granular es de 12,686 m.c.a.

- ➤ Para realizar el diseño del equipo prototipo de purificación de agua se tomó en consideración parámetros tales como: la presión de trabajo, la cantidad de flujo de rechazo y permeado obtenido , por lo que se evaluó y optó en realizar un sistema con recirculación en la línea de rechazo para evitar desperdiciar el agua debido a que existe una elevada cantidad de caudal mientras que para la regulación en la descarga se generó una línea de antiretorno para conseguir un determinado caudal de ingreso hacia la tuberia de alimentación de los filtros y membrana para balancear las cargas que pueden soportar estos elementos.
- Mediante cálculos realizados se comprobó que las pérdidas de energía en tuberías, accesorios y conexiones que componen este tipo de sistema son menores debido a que no existe grandes distancias para transportar el flujo desde la etapa de succión hacia la descarga.
- ➤ En la fabricación del sistema se utilizó un filtro de sedimentos el mismo que tiene como función atrapar materias solidas como arenas, tierras existentes en el agua y un filtro de carbón activado granular que tiene como aplicación disminuir la turbidez, el porcentaje de cloro en el agua y cuidar la vida útil de la membrana semipermeable.
- ➤ Para la construcción del equipo prototipo se utilizó varios materiales entre los más importantes tenemos: tanques de polietileno de baja densidad que comparados con otros materiales como el acero inoxidable son menos costosos, menor peso y tienen mucha aplicación para el almacenamiento de productos alimenticios; tuberías de acero galvanizado por efecto que son materiales fáciles de adquirir en el mercado y que tienen mayor durabilidad en comparación con materiales como el PVC; filtros con carcaza fabricados en polietileno adaptables para todo tipo de sistemas y membrana sintética espiralada fabricada en poliamida la que tiene como función ejecutar el proceso de osmosis inversa y que su característica principal es que no sufre de daños por ataque de bacterias que el agua contenga.
- ➤ Para generar la presión necesaria en la línea de descarga durante la transportación de flujo en los elementos filtrantes (filtros y membrana) se evaluó diferentes tipos

de bombas de trabajo; entre las cuales se eligió una bomba centrifuga multietapas de 5 rodetes debido a que la presión que entrega la bomba es de 10 bares y permite la acción de la membrana que requiere como mínimo una presión de 50 PSI.

- ➤ El sistema prototipo de purificación de agua consta de tres etapas previamente establecidas : la primera etapa es la succión la que genera un caudal de 32 litros/minuto con tuberia de 1" ; la segunda etapa es la descarga que genera un caudal de 16 litros/minuto en la cual 15 litros/minuto es rechazo y aproximadamente 1 litro/minuto es permeado con tuberia de 1/2" mientras que la tercera etapa es el antiretorno proporcionando un caudal de 16 litros/minuto con tuberia de 3/4" y que tiene como función regular el caudal de ingreso a los filtros y membrana de trabajo.
- ➤ El sistema trabaja a una presión de ingreso a la membrana de 50 PSI con lo cual obtenemos 60 ml/minuto de permeado que por lo general es un caudal bajo pero debido a que es una planta prototipo y el objetivo del proyecto está encaminado a obtener agua purificada se mantuvo las condiciones de diseño y construcción.
- ➤ Para mejorar la vida útil de la membrana se desarrollo un pre tratamiento mediante la utilización de dos filtros: filtro de sedimentos y filtro de carbón activado en bloque o granular, con lo cual se asegura la calidad del agua a obtenerse; así como también mantener la eficiencia del equipo debido a que siempre es necesario que el agua de alimentación que ingresa a la membrana esté libre de impurezas y de materias en suspensión existentes; ya que hay una gran probabilidad de que la limpieza en las membranas utilizadas durante el proceso de osmosis inversa se vuelva una labor costosa y se acorte la vida útil de la misma.
- ➤ Para este tipo de sistema se utilizó un tablero de control eléctrico ON/OFF para un arranque trifásico debido a que la bomba centrifuga multietapas trabaja a un voltaje alto entre 360-420 voltios.

### RECOMENDACIONES

- ➤ Para aumentar la cantidad de permeado o agua purificada obtenida se recomienda indicar que es necesario aumentar el área superficial de la membrana, utilizar filtros de mayor absorción de caudal y generar mayor presión de trabajo con lo que se conseguiría mejorar simultáneamente la calidad y la cantidad de agua procesada; pero por otra parte el valor de inversión aumentaría lo cual generaría mayores costos en su construcción.
- ➤ Cada vez que se inicie el proceso de purificación se debe realizar un barrido mediante el ingreso de agua al sistema; con la finalidad de evitar que se produzca burbujas de aire en el mismo ya que un equipo que no está completamente purgado de aire es un peligro porque los golpes de ariete pueden dañar membranas y tuberías; lo que generaría inconvenientes en el funcionamiento del mismo.
- ➤ Es importante realizar una limpieza de lavado a chorro de todo el sistema en general con la finalidad de eliminar todas las sustancias que se pueden retener o pegar en los filtros y en la membrana semipermeable.
- ➤ Para disminuir la cantidad de sólidos totales disueltos que se pueden acumular por lo general en los poros de la membrana semipermeable de trabajo es recomendable abrir al 100% la válvula de purga instalada en el sistema cuando se termine diariamente el proceso de purificación de agua; cuyo fin es la evacuación de determinadas sustancias físicas e inorgánicas que pueden ocasionar saturación prematura de este elemento filtrante.
- ➤ Es necesario mencionar que se debe verificar de una manera general que las conexiones en filtros, tuberías y accesorios se encuentren bien selladas con la finalidad de evitar fugas de agua en el sistema al momento de su operación.
- ➤ Para realizar el arranque del equipo de purificación de agua se debe tener una línea de voltaje trifásica debido a que la bomba de trabajo se puede encender con

360 voltios a una frecuencia de 60 Hz; por lo que es recomendable verificar la parte eléctrica de la instalación.

### BIBLIOGRAFÍA

- MOTT, Robert. Mecánica de Fluidos. Análisis de la Ecuación de Energía.
- ➤ MATAIX. C; Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas ,2da edición, Editorial Alfaomega, México, 2005.
- ➤ ARBOLEDA, J; Teoría y práctica de la purificación del agua, Editorial Mc Graw Hill, Tercera Edición, Colombia 1994.
- ➤ JACK, B, Mecánica de Fluidos e Hidráulica, Editorial Mc Graw Hill, Tercera Edición, España 1994.
- ➤ MENDEZ C., Metodología diseño y desarrollo del proceso de investigación, Editorial Mc. Graw Hill, Tercera edición, Colombia 2001.
- ➤ GIECK, K Y GIECK, R; Manual de formulas técnicas, 30<sup>a</sup>. Edición, Editorial Alfa omega, México, 2000.
- ➤ Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108; Agua Potable Requisitos; Tercera revisión; Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- ➤ Organización Mundial de la Salud: Guía para la calidad del agua Potable: recomendaciones; Segunda Edición, OMS.
- ➤ ROMERO, J; Purificación del Agua; Primera Edición; Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería; Colombia 2000.
- ➤ FERRER, José; Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales; Editorial Alfaomega; Primera edición, Julio 2008.
- ➤ SORIANO, Alberto; Evacuación de Aguas Residuales en Edificios; Editorial Alfaomega; Segunda Edición; Octubre 2009.
- ➤ Ministerio de Salud Publica del Ecuador; Vigilancia y Control de la Calidad del Agua; Capitulo I; Quito 2004.

- ➤ BARRENECHEA MARTEL, Ada; Aspectos fisicoquímicos de la Calidad del Agua; Capitulo I; Quito 2002.
- ➤ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD; Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Agua; Lima 2002.
- ➤ SALINAS, Freddy; Ambiente y Salud: El Agua; Actualizada a diciembre del 2002.
- ➤ ARBOLEDA VALENCIA, Jorge; Teoría y Práctica de la Purificación del Agua; Editorial Mc Graw Hill; Segunda Edición; Bogotá 2000.
- ➤ FAIR, Geyer; Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales; Editorial Noriega-Limusa; Sexta Edición; México 1990.
- ➤ DICKSON, T; Introducción a la Química; Editorial: Publicaciones Culturales S.A; Quinta Edición; México 2000.
- ➤ PHILLIPS, John; Química: Conceptos y Aplicaciones; Editorial Mc Graw Hill; Segunda Edición, México 2007.
- ➤ CHANG, Raymond; Química Vol. I; Editorial Mc Graw Hill; Primera Edición; Colombia 2009.
- ➤ BURNS, Ralph; Fundamentos de Química; Editorial Pearson Prentice Hall; Cuarta Edición; Mexico, 2003.
- ➤ PETRUCCI, Ralph; Química General; Editorial Pearson Prentice Hall; Séptima Edición; España, 1999.
- ➤ MCNAUGHTON, Kenneth; Bombas, Selección, Uso y Mantenimiento; Editorial Mc Graw Hill; Mexico, 2000.
- ➤ CEPIN; Problemas Comunes del Agua en las Aplicaciones Domesticas, Agrícolas e Industriales; Ultima actualización febrero ,2009.

- ➤ METCALF Y EDDY, Ingeniería de Aguas Residuales, Editorial Mc Graw Hill, Tercera Edición, 1998.
- ➤ SAIDI UNIVERSITY; Curso de Formación: Introducción a la Valvuleria Industrial, Tecnología de Sellado e Instrumentación; Editorial Klinger Company; Primera Edición; España ,2009.
- > Catálogos de Bombas Centrifugas suministrados por la empresa BOMBAS Y RIEGOS, Medellín, Colombia.

### **DIRECCIONES ELECTRÓNICAS**

www.monografias.com 16/parámetros del agua.

www.lenntech.com/español/pantallas parabolicas.htm

www.lenntech.com/español/osmosis-inversa.htm

www.exceltecnologies.com/osmosis-inversa.htm

www.aqualan.galeon.com/

www.cac.es/articulos/electroquimica.pdf

www.aguamarket.com/temas-interés/019.asp

www.cepis.org.pe

www.ingenieroambiental.com

www.quimika.com/materias/ingenieria-ambiental/coloides.htm

www.geocities.com/vampiro-alf/coloides/sistdisp.htm

www.calima.univalle.edu.co/scf/vol34-2/articulos/pdf/3402484.pdf

www.ecofield.com.ar/archivo/a-011.htm

www.aidisar.org/d38.htm

www.hidrobiotecnologia.com/electrofloculacion.html

www.biohidrica.cl/BIOHIDRICA-NPublicacion03.htm

www.ingor.com

www.gestiopolis.com

www.monografias.com

www.wikipedia.com

www.monografias.com/ Water/TechnologiesCorp/htm.

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

### Acidez

La capacidad cuantitativa del agua de neutralizar una base, expresada en equivalente de carbonato de calcio en PPM o del mg/l. El número de los átomos de hidrógeno que están presente determina esto. Es medido generalmente por medio de una valoración con una solución de hidróxido sódico estándar.

### Aerobio

Un proceso que ocurre en presencia del oxígeno atmosférico, tal como la digestión de la materia orgánica por las bacterias en un charco de oxidación.

### Agua ácida

Agua que contiene una cantidad de sustancias ácidas que hacen al pH estar por debajo de 7.0.

### Agua blanda

Cualquier agua que no contiene grandes concentraciones de minerales disueltos como calcio y magnesio.

### Agua desmineralizada

Agua que es tratada por medios físicos, sin minerales y está libre de sal.

### Agua dura

Agua que contiene una gran cantidad número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes en el agua.

### Alcalinidad

La capacidad ácido neutralizante de una solución. La alcalinidad indica la cantidad de cambio que ocurrirá en el pH con la adición de cantidades moderadas de ácido.

### Anaerobio

Un proceso que ocurre en ausencia de oxígeno, tal como la digestión de la materia orgánica por las bacterias en un UASB-reactor.

### Bacteriológico

Virus que infecta exclusivamente a las bacterias.

### Bacteria coliforme

Bacteria que sirve como indicador de contaminantes y patógenos cuando son encontradas en las aguas.

### Carbón activado

Este posiblemente es el medio más comúnmente usado para la adsorción, producido por calentamiento de sustancias carbonosas o bases de celulosa en ausencia de aire. Tiene una estructura muy porosa y se utiliza comúnmente para quitar la materia orgánica y los gases disueltos en el agua.

### Carbonatos

Compuestos químicos relacionados con el dióxido de carbono.

### Cloración

Proceso de purificación del agua en el cual el cloro es añadido al agua para desinfectarla, para el control de organismos presente.

### Coagulantes

Partículas líquidas en suspensión que se unen para crear partículas con un volumen mayor.

### **Coloides**

Material de muy pequeño tamaño, en el rango de 10-5 a 10-7 de diámetro.

### Contaminación por nutrientes

Contaminación de las fuentes de aguas por una excesiva entrada de nutrientes. En aguas superficiales, la excesiva producción de algas es la mayor preocupación.

### Contaminante

Un compuesto que a concentración suficientemente alta causa daños en la vida de los organismos.

### Contaminantes biológicos

Organismos vivos tales como virus, bacterias, hongos, y antígenos de mamíferos y de pájaros que pueden causar efectos dañinos sobre la salud de los seres humanos.

### DQO (Demanda Química de Oxígeno)

Cantidad de oxígeno (medido en mg/l) que es consumido en la oxidación de materia orgánica, usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales, un valor DQO elevado indica un agua con muchas sustancias oxidables.

### Desalcalinización

Cualquier proceso que sirve para reducir la alcalinidad del agua.

### Desfluorización

La eliminación del flúor del agua potable para prevenir los daños en los dientes.

### Desinfectantes

Fluidos o gases para desinfectar filtros, tuberías, sistemas, etc.

### Demanda bioquímica de oxígeno

Oxígeno consumido en la degradación de sustancias oxidables del agua por la acción microbiológica. Un valor DBO elevado indica un agua con mucha materia orgánica.

### DT

Dureza total. La suma de la dureza del calcio y el magnesio, expresada como carbonato cálcico equivalente.

### **Impermeable**

No penetrable fácilmente por el agua.

### Índice de coliformes

Una posición de la pureza del agua basada en un conteo de bacterias coliformes.

### Membrana

Delgada barrera que permite a algunos sólidos o líquidos pasar a través de ella. Las membranas son usadas generalmente para la separación de sustancias.

### Micra

Unidad para describir una medida de longitud, igual a una millonésima de un metro.

### Microorganismos

Organismos que son tan pequeños que sólo pueden ser observados a través del microscopio, por ejemplo bacterias, levaduras, etc.

### Moléculas

Combinación de dos o más átomos del mismo o de diferente elemento que permanecen juntos por enlaces químicos.

### Neutralización

La adición de sustancias para neutralizar el agua, tal que no sea ácida ni tampoco básica.

### Ósmosis inversa:

Proceso de separación consistente en aplicar a una disolución una presión suficiente para lograr el paso de un disolvente purificado, generalmente agua, a través de una membrana semipermeable.

### Patógeno

Enfermedad producida por microorganismos.

### Permeabilidad

La habilidad de un fluido para pasar a través de un medio bajo presión.

### pН

El valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presente. Es medido en una escala desde 0 a 14, en la

cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indica que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica.

### Salinidad

La presencia de minerales solubles en el agua.

### **SDT**

Sólidos disueltos totales. El peso por unidad de volumen de agua de sólidos suspendidos en un medio de filtro después de la filtración o evaporación.

### Sedimento

Material sólido que se origina sobre todo de rocas desintegradas y es transportado, suspendido o depositado por el agua.

### Sedimentación

Asentamiento de partículas sólidas en un sistema líquido debido a la gravedad.

### Sólidos disueltos

Materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración

### Sólidos suspendidos

Partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución.

### Sólidos totales

Todos los sólidos en el agua residual o aguas de desecho, incluyendo sólidos suspendidos y sólidos filtrables.

### Turbidez

Medida de la no transparencia del agua debida a la presencia de materia orgánica suspendida.

# **ANEXOS**

# ANEXO A TABLA DE LAS PROPIEDADES DEL AGUA

### PROPIEDADES DEL AGUA

### SISTEMA INTERNACIONAL

Página 1

			Viscosidad	
	Pesn		dinámica	Viscosidad
	específico	Densidad	$\mu$	cinemática
Temperatura	γ	ρ	(Parsto	V
1 C1	(kN/m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	$(N \cdot \sqrt{m^2})$	(m <sup>2</sup> /s)
0	9.81	1000	1.75 × 10-3	1.75 × 10 <sup>-6</sup>
5	9.81	1000	$1.52 \times 10^{-3}$	1.52 × 10*
10	9.81	1000	$1.30 \times 10^{-3}$	1.30 × 10 <sup>-6</sup>
15	9.81	1000	$1.15 \times 10^{-3}$	1.15 × 10+
20	9.79	998	$1.02 \times 10^{-3}$	1.02 × 10+
25	9.78	997	8.91 × 10 <sup>-4</sup>	$8.94 \times 10^{-7}$
30	9.77	996	8.00 × 10-4	$8.03 \times 10^{-7}$
35	9.75	994	7.18 × 10-4	7.22 × 10-7
40	9.73	992	6.51 × 10 <sup>-4</sup>	$6.56 \times 10^{-7}$
45	9.71	990	5.94 × 10 <sup>-4</sup>	$6.00 \times 10^{-7}$
50	9.69	988	5.41 × 10-4	$5.48 \times 10^{-7}$
55	9.67	986	4.98 × 10 <sup>-4</sup>	$5.05 \times 10^{-7}$
60	9.65	984	4.60 × 10-4	$4.67 \times 10^{-7}$
65	9.62	981	4.31 × 10-4	$4.39 \times 10^{-7}$
70	9.59	978	4.02 × 10-4	$4.11 \times 10^{-7}$
75	9.56	975	3.73 × 10 <sup>-4</sup>	$3.83 \times 10^{-7}$
80	9.53	971	3.50 × 10⁴	$3.60 \times 10^{-7}$
85	9.50	968	3.30 × 10-4	$3.41 \times 10^{-3}$
90	9.47	965	3.11 × 10 <sup>-4</sup>	$3.22 \times 10^{-7}$
95	9.44	962	2.92 × 10-4	$3.04 \times 10^{-7}$
100	9.40	958	$2.82 \times 10^{-4}$	$2.94 \times 10^{-7}$

### PROPIEDADES DEL AGUA

### SISTEMA INGLES

### Página 2

	Pesn		Viscosidad	Viscosidad
	especifico	Densidad	dinámica	cinemática
Temperatura	γ	$\rho$	μ	V
) Fi	(lb/pic')	(slug√pic')	(thes/pic <sup>2</sup> )	(pie7s)
32	62.4	1.94	3.66 × 10 <sup>-3</sup>	1.89 × 10 <sup>-5</sup>
40	62.4	1.94	$3.23 \times 10^{-5}$	1.67 × 10 <sup>-5</sup>
50	62.4	1.94	2.72 × 10-3	1.40 × 10°
60	62.4	1.94	$2.35 \times 10^{-5}$	$1.21 \times 10^{-5}$
70	62.3	1.94	$2.04 \times 10^{-3}$	1.05 × 10-5
80	62.2	1.93	1.77 × 10 <sup>-5</sup>	9.15 × 10*
90	62.1	1.93	$1.60 \times 10^{-5}$	8.29 × 10 <sup>-6</sup>
100	62.0	1.93	$1.42 \times 10^{-3}$	7.37 × 10*
110	61.9	1.92	$1.26 \times 10^{-3}$	6.55 × 10 <sup>-6</sup>
120	61.7	1.92	$1.14 \times 10^{-5}$	5.94 × 10*
130	61.5	1.91	$1.05 \times 10^{-5}$	5.49 × 10*
140	61.4	1.91	9.60 × 10-6	5.03 × 10-6
150	61.2	1.90	8.90 × 10*	4.68 × 10+
160	61.0	1.90	8.30 × 10+	4.38 × 10 °
170	60.8	1.89	7.70 × 10-6	4.07 × 10-6
180	60.6	1.88	7.23 × 10-6	$3.84 \times 10^{-6}$
190	60.4	1.88	6.80 × 10 °	3.62 × 10*
200	60.1	1.87	6.25 × 10*	3.35 × 10*
212	59.8	1.86	5.89 × 10*	3.17 × 10-6

# **ANEXO B**

# TABLA DE LAS DIMENSIONES DE TUBERIA CEDULA 40

# DIMENSIONES DE TUBERÍA CEDULA 40 Pág. 1

			johan	acer				erías	
ABLA F.1 C	édula 40.								
Famaño nom.	Diámetr	o exterior	Espeso	r de pared	Di	ámetro inte	rior	Flujo	de área
de tubería (pulg)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pies)	(mm)	(pies <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
1/8	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660 × 10
1/4	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717 × 10
3/8	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236 × 10
1/2	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960 × 10
3/4	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437 × 10
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574 × 10
11/4	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653 × 10
11/2	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314 × 10
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168 × 10
21/2	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090 × 10
3	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768 × 10
31/2	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381 × 10
4	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213 × 10
5	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291 × 10
6	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864 × 10
8	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226 × 10
10	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090 × 10
12	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219 × 10
14	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729 × 10
16	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594

# **ANEXO C**

# TABLA DE FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

### FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

### Longitud

1 pie = 0.3048 m

1 pulg = 25.4 mm

1 mi = 5280 pie 1 mi = 1.609 km 1 km = 1000 m

1 cm = 10 mm

1 m = 1000 mm

### Área

 $1 \text{ pie}^2 = 0.0929 \text{ m}^2$ 

 $1 \text{ pulg}^2 = 645.2 \text{ mm}^2$ 

 $1 \text{ m}^2 = 10.76 \text{ pies}^2$ 

 $1 \text{ m}^2 = 10^6 \text{ mm}^2$ 

### Volumen

 $1 \text{ pie}^3 = 7.48 \text{ gal}$ 

 $1 \text{ pie}^3 = 1728 \text{ pulg}^3$ 

 $1 \text{ pie}^3 = 0.0283 \text{ m}^3$ 

 $1 \text{ gal} = 0.003 79 \text{ m}^3$ 

1 gal = 3.785 L

 $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$ 

1 galón imperial = 1.201 gal (EUA)

### Velocidad de flujo de volumen

 $1 \text{ pie}^3/\text{s} = 449 \text{ gal/min}$ 

 $1 \text{ pie}^3/\text{s} = 0.0283 \text{ m}^3/\text{s}$ 

 $1 \text{ gal/min} = 6.309 \times 10^{-5} \text{ m}^{3}/\text{s}$ 

1 gal/min = 3.785 L/min

 $1 \text{ L/min} = 16.67 \times 10^{-6} \text{ m}^{3}/\text{s}$ 

 $1 \text{ m}^3/\text{s} = 60\ 000 \text{ L/min}$ 

### Temperatura

 $T(^{\circ}C) = [T(^{\circ}F) - 32] \frac{5}{9}$ 

 $T(^{\circ}F) = \frac{9}{5} [T(^{\circ}C)] + 32$ 

### Presión

1 bar = 100 kPa

 $1 \text{ bar} = 14.50 \text{ lb/pulg}^2$ 

### Densidad

 $1 \text{ slug/pie}^3 = 515.4 \text{ kg/m}^3$ 

### Energía

1 lb-pie = 1.356 J

1 Btu = 1.055 kJ

1 W-h = 3.600 kJ

### Peso específico

 $1 \text{ lb/pie}^3 = 157.1 \text{ N/m}^3$ 

### Potencia

1 hp = 550 lb-pie/s

1 hp = 745.7 W

1 lb-pie/s = 1.356 W

1 Btu/h = 0.293 W

# **ANEXO D**

# INFORME DE ANALISIS DE TRATAMIENTO DEL AGUA

### INFORME DE ANÁLISIS DEL AGUA

### Análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos de agua de vertiente realizado en la unidad Bellavista EMAAP-QUITO

### Página 1

### UNIDAD SISTEMA BELLAVISTA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

### REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUA

PROCEDENCIA VERTIENTE DE LA PARROQUIA PUEMBO (ORILLAS DEL RÍO GUAMI FECHA DE ANÁLISIS: 16 de Agosto del 2010 TIPO DE MUESTRA: Agua cruda Señor Alejandro Carate SOLICITADO POR:

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS	
	PARAM	ETROS FÍSICOS	
TEMPERATURA	,C	Termométrico	8.2
H		Electrométrico	7.73
OLOR	UTC	Comparación visual (Platino-Cobalto)	5
URBIEDAD	NTU	Nefelométrico	0.80
ONDUCTIVIDAD	uS/cm	Conductivimétrico	625
ÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/l	Gravimétrico	608
	PARAMET	ROS INORGÁNICOS	
LCALINIDAD (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	Titulométrico (H2SO4)	273
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	Titulométrico (EDTA)	174
CALCIO (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l	Titulométrico (EDTA)	24.4
AGNESIO (Mg2*)	mg/l	Cálculo	27.6
IANGANESO (Mn2*) *	mg/l	Espectrofotométrico (Persulfato)	0.00
LUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/l	Espectrofotométrico (Eriocromo cianina R)	0.00
IERRO TOTAL (Fe)	mg/l	Espectrofotométrico (Fenantrolina)	0.00
LUORUROS (F') *	mg/l	Espectrofotométrico (Spadns)	1.35
CLORUROS (CI')	mg/l	Titulométrico (Argentométrico)	18.5
MONIACO (NH <sub>3</sub> )	mg/l	Espectrofotométrico (Nessierización)	0.31
IITRITO (NO <sub>2</sub> ') *	mg/l	Espectrofotométrico (Diazotación)	0.03
IITRATOS (NO <sub>3</sub> ') *	mg/l	Espectrofotométrico (Reducción cadmio)	8,4
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2</sup> )	mg/l	Espectrofotométrico (Turbidimétrico)	110
OSFATOS (PO43)	mg/l	Espectrofotométrico (Ácido ascórbico)	0.47
SÍLICE (SIO <sub>2</sub> )	mg/l	Espectrofotométrico (Molibdosilicato)	74.40
CLORO LIBRE RESIDUAL (CI2)	mg/l	Colorimétrico (DPD)	0.00
7 . 200004 .11320000	PARÂME	TROS MICROBIOLÓGICOS	Carrier A
EROBIOS MESÓFILOS	UFC/ ml	Recuento en placa	15
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Enzima sustrato definido (Tubos múltiples)	93
OLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	Enzima austrato definido (Tubos múltiples)	< 1.1

### REFERENCIAS:

Métodos de análisis realizados en base al Estándar Métodos APHA-AWWA-WPCF . Cualquier fotocopia de este documento no es responsabilidad de la EMAAP-Q. OBSERVACIONES:

Los valores de cloro residual y temperatura no son realizados in situ. El muestreo es responsabilidad del cliente.

Dra-Margoth Terán ESPECIALISTA LABORATORIO

### INFORME DE ANÁLISIS DEL AGUA

### Planilla de análisis de agua de vertiente realizado en la unidad Bellavista **EMAAP-QUITO**

Página 2



### EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA BELLAVISTA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA

PLANILLA DE PAGO No 001-2010

FECHA: 16 de agosto del 2010

NOMBRE DEL PROPIETARIO 8r. Alejandro Carate	CÉDULA IDENTIDAD/ RUC 1719346510	
DIRECCIÓN	TELÉFONO	
Parroquia Puembo. Barrio Sta Rosa	095684824 / 092721471	

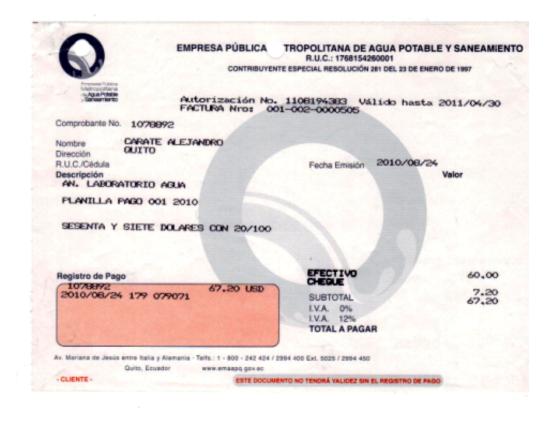
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO USD \$	VALOR TOTAL USD \$
Análisis físico químico	1	40.0	40.0
Análisis microbiológico	1	20.0	20.0
SUBTOTAL			60.0
IVA (12%)			7.2
TOTAL		USD \$	67.2
RESPONSABLE:		APROBADO POR:	-
Pra mariffe Frant	-	Salt .	
Especialista Laboratorio B	Bellavista	Jefe del Sistema	Bellavista

NOTAS: 1. El muestreo es responsabilidad del cliente

### INFORME DE ANÁLISIS DEL AGUA

# Factura de pago de análisis de agua de vertiente realizado en la unidad Bellavista EMAAP-QUITO

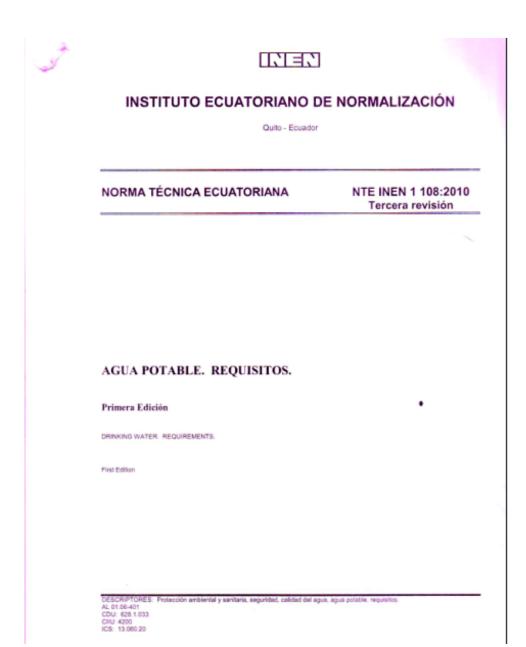
### Página 3



# ANEXO E

# NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108

### Página 1



### Página 2

no do Mormalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno E8-29 y Almagno - Quito Ecuador - Prohibida la reproducción

CDU: 628.1.033 ICS: 13.060.20

### 

CIIU: 4200 AL 01.06-401

Norma Técnica	
Ecuatoriana	
Obligatoria	

AGUA POTABLE. REQUISITOS. NTE INEN 1 108:2010 Tercera revisión 2010-01

### 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

### . ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

### 3. DEFINICIONES

- 3.1 Agua potable. Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.
- 3.2 Agua cruda. Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.
- 3.3 Limite máximo permitido. Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del âmbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un limite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano.
- 3.4 UFC/ml. Concentración de microorganismos por millitro, expresada en unidades formadoras de colonias.
- 3.5 NMP. Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.
- 3.6 mg/l. (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.
- Microorganismo patógeno. Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.
- 3.8 Plaguicidas. Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repelar o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agricolas, productos vegetales y plantas en general.
- 3.9 Desinfección. Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.
- 3.10 Subproductos de desinfección. Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.
- 3.11 Cloro residual. Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

### 4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Cuando el agua potable se utilice como materia prima para la elaboración de productos de consumo humano, la concentración de aerobios mesófilos, no debe ser superior a 100 UFC/ml.

### Página 3

### 5. REQUISITOS

### 5.1 Requisitos específicos

5.1.1 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación.

PARAMETRO	UNIDAD	Limite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color verdadero (UTC)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor		no objetable
Sabor		no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l ·	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0.5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 17
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Flúor, F	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0.006
Molibdeno, Mo	mg/l	0,07
Niquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub>	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Selenio, Se	mg/l	0,01
Uranio, U	ng/l	0,015

<sup>\*</sup> Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.
<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.

### Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Limite máximo permitido
Tetracloruro de carbono	mg/l	0,004
Diclorometano	mg/l	0,02
1,2dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
1,2dicloroeteno	mg/l	0,05
Tricloroeteno	mg/l	0,02
Tetracioroeteno	mg/l	0,04
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Etilbenceno	mg/l	0,3
Estireno	mg/l	0,02
Benzo (a) pireno	mg/l	0,0007
1,2-diclorobenceno	mg/l	1,0
1,4-diciorobenceno	mg/l	0,3
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrin	mg/l	0,0004

(Continúa)

### Página 4

	UNIDAD	Limite máximo permitido
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
Ácido Edético EDTA	mg/l	0,6
Acido nitrotriacético	mg/l	0,2
1-2 Dibromoetano	mg/l	0,0004
1-4 Dioxano	mg/l	0,05
Acido Nitrilotriacético	mg/l	0,2
	Plaguicidas	
	UNIDAD	Límite máximo permitic
Isoproturon	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Ácido 4-cloro-2-metilfenoxiacetico MCPA	mg/l	0,002
Metoxycloro	mg/l	0.02
Molinato	mg/l	0.006
Pendimetalin	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Simazina	mg/l	0,002
Trifluralin	mg/l	0,02
Dicloroprop	mg/l	0,1
Fenoprop	mg/l	0,009
Mecoprop	mg/l	0,01
2,4,5-T ácido triclorofenoxi acético	mg/l	0,009
Alachior	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrin y Dieldrin	mg/l	0,00003
Atrazine	mg/l	0,002
Carbofuran	mg/l	0,007
Cloropyrifos	mg/l	0,03
Cyanazine	mg/l	0,0006
2,4 D (2,4 diclorofenoxi acético)	mgll	0,03
2,4 DB	mgl	0,09
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1-2 Dibromo 3 cloropropano	mg/l	0,001
1-2 Dicloropropano	mg/l	0,04
1-3 Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimethoate	mgt	0,006
Endrin Metolachlor	mgt	0,0006
Pyriproxyfen	mgt	0,01
Terbuthylazine	mgt	0,3
Clordano	mgl	0,007
Clorotoluro	mg1 mg1	0,002
R	esiduos de desinfectantes	Limite máximo permitic
	mg/l	
Monocloramina, di- y tricloramina	mg/l	3
Cloro Monocloramina, di- y trictoramina	UNIDAD	Limite máximo perm 5 3

### Página 5

### Subproductos de desinfección

	UNIDAD	Limite máximo permitido
Bromato	mg/l	0,01
Clorito	mg/l	0.7
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
Trihalometanos	mg/l	Sumatoria 1,0
Bromoformo	mg/l	0.1
Diclorometano	mg/l	0,02
Bromodiclorometano	mg/l	0,06
Cloroformo	mg/l	0,3
Ácidos acéticos clorinados		
Acido dicloroacético	mg/l	0,05
Acido tricloroacético	mg/l	0,2
Acetonitrilos halogenados		
Dicloroacetonitrilo	mgt	0,02
Dibromoacetonitrilo	mgt	0,07
Cianógeno clorado (como CN)	mg/l	0,07
Microcystin-LR	mgt	0,001
Monocloroacetato	mg/t	0,02

5.1.2 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

### Requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes totales (1) NMP/100 cm <sup>3</sup>	< 1,1 *
Coliformes fecales NMP/100 cm <sup>3</sup>	< 1.1 *
Cryptosporidium, número de quistes/100 litros	ausencia
Giardia Lambila, número de guistes/100 litros	ausencia
< 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm² ó	10 tubos de 10 cm <sup>3</sup> ninguno es positivo

<sup>\* &</sup>lt; 1.1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm² ó 10 tubos de 10 cm² ninguno es positivo (1) En el caso de los grandes sistemas de abastecimiento, (Ver aneso 1), debe dar ausencia en el 85 % de las muestras, tornadas durante cualquier periodo de 12 mesos.

### 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo

- 6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods).
- 6.1.2 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

### 7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición o equivalentes.

(Continúa)

2010-051

### Página 6

### ANEXO 1. (INFORMATIVO)

Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

POBLACIÓN	NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO	
< 5 000	12	
5 000 - 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS	
> 100 000 - 500 000	120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS	
> 500 000	180 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS	

Guias para la calidad del agua potable 3ra. Ed. (incluido el 1er. Adendum) 2008; Capitulo 4 numeral 4.3.5 tabla 4.5

208

(Continúe)

# ANEXO F CATALOGO DE EMPRESA PROVEEDORA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO FABRICADOS EN POLIETILENO

### TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE POLIETILENO

### EMPRESA MARIO RUBIO CIA LTDA

### Página 1

Tipos de tanque de almacenamiento



### TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE POLIETILENO

### EMPRESA MARIO RUBIO CIA LTDA

### Página 2

Usos de los tanques de almacenamiento



## TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE POLIETILENO

### EMPRESA MARIO RUBIO CIA LTDA

Página 3

Factura de compra de los tanques de almacenamiento



# **ANEXO G**

# INFORME DE ANALISIS DE METALES PESADOS EN EL AGUA

# INFORME DE ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN EL AGUA

# Análisis de metales pesados existentes en el agua realizado en el laboratorio de metalurgia extractiva EPN

# Página 1



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA



### RESULTADO DE ANALISIS

Solicitante:

Alejandro Carate

Referencia

ST - 5531 18-04-11

Fecha:

Una muestra de agua

Muestras: Método:

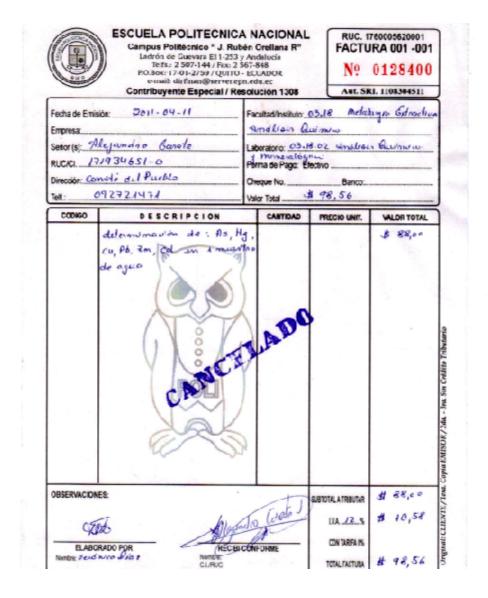
Absorción Atómica

Muestra Código	Determinación	Resultados		
Vertiente del Río Guambi	Arsénico Mercurio	5,3 ug/l <0,1 ug/l		
KIO Ottamor		<0,1 ug/l <0,01 mg/l		
	Plomo	<0,1 mg/1		
	Zinc	<0,01 mg/l		
	Cadmio	<0,01 mg/l		



# Factura de pago de análisis de metales pesados existentes en el agua realizado en el laboratorio de metalurgia extractiva EPN

# Página 2



# **ANEXO H**

# PRUEBAS DE PRESION REALIZADAS EN LA E.PN.

Pag. 1



### ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

Quito, 10 de mayo de 2011

### **CERTIFICADO**

Certifico que el Sr. Alejandro Carate con C.I. 1719346510 y el Sr. Luis Lapo con C.I. 1713991709 realizaron pruebas experimentales en la planta piloto del DECAB con el objetivo de medir las caídas de presión en filtros de sedimentos, de carbón activado granular, de carbón en bloque y de una membrana de ósmosis inversa.

Adjunto una copia de la orden de trabajo para la realización de dichas pruebas y los resultados obtenidos.

Atentamente

Edwin Vera Ph.D.

Profesor del DECAB

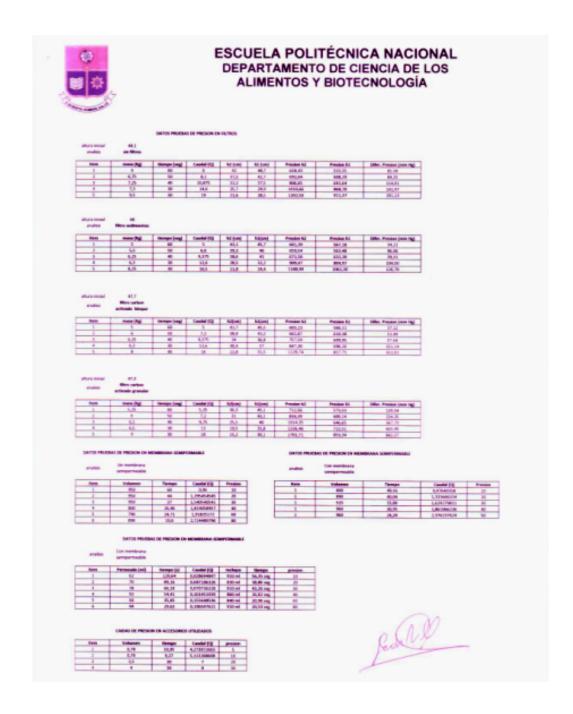
Pag. 2

http://slab.epn.edu.ec/SisLab/pages/ordenTrabajo.jst



Per des Responsable: irma paredes

Pag. 3



# Área de flujo de la membrana semipermeable

# Pag. 4

		0,000841947	1,040495487	
Rn (mm)	An (m2)	Aflujo (m2)	Amem (m2)	
9	0,000254469			
9,5	0,000283529	2,90597E-05	0,017907078	
10	0,000314159		0,018849556	
10,5	0,000346361	3,22013E-05	0,019792034	
11	0,000380133		0,020734512	
11,5	0,000415476	3,53429E-05	0,021676989	
12	0,000452389		0,022619467	
12,5	0,000490874	3,84845E-05	0,023561945	
13	0,000530929		0,024504423	
13,5	0,000572555	4,16261E-05	0,0254469	
14	0,000615752		0,026389378	
14,5	0,00066052	4,47677E-05	0,027331856	
15	0,000706858		0,028274334	
15,5	0,000754768	4,79093E-05	0,029216812	
16	0,000804248		0,030159289	
16,5	0,000855299	5,10509E-05	0,031101767	
17	0,00090792		0,032044245	
17,5	0,000962113	5,41925E-05	0,032986723	
18	0,001017876		0,033929201	
18,5	0,00107521	5,73341E-05	0,034871678	
19	0,001134115		0,035814156	
19,5	0,001194591	6,04757E-05	0,036756634	
20	0,001256637		0,037699112	
20,5	0,001320254	6,36173E-05	0,03864159	
21	0,001385442		0,039584067	
21,5	0,001452201	6,67588E-05	0,040526545	
22	0,001520531		0,041469023	
22,5	0,001590431	6,99004E-05	0,042411501	
23	0,001661903		0,043353979	
23,5	0,001734945	7,3042E-05	0,044296456	
24	0,001809557		0,045238934	
24,5	0,001885741	7,61836E-05	0,046181412	
25	0,001963495		0,04712389	

Pag. 5

	ESCUELA POLITECNICA NA Campus Politécnico " J. Rubén Orel RUC. 1760005620001 Ladrón de Guevara E11-253 y Anda Telfs.: 2 507-144 / Pax: 2 567-84	lana R" lucía 8	No.	FACTU			
Contribuyent	P.O.Box: 17-01-2759 / QUITO - ECUADOR			cha Autorización 27 Enero 2011 Aut. SRI, 1109192677			
	ón: 2011-04-26	Instituto:	DEBARTAMENTO DE CIENCIA DE				
Empresa:	ENRIQUE ALEJANDRO CARATE						
	1719346510	100	Laboratorio: Efectivo				
RUC/CI Dirección:	ALFARO-COMTÉ DEL PUEBLO	Forma de					
Telf.:	2806178	Cheque N Valor Tota		100.8			
CODIGO	DESCRIPCION	-	NTIDAD	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL		
5	Service CAIDA DE PRESIDEMEDIDA  ESCULLA FOLLIFERICA NACION  DECAB  FECHA NOR  CANCELAD	Ш		90.00	90.00		
OBSERVACIONE PLANCE Numbre	TO FOR ARTER	CONFORME	-G	SUBTOTAL A TRIBUTAR  LVA12.0%  CON TARREACH  TOTAL FACTURA	90.00 10.80 0.00		

# ANEXO I

# CATALOGO DE BOMBAS CENTRIFUGAS

### CATALOGO BOMBAS CENTRIFUGAS MARCA "BARNES"

Pag. 1



PRECIO ESTIMADO BOMBA 3HP; 1 ETAPA: 650 Dólares



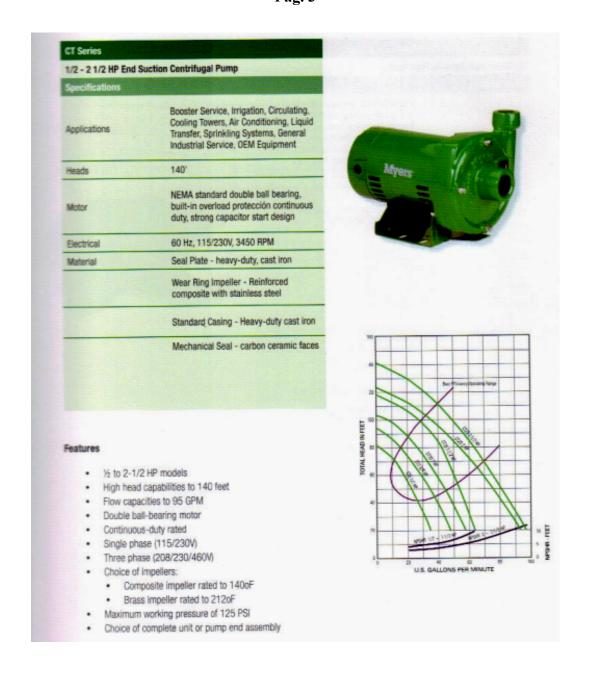
PRECIO ESTIMADO BOMBA 10HP; 1 ETAPA: 1200 Dólares

# CATALOGO BOMBAS CENTRIFUGAS MARCA "BARNES" Pag. 2



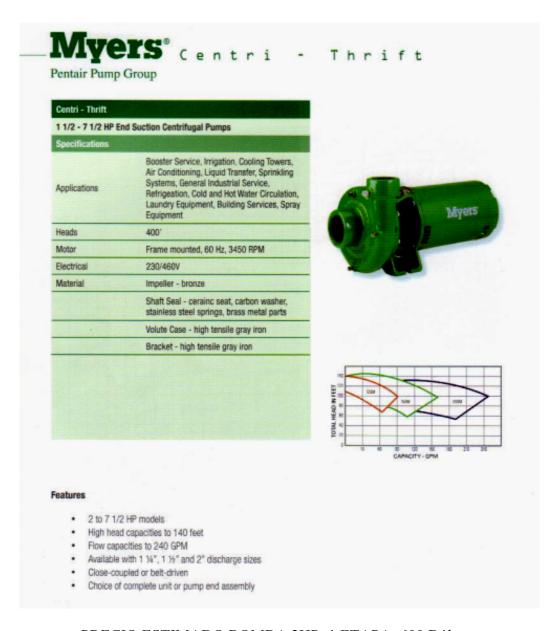
PRECIO ESTIMADO BOMBA 3HP; 4 ETAPAS: 2000 Dólares

# CATALOGO BOMBAS CENTRIFUGAS MARCA "MYERS" Pag. 3



PRECIO ESTIMADO BOMBA 1/2HP; 1 ETAPA: 400 Dólares PRECIO ESTIMADO BOMBA 2HP; 1 ETAPA: 650 Dólares

# CATALOGO BOMBAS CENTRIFUGAS MARCA "MYERS" Pag. 4

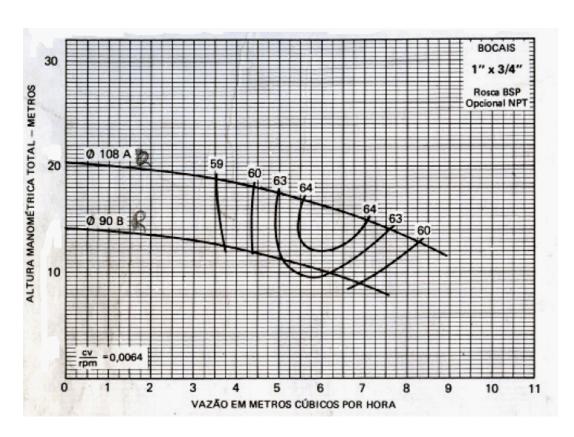


PRECIO ESTIMADO BOMBA 2HP; 1 ETAPA: 600 Dólares
PRECIO ESTIMADO BOMBA 7 1/2HP; 1 ETAPA: 3000 Dólares

# CATALOGO BOMBAS CENTRIFUGAS MARCA "GRUNDFOS" Pag. 5



# PRECIO ESTIMADO BOMBA 2HP; 5 ETAPA: 820 Dólares



# COTIZACION BOMBAS CENTRIFUGAS DE VARIAS MODELOS Pag. 6

RUC 1790041220001 COMERCIAL KYWI S.A. CONTRIBUYENTE ESPECIAL - RESOL. SRI 5368 Matriz: Av. 10 de Agosto N24-59 y Luis Cordero. Quito Telf. 3987900 PROFORMA DOLARES DOCUMENTO SIN VALOR COMERCIAL AGENCIA 013 (EL BOSQUE) Quito AV. DEL PARQUE DE7-110 Y ALONSO DE LA TORRE Fono: 022267994/ 022267996 Señor (es): ALEJANDRO CARATE Código: 888885 RUC: Dirección: Vend: 10 MAURICIO PAREDES Ciudad: QUITO Fecha de Emisión: 19/07/2011 PAG. 1/1 Fono: CODIGO DESCRIPCION P. UNITARIO TOTAL CANT. 189928 BOMBA JET 1HP 110V PEDROLLO \$295,50 \$295,50 190098 BOMBA JET 2HP 110-220V PEDROLL \$621,86 \$621,86 1 189901 BOMBA JET INOX 0.85HP 110V PED \$260,35 \$260,35 1 667455 BOMBA CENTRIFUGA 2HP TRUPER \$404,04 \$404,04 1 EFECTIVO \$1.581,75 > CONDICIONES > SUBTOTAL \$0,00 DESCUENTO DESCUENTO TOTAL \$1.581,75 TOTAL A PAGAR Vta.tarifa 12 Vta.tarifa 0 Tot.Vta.Neta IVA Tar. 12 IVA Tar.0 \$1.412,28 \$0,00 \$1.412,28 \$169,47 \$0,00 \$1.581,75

# COTIZACION BOMBAS CENTRIFUGA MARCA BARNES 3HP Pag. 7



# Factura de pago de bomba centrifuga multietapas adquirida en la empresa "ACERO COMERCIAL"

Pag. 8



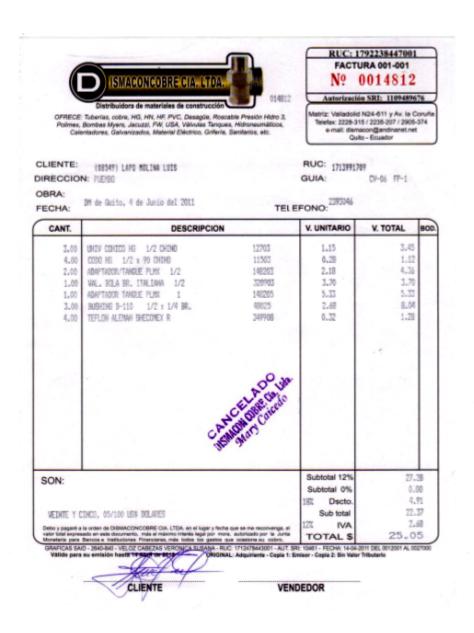
# ANEXO J CATALOGO DE EMPRESA PROVEEDORA DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION

# Empresa proveedora de materiales para la construccion Pag 1



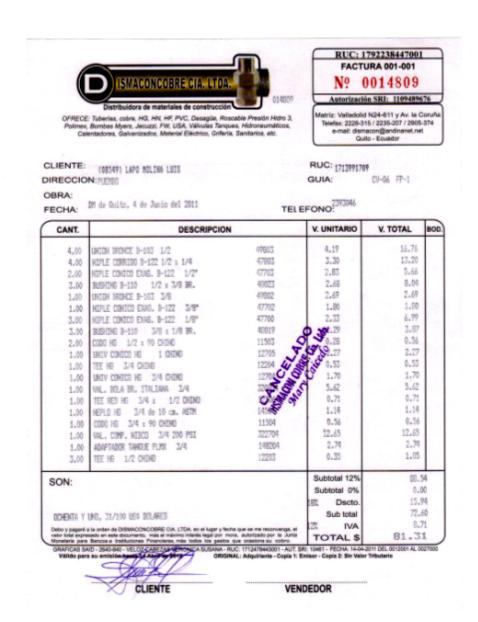
# Factura de compra materiales y accesorios utilizados para la construccion equipo de purificacion de agua

Pag. 2



# Factura de compra materiales y accesorios utilizados para la construccion equipo de purificacion de agua

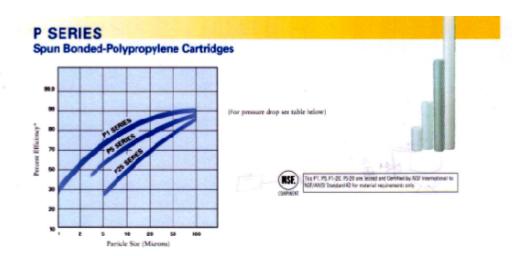
Pag. 3



# ANEXO k CATALOGO DE EMPRESA PROVEEDORA DE FILTROS PARA PURIFICACION DE AGUA

# Especificaciones tecnicas filtros de sedimentos

Pag. 1



### Cartridge Specifications and Performance Data

Model	Maximum Dimensions	Micron Reting* (Nomina)	Initial AP (pai)  (i) Flow Rate (gpm)
PS-478	2-3/8" x 4-7/8" (60 nm x 124 mm)	5	0.3 psi @ 2 gpm (+0.1 kar @ 7.6 L/min)
P1	2-3/8" x 9-3/4" (60 mm x 248 mm)	1	0.6 psi @ 5 gpm (<0.1 par @ 19 L/min)
P5)	2-3/8" x 9-3/4" (60 mm x 248 mm)	5	0.2 psi @ 5 gpm («0.1 sar @ 19 L/min)
P25	2-3/8" × 9-3/4" (60 mm x 248 mm)	25	0.2 psi @ 5 gpm («0.1 bar @ 19 Dmin)
P1-20	2-3/8" x 20" (60 mm x 508 mm)	1	0.6 psi @ 10 gpm (<0.1 bar @ 38 L/min)
P5-20	2-3/8" x 20" (60 mm x 500 mm)	5	0.6 psi @ 10 gpm (~0.1 ber @ 30 L/min)
P25-2)	2-3/8" x 20" (60 mm x 508 mm)	25	0.2 psi @ 10 gpm («0.1 »ar @ 18 L/min)
P1-30	2-3/8" x 30" (60 nm x 762 mm)	1	0.5 psi @ 10 gpm (e0.1 bar @ 38 L/min)
P5-30	2-3/8" x 30" (60 mm x 762 mm)	5	0.2 psi ⊕ 10 gpm (<0.1 bar ⊕ 38 L/min)

<sup>\*</sup> Based on manufacturer's internal testing

### Materials of Construction

Filter Media

Polypropylene Fibers 40'F to 145'F (4.4'C to 42.8'C)

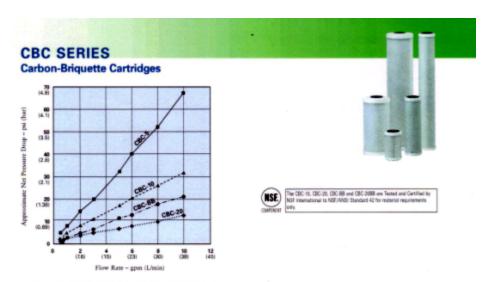




102 Indone Avenue \* PO. Box 1047 \* Shebeyyan, Wicconin :3082-1047 Castomer Service: 800-642-0267 \* Fax: 805-203-7361 \* suppormacialis@penediltras



# Especificaciones tecnicas filtros de carbon activado granular Pag. 2



### Cartridge Specifications and Performance Data

Model	Maximum Dimensions	Micron Rating (Nominal)*	Initial AP (psi)  @ Flow Rate (gpm)*	Chlorine Teste & Odor Reduction @ Flow Rate (gpm)*1
CBC-5	2-7/8" x 4-7/8" (73mm x 124mm)	0.5	7.0 psi @ 1 gpm (0.48 bar @ 3.8 L/min)	>3,000 gallons @ 1 gpm >11,400 liters @ 3.8 L/min
CBC-10	2-7/8" x 9-3/4" (73mm x 248mm)	0.5	3.7 psi @ 1 gpm (0.26 bar @ 3.8 L/min)	>20,000 gallons @ 1 gpm >75,700 liters @ 3.8 L/min
CBC-20	2-7/8" x 20" (73mm x 508mm)	0.5	3.0 psi @ 2 gpm (0.21 bar @ 7.6 L/min)	>45,000 gallons @ 2 gpm >170,300 liters @ 7.6 L/min
CBC-BB	4-5/8" x 9-3/4" (117mm x 248mm)	0.5	4.6 psi @ 2 gpm (0.32 bar @ 7.6 L/min)	>50,000 gallons @ 2 gpm >189,300 liters @ 7.6 L/min
CBC-20BB	4-5/8" x 20" (117mm x 508mm)	0.5	8.5 psi @ 4 gpm (0.59 bar @ 15.1 L/min)	>150,000 gallons @ 4 gpm >567,800 liters @ 15.1 L/min

<sup>\*</sup> Based on manufacturer's internal testing.

### **Materials of Construction**

Bonded PAC Filter Media Polyethylene Buna-N Netting Gaskets Polypropylene Polyolefin End Caps
 Inner/Outer Wraps 40°F to 180°F (4.4°C to 82.2°C) Temperature Rating

NOTE: Performance capacity depends on system design, flow case and certain other application conditions. Certain states require system registration or certification for health-nelated contaminant evolution daires.

\*\*BURNING: Do not use with water that is microhitologically usuals or of unknown quality without adequate distribution before or after the system.

NOTE: Certainly will contain a very small amount of carbon fines (very fine black provint) and a new cartridge after installation should be flushed with selficient water to numer all tracts of the fines from your water system before using the water. Each time you use your filtered water tap for devision or evolving purposes it is recommended that you can fillually the tap for at least 20 seconds prior to using water.

NOTE: Micros ratings based on 87% or geneter retrieval of given particle size.

NOTE: CEC-Series cartridges are capable of reducing 99.95% of Cryptosportalises and Giardia cyee. Data obtained from actual particle course using AC Fine Test Data and Latex spheres.

† Estimated capacity using 2ppm feer available chlorine (FAC) with greater than 90% reduction, U.S. Patere No. 5,976,432 & 5,823,668





502 Indiana Avenue • D.O. Box 1047 • Sheboygan, Wisconsin 53082-1047
Castemer Service: 850-645-0267 • Fax: 888-203-7161 • supportspecials@pentisfitration.com



# Factura de compra de filtros de sedimentos y carbon activado granular para equipo de purificacion de agua

Pag. 3

Culligan WATER PROJECTS S.A		RUC: 1791918037001  Aut. SRI 1109509976  Fecha Autorización 19/ABRIL/2011		FECHA:	DIA MES 17/05/2011	AÑO	
Nombre:	ENRIQUE (		T WORK PARTICIPATION TO POST T	R.U.C./C.I.:	171934	6510	
Dirección: _	MOLINEROS	Y ELOY ALF	ARO	Teléfono:	092-721	-471	
CODIGO	CANT.		DESCRIPCION			V. UNITARIO	V. TOTAL
	1		DE SEDIMENTOS DE CARBON ACTIVADO			36,48	36,48
			O REALIZAR TRANSFERENCIA BANCA 504 / PRODUBANCO Nº 0200509023-3	RIA A NUESTRA	S CUENTAS	SUBTOTAL:	36,48
1		n	1	)		2% % I.V.A.:	4,38
. //m	With VI	6	1/12			TOTAL USD:	40,86

# ANEXO L CATALOGO DE EMPRESA PROVEEDORA DE TABLEROS DE MADERA

# Catalogo de empresa proveedores de tableros de madera para la construcción

### EMPRESA SERVITABLEROS

Página 1

Factura de compra de tablero de aglomerado tropical



# **ANEXO M**

# INFORME DE ANALISIS DE AGUA TRATADA MEDIANTE PLANTA DE PURIFICACION DE AGUA

# INFORME DE ANÁLISIS DEL AGUA

# Análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos de agua de vertiente tratada mediante planta de purificación de agua por osmosis inversa Página 1

# LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD PLANTA BELLAVISTA



PROCEDENCIA: FECHA MUESTREO: SOLICITADO POR: No. INFORME:	CHA MUESTREO: 2011/06/20 HORA MUESTREO: 05h30 ULCITADO POR: Sres Alejandro Carate, Luis Lapo HORA INGRESO LABORATORIO: 07H00						
PARÁMETRO	UNIDAD	MORMA NTE INEN 1109-2010 Tercera Revisión Limite máximo permitido	MÉTODO DE ANÁLISIS				
			PARÁMETROS FÍSICOS				
TEMPERATURA	*c		Termométrico	10.0			
рН			Electrométrico	7.75			
COLOR	UTC	15	Comparación visual (Platino-Cobalto)	0			
TURBIEDAD	NTU		Nefelométrico	0.12			
CONDUCTIVIDAD	uS/cm		Conductivimétrico	22			
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/l		Gravimétrico	26			
		PAF	RÁMETROS INORGÁNICOS				
ALCALINIDAD (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l		Titulométrico (H <sub>2</sub> SO4)	11			
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l		Titulométrico (EDTA)	2			
CALCIO (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l		Titulométrico (EDTA)	0.8			
MAGNESIO (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l		Calculo	0.1			
MANGANESO (Mn2*)	mg/l	0.4	Espectrofotométrico (Persulfato)	0.00			
ALUMINIO (Al <sup>3</sup> )	mg/l		Espectrofotométrico (Eriocromo cianina R)	0.000			
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/l		Espectrofotométrico (Fenantrolina)	0.17			
FLUORUROS (F-)	mg/l	1.5	Espectrofotométrico (Spands)	0.090			
CLORUROS (CI-)	mg/l		Titulométrico (Argentométrico)	1.5			
AMONIACO (N-NH <sub>3</sub> )	mg/l		Espectrofotométrico (Nessierización)	0.04			
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> )	mg/l	3.0	Espectrofotométrico (Diazotación)	0.04			
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> )	mg/l	50.0	Espectrofotométrico (Reducción cadmio)	4.1			
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2</sup> -)	mg/l		Espectrofotométrico (Turbidimétrico)	2			
FOSFATOS (PO <sub>4</sub> 3-)	mg/l		Espectrofotométrico (Ácido ascórbico)	0.00			
CLORO LIBRE RESIDUAL (CI <sub>2</sub> )	mg/l	0.3 - 1.5	Colorimétrico (DPD)	0.00			
		PARÁI	METROS MICROBIOLÓGICOS				
AEROBIOS MESÓFILOS	UFC/ml	máx 100	Recuento en placa	30			
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	<1,1	Enzima sustrato definido (Tubos múltiples)	< 1.1			
ESCHERICHIA COLI	NMP/100 ml	<1.1	Engima sustrato definido(Tubos múltiples)	< 1.1			

## INFORME DE ANÁLISIS DEL AGUA

# Planilla de análisis de agua de vertiente tratada mediante planta de purificación de agua realizado en la unidad Bellavista EMAAP-QUITO Página 2



### INFORME DE ANÁLISIS DEL AGUA

# Factura de pago de análisis de agua de vertiente tratada mediante planta de purificación realizado en la unidad Bellavista EMAAP-QUITO Página 3



# ANEXO N

# **FOTOS DEL SISTEMA**

# FOTOS DEL SISTEMA DE PURIFICACION DE AGUA

# Sistema Completo

Pag. 1



### FOTOS DEL SISTEMA DE PURIFCACION DE AGUA

## Sistema Completo

Pag. 2



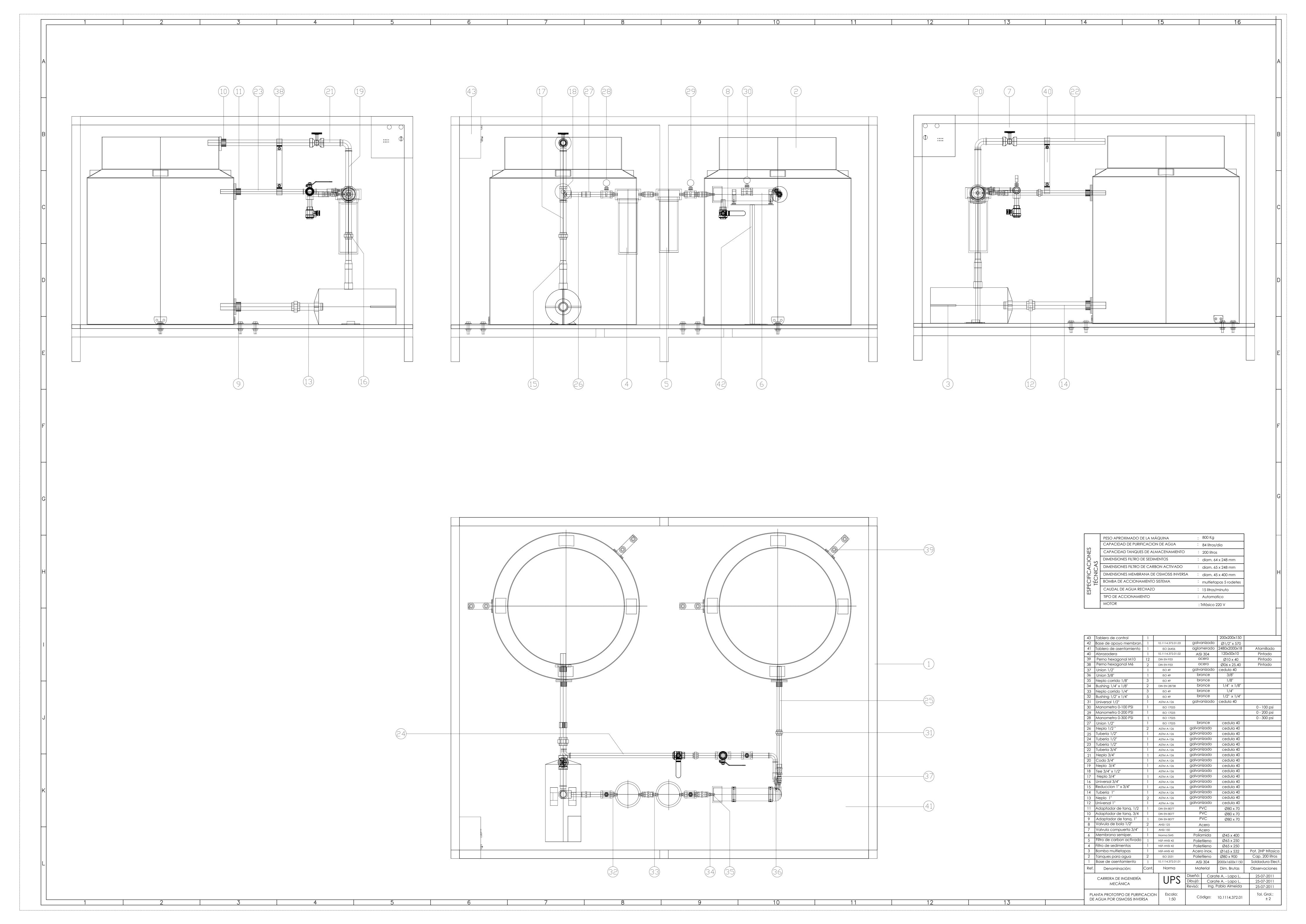
#### FOTOS DEL SISTEMA DE PURIFCACION DE AGUA

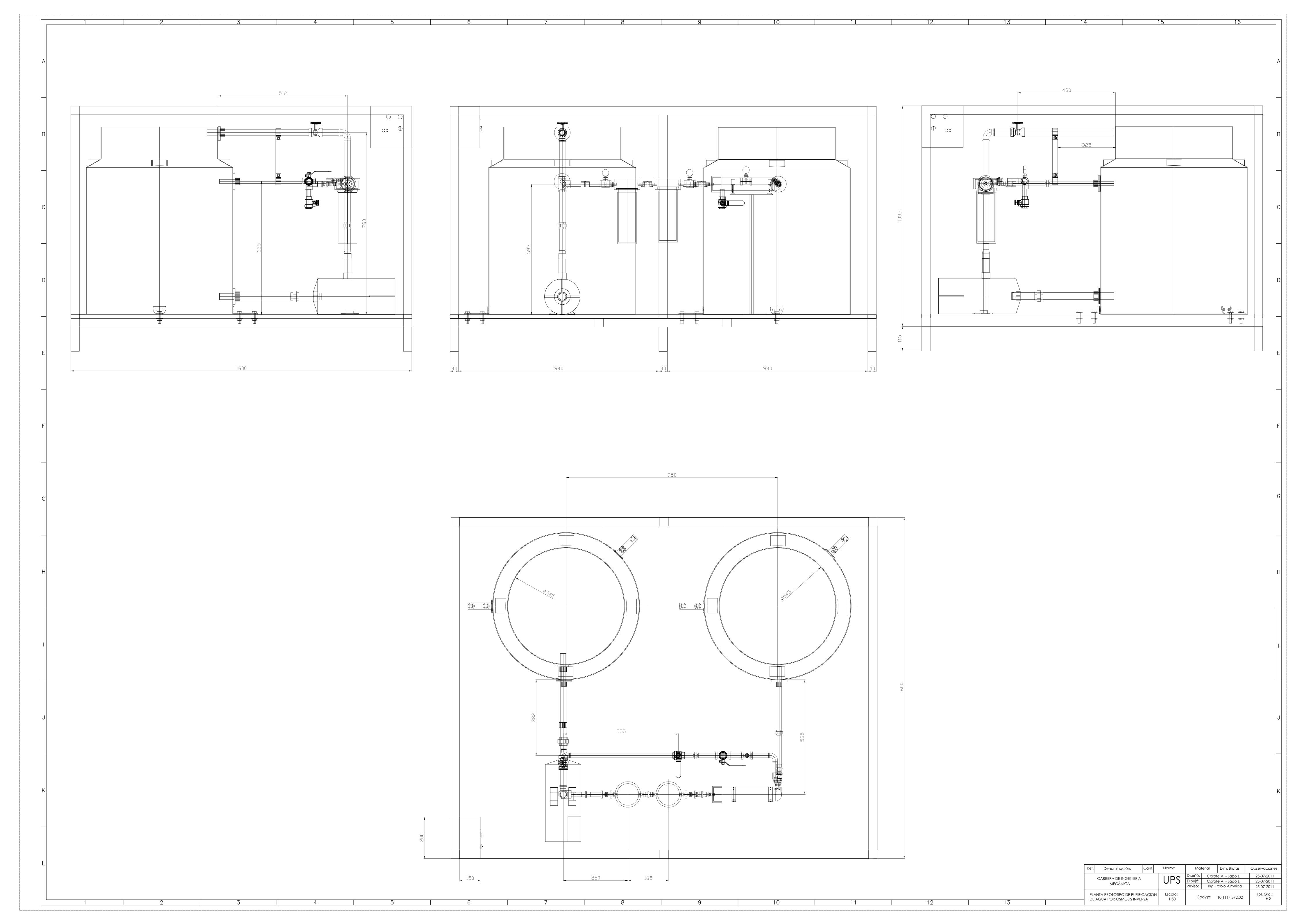
## Sistema Completo

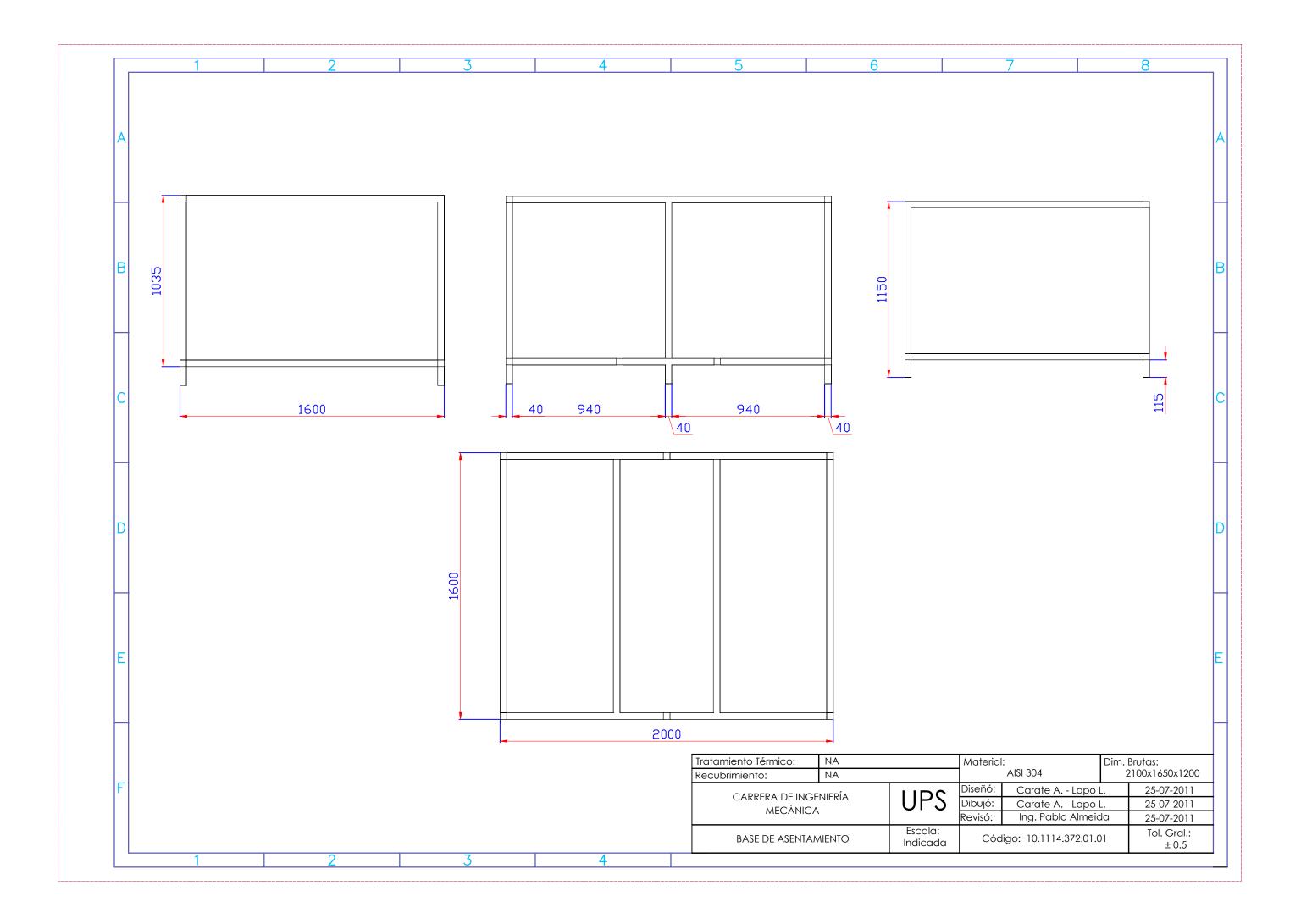
Pag. 3

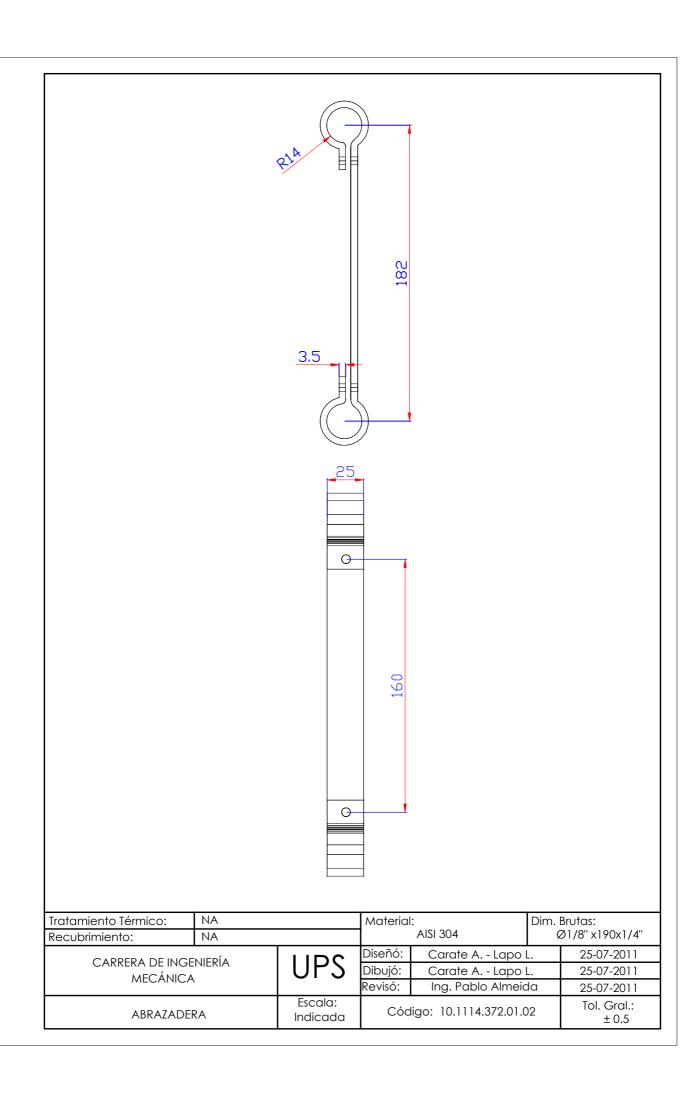


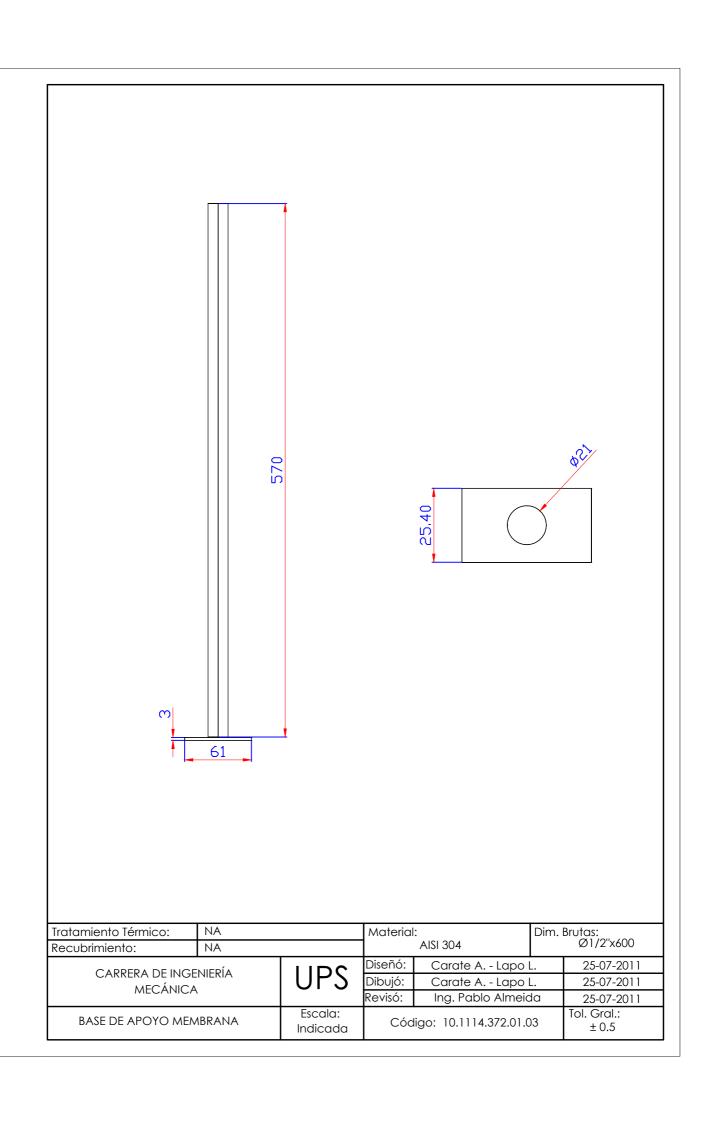
# ANEXO O PLANOS GENERALES DEL SISTEMA

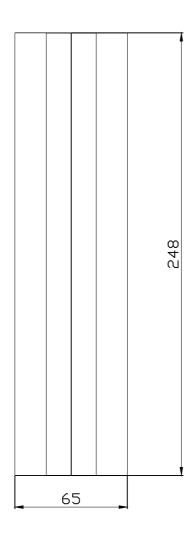


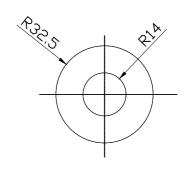




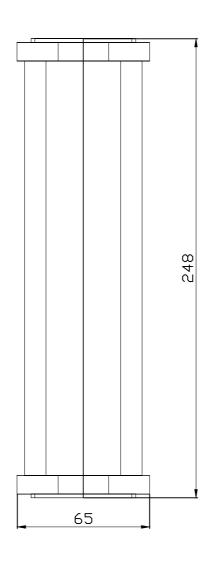


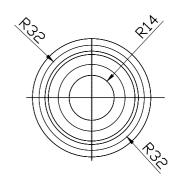




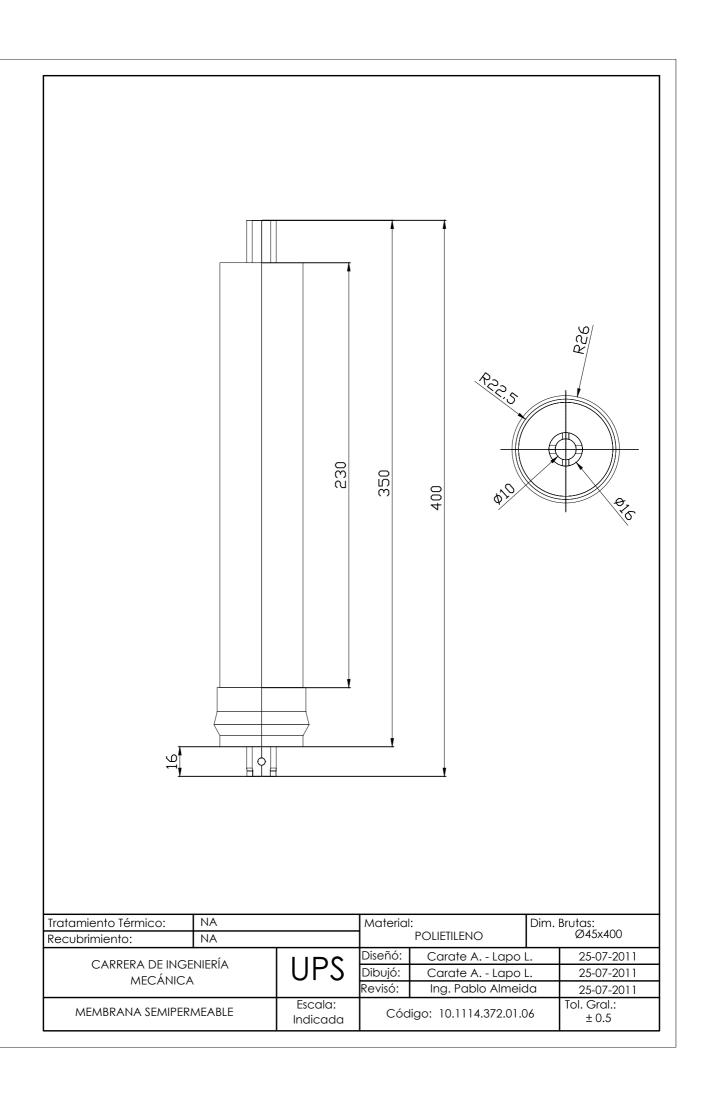


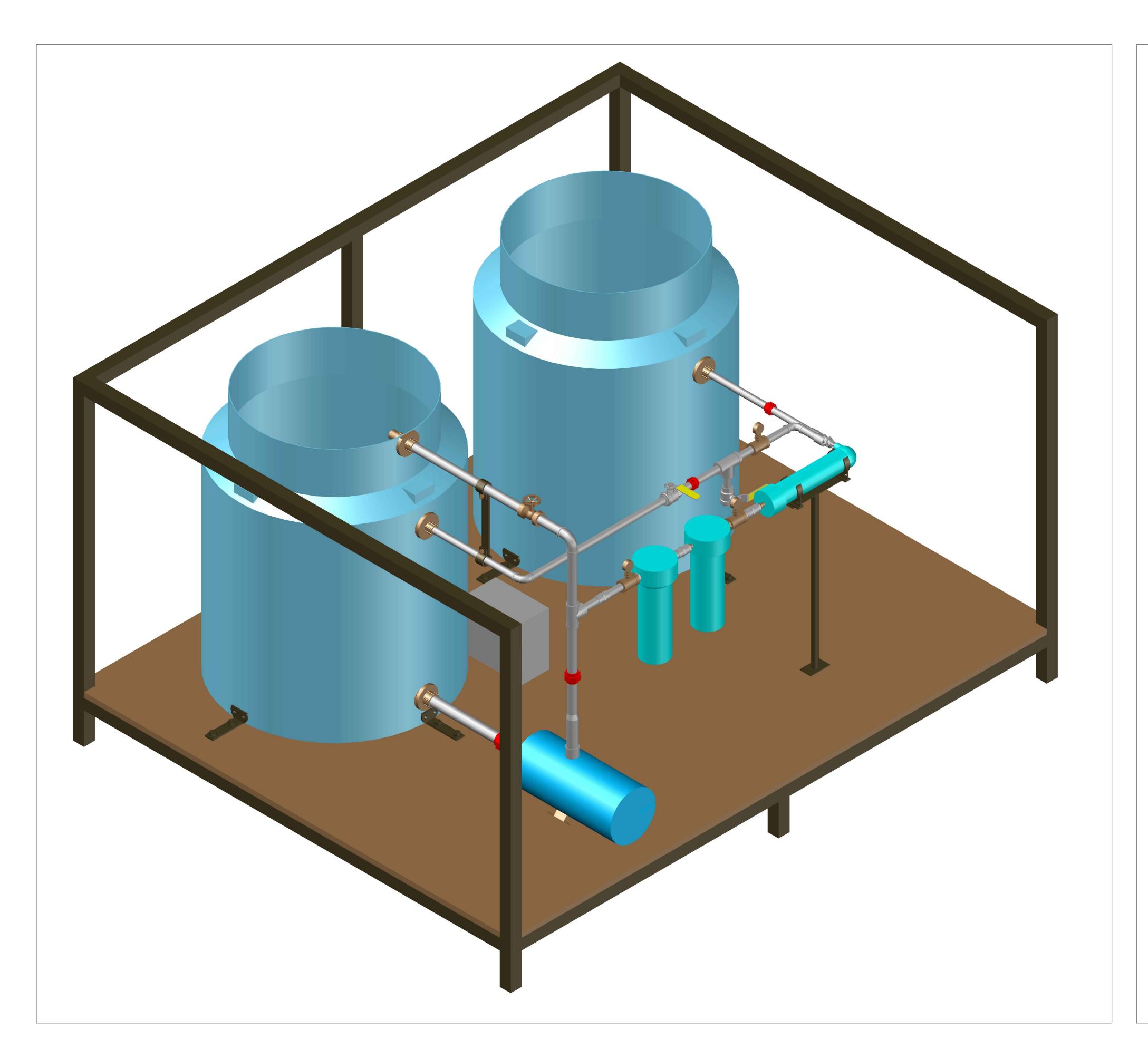
Tratamiento Térmico:	NA		Material:		Dim. Brutas:		
Recubrimiento:	NA		POLIETILENO			Ø65x248	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS	Diseñó:	Carate A Lapo L.		25-07-2011	
			Dibujó:	Carate A Lapo L.		25-07-2011	
			Revisó:	Ing. Pablo Almeio	da	25-07-2011	
FILTRO DE SEDIMENTOS		Escala: Indicada	Código: 10.1114.372.01.04		)4	Tol. Gral.: ± 0.5	

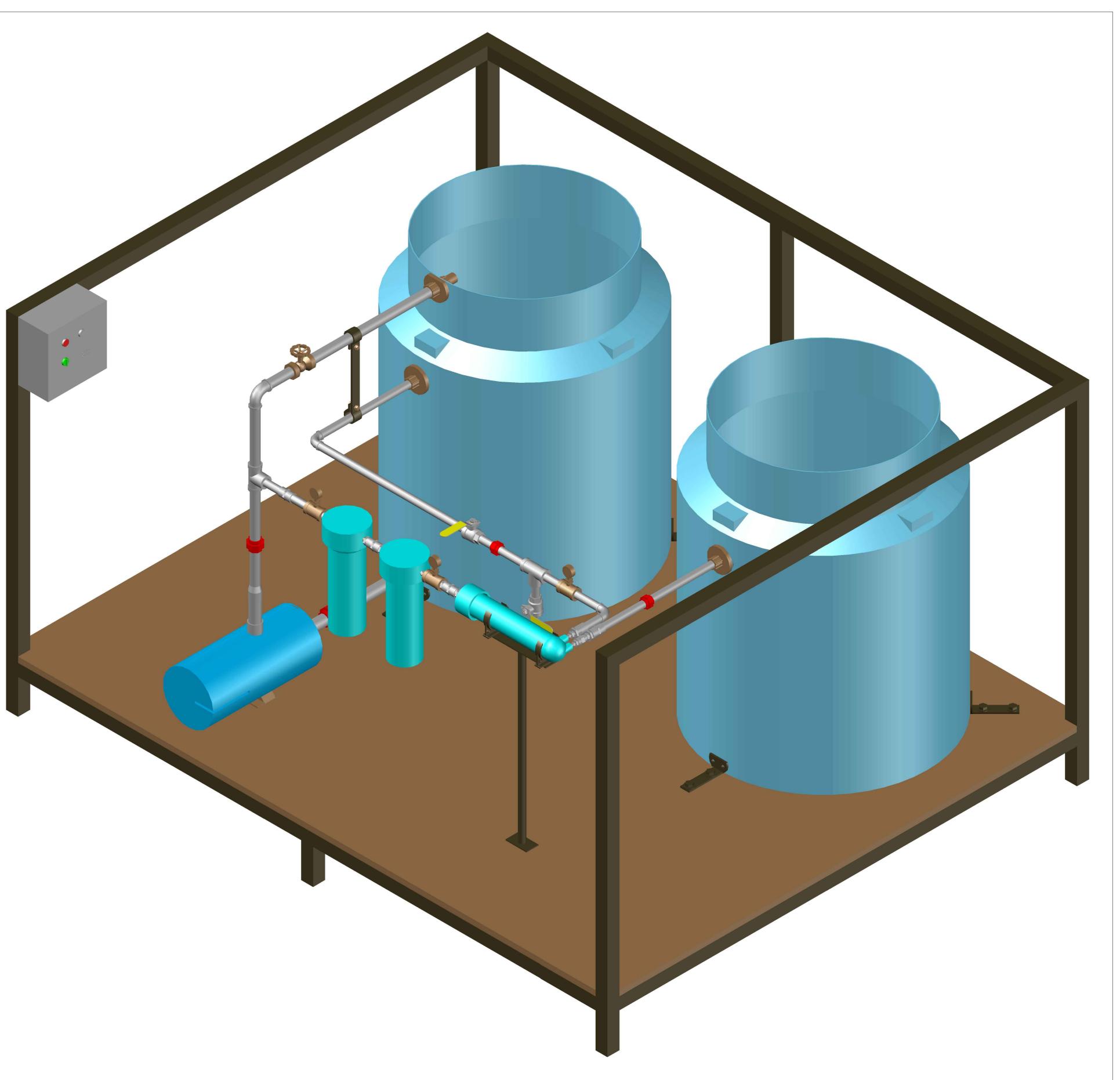




Tratamiento Térmico:	atamiento Térmico: NA		Material:		Dim. Brutas:	
Recubrimiento:	NA		POLIETILENO		Ø65x248	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS	Diseñó:	Carate A Lapo L.		25-07-2011
			Dibujó:	Carate A Lapo L.		25-07-2011
			Revisó:	Ing. Pablo Almeio	da	25-07-2011
FILTRO DE CARBON ACTIVADO		Escala: Indicada	Código: 10.1114.372.01.0		)5	Tol. Gral.: ± 0.5







 1
 2

 3
 4

 5
 6

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1
 1

 1</t

Ref. Denominación: Cant. Norma Material Dim. Brutas Observaciones

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Diseñó: Carate A. - Lapo L. 25-07-2011

Dibujó: Carate A. - Lapo L. 25-07-2011

Revisó: Ing. Pablo Almeida 25-07-2011

PLANTA PROTOTIPO DE PURIFICACION DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA

Escala: 1:50

Código: 10.1114.372.03

± 2