ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Diseño de una Planta Portátil Potabilizadora de Agua de 50 Metros Cúbicos por Día"

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

José Javier Estrada Torres

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año 2011

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Ernesto Martínez Director de Tesis por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A mis padres, Oscar Estrada y María Torres por su gran apoyo, comprensión y paciencia.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Guerrero M.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Mario Patiño A.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

_____

José Javier Estrada Torres

RESUMEN

En situaciones de desastres naturales, como inundaciones, el suministro de agua potable se ve afectado, lo que representa un riesgo para la salud de las personas que requieren el líquido vital, el mismo que debe ser restablecido lo más pronto posible. Para este propósito se diseñó una planta potabilizadora portátil que puede ser trasladada con facilidad y de manera inmediata, mediante el uso de un remolque y un vehículo mediano.

El caudal de la planta es de 50 m^3/día, la cual puede entregar agua potable a aproximadamente 3000 personas con un dotación de 15 litros por persona, que es lo mínimo que se requiere en casos de emergencia.

Los procesos que se realizan para la potabilización del agua son:

- Coagulación
- Desinfección
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración

Para la captación de agua cruda a ser potabilizada se seleccionó una bomba centrifuga marca Goulds, modelo GT-07 de 3/4 HP que a un caudal de 50 m^3/día tiene un cabezal de succión de 7.62 metros.

La coagulación consiste en anulación de las cargas eléctricas de las partículas suspendidas en el agua, para que estas se agrupen alrededor del coagulante formando grumos o partículas de mayor tamaño, las mismas que posteriormente serán eliminadas en la sedimentación.

Se determinó mediante una prueba de jarras que el mejor reactivo para realizar la coagulación era el Policloruro de Aluminio (PAC) ya que con una menor cantidad se logra obtener una menor turbidez del agua a tratar, con una dosis 15mg/l.

La Desinfección se realiza mediante el uso de hipoclorito de sodio (NaOCl) diluido al 10 por ciento, llamado comúnmente cloro, el mismo que es capaz de eliminar hasta el 99.7% de las bacterias, es de bajo costo y deja un efecto de cloro residual, el mismo debe estar entre 0.3 y 1.5mg/l a la salida de la planta.

La Coagulación y la Desinfección se realizan utilizando bombas dosificadoras electromagnéticas a diafragma, las mismas que introducen los químicos en la tubería de ingreso del agua cruda a la planta.

Luego de realizada la coagulación se realiza la floculación, la cual consiste en la agitación lenta del agua, para que permita que las partículas que se formaron por efectos de la coagulación puedan seguir aumentando de tamaño y se sedimenten con mayor facilidad. Para realizar dicho proceso, se diseñó un floculador hidráulico de pantallas, donde el agua realiza un movimiento de vaivén contorneando las diversas pantallas.

Una vez realizada la mezcla lenta, el fluido está listo para la sedimentación, para lo cual se utiliza un módulo de placas inclinadas 60 grados con respecto a la horizontal, lo cual proporciona un espacio muy reducido, hasta un 90% menos con respecto a los sedimentadores convencionales, esto hace que sea económico, compacto y eficiente.

Para dimensionar el sedimentador el principal parámetro es la velocidad de sedimentación de las partículas, la cual es obtenida mediante una prueba de jarras.

Las partículas que son retenidas en el sedimentador, caen a una tolva de lodos, donde se acumulan para luego ser eliminados periódicamente.

Posterior a la sedimentación el agua llega a un cárcamo de bombeo donde mediante el uso de una bomba centrífuga es llevada hacia el filtro de arena y carbón activado que ayudan a eliminar partículas que por su tamaño no han

podido ser eliminadas por el sedimentador, también elimina olores, sabores y compuestos orgánicos.

Para la filtración se utilizan tanques a presión, lo cual hace que puedan trabajar a una mayor velocidad de filtración y ocupen un menor espacio.

La velocidad de filtración es el parámetro que determina el dimensionamiento de los filtros, en el caso del filtro de arena la velocidad de filtración es de 17.9 m/h y en el de carbón activado es 12 m/h.

Para alimentar los filtros se seleccionó una bomba centrífuga marca Goulds, modelo LB de 3/4HP, que a un caudal de trabajo de 50m^3/día tiene una carga dinámica total de 37.8 metros, lo cual permite vencer las perdidas generadas por las conexiones y filtros que equivalen a 12.98 metros y dejar un excedente para poder llevar el agua potabilizada a algún reservorio o tanque elevado.

Las partes y equipos por su diseño reducido y compacto pudieron ser ubicadas en una estructura soportante de 1.5 metros de ancho por 2.5 metros de largo y 1.55 metros de alto. La planta completa se monta sobre un remolque para su fácil transportación.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN…….…….. I

ÍNDICE GENERAL …….…… V

ABREVIATURAS ……..…….…….. VIII

SIMBOLOGÍA ……..…….. IX

ÍNDICE DE FIGURAS ……..……... XIII

ÍNDICE DE TABLAS …….……... XIV

ÍNDICE DE PLANOS… ……..……... XVI

INTRODUCCIÓN ……..…… 1

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS…….….. 3

   1.1. Definición del Problema ...……3

   1.2. El Agua y su Calidad para Consumo Humano …...…..…… 4

   1.3. Proceso de Potabilización ….....…….…….... 7

   1.4. Guías y Normas……...……...……....28

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DE LA PLANTA ……..…….……..……35

2.1. Requerimientos del Diseño...…….……..…36

2.2. Limitaciones del Diseño……...……...…….……38

2.3. Análisis de la Fuente de Agua ……....……..……39

2.3.1. Características de la Fuente de Agua……..……....39

2.3.2. Prueba de Jarras……..…40

2.4. Diseño de Forma ……..... 50

2.5. Diseño de la Planta……..…….……...…52

2.5.1. Coagulación y Floculación……..……52

2.5.2. Desinfección…….…66

2.5.3. Sedimentación…….……..…69

2.5.4. Filtración…….……...82

2.5.4.1. Filtro de Arena….……..……..…82

2.5.4.2. Filtro de Carbón Activado ...……..…88

2.6. Selección de Equipos …….....……90

2.6.1. Bombas…….……..…90

2.6.2. Generador Eléctrico……...…104

2.6.3. Sistema de Almacenamiento…….…..108

2.7. Diseño de Estructura Soportante de la Planta……..……111

CAPÍTULO 3

3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO…..……..…….……113

3.1. Operación y Control…… ……..…….....…..113

3.2. Manejo de Reactivos……..……..…..…132

3.3. Mantenimiento de la Planta.……133

CAPÍTULO 4

4. COSTOS ……..……..……..143

4.1. Cronograma de Fabricación…..……...…….……..143

4.2. Análisis de Costos……...……...……. 144

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ……...152

5.1. Conclusiones……..152

5.2. Recomendaciones…….154

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

PAC	Policloruro de Aluminio
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
pH	Potencial de Hidrógeno
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbidez
STD	Sólidos Totales Disueltos
ppm	Partes por millón
PVC	Policloruro de Vinilo
CAP	Carbón Activado en Polvo
CAG	Carbón Activado Granular
OMS	Organización Mundial de la Salud
AISI	American Iron and Steel Institute
NPT	National Pipe Thread Taper
HP	Horse Power
gpm	Galones por minuto
Hz	Hertz
CTD	Carga Dinámica Total
PTFE	Politetrafluoroetileno
UV	Rayos Ultra Violeta
DN	Diámetro Nominal

SIMBOLOGÍA

Q	Caudal de Agua a ser tratado por la Planta
ρ	Densidad
Q_D	Caudal de la Solución de PAC a dosificar
S_T	Solución de trabajo
Q_T	Caudal de trabajo de la bomba dosificadora
Q_N	Caudal nominal de la bomba dosificadora.
%f	Porcentaje a regular en la frecuencia de la bomba dosificadora
V_c	Velocidad de los chorros de coagulante
V_a	Velocidad del agua en la tubería de ingreso
Rc	Relación entre V_c y V_a
d_t	Diámetro de la tubería de ingreso a la planta
d_i	Diámetro del orificio del inyector 1era y 2da hilera.
V_a	Velocidad del agua en la tubería de ingreso a la planta
A_{st}	Área de la sección de la tubería de ingreso
X_{s1}	Diámetro cubierto por los chorros de la primera hilera
X_{s2}	Diámetro cubierto por los chorros de la 2da hilera
d_{X1}	Diámetro del chorro producido por un orificio de la primera hilera
d_{X2}	Diámetro del chorro producido por un orificio de la segunda hilera
A_1	Área cubierta por los chorros de la primera hilera
A_2	Área cubierta por los chorros de segunda hilera
Z_1	Longitud que alcanzan los chorros de la primera hilera
Z_2	Longitud que alcanzan los chorros de la segunda hilera
A_c	El área total cubierta por los chorros de coagulante
P_{tc}	Porcentaje de la sección de la tubería de ingreso cubierta por los chorros del inyector
q_c	Caudal del Coagulante inyectado
h_o	Pérdida de carga a la salida de los orificios del inyector
K	Coeficiente de pérdida de carga de los orificios del inyector
g	Aceleración de la gravedad= 9.8 m/s^2
G_c	Gradiente de velocidad del coagulante
G	Gradiente de velocidad
h_f	Pérdida total de carga
T_r	Tiempo de retención

h_1	Pérdidas debidas a la fricción en los canales
h_2	Pérdidas debidas a los cambios de dirección en las vueltas
L_c	Longitud de los canales
n	Coeficiente de rugosidad de Manning
V_{flo}	Velocidad de flujo en los canales formados por las pantallas
R_h	Radio hidráulico
N_v	Número de vueltas o pasos entre canales
B_f	Ancho de la unidad floculadora
C_p	Distancia que traslapan las pantallas
A_{sc}	Área de la sección transversal de canal
H_c	Altura del canal
FS	Factor de seguridad
Vs	Velocidad de sedimentación obtenida de la prueba de jarras
θ	Ángulo de inclinación de las placas con respecto a la horizontal
b	Ancho de la placa
l_p	Longitud de la placa
e’	Espaciamiento horizontal entre una placa y otra.
e	Espesor de la placa
S	Módulo de eficiencia del sedimentador de placas
V_{SC}	Velocidad Crítica de Sedimentación
d	Espaciamiento interior entre placas
l_u	Longitud útil dentro de las placas
L	Longitud relativa del Módulo de Placas
A_S	Área superficial del sedimentador
f	Constante trigonométrica de sedimentación
N	Número de Canales formados por las placas
LT	Longitud Total del Sedimentador
V_o	Velocidad Media del Flujo
Re	Número de Reynolds
V_o’	Velocidad Máxima del Flujo
F_d	Frecuencia de descarga de los lodos
V_{to}	Volumen de la tolva de lodos
Q_{lo}	Caudal de producción de lodos
T_{lo}	Tasa de producción de lodos
h_{to}	Altura de la tolva
At	Ancho superior de la tolva
Bt	Largo superior de la tolva
at	Ancho inferior de la tolva

bt	Largo inferior de la tolva
T_{Vlo}	Tiempo de Vaciado del lodo
q_{dlo}	Caudal de descarga de lodos
C_c	Coeficiente de contracción de lodos
A_{od}	Área del orificio de descarga de lodos (m^2)
h_a	Altura del nivel del agua en el sedimentador
d_{od}	Diámetro del orificio de descarga de lodos
lv	Longitud del vertedero de recolección de agua
q_v	Tasa de Diseño de los Vertedero
h_{ps}	Profundidad de Ubicación de la Unidad Sedimentadora
d_v	Distancia de separación entre vertederos
V_{es}	Velocidad ascensional del agua
d_o	Diámetro de los Orificios
N_o	Número de orificio de cada tubo recolector
d_c	Diámetro del tubo recolector
d_{fa}	Diámetro del Filtro de Arena
d_{fc}	Diámetro del Filtro de Carbón Activado
A_{fc}	Área de la sección transversal del filtro de carbón activado
A_{fa}	Área de la sección transversal del filtro de arena
h_{ce}	Altura de la cámara de expansión
h_{util}	Altura útil del filtro
h_{mf}	Altura del medio filtrante
Z	Desnivel entre entrada del fluido y salida
H_f	Pérdidas por fricción
H_s	Pérdidas menores (codos, tee, válvulas, etc.)
H_{tf}	Pérdida en los filtros
J	Pérdidas de carga por cada metro de tubería
L	Longitud de la cañería de conducción
v	Velocidad de circulación del agua (m/s)
K_c	Coeficiente de pérdida para codos de 90 grados de radio corto
K_t	Coeficiente de pérdida tee
K_v	Coeficiente de pérdida para válvulas de globo
K_n	Coeficiente de pérdida para nudos
N_c	Número de codos de 90grados de radio corto
N_t	Número de tee
N_v	Número de válvulas de globo

N_n	Número nudos
v	Velocidad de circulación del agua
d_{tf}	Diámetro interior de la tubería para los filtros
V_{fa}	Velocidad de Filtración del filtro de arena
V_{fc}	Velocidad de Filtración del filtro de carbón activado
v	Viscosidad del agua
V_{cm}	Volumen de la zona de mezcla
ρ	Densidad del agua
T_m	Tiempo de Mezcla
a_v	Espaciamiento entre el extremo de la pantalla y la pared del tanque
e_p	Espaciamiento entre pantallas o ancho del canal
π	Pi= 3.1415…

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1. Equipo para Prueba de Jarra……14
Figura 1.2. Mezclador hidráulico (inyectores)…….……16
Figura 1.3. Comportamiento de los chorros con el uso de inyectores ……. 17
Figura 1.4. Floculadores hidráulicos de pantallas…….……20
Figura 2.1. Equipo para prueba de jarra…….……42
Figura 2.2. Diseño de forma de planta potabilizadora…….…..52
Figura 2.3. Dimensiones de tolva de lodos……....76
Figura 2.4. Grava……..87
Figura 2.5. Arena sílice……...88
Figura 2.6. Dimensiones de la bomba de captación de agua cruda……92
Figura 2.7. Curva de rendimiento de la bomba captación de agua cruda.....93
Figura 2.8. Curva de rendimiento de la bomba para los filtros……....97
Figura 2.9. Dimensiones de la bomba para los filtros…….....98
Figura 2.10. Especificaciones y dimensiones de la bomba dosificadora.....101
Figura 2.11. Nomenclatura para especificar la bomba dosificadora…….102
Figura 2.12. Montaje de bomba dosificadora de químicos……..104
Figura 2.13. Generador eléctrico……108
Figura 2.14. Tanque de almacenamiento…….……109
Figura 3.1. Proceso de potabilización……..….114
Figura 3.2. Interruptor de nivel tipo flotador……....118
Figura 3.3. Filtros en funcionamiento ……...121
Figura 3.4. Puesta en marcha del filtro de arena……..…122
Figura 3.5. Retrolavado del filtro de arena……124
Figura 3.6. Puesta en marcha del filtro de carbón activado……...125
Figura 3.7. Retrolavado del filtro de carbón activado…….….127

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Clasificación de procesos de tratamiento del agua en función de su complejidad y costo……..……..8

Tabla 2 Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1108 agua potable…...31

Tabla 3 Requisitos microbiológicos del agua NTE INEN 1108……...34

Tabla 4 Valores promedio de las características del agua a tratar…….41

Tabla 5 Dosis de coagulante a añadir en cada jarra…….....43

Tabla 6 Datos y parámetros para el ensayo de jarras nº1……..45

Tabla 7 Variación de la turbidez en función de la dosis de sulfato de aluminio…….....45

Tabla 8 Variación de la turbidez en función de la dosis de policloruro de aluminio……....46

Tabla 9 Datos y parámetros para el ensayo de jarras nº2……..…….46

Tabla 10 Variación de la turbidez en función de la dosis de sulfato de aluminio…….……....47

Tabla 11 Variación de la turbidez en función de la dosis de policloruro de aluminio…….....47

Tabla 12 Datos y parámetros para el ensayo de jarras……..48

Tabla 13 Variación de la turbidez en función de la dosis de sulfato de aluminio……..……..48

Tabla 14 Variación de la turbidez en función de la dosis de policloruro de aluminio……..……49

Tabla 15 Dosificación óptima de cada coagulante……....49

Tabla 16 Carga superficial…….……....70

Tabla 17 Módulo de eficiencia de sedimentadores…….....75

Tabla 18 Medio filtrante - filtro de arena…….…..87

Tabla 19 Características del filtro de arena……..…87
Tabla 20 Medio filtrante - filtro de carbón activado……..89
Tabla 21 Características del filtro de carbón activado…….90
Tabla 22 Consumo energético de los equipos……...105
Tabla 23 Características del tanque de almacenamiento…….111
Tabla 24 Problemas y soluciones durante la operación de la planta….130
Tabla 25 Costos de fabricación de la planta……...145
Tabla 26 Costos de operación de la planta…….150
Tabla 26 Costos total de producción de la planta……..151

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 Isométrico de la Planta
Plano 2 Medidas Generales de la Planta
Plano 3 Tanque de Sedimentación y Floculación
Plano 4 Montaje de Filtros
Plano 5 Filtro de Arena
Plano 6 Filtro de Carbón Activado
Plano 7 Módulo de Floculación
Plano 8 Placas Inclinadas
Plano 9 Estructura Soportante

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está enfocado principalmente a diseñar para futura construcción una planta potabilizadora capaz de proporcionar 50m^3 de agua potable trabajando las 24 horas del día, procurando que será compacta y de fácil movilización, pudiendo utilizar para este propósito casi cualquier vehículo de mediano tamaño.

Se indica con detalle los fundamentos teóricos sobre los cuales se basa el diseño de cada una de las partes de la planta, y se hace especial énfasis en la descripción de los tipos de mecanismos seleccionados para realizar cada unos de los procesos de la planta. Existen diversos mecanismos que pueden realizar un mismo proceso, los mismos que se pueden consultar en detalle en las referencias bibliográficas indicadas.

Se analiza cada uno de los procesos que forman parte de la planta, procurando que el diseño de cada una de las partes que la componen sea del menor tamaño posible. La parte que más espacio ocupa en una planta es el área de sedimentación, por lo cual se utilizará un sedimentador de placas inclinadas, el cual ocupa un espacio reducido, hasta un 90% menos que los convencionales y cuya eficiencia no se ve afectada en gran medida con el aumento significativo de la carga superficial o turbidez del agua a tratar.

Cada una de las partes que conforman la planta se ubicará de manera que en su conjunto no excedan los límites de tamaño requeridos.

Se utilizará en lo posible diseños que no tengan partes móviles que requieran energía eléctrica para su funcionamiento, ya que el principal objetivo de la planta será trabajar en situaciones de emergencia como desastres naturales, por lo general en dichas situaciones el suministro de energía eléctrica no está disponible, por lo tanto la planta contará con un generador de energía eléctrica para su operación.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En el presente capitulo se dará a conocer las características del agua, el proceso de potabilización del agua que se debe seguir, así como las guías y normas recomendadas para garantizar el consumo seguro de la misma.

1.1. Definición del Problema

En los últimos años han ocurrido desastres naturales como erupciones de volcanes e inundaciones, provocando la movilización de personas a sitios, los cuales muchas de las veces no cuentan con la cantidad suficiente de agua o las fuentes no son seguras para el consumo humano, lo que representa un problema para la salud de los afectados, ya que están propensos a contraer enfermedades por uso de dichas fuentes.

Se requiere un suministro inmediato de agua potable para cubrir las necesidades más básicas que son el consumo y preparación de alimentos.

1.2. El Agua y su Calidad para el Consumo Humano

El agua es esencial para la supervivencia de las diferentes formas de vida, incluida la humana. En el cuerpo humano el agua representa aproximadamente el 75% de la masa corporal.

El termino calidad del agua es relativo al uso que se le dé al recurso. En este caso se refiere a la calidad el agua como un recurso que va a ser de consumo humano.

Para comprobar que el agua es potable, ésta debe ser inodora, incolora, e insípida, características que están más a la vista, adicional a esto se deben hacer pruebas para garantizar que cumple con los estándares mínimos para su consumo. Cuando la calidad del agua es aceptable ésta se denomina agua potable lo que significa que puede ser consumida sin riesgo para la salud.

El agua puede contener numerosos contaminantes como toxinas, compuestos inorgánicos, orgánicos y microorganismos, sin embargo, solo unos cuantos suponen un peligro para la salud. Por lo cual el método de potabilización debe analizarse para evitar utilizar recursos o procesos de manera innecesaria.

Características

Se consideran importantes las siguientes características:

- Turbidez
- Sólidos Suspendidos y Disueltos
- Color, olor y sabor
- Temperatura
- pH

Turbidez

Originada por las partículas en suspensión o coloidales, que reducen la transparencia del agua. La turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). Aunque los efectos de la turbidez del agua sobre la salud no son muy claros, ésta la hace poco agradable a la vista, lo que genera desconfianza y rechazo por parte del consumidor.

La turbidez neta del agua es causada por sistemas coloidales, cuyo tamaño de partículas está entre 10^{-3} a 110 µm.

En tamaños mayores a 110 µm se encuentran las partículas suspendidas las cuales se sedimentan cuando el agua se encuentra en reposo o en flujo laminar.

Sólidos Suspendidos y Disueltos

Los sólidos pueden encontrarse en el agua como suspendidos o disueltos, la suma de estos dos se conoce como Sólidos Totales Disueltos (STD).

Las partículas disueltas se encuentran hasta un tamaño de 10^{-3} µm, las mismas que no influyen en la turbidez pero si pueden definir su olor y color.

Color, Olor y Sabor

El Color puede estar relacionado o no a la turbidez, además intervienen, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, compuestos metálicos disueltos, materia orgánica.

El olor y el sabor están estrechamente relacionados y son el principal motivo de rechazo de parte de los consumidores. Se pueden considerar cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo.

Temperatura

Es muy importante ya que influye directamente en la aceleración o disminución de la actividad biológica, precipitación de compuestos, absorción de oxigeno, formación de depósitos, desinfección, floculación, sedimentación y filtración.

pH

No tiene efectos directos sobre la salud, pero influye en los procesos de floculación y desinfección, también pueden ser responsables de corrosión e incrustaciones en redes de distribución.

Cuando se trata con aguas muy ácidas, se puede añadir cal para poder realizar un mejor proceso de coagulación.

1.3 Proceso de Potabilización

La potabilización consiste en el paso del agua cruda por diferentes procesos o tratamientos hasta que finalmente sea apta para el consumo humano.

En la tabla 1, se muestran los diferentes procesos para el tratamiento del agua, de acuerdo a su complejidad en orden ascendente, en cuanto mayor grado, también será mayor el costo.

TABLA 1

CLASIFICACIÓN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA EN FUNCIÓN DE SU COMPLEJIDAD Y COSTO [1]

COMPLEJIDAD	PROCESO
1	• Cloración simple. • Filtración sencilla (rápida o lenta, en arena).
2	• Precloración y Filtración. • Aeración.
3	• Coagulación química. • Optimización de procesos para el control de los SPD.
4	• Tratamiento con Carbón Activado Granular (CAG). • Intercambio de iones.
5	• Ozonización.
6	• Procesos de oxidación avanzados. • Tratamiento con membranas.

Usar de manera independiente cada proceso resulta técnica y económicamente conveniente, ya que cada uno contribuye a la eliminación de sustancias no deseadas tanto orgánicas como inorgánicas.

A continuación se detallarán los procesos de potabilización más utilizados

Desinfección

Es una etapa importante para la potabilización del agua, porque mediante esto se destruyen los microorganismos patógenos, especialmente las bacterias. Los productos más usados son el cloro y el ozono.

Cloro

La desinfección comúnmente se realiza utilizando reactivos químicos como el hipoclorito de sodio o calcio, lo cual reduce en gran medida el riesgo de enfermedades.

Ventajas

- Es eficiente (hasta 99.7%)
- Bajo costo
- Fácil de aplicar
- Deja efecto residual
- Sistema simple y al alcance de todos

Desventajas

- Es corrosivo
- En cantidades excesivas produce sabor desagradable al agua.

La principal finalidad del cloro es la desinfección microbiana. El cloro actúa también como oxidante y puede ayudar a eliminar sustancias químicas como plaguicidas fácilmente oxidables, puede oxidar especies disueltas como el manganeso y formar productos insolubles que mediante una filtración posterior podrían eliminarse **[1].**

Ozono O_3

Ventajas

- El más eficiente de los compuestos químicos
- Se desintegra rápidamente en el agua
- Costo de desinfección bajo

Desventajas

- Costo elevado de producción
- Difícil mantenimiento del equipo
- Debe manipularse con mucho cuidado

Por lo descrito anteriormente se determina que el producto más adecuado para la desinfección en este caso será el cloro, el cual se encuentra como hipoclorito de sodio o calcio, el cual puede ser ingresado al inicio o al final de los procesos.

Hay que tener en cuenta que la desinfección no da una total seguridad del suministro. Ya que la turbidez puede proteger a los microorganismos de la desinfección.

Aireación

Consiste aumentar el área de contacto entre el agua y el aire, la aeración en la potabilización del agua se utiliza por las siguientes razones:

- Remoción de gases disueltos como el gas carbónico y sulfhídrico.
- Oxidar el Hierro y Manganeso, facilitando la decantación y filtración de los mismos.
- Remoción de sustancias causantes de olores y sabores, especialmente el gas sulfhídrico.

El proceso de aeración se considera exitoso si cumple con los siguientes requisitos:

- Concentración de oxigeno disuelto 7-10 ppm.
- Concentración de gas carbónico 3-5 ppm.
- Cuando hay ausencia total de gas sulfhídrico.

La aeración se realiza mediante aireadores, que pueden ser:

De gravedad

Los cuales dejan caer el agua por medio de cascadas o bandejas perforadas a una determinada altura para que entren en contacto con el aire. Ocupan un espacio mediano.

De Aspersión

Conocidos como Fuentes, son estéticas. Ocupan grandes espacios y no son económicos.

De Aire Difuso

Son tanques con tubos perforados o placas porosas que están distribuidos en el fondo, por los cuales se inyecta aire al sistema, como resultado se aumenta el área de contacto entre el agua y el aire por las burbujas que se producen.

Coagulación

Consiste en la desestabilización química mediante la anulación de las cargas eléctricas de las partículas e impurezas que se encuentran en suspensiones finas o en estado coloidal, para que estas se agrupen entre sí o alrededor del coagulante. La mayor parte de las partículas suspendidas poseen una carga eléctrica negativa y el coagulante que se añade tiene carga eléctrica positiva.

Se añaden al agua cruda compuestos químicos de aluminio o de hierro, para formar hidróxidos metálicos, los mismos que son retirados mediante la sedimentación o la filtración.

Como coagulante se puede usar sulfato de aluminio o policloruro de aluminio, los cuales brindan un mayor poder floculante que las sales de aluminio y hierro y aun bajo costo, sin embargo de estos dos últimos el policloruro de aluminio es más recomendable, por las siguientes razones:

- Mayor velocidad de coagulación y floculación.
- Menor gasto de coagulante (especialmente con alta turbidez).
- No aporta aluminio disuelto al agua.
- Menor turbidez final en el proceso.
- Efectividad en un amplio rango de pH.
- Igual rendimiento con distintas temperaturas.
- Remoción de color.

Prueba de Jarras (Jar Test).

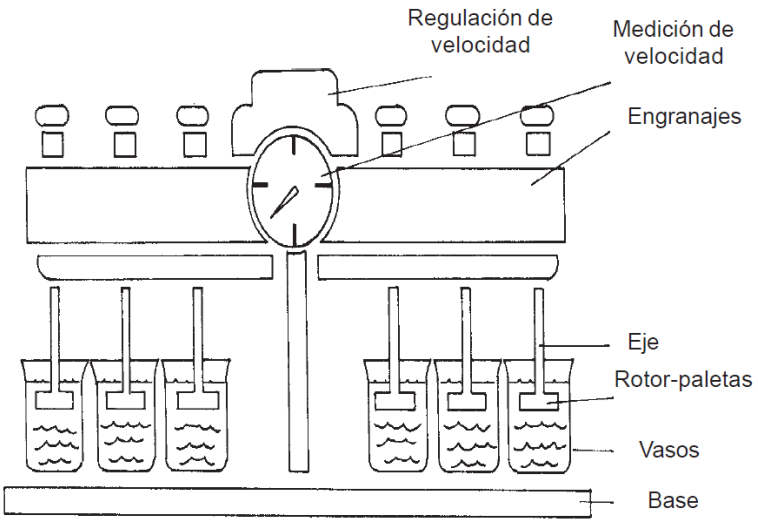


FIGURA 1.1. EQUIPO PARA PRUEBA DE JARRA

La prueba de jarra es uno de los ensayos más importantes para el diseño de la planta, a través de esta prueba se determinará la cantidad de coagulante óptima a dosificar, funciona como un tanteo en menor dimensión, para tener una idea de la efectividad del tratamiento en el sistema operativo. La figura 1.1 muestra las partes del equipo para realizar la prueba de jarras.

La técnica consiste en agregar cantidades conocidas de coagulante a varias jarras que contienen el agua que se va a tratar, se agita rápidamente durante un periodo de tiempo definido y luego agita lentamente por un periodo de tiempo de 10 minutos observando posteriormente la calidad característica del proceso de sedimentación de los flóculos, una vez que se ha cumplido la sedimentación se analizan los parámetros de turbidez y la dosis óptima de coagulante.

Se selecciona como dosis óptima aquella que logra una reducción significativa del color y la turbidez y con menor cantidad de coagulante.

En caso de que las características del agua cambien deberá realizarse nuevamente la prueba de jarras para determinar dosis óptima de coagulante.

Mezcla Rápida

La eficiencia del coagulante y por consiguiente la coagulación depende de la dosificación y la rápida mezcla. La mezcla rápida se puede realizar con unidades hidráulica o mecánicas.

Unidades hidráulicas

- Canaletas parshall
- Vertederos rectangulares
- Difusores
- Inyectores

Inyectores

De las unidades de mezcla rápida mencionadas anteriormente, los inyectores son los más eficientes y además ocupan un espacio muy reducido. Una multitud de chorros producen un flujo turbulento en la tubería de ingreso del agua cruda a la planta, generando una mezcla

instantánea y homogénea con tiempos menores a 1 segundo. El costo es muy reducido con respecto a las demás unidades de mezcla. La figura 1.2 muestra como se realiza la mezcla rápida con inyectores.

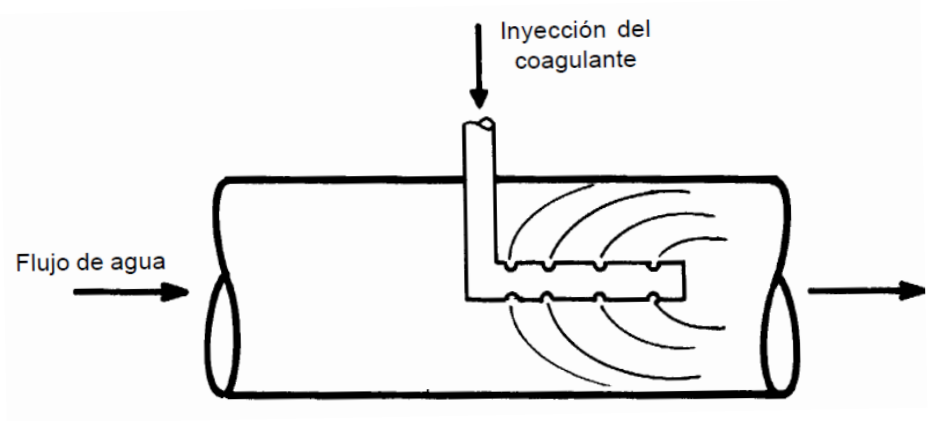


FIGURA 1.2. MEZCLADOR HIDRÁULICO (INYECTORES)

Para lograr la mezcla deseada, el gradiente de velocidad debe estar entre 1000 a 2000s^{-1} y el área cubierta por los chorros será al menos el 80% de la sección del tubo. El comportamiento de los chorros se muestra en la figura 1.3.

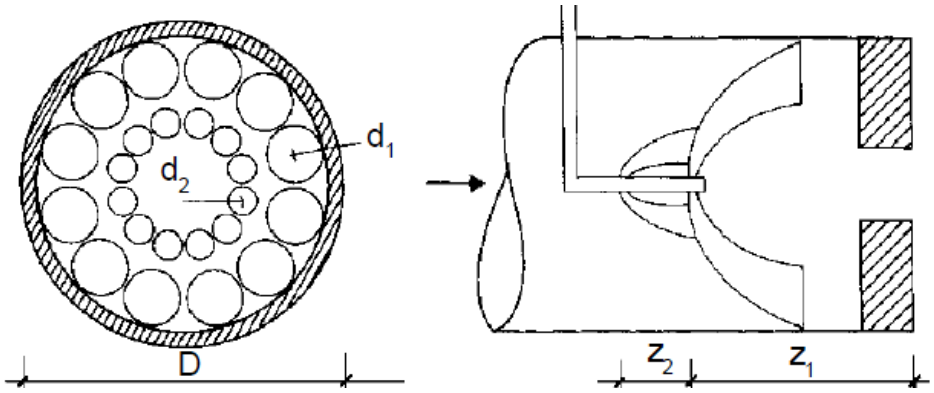


FIGURA 1.3. COMPORTAMIENTO DE LOS CHORROS CON EL USO DE INYECTORES

Unidades mecánicas

La mezcla rápida se realiza con agitadores tipo turbina, los cuales generan el movimiento del agua mediante la rotación de discos o paletas, pueden ser de flujo axial o radial.

Floculación

Una vez realizada la Coagulación el agua, esta requiere una agitación o mezcla lenta que permita que los microflóculos que se formaron puedan seguir aumentando de tamaño y se puedan sedimentar. Los gradientes de velocidad que optimizan el proceso normalmente varían entre 70 y 20 s^{-1}.

Los factores que influyen en la floculación son muy variados, entre los principales se tiene:

- Naturaleza del agua
- Variaciones de caudal
- Intensidad de agitación
- Tiempo de floculación
- Número de compartimentos de la unidad
- Gradiente de velocidad
- pH

De acuerdo al tipo de energía que utilizan los floculadores pueden ser clasificados en Hidráulicos y Mecánicos.

Floculadores Hidráulicos

Pueden operar indefinidamente sin riesgos de interrupción, debido a que solo dependen de la energía hidráulica, lo que hace que su operación sea muy confiable, además son muy eficientes y tiene bajos costos de construcción, operación y mantenimiento.

Tipos de Floculadores Hidráulicos:

- Pantallas (horizontales y verticales)
- Helicoidales
- Medios porosos
- Tuberías

Los floculadores hidráulicos de pantallas son los más utilizados, estos pueden ser de flujo horizontal o vertical, dentro de ellos el agua realiza un movimiento de vaivén contorneando las diversas pantallas tal como se muestra en la figura 1.4.

Los de Pantallas Horizontales son recomendados para caudales menores a 50 litros por segundo, mientras que para caudales mayores los de Pantallas Verticales son más apropiados.

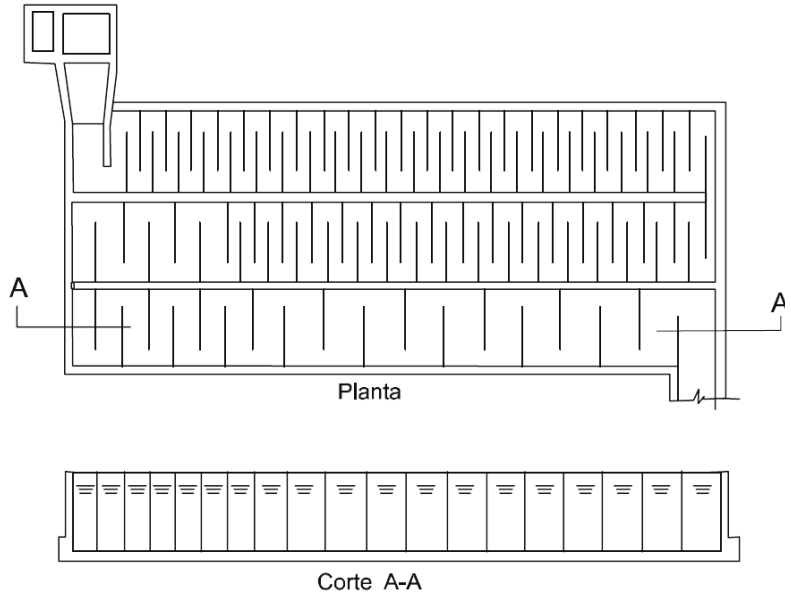
Floculadores Mecánicos

Utilizan fuentes de energía externa para generar la agitación. Por lo general son motores eléctricos con reductores de velocidad.

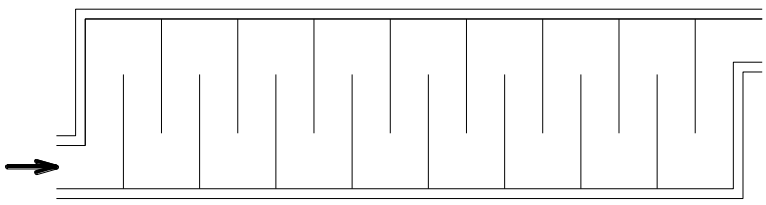
Tipos de Floculadores Mecánicos:

- Paletas
- Turbinas

Los floculadores mecánicos más utilizados son los de movimiento giratorio con paletas paralelas o perpendiculares al eje.



(a)



(b)

FIGURA 1.4. FLOCULADORES HIDRÁULICOS DE PANTALLAS (a) HORIZONTAL (b) VERTICAL

Sedimentación

Se entiende como la eliminación por efectos de gravedad de las partículas suspendidas en un fluido, para que esto suceda las partículas deberán tener un mayor peso específico que el fluido.

Luego de la Coagulación y la Floculación, la unión entre las partículas en esta fase se hace mayor, adquiriendo mayor tamaño y por ende mayor peso, esto va a permitir que se precipiten al fondo del sedimentador, para luego ser extraídas por la apertura de válvulas de drenaje.

Los factores que más favorecen a la sedimentación son:

- Aumento del Área de Sedimentación
- Disminución de la altura de precipitación de la partícula
- Flujo Laminar

Sedimentador Laminar de Placas Paralelas

Es uno de los tipos de sedimentadores mas económicos, eficientes y compactos para realizar la sedimentación de partículas en líquidos, la inclinación de las placas hace que el sedimentador tengan una mayor área de sedimentación en un espacio de hasta 90 por ciento menos que los sedimentadores convencionales, además, las partículas que se sedimentan

sobre las placas inclinadas se acumulan y caen por sí mismas al fondo del Sedimentador, lo que lo hace autolimpiable.

El área de sedimentación será igual a la suma del área proyectada de las placas sobre el plano horizontal.

Partes del Sedimentador

Zona de Entrada

Deberá permitir una distribución uniforme del caudal de agua floculada dentro del sedimentador para que todas las placas trabajen por igual, sin dejar de lado que el flujo debe ser laminar. Dependiendo del tamaño del sedimentador se usará un determinado distribuidor de caudal.

Para sedimentadores grandes que por lo general son obras civiles, se utilizan canales a lo largo de la unidad que puede tener ancho constante y profundidad variable o ancho variable y profundidad constante, es preferible que la variable sea la altura ya que esto permite compactar más el área de la planta.

Para sedimentadores pequeños se emplean tuberías (que por lo general son de PVC) a lo largo de la unidad con perforaciones o ramificación de tubería y se calcula la relación entre el diámetro de la tubería y los orificios con criterios de distribución uniforme.

Se puede admitir una desviación de caudales de 5% entre la primera y la última compuerta u orificio lateral de distribución.

Zona de Sedimentación

Esta zona se diseña en base a la velocidad crítica de sedimentación o carga superficial, la misma que de ser posible debe ser obtenida mediante pruebas de laboratorio.

El Número de Reynolds es otro factor importante para el correcto funcionamiento del sedimentador, de acuerdo con la literatura e investigaciones realizadas en prototipos, los sedimentadores de placas inclinadas se pueden diseñar con Números de Reynolds de hasta 500, sin que se obtengan disminuciones apreciables en la eficiencia alcanzada.

El grado de inclinación de las placas más recomendado y que mejor ha funcionado es de 60.

Zona de Recolección de Agua

Tiene la función de recolectar el fluido sin perturbar las partículas que se están sedimentando. Para la salida del agua se puede utilizar un vertedero, canales, tubos con perforaciones o una salida al final del sedimentador que tiene todo el ancho del mismo.

Zona Recolección de Lodos

Ubicada en la parte inferior del sedimentador, consta con tuberías y válvulas para la recolección de los lodos. La recolección de lodos deber realizarse procurando no generar corrientes o turbulencia que pueda volver a suspender las partículas sedimentadas.

Filtros de Arena

Las partículas suspendidas o coloidales del agua pueden separarse mediante el uso de filtros, los mismos que pueden ser:

- Filtros rápidos por gravedad
- Horizontales
- A Presión
- Filtros de Arena

Los tres primeros se consideran procesos físicos y pueden utilizarse para filtrar al agua bruta de manera directa sin tratamientos previos. La filtración lenta en arena es principalmente un proceso biológico.

El agua que sale del Sedimentador tiene una baja turbidez, para este tipo de aguas son más adecuados los filtros arena, los mismos que consisten en hacer pasar el agua a través de diferentes capas de arena y grava.

Las características del medio filtrante que influyen en la filtración son:

- Tipo del medio filtrante

- Características granulométricas del material filtrante;
- Peso específico del material filtrante
- Espesor de la capa filtrante.

Existen dos tipos de Filtros de Arena: Los de Lecho profundo y de presión.

Filtros de Lecho Profundo

Tienen la finalidad de remover sólidos suspendidos en el agua de tamaños promedio de 5 micras con arena y grava. Esto quiere decir que todo sólido en suspensión tales como tierra, polen, partículas pequeñas, etc. quedará retenido en el filtro para después ser desechado por el drenaje en el retrolavado. La operación de retrolavado se explicará en la operación de la planta.

Este proceso de filtración es del tipo profundo en donde la capa o también llamada cama superior de material filtrante es fragmentos de mayor tamaño, después el agua pasa a una capa de menor tamaño de fragmentos y por último pasa por una capa fina de fragmentos que hacen la filtración final.

Estas capas de material tienen diferente densidad, de tal forma que al retrolavarse las capas se acomodan siempre de fragmentos mayores en la parte superior a fragmentos finos en la inferior. Todo esto va soportado por una capa de grava. De esta manera se logra una gran capacidad de retención de sólidos suspendidos.

Filtros de Presión

Son similares a los filtros de lecho profundo, se diferencian en que la arena filtrante se coloca cilindros de acero u otra material que resista presiones de hasta 10 atmósferas. En este tipo de filtros se recomiendan velocidades de filtración inferiores a 15 m/h (la mayoría de fabricantes suelen utilizar velocidades inferiores a 10 m/h). Dicha velocidad también dependerá de la calidad del agua que ingresa al filtro, el valor podrá variar dependiendo del criterio del diseñador.

Como ventajas hay que señalar que necesitan menos superficie que los de gravedad y como inconvenientes, la dificultad de aplicación de reactivos a presión, el que ni el lecho filtrante ni el agua filtrada sean visibles, así como que tampoco pueda observarse la operación de lavado.

La turbidez y los microorganismos se eliminan principalmente en los primeros centímetros de arena, los cuales se sustituyen periódicamente ya que existe acumulación de sólidos. En la parte superficial del filtro se forma una capa biológica conocida como Schmutzdecke que elimina de manera eficiente los microorganismos, sustancias orgánicas, algunos plaguicidas y el amoniaco.

Filtro de Carbón Activado

El carbón activado es carbón poroso que se produce artificialmente, tiene un elevado grado de porosidad y una alta superficie interna. Estas

características, junto con la naturaleza química de los átomos de carbono que lo conforman, le dan la capacidad de atraer y atrapar de manera preferencial ciertas moléculas del fluido que rodea al carbón. A esta propiedad se le llama absorción.

El carbón activado se produce mediante el calentamiento controlado de material carbonoso, comúnmente madera, carbón, cáscaras de coco o turba, con esto se produce en el material una gran superficie específica que está entre los 500 y 1500 m^2/g, y una alta afinidad con los compuestos orgánicos. Una vez que se agota su capacidad de absorción puede reactivarse quemando de forma controlada las sustancias orgánicas adheridas, pero lo más recomendado es que se usen una sola vez y se deseche.

El carbón activado se aplica en forma de polvo CAP o granular CAG. En forma de polvo se añade al agua en forma de pasta y se separa en procesos posteriores junto con los lodos generados en los mismos. El CAG como filtro de lecho fijo es mucho más eficiente que el CAP añadido al agua y por lo tanto se necesitará menor cantidad de carbón por volumen de agua.

El carbón activado se usa para eliminar:

- Plaguicidas.
- Sustancias orgánicas que producen olores y sabores.

- Cianotoxinas.
- Carbón orgánico total.

Desde el punto de vista bacteriológico, los filtros constituyen una barrera sanitaria a los microorganismos, al tener una eficiencia de remoción superior a 99%.

1.4. Guías y Normas

En situaciones de desastres naturales o emergencias, el escaso suministro de agua potable puede generar enfermedades e infecciones, por lo cual para suministrar agua a la población afectada hay que tener muy presente varios factores tales como:

La cantidad de agua disponible y la fiabilidad del suministro.

Es la principal preocupación, ya que resultaría más viable lograr una calidad de agua aceptable antes que trasladar la población hacia otra fuente de agua.

La calidad de la fuente de agua bruta

Se debe procurar que la cantidad de agua necesaria provenga de fuentes lo menos contaminadas para así realizar los mínimos tratamientos antes de suministrarla a los usuarios.

Es necesario realizar inicialmente los análisis fisicoquímicos con la finalidad de caracterizarla.

Las fuentes de contaminación y la posibilidad de proteger la fuente de agua.

Debe ser primordial la protección de las fuentes de agua, independientemente de si se realizará o no la desinfección.

Para suministrar agua a las poblaciones en situación de emergencia, suelen usarse aguas superficiales, es preciso clarificar el agua siempre se que sea necesario antes de la desinfección, esto se puede realizar mediante tratamientos de floculación, sedimentación, filtración, etc.

La necesidad de desinfectar el agua de consumo

Es de vital importancia la desinfección del agua, para garantizar una prolongada desinfección residual, para así evitar el alto riesgo de brotes de enfermedades debido a las condiciones higiénicas que suelen presentarse en las situaciones de emergencia.

La Aceptabilidad

La aceptabilidad del agua por parte de los consumidores, se debe en gran medida a los aspectos de la calidad que pueden apreciar con los propios sentidos. Un color y olor desagradables que aunque pueden no representar un peligro para la salud, provocarían un rechazo y se podría recurrir a otras fuentes menos seguras.

Para que el agua sea considerada potable debe cumplir con los requerimientos mínimos, los mismos que son emitidos por entidades

nacionales e internacionales. La tabla 2 muestra los valores permisibles para cada parámetro de acuerdo con la Norma INEN 1108.

Los valores para cada parámetro deben garantizar la aceptabilidad estética del agua y no representar riesgos para la salud del consumidor.

TABLA 2

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108 AGUA POTABLE.

NTE INEN 1108		
Parámetro	**Unidad**	**Límite máximo permisible**
Características físicas		
Color	Unidades de color verdadero (UTC)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	--	No objetable
Sabor	--	No objetable
pH	--	6,5 – 8,5
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	1000
Inorgánicos		
Manganeso, Mn	mg/l	0,1
Hierro, Fe	mg/l	0,3
Sulfatos, SO4	mg/l	200
Cloruros, Cl	mg/l	250
Nitratos, N-NO3	mg/l	10
Nitritos, N-NO2	mg/l	0,0
Dureza total, CaCO3	mg/l	300
Arsénico, As	mg/l	0,01
Cadmio, Cd	mg/l	0,003

Cromo, Cr cromo hexavalente	mg/l	0,05
Cobre, Cu	mg/l	1,0
Cianuros, CN	mg/l	0,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Mercurio, Hg	mg/l	0,0
Selenio, Se	mg/l	0,01
Cloro libre residual	mg/l	0,3 – 1,5
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH3)	mg/l	1,0
Antimonio, Sb	mg/l	0,005
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,3
Cobalto, Co	mg/l	0,20
Estaño, Sn	mg/l	0,1
Fosforo, (P-PO4)	mg/l	0,1
Litio, Li	mg/l	0,2
Molibdeno, Mo	mg/l	0,07
Níquel, Ni	mg/l	0,02
Plata, Ag	µg/l	0,13
Potasio, K	mg/l	20
Sodio, Na	mg/l	200
Vanadio, V	µg/l	6
Zinc, Zn	mg/l	3
Flúor, F	mg/l	1,5
Radiactivos		
Radiación Total α	Bq/l	0,1
Radiación Total β	Bq/l	1,0
Orgánicos		
Tenso activos ABS (MBAS)	mg/l	0,0
Fenoles	mg/l	0,0
Residuos de Desinfectantes		
Mono, di y tri cloramina	µg/l	3

Cloro	µg/l	5

Calidad microbiológica del agua

Las Guías para la calidad del agua potable de la OMS indican que no es práctico monitorear cada agente patógeno que está en el agua y que el enfoque más lógico es detectar organismos que en su mayoría se encuentran en las heces de los seres humanos y de animales de sangre caliente. Siendo estos los indicadores microbiológicos: los coliformes termotolerantes y los coliformes totales. La detección de Escherichia Coli (E. coli) dará una mayor precisión de la contaminación fecal.

A través de la medición de los parámetros antes mencionados se podría garantizar en gran medida que el agua esté libre de microorganismos infecciosos.

El objetivo para todos los sistemas de abastecimiento de agua es que el recuento de E. Coli por cada 100 ml de agua sea nulo y este debería ser el objetivo incluso en situaciones de emergencia, sin embargo puede ser difícil lograrlo en el periodo inmediatamente posterior a una catástrofe, lo que pone de manifiesto la necesidad de una desinfección adecuada. Si se detecta E. coli debe investigarse inmediatamente su origen para analizar qué acciones se pueden ejecutar para evitar la contaminación.

El agua turbia debe clarificarse siempre que sea posible para que su desinfección sea eficaz. Las concentraciones objetivo mínimas de cloro en el lugar de suministro son de 0,2 mg/l en circunstancias normales y de 0,5 mg/l en circunstancias de riesgo alto.

El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos Microbiológicos, de acuerdo con la Norma Técnica NTE INEN 1108.

TABLA 3

REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA NTE INEN 1108

Descripción	Máximo
Coliformes Totales NMP/100ml	<2
Coliformes Fecales NMP/100ml	<2
Criptosporidium número de quistes/100 lt	ausencia
Giardia Lambia número de quistes/100 lt	ausencia

Para la selección de un sistema de tratamiento deben realizarse los siguientes análisis:

- E. Coli, se aceptan como variante las bacterias coliformes fecales
- Turbidez

Se realizará un análisis químico del agua para caracterizarla, además de esto se realizará la Prueba de Jarras para determinar la cantidad óptima y

el tipo de coagulante a dosificar, con esto se tendrá una idea más clara de los procesos y su efectividad en el sistema operativo de la planta.

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DE LA PLANTA

A continuación se detallan los requerimientos y limitaciones sobre los cuales se basará el diseño y funcionamiento de la planta. También los análisis químicos y pruebas que se deben realizar a las fuentes de agua a utilizar.

Para potabilizar el agua se utilizarán tratamientos físicos, químicos y bacteriológicos. Con los requerimientos, limitaciones y análisis químicos realizados se diseñan las partes y se selección de equipos que forman la planta, la cual realizará los siguientes procesos: Coagulación, Floculación, Sedimentación, Filtración y Desinfección.

2.1. Requerimientos del Diseño

Capacidad

Ser capaz de suministrar agua potable a pequeñas poblaciones o campamentos que no superen las 400 personas en el caso de suministrar 120 litros por persona diariamente y 3000 personas en el caso de suministrar 15 litros por persona diariamente que es el mínimo que necesita una persona.

Cada una de las unidades de la planta de tratamiento será diseñada para el caudal máximo diario.

Funcionamiento

Contará con una generador eléctrico incorporado para que la planta trabaje independientemente de si hay o no energía eléctrica en los lugares donde va a funcionar. Deberá tener la menor cantidad de partes móviles posibles que requieran energía eléctrica para funcionar.

Para su fácil operación contará con un tablero de control, el mismo que deberá ser fácil de operar.

La planta debe ser capaz de funcionar 24 horas por día.

Almacenamiento

Una vez que el agua es potabilizada, esta es conducida a un tanque el cual cumple como función almacenarla para luego distribuirla. Este debe ser fácil de transportar, armar, desarmar y limpiar.

Transportabilidad

La transportabilidad tiene que ver con el peso y el tamaño de la planta, la planta deberá ser llevada en un remolque para ser de fácil movilidad por cualquier automóvil.

Peso

Debe ser lo suficientemente liviana como para que pueda ser remolcada por un vehículo pequeño.

Tamaño

El tamaño es muy importante ya que esto determinará si se puede o no transportar con facilidad y rapidez usando automotores livianos.

Las dimensiones finales no deberán exceder:

Alto: 2 metros

Ancho: 2 metros

Largo: 3 metros

Material para Fabricación

El material elegido para la fabricación es el acero inoxidable austenítico AISI 304L, estabilizado al carbono, lo que garantiza resistencia a la

corrosión intercristalina, por tanto no necesita tratamiento térmico post-soldadura. Principalmente utilizado en las industrias alimenticias, químicas o petroquímicas, ya que tiene una excelente resistencia a la corrosión en varios ambientes y es más factible de conseguir en nuestro medio.

Mantenimiento

El funcionamiento de la planta será en casos de emergencia, es decir temporalmente hasta que se restablezca el normal abastecimiento de la misma. Por lo tanto el mantenimiento será en base a los cambios en los parámetros normales de trabajo, como pueden ser la turbidez del agua o variaciones de caudal y presión.

2.2. Limitaciones del Diseño

Fuente de Agua Cruda

Cuando se trabaja con estas plantas de emergencia siempre se selecciona el mejor sitio como fuente de agua, de preferencia agua de pozo por tener generalmente un bajo grado de contaminación o de un río del que exista información que no contiene contaminantes que no puedan ser eliminados con los procesos que realiza la planta potabilizadora.

En caso de que la fuente sea demasiado turbia se deberá instalar desarenadores o presedimentadores previos al ingreso del agua a la planta.

La fuente de agua no deberá contener metales pesados o sustancias muy nocivas para el consumo humano que no puedan ser tratadas por el conjunto de procesos que constituyen la planta, en caso de ser así deberá cambiarse la fuente de agua.

2.3. Análisis de la Fuente de Agua

Se debe conocer las características que posee el agua que se quiere potabilizar, en base a esto se realiza la prueba de jarras para poder determinar las cantidades óptimas de los reactivos químicos a utilizar y el correcto dimensionamiento de las partes de la planta.

2.3.1. Características de la Fuente de Agua

Para saber si el agua puede o no ser tratada se debe realizar un análisis de laboratorio. Dicho análisis también se realizará una vez que el agua sea potabilizada por la planta, para verificar si cumple con las normas locales.

Los valores promedio de las características de la fuente del agua a tratar se muestran en la tabla 4, además se indican también los valores guías y recomendados por la OMS y las Normas INEN 1108 para el agua potable.

2.3.2. Prueba de Jarras

La prueba de jarra se inicia tomando una muestra de agua cruda de 6 litros, se agita la muestra para homogenizar. Se utilizan 6 jarras

de 1000 mililitros cada una, se llenan cada una con un volumen de 1000 ml y se coloca dentro del equipo, como se muestra en la figura 2.1.

El equipo utilizado para este fin es el aparato de Prueba de Jarra, el cual consta de: Un agitador mecánico regulable, con sus ejes provistos de paletas, con capacidad para operar a velocidades de 0 a 150 revoluciones por minuto, recipientes o vasos precipitados de 100 mililitros.

TABLA 4

VALORES PROMEDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA A TRATAR

Parámetro	Unidad	Valores Iniciales	Guías OMS 2006	Guías INEN 1108
Físicas				
Temperatura	ºC	28	-	-
PH	-	6.8	6.5-8.5	6.5-8.5
Turbidez	NTU	48.6	5	5
Color	UPC	20	15	15

Sólidos disueltos totales	mg/l	1280	1000	1000
Químicas				
Alcalinidad	mg/l	110	-	-
Calcio	mg/l	30	-	-
Dureza total	mg/l	100	-	300
Hierro	mg/l	0.3	0.3	0.3
Cloruros	mg/l	5	250	250
Índice de Langelier	-	0.5	-	-
Sanitarias				
Amoniaco	mg/l	0.1	-	1
Nitratos	mg/l	0.1	-	10
Sulfatos	mg/l	10	-	200
Fosfatos	mg/l	0.8	250	-
Manganeso	mg/l	-	0.1	-
Bacteriológico				
Coli-totales	NMP/100 ml	1200	0	<2
Coli-fecales	NMP/100 ml	63	0	<2

FIGURA 2.1. EQUIPO PARA PRUEBA DE JARRA

Las pruebas se realizarán con dos coagulantes con base de aluminio para determinar cuál de ellos cumple de mejor manera con los requerimientos establecidos.

- Sulfato de Aluminio
- Policloruro de Aluminio

Preparación de la Solución de Floculante

Preparar la solución al 1 por ciento, agregando agua destilada a 10 gramos floculante hasta completar 1 litro.

Colocar en cada una de las 6 jarras 1 litro de agua cruda y llevarlas dentro del equipo.

Poner en marcha todo el sistema, es decir todas las jarras deben tener las paletas moviéndose en su interior a la velocidad establecida (150rpm).

Las dosis de la solución que se agregarán a cada una de las jarras deben ser diferentes, para poder definir por comparación cual es la óptima, en base a los resultados que se obtengan de las seis jarras.

Las dosis de coagulante y el volumen de la solución a aplicarse en cada una de las jarras están dados en la tabla 5.

TABLA 5

DOSIS DE COAGULANTE A AÑADIR EN CADA JARRA

Jarra	Dosis de solución (ml)	Dosis de coagulante (mg/lt)
1	0.5	5
2	1.0	10
3	1.5	15
4	2.0	20
5	2,5	25
6	3.0	30

Graduar la velocidad del equipo a 150 revoluciones por minuto (rpm) y agregar la dosis de la solución simultáneamente a todas las jarras,

apuntando la pipeta hacia las paletas, por ser el punto de mayor agitación dentro de la jarra, a partir de ese instante se produce la mezcla rápida la cual dura un minuto, cumplido este tiempo se varía la velocidad a 20, 30 o 40 revoluciones por minuto por un tiempo establecido para la mezcla lenta.

Al término de la mezcla lenta apagar el equipo y dejar en reposo unos minutos para que ocurra la sedimentación. Se levantan los agitadores y se retiran lentamente las jarras para no mover las muestras.

Cumplidos los cinco minutos, se toma una muestra del agua clarificada de todas las jarras para determinar el contenido de turbidez en cada muestra con ayuda de un espectrofotómetro o por colorimetría.

Dosis Óptima de Coagulante

Ensayo de Jarra Nº 1

La tabla 6 muestra los datos y parámetros para realizar la prueba de jarras Nº1.

TABLA 6

DATOS Y PARÁMETROS PARA EL ENSAYO DE JARRAS Nº1

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Coagulante	Sulfato de Aluminio y

	Policloruro de Aluminio
Turbidez inicial	48.6 NTU
Volumen de muestra	1000ml
Tiempo de mezcla rápida	1 minutos a 150 rpm
Tiempo de mezcla lenta	10 minutos a 30 rpm
Tiempo de reposo	5 minutos

TABLA 7

VARIACIÓN DE LA TURBIDEZ EN FUNCIÓN DE LA DOSIS DE SULFATO DE ALUMINIO

		JARRA				
Parámetros	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Dosis coagulante (mg/l)	5	10	15	20	25	30
Turbidez (NTU)	27.70	19.50	12.31	**5.50**	7.74	6.87

Las tablas 7 y 8 muestran como varía la turbidez en función de la dosis de Coagulante usado, Sulfato de Aluminio y Policloruro de Aluminio respectivamente, bajo los mismos parámetros para el ensayo de jarras Nº1.

TABLA 8

VARIACIÓN DE LA TURBIDEZ EN FUNCIÓN DE LA DOSIS DE POLICLORURO DE ALUMINIO

	JARRA					
Parámetros	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Dosis coagulante (mg/l)	5	10	15	20	25	30
Turbidez (NTU)	10,50	6,70	2,40	3,20	5,00	5,61

Ensayo de Jarra Nº 2

La tabla 9 muestra los datos y parámetros para realizar la prueba de jarras Nº2.

Las tablas 10 y 11 muestran como varía la turbidez en función de la dosis de Coagulante usado, Sulfato de Aluminio y Policloruro de Aluminio respectivamente, bajo los mismos parámetros para el ensayo de jarras Nº2

TABLA 9

DATOS Y PARÁMETROS PARA EL ENSAYO DE JARRAS Nº2

PARÁMETRO	**DESCRIPCIÓN**
Coagulante	Sulfato de Aluminio y Policloruro de Aluminio
Turbidez inicial	48.6 NTU
Volumen de muestra	1000ml
Tiempo de mezcla rápida	1 minutos a 150 rpm
Tiempo de mezcla lenta	20 minutos a 30 rpm
Tiempo de reposo	10 minutos

TABLA 10

VARIACIÓN DE LA TURBIDEZ EN FUNCIÓN DE LA DOSIS DE SULFATO DE ALUMINIO

	JARRA					
Parámetros	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Dosis coagulante (mg/l)	5	10	15	20	25	30
Turbidez (NTU)	20,20	16,20	15,40	4,50	7,00	6,50

Ensayo de Jarra Nº 3

La tabla 12 muestra los datos y parámetros para realizar la prueba de jarras Nº3.

TABLA 11

VARIACIÓN DE LA TURBIDEZ EN FUNCIÓN DE LA DOSIS DE POLICLORURO DE ALUMINIO

	JARRA					
Parámetros	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Dosis coagulante (mg/l)	5	10	15	20	25	30
Turbidez (NTU)	10,00	6,20	2,00	3,00	4,50	3,00

TABLA 12

DATOS Y PARÁMETROS PARA EL ENSAYO DE JARRAS Nº3

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Coagulante	Sulfato de Aluminio y Policloruro de Aluminio
Turbidez inicial	48.6 NTU
Volumen de muestra	1000ml
Tiempo de mezcla rápida	1 minutos a 150 rpm
Tiempo de mezcla lenta	20 minutos a 40 rpm
Tiempo de reposo	5 minutos

Las tablas 13 y 14 muestran como varía la turbidez en función de la dosis de Coagulante usado, Sulfato de Aluminio y Policloruro de Aluminio respectivamente, bajo los mismos parámetros para el ensayo de jarras Nº3.

TABLA 13

VARIACIÓN DE LA TURBIDEZ EN FUNCIÓN DE LA DOSIS DE SULFATO DE ALUMINIO

		JARRA				
Parámetros	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Dosis coagulante (mg/l)	5	10	15	20	25	30
Turbidez (NTU)	7,00	4,80	3,20	1,85	1,70	2,10

TABLA 14

VARIACIÓN DE LA TURBIDEZ EN FUNCIÓN DE LA DOSIS DE POLICLORURO DE ALUMINIO

	JARRA					
Parámetros	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Dosis coagulante (mg/l)	5	10	15	20	25	30
Turbidez (NTU)	6,40	4,00	1,50	2,20	3,50	2,10

Los mejores resultados obtenidos para cada uno de los coagulantes fueron en el Ensayo de Jarras Nº3, mostrados en la tabla 15, de donde se puede ver que el mejor coagulante es el Policloruro de Aluminio ya que con una menor cantidad se logra obtener una menor Turbidez del agua cruda a tratar, cuyo valor esta dentro de los requisitos que exige la Norma Ecuatoriana INEN 1108 para agua potable.

TABLA 15

DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE CADA COAGULANTE

COAGULANTE	**DOSIS DE COAGULANTE (mg/lt)**	**TURBIDEZ (NTU)**
Sulfato de aluminio	25	1.7
Policloruro de aluminio	**15**	**1.5**

2.4. Diseño de Forma

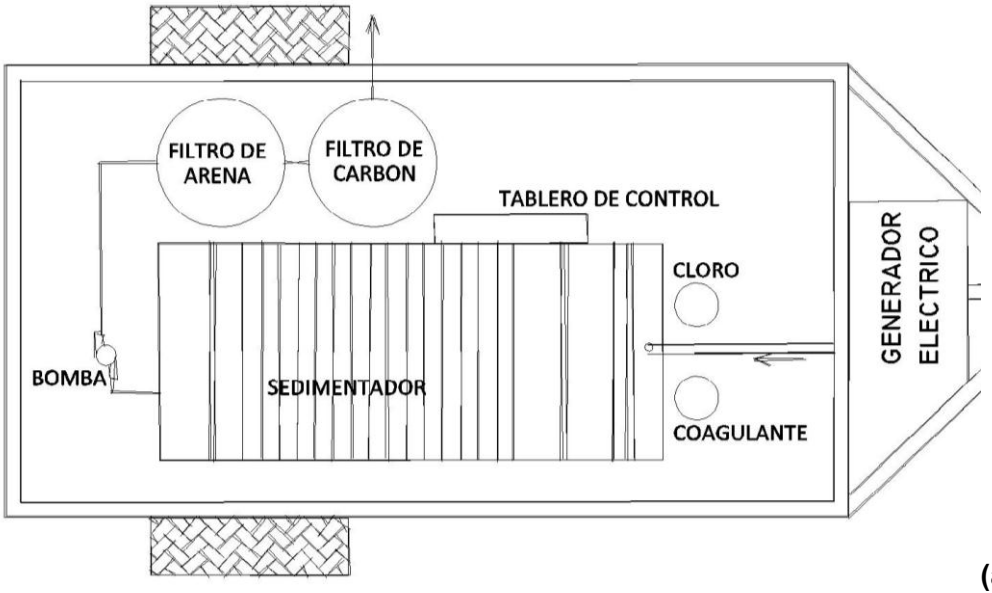
La planta contará con los siguientes procesos:

- Coagulación
- Floculación
- Aireación (opcional)
- Sedimentación
- Filtración
- Desinfección

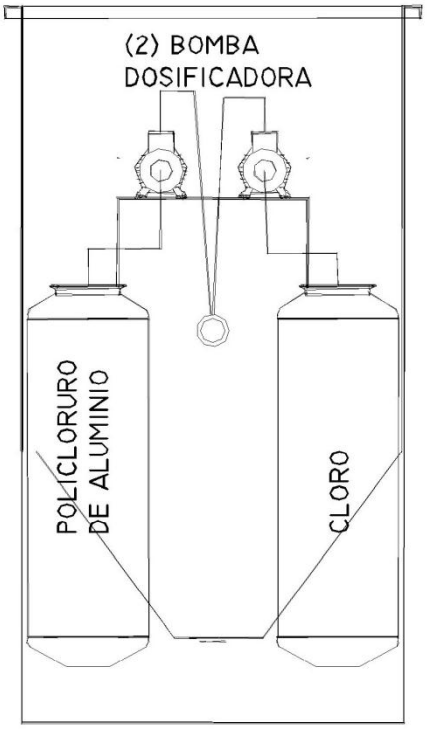
Procurando que el diseño sea compacto y de dimensiones pequeñas, los procesos de Coagulación, Floculación, Aireación y Sedimentación se realizarán dentro de una misma área como se muestra en la figura 2.2.

Los filtros de arena y carbón activado son recipientes cilíndricos verticales ubicados lateralmente al sedimentador, tratando de dejar espacio suficiente para la ubicación del tablero de control y para la persona que operará la planta.

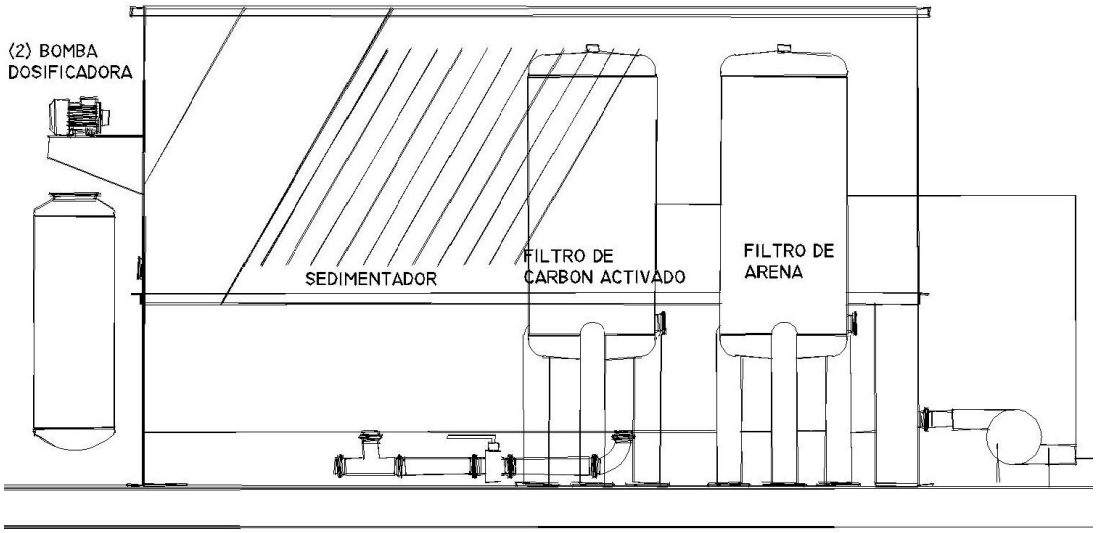
La planta debe estar dentro de una estructura rígida que le permita ser levantada en su conjunto y ser ubicada sobre remolque para su transporte.


FILTRO DE ARENA
FILTRO DE CARBON
TABLERO DE CONTROL
CLORO
GENERADOR ELECTRICO
BOMBA
SEDIMENTADOR
COAGULANTE

(a)


(2) BOMBA DOSIFICADORA
POLICLORURO DE ALUMINIO
CLORO

(b)



(c)

FIGURA 2.2. DISEÑO DE FORMA DE PLANTA POTABILIZADORA
(a) PLANTA (b) POSTERIOR (c) LATERAL

2.5. Diseño de la Planta

Con los datos obtenidos en los subcapítulos anteriores se procede al diseño de cada una de las partes de la planta potabilizadora.

2.5.1. Coagulación y Floculación

En la tabla 14 se puede observar que el mejor coagulante es el Policloruro de Aluminio (PAC) con una dosis de 15mg/l, ya que con una menor cantidad se logra obtener una menor turbidez del agua cruda a tratar, cuyo valor esta dentro de los requisitos que exige la Norma Ecuatoriana INEN 1108 para agua potable (≤ 5 NTU).

Preparación de la Solución de PAC

Se disuelve un saco de 25 Kg de PAC en agua clarificada hasta completar 200 litros.

$$\text{Solución} = \frac{25\ \text{Kg}}{200\ \text{l}} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{Kg}}$$

$$\text{Solución} = 125\ \text{g/l}$$

Dosificación de Coagulante

Cantidad de PAC utilizado por día

$$\textbf{Cantidad de PAC} = \textbf{Dosis} \times \textbf{Q} \qquad \textbf{(1)}$$

Donde:

Dosis: 15 mg/l

Q= caudal de agua a tratar 50m^3/día (2.08m^3/h)

$$\text{Cantidad de PAC} = 15\ \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times \frac{1\ \text{g}}{10^3\ \text{mg}} \times 50000\ \frac{\text{l}}{\text{dia}}$$

$$\text{Cantidad de PAC} = 750\ \text{g/dia}$$

Caudal de la Solución de PAC a dosificar Q_D

$$\mathbf{Q_D} = \frac{\textbf{Dosis}}{\textbf{Solucion}} \times \mathbf{Q} \qquad \textbf{(2)}$$

Donde:

Dosis= 15 mg/l (15 gr/m^3)

$$Q_D = \frac{15\ \text{g/m}^3}{125\ \text{g/l}} \times 2{,}08\ \text{m}^3/\text{hr}$$

$$Q_D = 0{,}25\ \text{l/hr}$$

Calibración del dosificador para obtener el caudal deseado de PAC

La capacidad de bomba dosificadora es de 6 litros por hora a una presión de 7 Bar (las especificaciones se indican más adelante). Por razones operativas la bomba debe trabajar a un caudal mayor al calculado anteriormente, por lo tanto se diluye aún más la solución de PAC con agua destilada a razón de 1 litro de solución en 10 litros de agua, obteniendo una nueva solución.

$$S_T = \frac{V_{soluto}}{V_{soluto}+V_{solvente}} \quad \textbf{(3)}$$

Donde:

S_T= solución de trabajo

$$S_T = \frac{1\,l}{1\,l + 10\,l} = 0{,}091$$

$$S_T = 0{,}091$$

Caudal de trabajo de la bomba dosificadora

$$Q_T = \frac{Q_D}{S_T} \quad \textbf{(4)}$$

$$Q_T = \frac{0{,}25\,l/hr}{0{,}091}$$

$$Q_T = 2.75\,l/hr$$

Ajuste de la Relación de Frecuencia

$$\%f = \frac{Q_T}{Q_N} \times 100 \quad \textbf{(5)}$$

Donde:

Q_N= 6 l/h caudal nominal de la bomba dosificadora.

$$\%f = \frac{2.75\ l/hr}{6\ l/hr} \times 100$$

$$\%f = 45.9\%$$

Con una carrera del 100%, la regulación de frecuencia debe ser del 46%.

Diseño del Inyector

Parámetros de Diseño:

- La relación (Rc) entre la velocidad de los chorros (V_c) y la velocidad del agua dentro de la tubería de ingreso (V_a) debe ser mayor igual a 5.
- Tiempos de mezcla menores a 1 segundo.
- El área cubierta por los chorros será al menos el 80% de la sección del tubo.
- El gradiente de velocidad debe ser 1000 a 2000s^{-1}.

Se asume un diámetro de la tubería de ingreso d_t= 1 ½" o su equivalente 0.038m

d_i =diámetro del orificio del inyector 1era y 2da hilera.

Q= 50m^3/día (5.787x$10^{-4}$$m^3$/s) caudal del agua cruda.

Velocidad del agua en la tubería de ingreso V_a

$$\mathbf{V_a = \frac{Q}{A_{st}}} \quad \textbf{(6)}$$

Donde:

A_{st}= área de la sección de la tubería de ingreso

$$\mathbf{A_{st} = \frac{\pi d_t^{\,2}}{4}} \quad \textbf{(7)}$$

$$A_{st} = \frac{\pi(0.038\text{m})^2}{4}$$

$$A_{st} = 1.134(10)^{-3}\text{m}^2$$

Reemplazando en la ecuación (6)

$$V_a = \frac{5.787(10)^{-4}\text{m}^3/\text{s}}{1.134(10)^{-3}\text{m}^2}$$

$$V_a = 0.51\text{m/s}$$

Velocidad del chorro V_c

$$\mathbf{V_c = R_c V_a} \quad \textbf{(8)}$$

$$V_c = 5 \times 0.51\text{m/s}$$

$$V_c = 2.55\text{m/s}$$

Diámetro de los orificios de la primera hilera d_1

Se asume que el diámetro cubierto del tubo de ingreso debido a la zona de máxima deflexión de los chorros de la primera hilera es igual a la mitad del diámetro del tubo.

$$\mathbf{d_1 = \frac{X_{s1}}{3.58R_c}} \quad \textbf{(9)}$$

Donde:

X_{s1}= diámetro cubierto por los chorros de la primera hilera (0.038m/2 = 0.019m)

$$d_1 = \frac{0.019\text{m}}{3.58 \times 5}$$

$$d_1 = 1.061(10)^{-3}\text{m}$$

$$d_1 = 1\text{mm}$$

El diámetro del chorro producido por el orificio de 1mm se obtiene de la siguiente ecuación.

$$\mathbf{d_{X1} = 1.741 d_1 R_c} \quad \textbf{(10)}$$

$$d_{X1} = 1.741 \times 0.001\text{m} \times 5$$

$$d_{X1} = 9.23(10)^{-3}\text{m}$$

Área cubierta por los chorros de la primera hilera

Se realizan en la primera hilera 11 perforaciones de 1mm de diámetro (N_1=11)

$$\mathbf{A_1 = \frac{\pi}{4} N_1 {d_{X1}}^2} \quad \textbf{(11)}$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times 11 \times (9.23(10)^{-3}\text{m})^2$$

$$A_1 = 7.36(10)^{-4}\text{m}^2$$

La longitud que alcanzan los chorros de la primera hilera (Z_1) se obtiene de la siguiente ecuación.

$$\mathbf{Z_1 = 10 d_1 R_c} \quad \textbf{(12)}$$

$$Z_1 = 10 \times 0.001\text{m} \times 5$$

$$Z_1 = 0.05\text{m}$$

X_{s2}= 0.019m/2= 0.0095m diámetro cubierto por los chorros de la segunda hilera

$$\mathbf{d_2 = \frac{X_{s2}}{3.58 R_c}} \quad \textbf{(13)}$$

$$d_2 = \frac{9.5(10)^{-3}\text{mm}}{3.58 \times 5}$$

$$d_2 = 5.307(10)^{-4}\text{m}$$

$$d_2 = 0.5\text{mm}$$

El diámetro del chorro producido por el orificio de 0.05mm se obtiene de la siguiente ecuación.

$$\mathbf{d_{X2} = 1.741 d_2 R_c} \quad \textbf{(14)}$$

$$d_{X2} = 1.741 \times 0.0005\text{m} \times 5$$

$$d_{X2} = 4.62(10)^{-3}\text{m}$$

Área cubierta por los chorros de de la segunda hilera A_2

Se realizan en la segunda hilera 11 perforaciones de 0.5mm de diámetro (N_2=11).

$$\mathbf{A_2 = \frac{\pi}{4} N_2 d_{X2}{}^2} \quad \textbf{(15)}$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} 11 \times (4.62(10)^{-3}\text{m})^2$$

$$A_2 = 1.844(10)^{-4}\text{m}^2$$

La longitud que alcanzan los chorros de la segunda hilera Z_2 se obtiene de la siguiente manera.

$$\mathbf{Z_2 = 3 d_2 R_c} \quad \textbf{(16)}$$

$$Z_2 = 3 \times 5(10)^{-4}\text{m} \times 5$$

$$Z_2 = 7.5(10)^{-3}\text{m}$$

El área total cubierta por los chorros de la primera y segunda hilera A_c

$$\mathbf{A_c = A_1 + A_2} \quad \textbf{(17)}$$

$$A_c = 7.36(10)^{-4}\text{m}^2 + 1.844(10)^{-4}\text{m}^2$$

$$A_c = 9.214(10)^{-4}\text{m}^2$$

Porcentaje de la sección de la tubería de ingreso cubierta por los chorros del inyector P_{tc}

$$\mathbf{P_{tc} = \frac{A_c}{A_{st}} \times 100} \quad \textbf{(18)}$$

$$P_{tc} = \frac{9.214(10)^{-4}\text{m}^2}{1.134(10)^{-3}\text{m}^2} \times 100$$

$$P_{tc} = 81.37\%$$

Caudal del Coagulante q_c

$$\mathbf{q_c = \frac{\pi}{4} V_c (N_1 {d_1}^2 + N_2 {d_2}^2)} \quad \textbf{(19)}$$

$$q_c = \frac{\pi}{4} \times 2.55\text{m/s}[11 \times (0.001\text{m})^2 + 11 \times (0.0005\text{m})^2]$$

$$q_c = 2.754(10)^{-5}\text{m}^3/\text{s}$$

Pérdida de carga a la salida de los orificios del inyector h_o

$$h_o = \frac{KV_c^2}{2g} \quad (20)$$

Donde:

g= 9.8m/s^2 aceleración de la gravedad

K= 1 coeficiente de pérdida de carga de los orificios

$$h_o = \frac{1 \times (2.55m/s)^2}{2 \times 9.8m/s^2}$$

$$h_o = 0.332m$$

Gradiente de velocidad G_c

$$G_c = \sqrt{\frac{\rho q_c h_o}{\nu V_{cm}}} \quad (21)$$

Donde:

v= 1.0105(10)$^{-4}$ Kg.s/m^2 viscosidad del agua @ 20ºC

V_{cm}= volumen de la zona de mezcla

ρ= densidad del agua 1000Kg/m^3

$$V_{cm} = \frac{\pi}{4} d_t^2 (Z_1 + Z_2) \quad (22)$$

$$V_{cm} = \frac{\pi}{4}(0.038m)^2(0.05m + 0.0075m)$$

$$V_{cm} = 6.52(10)^{-5}m^3$$

$$G_c = \sqrt{\frac{1000Kg/m^3 \times 2.754(10)^{-5}m^3/s \times 0.332m}{1.0105(10)^{-4}Kg.s/m^2 \times 6.52(10)^{-5}m^3}}$$

$$G_c = 1178\ s^{-1}$$

Tiempo de Mezcla T_m

$$T_m = \frac{V_{cm}}{(Q+q_c)} \qquad (23)$$

$$T_m = \frac{6.52(10)^{-5}m^3}{(5.787(10)^{-4}m^3/s + 2.754(10)^{-5}m^3/s)}$$

$$T_m = 0.107\ s$$

Floculación

La floculación se realizará con una mezcla de los dos procesos hidráulicos de pantallas, de flujo vertical y el horizontal, lo que resulta en una floculación más eficiente y en menos espacio que si se usará solo uno de ellos. Las dimensiones del floculador al igual que el resto de los equipos de la planta están limitadas por el espacio requerido, esto sin dejar de lado requerimientos técnicos para que cumpla con el resultado esperado.

Las dimensiones y la distribución de las placas esta dado por el diseño de forma y el tamaño requerido de la planta, los mismos que se detallan en el anexo de los planos.

Criterios para el diseño del floculador

- El espaciamiento entre el extremo de la pantalla y la pared del tanque (a_v) es decir, el paso de un canal a otro se deberá hacer igual a 1,5 veces el espaciamiento entre pantallas o ancho del canal (e_p).
- Las pantallas deben cruzarse entre sí como mínimo 1/3 del ancho de la unidad floculadora, esto es para que no exista cruces de agua.
- El gradiente de velocidad que da buenos resultados al proceso normalmente varía entre 70 y 20 s^{-1}.

Verificación del gradiente de velocidad

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}}\sqrt{\frac{h_f}{T_r}} \quad \textbf{(24)}$$

$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}}$ = 3115 @ 20ºC

h_f = pérdida total de carga (m)

T_r = tiempo de retención (s)

Pérdida total de carga h_f

$$h_f = h_1 + h_2 \quad \textbf{(25)}$$

h_1= pérdidas debidas a la fricción en los canales

h_2= pérdidas debidas a los cambios de dirección en las vueltas

$$h_1 = L_c\left(\frac{nV_{flo}}{R_h^{2/3}}\right)^2 \quad \textbf{(26)}$$

$$h_2 = \left(K\frac{V_{flo}^2}{2g}\right)N_v \quad (27)$$

L_c = N_v x B_f longitud de los canales

n= 0.01 (acero) coeficiente de rugosidad de Manning

V_{flo}= velocidad de flujo en los canales formados por las pantallas

R_h = radio hidráulico

K= 2 coeficiente de pérdida de carga en las vueltas

g= 980 cm/s^2 aceleración de la gravedad

N_v= 10 número de vueltas o pasos entre canales

a_v= 37.5mm (0.0375m) ancho de la vuelta (1.5e_p)

B_f= 110mm (11cm) ancho de la unidad floculadora

C_p= 36.6mm (1/3 B_f) distancia que traslapan las pantallas

Velocidad de los flóculos en los canales V_{flo}

$$V_{flo} = \frac{Q}{A_{sc}} \quad (28)$$

Q= 2.083 m^3/h (5.78x10^{-4}m^3/s) caudal de la planta

A_{sc}= área de la sección transversal de canal

e_p= 25mm (0.025m) espacio entre pantallas o ancho del canal

H_c= 595mm (0.595m) altura del canal

$$A_{sc} = e_p \times H_c \quad (29)$$

$$A_{sc} = 0.025\text{m} \times 0.595\text{m}$$

$$A_{sc} = 0.014875\text{m}^2$$

$$V_{flo} = \frac{5.78(10)^{-4}\text{m}^3/\text{s}}{0.014875\text{m}^2}$$

$$V_{flo} = 0.0388 m/s$$

Tiempo de retención T_r

$$T_r = \frac{L_c}{V_{flo}} \quad (30)$$

$$L_c = N_v B_f$$

$$L_c = 10 \times 0.11 m$$

$$L_c = 1.1 m$$

$$T_r = \frac{1.1 m}{0.0388 m/s}$$

$$T_r = 28.35 s$$

Radio Hidráulico R_h

$$R_h = \frac{e_p \times H_c}{2e_p + 2H_c} \quad (31)$$

$$R_h = \frac{0.025 m \times 0.595 m}{2 \times 0.025 + 2 \times 0.595 m}$$

$$R_h = 0.012 m$$

Reemplazando en la ecuación de h_1 y h_2 se tiene:

$$h_1 = 10 \times 0.11 m \left(\frac{0.01 \times 0.0388 m/s}{(0.012 m)^{2/3}}\right)^2$$

$$h_1 = 6.027(10)^{-5} m$$

$$h_2 = \left(2 \times \frac{(0.0388 m/s)^2}{2 \times 9.8 m/s^2}\right) 10$$

$$h_2 = 1.5(10)^{-3} m$$

$$h_f = 6.027(10)^{-5} m + 1.5(10)^{-3} m$$

$$h_f = 1.56(10)^{-3}\text{m}$$

Gradiente de velocidad G

Reemplazando los valores obtenido en la ecuación (24), se tiene:

$$G = 3115 \times \sqrt{\frac{1.56(10)^{-3}}{28.35}}$$

$$G = 23.1\ s^{-1}$$

2.5.2. Desinfección

Para la desinfección se usa hipoclorito de sodio (NaOCl) al 10 por ciento, llamado comúnmente cloro.

La bomba dosificadora del desinfectante tiene las mismas características que la usada para el coagulante.

Dosificación del Desinfectante

Caudal de la Solución de NaOCl

El hidróxido de sodio comercialmente se lo encuentra en estado líquido o sólido. Se lo diluye al 10%, lo que quiere decir que en un litro de solución hay 100 gramos de desinfectante.

$$Q_D = \frac{\text{Dosis}}{\text{Solucion}} \times Q \qquad \textbf{(2)}$$

Donde:

Q_D= caudal a dosificar en l/h

Solución= 100g/l

Dosis= 1mg/l (1gr/m^3)

Q= caudal de agua a tratar, en 50m^3/día (2.08m^3/h)

$$Q_D = \frac{1\ g/m^3\ x\ 2.08\ m^3/hr}{100\ g/l}$$

$$Q_D = 0.0208\ l/hr$$

Calibración del dosificador para obtener el caudal deseado de NaOCl

La capacidad de bomba dosificadora es de 6 litros por hora a una presión de 7 Bar. Por lo tanto se diluye aún más la solución de NaOCl con agua destilada a razón de 1 litro de solución en 100 litros de agua, obteniendo una nueva solución de trabajo S_T.

$$S_T = \frac{V_{SOLUTO}}{V_{SOLUTO} + V_{SOLVENTE}} \quad (3)$$

$$S_T = \frac{1\ l}{1\ l + 100\ l}$$

$$S_T = 0.001$$

Caudal de trabajo de la bomba dosificadora Q_T

$$Q_T = \frac{Q_D}{S_T} \quad (4)$$

Donde:

Q_T= caudal de trabajo de la bomba dosificadora bajo la nueva Solución S_T.

Q_D= caudal a dosificar en l/h

$$Q_T = \frac{0.0208\ l/hr}{0,01}$$

$$Q_T = 2.08\ l/hr$$

Ajuste de la Relación de Frecuencia %f

$$\%f = \frac{Q_T}{Q_N} \times 100 \qquad (5)$$

Donde:

Q_N= caudal nominal de la bomba dosificadora 6 l/h

$$\%f = \frac{2.08\ l/hr}{6\ l/hr} \times 100$$

$$\%f = 34.6\%$$

Con una carrera del 100%, la regulación de frecuencia en la bomba dosificadora del desinfectante debe ser del 35%.

Aireación

La aireación es un proceso opcional, el mismo que será de gran ayuda cuando la fuente de agua sea de pozos, que dicha fuente contiene comúnmente hierro y manganeso.

Como se busca que este diseño sea lo más compacto se utilizará la aeración por aire difuso, mediante el uso de un Blower.

2.5.3. Sedimentación

Diseño del Sedimentador

El sedimentador será de placas planas inclinadas el cual es más eficiente y tiene una mayor área de sedimentación en comparación con el espacio que ocupan los sedimentadores convencionales.

El principal dato que permitirá dimensionar el sedimentador es la carga superficial, este dato se obtiene de realizar una prueba de jarras en una sola jarra con el Policloruro de Aluminio y la dosis óptima (15mg/l) obtenida anteriormente. En un tiempo t a una profundidad h bajo la superficie del agua dentro de la jarra, no debe contener partículas que tengan una velocidad de sedimentación superior a h/t.

Para obtener la tabla 16 se procedió a tomar muestras a la altura de 6 centímetros bajo el nivel del agua de la jarra en diferentes tiempos desde que inicia el tiempo de reposo. Se obtiene la turbidez y la velocidad de decantación o sedimentación. La carga superficial es igual a la velocidad de sedimentación transformando las unidades de m^3/m^2/día a cm/s.

TABLA 16

CARGA SUPERFICIAL

TIEMPO (s)	VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN (cm/s)	CARGA SUPERFICIAL REAL (m^3/m^2/día)	TURBIDEZ (NTU)

0	0.00	0.00	48.6
95	**0.063**	**54.43**	**6.0**
120	0.050	43.20	4.0
240	0.025	21.60	3.5
360	0.017	14.70	3.0
480	0.012	10.37	2.8
600	0.018	8.64	2.7
720	0.008	7.00	2.6
840	0.007	6.00	2.5
960	0.006	5.00	2.4
1080	0.005	4.50	2.3
1200	0.004	4.00	2.2

Se toma como base para el dimensionamiento del sedimentador la carga superficial de mayor valor 54,43 m^3/m^2/día, ya que en un menor tiempo de reposo se obtiene una reducción significativa de la turbidez, la cual al aumentar el tiempo de reposo no varía mayormente, además se encuentra muy cerca del valor de recomendado por la norma INEN 1108 (5NTU).

Criterios para el Diseño del Sedimentador

- Número de Reynolds menor a 500.
- El ángulo de inclinación de las placas 60 grados.

- Separación de las placas puede variar entre 2 a 10 cm.
- Altura vertical de las placas entre 0.5 y 0.8 m.
- Se usará un factor de seguridad c de 1.25
- La velocidad media del flujo Vo se debe encontrar entre 10 a 25 cm/min.

Datos:

Q= 50m^3/día = 578.7cm^3/s

v= 1.0105 $(10)^{-2}cm^2$/s @ 20ºC (viscosidad cinemática)

Vs= 0.063cm/s obtenida de prueba de jarras

θ= 60º ángulo de inclinación de las placas

FS= 1.25 factor de seguridad

b= 59cm ancho de la placa

l_p= 59cm longitud de la placa

e'= 8cm espaciamiento horizontal entre una placa y otra.

e= 0.1cm espesor de la placa

S= 1 módulo de eficiencia del sedimentador de placas inclinadas (ver tabla 17)

Velocidad Crítica de Sedimentación V_{SC}

Se obtiene aplicando un factor de velocidad a la velocidad de sedimentación seleccionada en la prueba de jarras (ver tabla16)

$$V_{SC} = \frac{Vs}{FS} \quad \textbf{(32)}$$

$$V_{SC} = \frac{0.063\ cm/s}{1.25}$$

$$V_{SC} = 0.0504 cm/s$$

Espaciamiento interior entre placas d

$$\mathbf{d = e' sen\theta - e} \quad \textbf{(33)}$$

$$d = 8cm \times sen60° - 0.1cm$$

$$d = 6.83cm$$

Longitud útil dentro de las placas l_u

$$\mathbf{l_u = l_p - e' cos\theta} \quad \textbf{(34)}$$

$$l_u = 59cm - 8cm cos60°$$

$$l_u = 52.07cm$$

Longitud relativa del Módulo de Placas L

$$\mathbf{L = \frac{l_u}{d}} \quad \textbf{(35)}$$

$$L = \frac{52.07cm}{6.83cm}$$

$$L = 7.63$$

Área superficial del sedimentador A_S

$$\mathbf{A_S = \frac{Q}{f v_{SC}}} \quad \textbf{(36)}$$

Donde

$$f = \frac{sen\theta(sen\theta + Lcos\theta)}{s} \quad (37)$$

$$f = \frac{sen60°(sen60° + Lcos60°)}{1}$$

$$f = 4.05$$

Reemplazando en la ecuación 36, se tiene:

$$A_S = \frac{578.703 cm^3/s}{4.05 \times 0.0504 cm/s}$$

$$A_S = 2833.61\ cm^2$$

Número de Canales formados por las placas N

$$N = \frac{A_S sen\theta}{bd} \quad (38)$$

$$N = \frac{2833.61\ cm^2 \times sen60°}{59cm \times 6.83cm}$$

$$N = 6.09$$

Longitud Total del Sedimentador LT

$$LT = l_p cos\theta + \left(\frac{Nd + (N+1)e}{sen\theta}\right) \quad (39)$$

$$LT = 59cm \times cos60° + \left(\frac{7 \times 6.83cm + (7+1)0.1cm}{sen60°}\right)$$

$$LT = 85.6cm$$

Velocidad Media del Flujo V_o

$$V_o = \frac{Q}{A_S sen\theta} \quad (40)$$

$$V_o = \frac{578.703 m^3/s}{2833.61\ cm^2 \times sen60°}$$

$$V_o = 0.236 cm/s$$

Número de Reynolds Re

$$\mathbf{Re} = \frac{4R_h V_0}{\nu} \quad \textbf{(41)}$$

Donde

$$\mathbf{R_h} = \frac{bd}{2(b+d)} \quad \textbf{(42)}$$

$$R_h = \frac{59cm \times 6.83cm}{2(59cm + 6.83cm)}$$

$$R_h = 3.06cm$$

Reemplazando

$$Re = \frac{4 \times 3.06cm \times 0.236cm/s}{1.0105(10)^{-2} cm^2/s}$$

$$Re = 285.6$$

Velocidad Máxima del Flujo V_o'

$$\mathbf{V_O' = V_{sc}\sqrt{\frac{Re}{8}}} \quad \textbf{(43)}$$

$$V_O' = 0.0504 cm/s \sqrt{\frac{285.6}{8}}$$

$$V_O' = 0.301 cm/s$$

Para que no exista arrastre de los flóculos que han sido depositados tiene que cumplirse que:

$$\mathbf{V_o < V_O'} \quad \textbf{(44)}$$

TABLA 17

MÓDULO DE EFICIENCIA DE SEDIEMENTADORES [2]

TIPO DE SEDIMENTADOR	S
Placas planas paralelas	**1**
Tubos circulares	4/3
Tubos cuadrados	1 1/8
Placas onduladas paralelas	1.3
Otras formas tubulares	1.33 – 1.42

Zona de Entrada

En este caso en particular no se utilizará tuberías o medios de distribución del agua a lo largo de la unidad de sedimentación ya que esta tiene una longitud pequeña, además el ingreso a la zona de sedimentación se realiza de manera uniforme ya que el ingreso del agua se da a todo lo ancho de la unidad, tal como se muestra en los planos anexos.

Zona de Lodos

Los lodos se extraerán por medio de una tolva ubicada en la parte inferior del sedimentador de placas inclinadas.

La figura 2.3 indica las dimensiones que tiene la tolva, las mismas que cubren toda la parte inferior del sedimentador de placas.

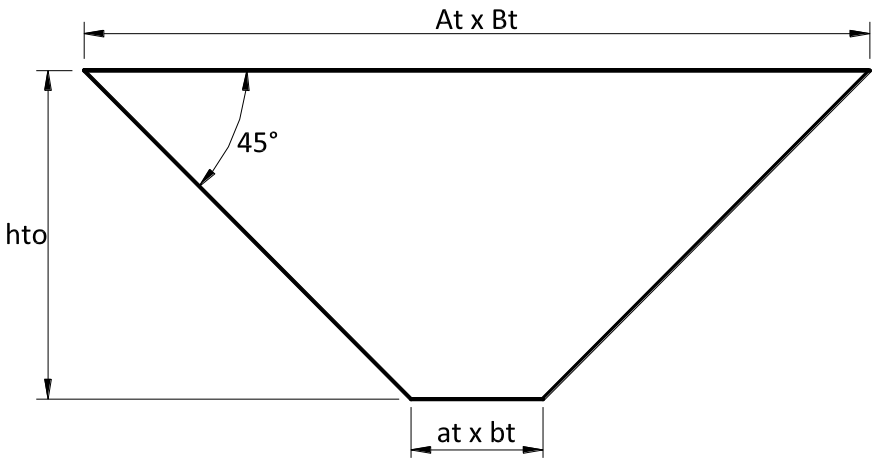


FIGURA 2.3. DIMENSIONES DE TOLVA DE LODOS

Frecuencia de descarga de los lodos F_d

Es la frecuencia con la cual se debe abril la válvula de descarga de los lodos cuando ésta se encuentra en el límite de su capacidad de almacenamiento.

$$F_d = \frac{V_{to}}{Q_{lo}} \quad \textbf{(45)}$$

Donde:

V_{to}= volumen de la tolva m^3

Q_{lo} = caudal de producción de lodos m^3/s

Caudal de producción de lodos Q_{lo}

$$Q_{lo} = Q \times T_{lo} \quad \textbf{(46)}$$

T_{lo}= 3ml/l = $3(10)^{-3}$ l/l Tasa de producción de lodos

Q= 0.578 l/s = 50m^3/die

$$Q_{lo} = 0.578\,l/s \times 3(10)^{-3} ml/l$$

$$Q_{lo} = 1.734(10)^{-3} l/s$$

Volumen de almacenamiento de la tolva V_{to}

$$\mathbf{V_{to} = \frac{h_{to}}{6}[B_t(2A_t + a_t) + b_t(2a_t + A_t)]} \quad \textbf{(47)}$$

Donde:

A_t=B_t= 0.595m

A_t=b_t= 0.1m

h_{to}= 0.248m

$$V_{to} = \frac{0.248}{6}[0.595(2 \times 0.595 + 0.1) + 0.1(2 \times 0.1 + 0.595)]$$

$$V_{to} = 0.0343 m^3 = 34.3\,l$$

Reemplazando los valores en la ecuación 46, se tiene:

$$F_d = \frac{34.3\,l}{1.734(10)^{-3}\,l/s}$$

$$F_d = 19780s = 5h\ 30min$$

La descarga contínua de lodos se recomienda cuando el agua a tratar tiene una elevada turbidez durante largos periodos o elevada materia orgánica.

Tiempo de Vaciado del lodo T_{Vlo}

$$\mathbf{T_{Vlo} = \frac{V_{to}}{q_{dlo}}} \quad \textbf{(48)}$$

Donde:

$$V_{to} = 0.0343 m^3$$

q_{dlo} Caudal de descarga de lodos

$$q_{dlo} = C_c A_{od} \sqrt{2gh_a} \quad \textbf{(49)}$$

Donde:

C_c= 0.65 coeficiente de contracción de lodos

A_{od}= área del orificio de descarga de lodos (m^2)

g= 9.8 m/s^2 aceleración de la gravedad

h_a= 0.97m altura del nivel del agua en el sedimentador (m)

d_{od}= 0.038m (1 ½") diámetro del orificio de descarga de lodos

$$A_{od} = \frac{\pi}{4} d_{od}^{\ 2} \quad \textbf{(50)}$$

$$A_{od} = \frac{\pi}{4}(0.038m)^2$$

$$A_{od} = 0.00113 m^2$$

$$q_{dlo} = 0.65 \times 0.00113 \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.97}$$

$$q_{dlo} = 0.0032142 m^3/s$$

Reemplazando los valores en la ecuación 47, se tiene:

$$T_{Vlo} = \frac{0.0343 m^3}{0.0032142 m^3/s}$$

$$T_{Vlo} = 10.67 \ s$$

El tiempo de vaciado de la tolva de lodos es relativamente pequeño, con lo cual se puede extenderlo un poco más, disminuyendo el caudal de descarga de lodos. Para disminuir la probabilidad de que

los flóculos vuelvan a ser suspendidos en el fluido y aumenten la turbidez.

En la Zona de Salida

Esta zona se caracteriza por permitir una recolección uniforme de agua sedimentada a una velocidad tal que evite arrastrar flóculos en el efluente.

Los caudales de recolección deben ser menores a 3.3 l/s por metro de longitud del vertedero

Diseño del Vertedero

Para la recolección se utilizará dos vertederos de 56cm de longitud a todo lo largo de la unidad de sedimentación. Por lo tanto la longitud de recolección lv será:

$$\mathbf{l_v = 2 \times 56cm} \qquad \textbf{(51)}$$

$$l_v = 112cm$$

Tasa de Diseño de los Vertedero q_v

$$\mathbf{q_v = \frac{Q}{l_v}} \qquad \textbf{(52)}$$

$$q_v = \frac{0.578\ l/s}{1.12m}$$

$$q_v = 0.52\ l/s \times m$$

Profundidad de Ubicación de la Unidad Sedimentadora h_{ps}

La profundidad está por la siguiente ecuación:

$$\mathbf{h_{ps} = \frac{d_v}{432} V_{es}} \qquad \textbf{(53)}$$

La distancia de separación de los vertederos es de 20 cm, lo cual los deja centrados y compartidos a todo lo ancho de la unidad de sedimentación.

d_v= 20 cm distancia de separación entre vertederos

V_{es}= Velocidad ascensional del agua en m^3/m^2dia

$$\mathbf{V_{es} = \frac{Q}{A_S}} \qquad \textbf{(54)}$$

$$V_{es} = \frac{578.703 cm^3/s}{2833.61\ cm^2}$$

$$V_{es} = 0.204 cm/s$$

$$V_{es} = 176.46 m^3/m^2 dia$$

La velocidad ascensional del agua en menor a la velocidad media del flujo lo que garantiza que los flóculos sedimentados en las placas no vuelvan a suspenderse.

$$h_{ps} = \frac{20cm}{432} \times 176.46$$

$$h_{ps} = 8.17cm$$

Se utilizará dos como vertederos dos tubos de 1 ½" de diámetro con 5 perforaciones de igual diámetro, espaciadas 10 cm entre ellas.

El nivel del agua sobre la parte superior de tubo de recolección varía entre 5 a 10 cm **[3]**

Diámetro de los Orificios d_o

$$d_o = \sqrt{0.15 \frac{d_c^2}{N_o}} \quad \textbf{(55)}$$

N_o= 5 Número de orificio de cada tubo

d_c= Diámetro del tubo de 1 ½”

d_o= Diámetro un orificio

$$d_o = \sqrt{0.15 \frac{(3.8cm)^2}{5}}$$

$$d_o = 0.65cm$$

2.5.4. Filtración

El filtro de arena y carbón activado ayudan a eliminar partículas que por su tamaño no han podido ser eliminado por el sedimentador, también a reducir o eliminar olores, sabores y compuestos orgánicos.

Se ha procurado dimensionar los filtros de manera que cumplan con los requerimientos de calidad del agua y que sean de la menor dimensión posible.

2.5.4.1. Filtro de Arena

Se usará un filtro de arena a presión ya que permite mayor rapidez en un menor espacio. El material a usarse será el acero inoxidable 304L, que proporciona una buena

resistencia a la corrosión, dando una larga vida útil del filtro y puede soportar fácilmente las presiones requeridas.

Diámetro del Filtro de Arena d_{fa}

Valores para el diseño del filtro de arena a presión:

Q= 50m^3/día = 2.08 m^3/h

V_{fa} = Velocidad de Filtración (15m/h)

$$\mathbf{Q = A_{fa} V_{fa}} \qquad (56)$$

Se despeja A_{fa}

$$A_{fa} = \frac{Q}{V_{fa}}$$

$$A_{fa} = \frac{2.08 m^3/h}{15 m/h}$$

$$A_{fa} = 0.138 m^2$$

Se despeja d_{fa}

$$\mathbf{d_{fa} = \sqrt{\frac{4A_{fa}}{\pi}}} \qquad (57)$$

$$d_{fa} = \sqrt{\frac{4(0.138 m^2)}{\pi}}$$

$$d_{fa} = 0.42 m$$

Por motivos de construcción lo ideal sería que el diámetro del filtro fuera 0.385m, ya que el desarrollo seria 1220mm

que es el ancho en el que se consigue la plancha para fabricar el filtro.

Se realiza nuevamente el cálculo del filtro pero a la inversa, para obtener la velocidad de filtración en base al diámetro que se requiere.

d_{fa} = 0.385m

$$A_{fa} = \frac{\pi(0.385\text{m})^2}{4}$$

$$A_{fa} = 0.116\text{m}^2$$

Se despeja V_{fa} de la ecuación de Caudal.

$$V_{fa} = \frac{Q}{A_{fa}}$$

$$V_{fa} = \frac{2.08\ \text{m}^3/\text{h}}{0.116\text{m}^2}$$

$$V_{fa} = 17.9\ \text{m/h}$$

Es una velocidad de filtración que se encuentra cerca de los valores recomendados. La velocidad de filtración puede variar a lo largo del tiempo de operación del filtro, sin embargo cuando los procesos previos a la filtración son coagulación, floculación y sedimentación, la calidad del agua filtrada no se ve afectada significativamente **[4].**

Altura del Filtro de Arena

Según estudios realizados se obtiene un 95% de retención de las partículas en los primeros 10-15 cm del medio filtrante, lo que un espesor mayor actuará como coeficiente de seguridad y de soporte.

Un factor importante en el diseño del filtro es la cámara de expansión, que es el espacio que da entre la superficie superior de la arena y el ingreso del agua, este espacio es lo que se va a expandir el medio filtrante cuando se realice el retrolavado. La cámara de expansión debe ser como mínimo de un 15% y puede aumentar hasta un 30% de la altura total del medio filtrante.

Bajo el concepto anterior un medio filtrante con una altura de 0.5 metros realizaría el mismo trabajo que uno de 1 metro, lo cual no solo se traduce en menor tamaño del filtro si no también en la cantidad de energía y tiempo que se utilizará para el retrolavado **[5].**

Grava y Arena Sílice

La capa de arena sílice será de 30 cm de alto, lo cual da un factor de seguridad para el filtrado de aproximadamente 2.

Con lo que queda 20 cm de para la grava, la cual tiene por objeto distribuir uniformemente el fluido y prevenir que la arena pase a través del sistema de recolección.

Altura de la cámara de expansión h_{ce}

$$h_{ce} = 0.30 h_{mf} \quad (58)$$

h_{mf}= 50cm altura del medio filtrante

$$h_{ce} = 0.30(50cm)$$

$$h_{ce} = 15cm$$

Altura útil del filtro h_{util}

$$h_{util} = h_{ce} + h_{mf} \quad (59)$$

$$h_{util} = 15cm + 50cm$$

$$h_{util} = 65cm$$

La tabla 18 muestra la distribución de medio filtrante en el filtro de arena.

TABLA 18

MEDIO FILTRANTE - FILTRO DE ARENA

Descripción	Granulometría (mm)	Altura (cm)	Ubicación
Grava Nº 3	12 – 19	10	Inferior
Gravilla	6 - 12	10	Medio
Arena Sílice	1.5 - 3.0	30	Superior

Cámara de Expansión	-	15	Superior Libre

TABLA 19

CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO DE ARENA

Medio Filtrante	Caudal (m^3/h)	Diámetro (m)	Altura Útil (m)	Velocidad de Filtración (m/h)
Arena Sílice y Grava	2.083	0.385	0.65	17.9

La tabla 19 muestra los resultados obtenidos para el filtro de arena.

FIGURA 2.4. GRAVA

FIGURA 2.5. ARENA SÍLICE

2.5.4.2. Filtro de Carbón Activado

Funciona de la misma manera que el filtro de arena, la diferencia son el medio filtrante y lo que filtra. Para lograr eliminar los excesos de cloro, sabores, olores y demás químicos orgánicos, la velocidad de filtración V_{fc} se recomienda que sea de 12 m/h.

Diámetro del Filtro de Carbón Activado d_{fc}

$$A_{fc} = \frac{Q}{v_{fc}} \tag{60}$$

$$A_{fc} = \frac{2.08 m^3/h}{12 m/h}$$

$$A_{fc} = 0.1736 m^2$$

$$d_{fc} = \sqrt{\frac{4A_{fc}}{\pi}}$$

$$d_{fc} = \sqrt{\frac{4(0.1736 m^2)}{\pi}}$$

$$d_{fc} = 0.47 m$$

Se asumirá para el filtro de carbón la misma altura que para el filtro de arena, con la diferencia en el diámetro por la velocidad de filtración requerida.

La tabla 20 muestra la distribución de medio filtrante en el filtro de carbón activado.

TABLA 20

MEDIO FILTRANTE - FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

Descripción	Granulometría (mm)	Altura (cm)	Ubicación
Grava Nº 3	12 – 19	10	Inferior
Gravilla	6 - 12	10	Medio
Carbón activado	Malla 8x30	30	Superior
Cámara de Expansión	-	15	Superior Libre

La tabla 21 muestra los resultados obtenidos para el filtro de carbón activado.

TABLA 21

CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

Medio Filtrante	Caudal (m^3/h)	Diámetro (m)	Altura Útil (m)	Velocidad de Filtración (m/h)
Carbón Activado	2.083	0.47	0.65	12

2.6. Selección de Equipos

A continuación se indican los equipos que se utilizan para el funcionamiento de la planta.

2.6.1. Bombas

Bomba de Captación de Agua Cruda

La selección de la bomba se realizará en base al caudal y a la altura de succión que se requiere.

Se utilizará una bomba centrífuga autosebante con las siguientes características, las mismas que son obtenidas del fabricante.

Característica de la bomba:

- Marca: Goulds
- Modelo: GT-07
- Potencia: 3/4HP
- Caudal de trabajo: 10 gpm
- Carga Dinámica Total H: 100pies = 30.5m @10gpm
- Altura de Succión HS: 25pies = 7.62m
- Frecuencia: 60Hz
- Voltaje: 115/230 monofásica
- Corriente Nominal: 13.8/6.9
- Velocidad: 3500 rpm en sentido a las manecillas del reloj.

- Succión: 1 ½” NPT
- Descarga: 1 ½” NPT
- Peso: 48lb
- Máxima temperatura de trabajo: 60°C

En la figura 2.6 se muestran las dimensiones de la bomba.

DIMENSIONS AND WEIGHTS

Model	GT07	GT10	GT15	GT20	GT30	GT073	GT103	GT153	GT203	GT303
HP	¾	1	1½	2	3	¾	1	1½	2	3
Length “L”	19 3/16	19 7/8	21 3/16	20 31/32	21 11/32	19	19 3/4	20 1/16	20 13/16	21 3/16
Width	8¼									
Height	9¼ (13¼ with “S” Base)									
Weight (lbs.)	48	52	60	65	76	49	52	55	69	71
Phase	Single					Three				

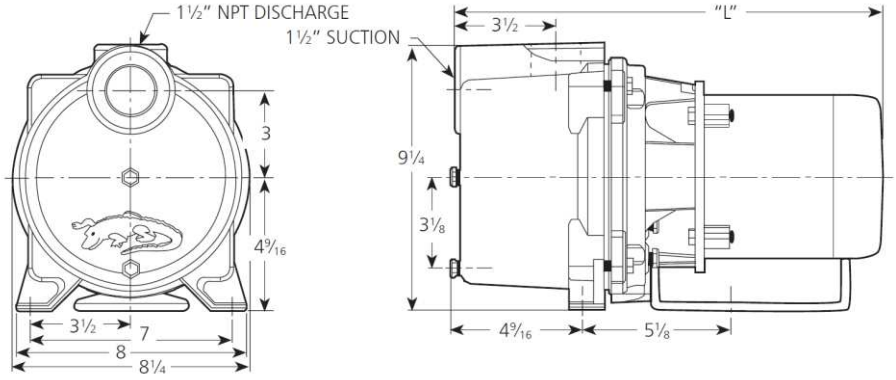


FIGURA 2.6. DIMENSIONES DE LA BOMBA DE CAPTACIÓN DE AGUA CRUDA

De las curvas de rendimiento de las bombas tipo GT se obtiene el cabezal de descarga o carga dinámica total H, interceptando una perpendicular al caudal (10gmp) con la bomba seleccionada (GT07),

tal como se muestra en la figura 2.7, además se determina que tiene una capacidad de succión de 7.62m.

En el inicio de la succión se colocará una canastilla para impedir que cualquier material extraño que se encuentre en el cárcamo de bombeo pueda ingresar a la bomba de captación. Además una boya de flotación será usada para sostener la manguera de captación en un punto determinado.

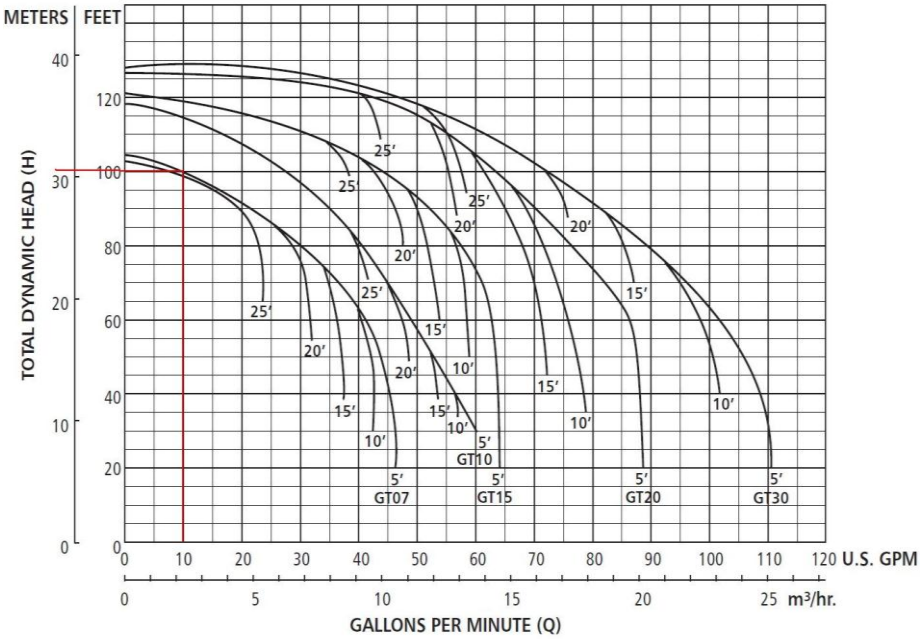


FIGURA 2.7. CURVA DE RENDIMIENTO DE LA BOMBA CAPTACIÓN DE AGUA CRUDA

Bomba para los Filtros

Para interconectar los filtros se utilizará tubería de 1 pulgada (diámetro interior 26.6mm) de diámetro.

Cálculo de la carga dinámica total CDT

$$CDT = Z + H_f + H_s + H_p \quad \textbf{(61)}$$

Donde:

Z= 1m desnivel entre entrada del fluido y salida

H_f= pérdidas por fricción

H_s = pérdidas menores (codos, tee, válvulas, etc.)

H_{tf}= pérdida en los filtros

Pérdidas por fricción H_f

Pérdida por fricción se define a la pérdida de energía producto de la resistencia de la tubería al flujo del agua.

$$H_f = J \times L \quad \textbf{(62)}$$

Donde:

J = Pérdidas de carga por cada metro de tubería (Ver Apéndice A, Tabla A.1)

L = Longitud de la cañería de conducción, en metros.

Se asume una longitud total de 10 metros que incluye la longitud que puede ser variable desde la salida del filtro de carbón activado hasta el tanque de almacenamiento.

$$H_f = 0.32 \times 10\text{m}$$

$$H_f = 3.2\text{m}$$

Pérdidas menores H_s

Las pérdidas singulares o menores, son pérdidas de energía que se producen por la instalación de accesorios, tales como llaves, codos, válvulas, manómetros, etc.

Estas se calculan mediante la expresión:

$$H_s = K\frac{v^2}{2g} \quad \textbf{(63)}$$

La cual tomando en cuenta los diferentes tipos de accesorios que se utilizan queda expresada de la siguiente forma:

$$H_s = (N_c K_c + N_t K_t + N_v K_v + N_n K_n)\frac{v^2}{2g} \quad \textbf{(64)}$$

Donde:

v= velocidad de circulación del agua (m/s)

g = 9.8m/s^2 Aceleración de gravedad

K_c=0.9 coeficiente de pérdida para codos de 90 grados de radio corto

K_t=1.8 coeficiente de pérdida tee

K_v=0.3 coeficiente de pérdida para válvulas de globo

K_n=1.8 coeficiente de pérdida para nudos

N_c=14 número de codos de 90 grados de radio corto

N_t=10 número de tee

N_v=6 número de válvulas de globo

N_n=10 número nudos

Los distintos valores de K se encuentran de la tabla A.2 del apéndice A.

Velocidad de circulación del agua

$$v = \frac{4Q}{\pi d_{tf}^2} \quad \textbf{(65)}$$

Donde:

Q= $50m^3$/día = $5.78(10)^{-4}$ m^3/s

d_{tf}= 26.6mm = 0.0266m diámetro de la tubería para los filtros

$$v = \frac{4 \times 5.78(10)^{-4} m^3/s}{\pi(0.0266m)^2}$$

$$v = 1.04m/s$$

Reemplazando los valores obtenidos en la ecuación 63.

$$H_s = (14 \times 0.9 + 10 \times 1.8 + 6 \times 0.3 + 10 \times 1.8) \times \frac{(1.04m/s)^2}{2(9.8m/s^2)}$$

$$H_s = 2.78m$$

Pérdidas en filtros H_{tf}

De la tabla A.3 del apéndice A se obtiene la presión de trabajo de los filtros de arena y de carbón activado. Se toma el máximo valor.

H_{tf} = 3m x 2 = 6 m

Se reemplazan todos los valores obtenidos para finalmente obtener la CDT.

$$CDT = 1m + 3.2m + 2.78m + 6m$$

$$CDT = 12.98m$$

Con el valor de CDT y el caudal de la planta se selecciona el tipo de bomba más adecuado, interceptando el caudal con la curva de la bomba que cumpla con el cabezal requerido, tal como se muestra en la figura 2.8.

En la figura 2.9 se muestran las dimensiones de la bomba.

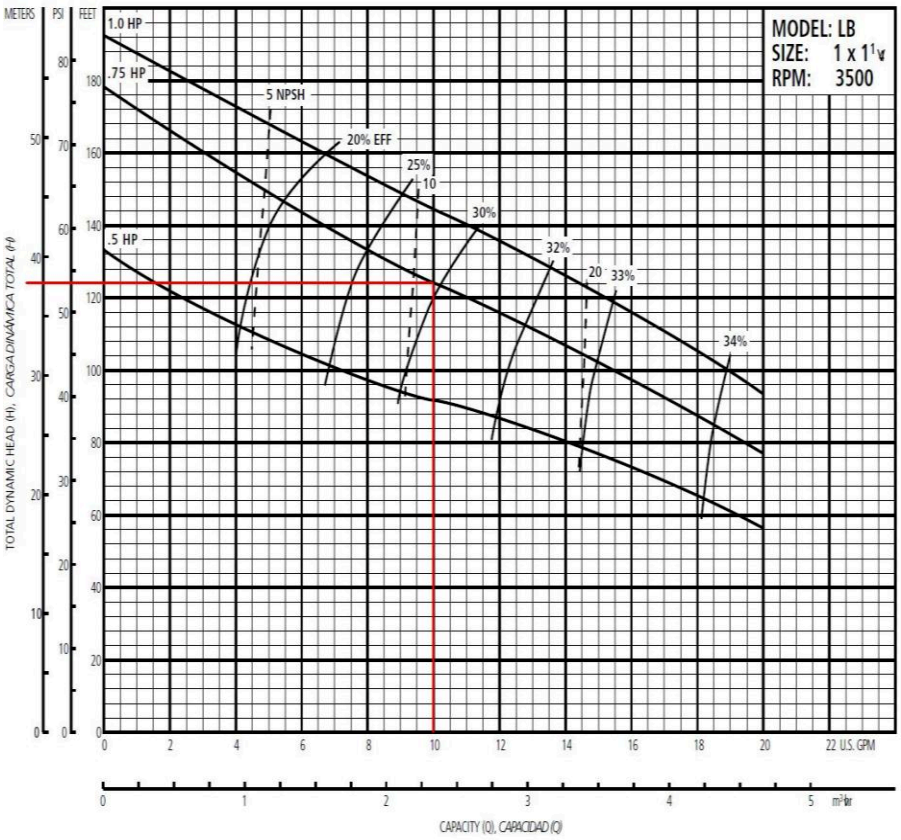


FIGURA 2.8. CURVA DE RENDIMIENTO DE LA BOMBA PARA LOS FILTROS

El nivel del agua de succión de la bomba para los filtros siempre estará sobre la bomba por lo cual la baja altura de succión de la bomba seleccionada no afecta su correcto funcionamiento.

"C" Max. (In.), "C" Máx. (pulg)		
HP	1 Phase ODP, *Monofásico ODP*	3 Phase ODP, *Trifásico ODP*
½	9.69	10.38
¾	10.88	10.62
1	11.19	11.12

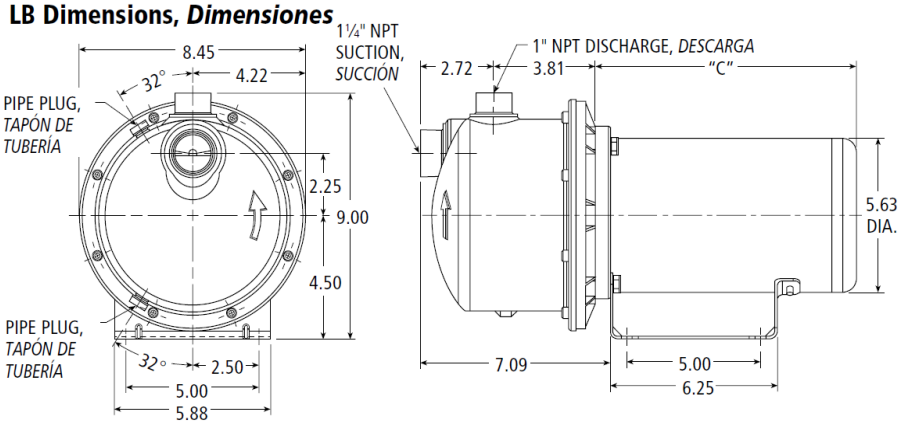


FIGURA 2.9. DIMENSIONES DE LA BOMBA PARA LOS FILTROS

Características de la bomba para los filtros

- Marca: Goulds
- Modelo: LB
- Potencia: 3/4HP
- Caudal de trabajo: 10 gpm
- Carga Dinámica Total H: 124pies = 37.8m @10gpm
- Altura de Succión HS: 5pies = 1.5m

- Frecuencia: 60Hz
- Voltaje: 115/230 monofásica
- Corriente Nominal: 13.8/6.9
- Velocidad: 3500 rpm en sentido a las manecillas del reloj.
- Succión: 1 ¼" NPT
- Descarga: 1" NPT
- Peso: 48lb
- Máxima temperatura de trabajo: 60°C
- Eficiencia: 30%
- Motor: Estándar NEMA 48Y y 56Y con cubierta abierta a prueba de filtraciones, eje de acero inoxidable con cojinetes de bola.
- Carcasa: Construida en acero inoxidable con conexiones roscadas NPT en la línea central y conexiones de ventilación, cebado y desagüe de fácil acceso. Tapones de acero inoxidable.

Bomba Dosificadora de Químicos

Para realizar la dosificación se utilizará una bomba dosificadora electromagnética a diafragma marca Ares de la serie DX, que es accionada por un electroimán controlado mediante un módulo electrónico intercambiable. Son bombas de alta confiabilidad y bajo costo, ideales para tratamiento de agua potable, desde

perforaciones domiciliarias hasta 300 m^3/h, para tratamiento de efluentes, inyección de aditivos a calderas, máquinas lavadoras o cintas transportadoras, control de pH en procesos industriales, etc.

Existen varias versiones de la serie DX las mismas que se indican a continuación:

- P: Ajuste por perilla entre el 5% y el 100%.
- M: Ajuste digital entre 0 y 100% en incrementos del 1%.
- C: La señal de pulsos proveniente de un caudalímetro permite una dosificación proporcional al caudal de líquido a tratar.
- I: Señal externa de 4 a 20 mA que modifica linealmente el caudal de la bomba.
- Un segundo ajuste de carrera (alternativa 2), permite ampliar el rango de regulación hasta 1:500 en la versión M.

Por su sencillez operativa, la versión P es ideal para servicios de dosificación continua o de tipo ON/OFF y puede ser operada por personal no calificado.

En la figura 2.11 se indica la nomenclatura utilizada para especificar las características de las bombas dosificadoras.

	REGULACIÓN	DX 7	DX 9
Caudal l/h	P1	0,08 –1,5	0,3 – 6
	P2	0,015 - 1,5	0,06 – 6
	M1	0,015 - 1,5	0,06 - 6
	M2	0,003 - 1,5	0,012 - 6
	C / I	0 - 1,5	0 - 6
Presión máxima kPa(bar)		1000 (10)	700 (7)

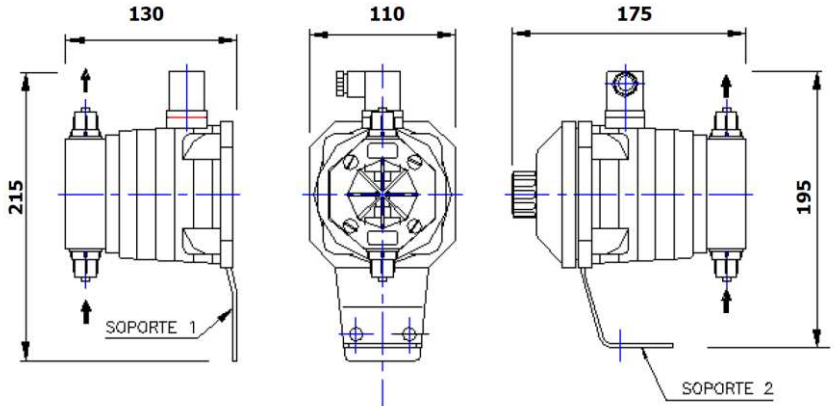


FIGURA 2.10. ESPECIFICACIONES Y DIMENSIONES DE LA BOMBA DOSIFICADORA

Características de la Bomba Dosificadora

- Marca: Ares
- Modelo: DX9
- Versión: P1 Ajuste por perilla entre el 5% y el 100%.
- Caudal: 0.3 a 6 l/h
- Presión máxima: 7bar
- Protección térmica incorporada.
- Grado de protección IP65.

- Diafragma con recubrimiento de PTFE.
- Consumo reducido: 30W a máximo caudal.
- Versión de menor consumo aún para panel solar.
- Versión " e " para atmósferas explosivas (Ex).

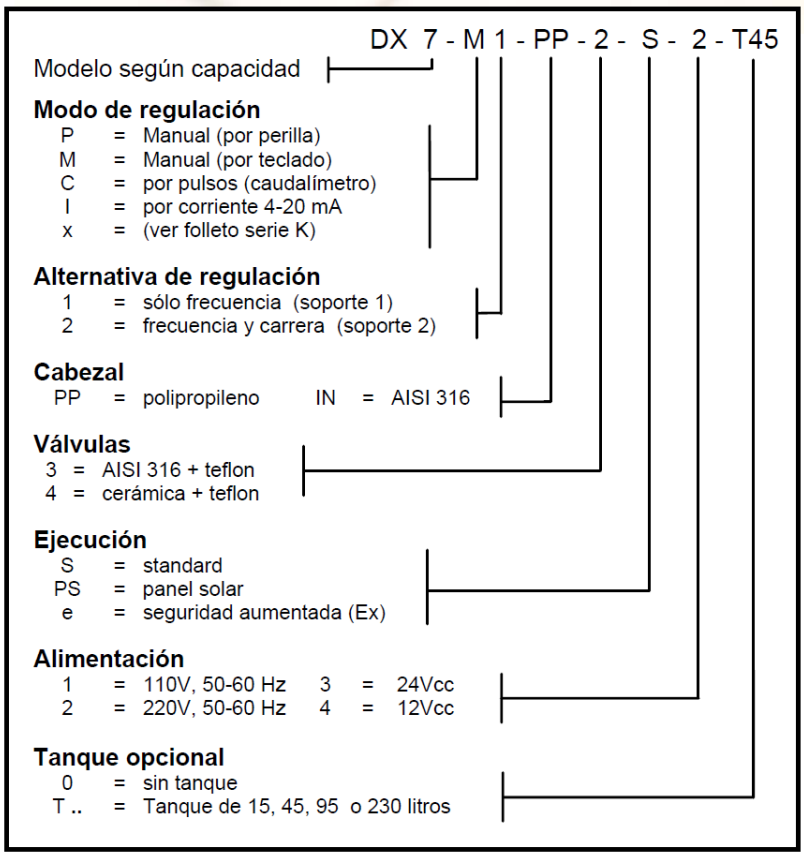


FIGURA 2.11. NOMENCLATURA PARA ESPECIFICAR LA BOMBA DOSIFICADORA

Control de Dosificación

El caudal de las bombas DX se regula comúnmente por ajuste de la frecuencia de bombeo, el método más confiable para lograr un ajuste lineal y preciso.

La regulación del caudal de la bomba se ajusta modificando la frecuencia de bombeo desde el módulo electrónico de 110 voltios.

Accesorios

- Válvula de inyección a cañería y de pie con filtro.
- Tubos de aspiración y descarga.
- Elementos de fijación.
- Manual de instalación y mantenimiento.

El montaje de la bomba dosificadora puede ser horizontal o fijado a la pared, tal como se muestra en la figura 2.12. Esta debe ir a 20 centímetros por encima de la boca de salida del recipiente del líquido a bombear

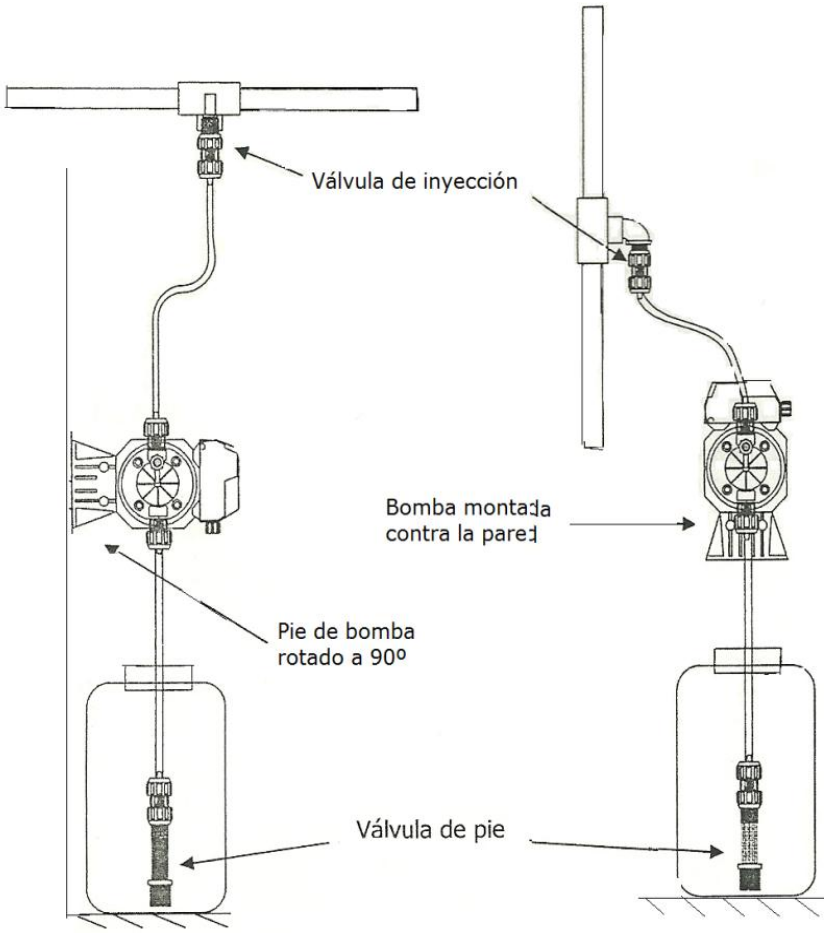


FIGURA 2.12. MONTAJE DE BOMBA DOSIFICADORA DE QUÍMICOS.

2.6.2. Generador Eléctrico

En base al consumo energético de los equipos que se usan en el funcionamiento de la planta se seleccionará una fuente de energía que pueda suplir dichas necesidades.

La tabla 22 indica el consumo energético de cada uno de los equipos utilizados.

TABLA 22
CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS EQUIPOS

Equipo	Cantidad	Consumo energético (kW)	Subtotal (kW)
Bomba de agua cruda	1	0.56	0.56
Bombas dosificadora	2	0.03	0.06
Bomba para Filtrado	1	0.56	0.56
Luminarias	4	0.05	0.2
		Consumo Total	**1.38**

Se selecciona un generador eléctrico con las siguientes características

Características Técnicas del Generador Eléctrico

- Marca: Champion
- Modelo: C3500 monofásico
- A/C Watts de Salida: 3500W
- A/C Watts de Salida de Emergencia: 4000W
- A/C Voltaje: 120V

- A/C Frecuencia: 60Hz
- Amperaje VAC Promedio a 120V: 25.2
- Amperaje VAC Máximo a 120V: 28.8
- Cilindrada del Motor: 196cc
- Tipo de Motor: OHV CPE
- Fabricante del Motor: Champion
- Potencia del Motor: 6.75 HP
- Aceite Recomendado: W30
- Encendido: Manual
- Indicador de Nivel Gasolina: Sí
- Capacidad del Tanque: 4 galones
- Horas de Operación al 50% con Tanque Lleno: 12 hrs
- Peso: 99.2 lbs / 45 kg
- Dimensiones: 59 x 44.5 x 44.5 cm.

El generador seleccionado tiene una capacidad mayor a la requerida, lo que permitirá usar otros dispositivos o instrumentos eléctricos que se pudieran requerir en un caso de emergencia donde el suministro de corriente eléctrica puede ser limitado.

Para prolongar la vida útil del generador y los dispositivos conectados, siga estos pasos cuando agregue carga eléctrica:

1. Arranque el generador sin ninguna carga eléctrica conectada.
2. Deje que el motor funcione durante varios minutos para estabilizarlo.
3. Enchufe y encienda el primer artefacto. Es más conveniente conectar primero el artefacto con la carga más grande.
4. Deje que el motor se estabilice.
5. Enchufe y encienda el segundo artefacto.
6. Deje que el motor se estabilice.
7. Repita los pasos 5-6 para cada artefacto adicional.

Tablero de Control

El equipo de control eléctrico, se encuentra concentrado en un gabinete de control en baja tensión metálico, pintura epóxica, lámina calibre 14.

Tensión de servicio: 20 V, 2 fases, 60 Hz.

Tensión de control: 110 V, 1 fase 60Hz.

Los motores eléctricos de la planta contarán con interruptor termomagnético y relevador térmico para protección. Cada bomba tendrá protección contra bajo nivel en el cárcamo de succión y automatización de arranque y pare en el punto de descarga,

mediante instrumentación de control de nivel de flotador o electroniveles, que aseguren la automatización de la operación de arranque y pare de la planta para mantener lleno el tanque de almacenamiento de agua tratada.

En la figura 2.13 se muestra el generador eléctrico.

FIGURA 2.13. GENERADOR ELÉCTRICO

2.6.3. Sistema de Almacenamiento

Dimensión de cisterna de almacenamiento agua tratada se basan en la capacidad de diseño de la planta potabilizadora.

Capacidad de la planta = 50 m^3/día.

Capacidad de almacenamiento de agua deberá ser de 50 metros cúbicos.

FIGURA 2.14. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Son depósitos que permiten almacenar el agua protegiendo del aire y de las contaminaciones exteriores. El agua almacenada será conservada de manera temporal.

Ventajas:

- Instalación rápida y fácil, tanto en exterior como en interior.
- Tejido reciclable al 100 %.
- Almacenamiento de agua de larga duración, protegido del ambiente exterior.
- Sin evaporación ni contaminación.
- Gran longevidad.

Especificaciones Técnicas

- ADB 900: Tejido 100% poliéster con capa de PVC (900g/m^2 - Color verde).
- Tratamiento doble cara anti-UV.
- Resistencia al desgarro: 400 N.
- Resistencia a la tracción: 400/360 DaN/ 5 cm.
- Altura máxima 1,20 metros.
- Peso en vacio 88 kilos.
- Un rebosadero.
- Refuerzo de las esquinas mediante plaquetas de protección
- Un respiradero de acero inoxidable Ø 4” con tapón de PVC.
- Una derivación de acero inoxidable DN 50 (2”) + válvula de guillotina ACS + enchufe simétrico de acero inoxidable DN 50 (2”).
- Fabricada bajo la norma ISO 9001: 2000.
- Garantía del 100% de garantía durante 10 años para almacenar agua potable.

TABLA 23

CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Capacidad de Almacenamiento (m^3)	Dimensiones en vacío (m)	Altura máxima (m)	Peso en vacío (Kg)
50	10,70 x 5,12	1.3	1.42

2.7. Diseño de Estructura Soportante de Planta.

La estructura deberá ser capaz de contener el peso de la planta completa, ser compacta y rígida de manera que pueda ser elevada en conjunto para ser ubicada en el medio de transporte que de preferencia puede ser un remolque.

Se utilizará vigas UPN 100 para la base que soporta todo el peso de los componentes de la planta, sobre la misma se colocará una plancha antideslizante de 3mm de espesor, la misma que tendrá un recubrimiento con pintura anticorrosiva.

La planta estará protegida de la intemperie por medio de una estructura formada por tubos de acero cuadrados de 50x3mm, los cuales forman una carcasa que cuenta con paneles pivotantes que permiten el ingreso hacia la planta por parte del operador.

El diseño de la estructura soportante se muestra con mayor detalle en el Apéndice E.

CAPÍTULO 3

3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se detallará el funcionamiento de la planta para que pueda ser operada fácilmente, así como también se indicará el respectivo mantenimiento, suministro y manejo de las materias primas que se requieren para el funcionamiento. Además se analizarán los posibles problemas que podrían ocurrir durante la operación y cómo resolverlos.

3.1. Operación y Control

Las instalaciones para la potabilización de agua están diseñadas para tratar el agua cruda captada desde un río o pozo. La figura 3.1 indica las diferentes etapas en el proceso de potabilización.

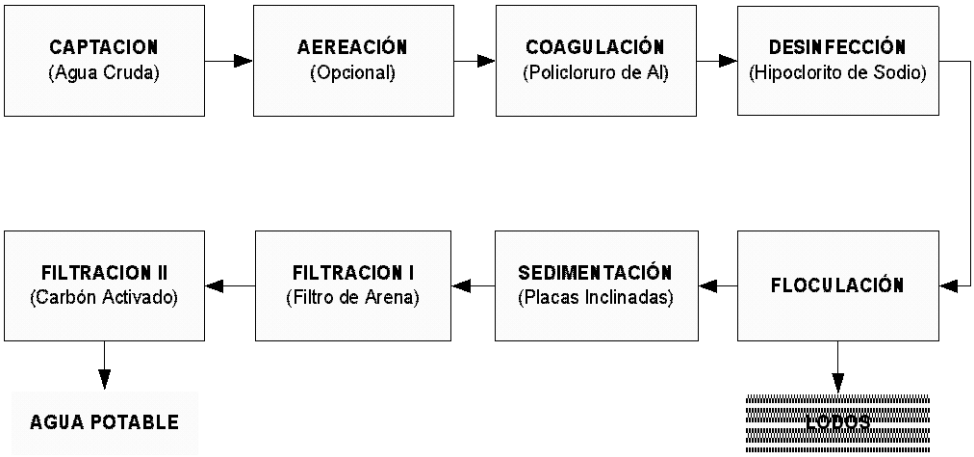


FIGURA 3.1. PROCESO DE POTABILIZACIÓN

Descripción de Operación de la Planta

Antes de empezar a operar la planta se debe verificar lo siguiente:

- Revisar que los niveles de la fuente de agua cruda sean los adecuados para que se pueda abastecer de forma continua la planta.
- Verificar que los tanques de almacenamiento de las soluciones de desinfectante y coagulante estén llenos.
- Controlar que todas las válvulas estén en la posición correcta, especialmente en los filtros, ya que ahí existe en mayor cantidad.
- Revisar que los medidores de nivel estén en la posición correcta.
- Verificar que el generador eléctrico esté en las condiciones apropiadas para funcionar correctamente y con el tanque lleno de combustible.

- Dejar que el motor del generador se estabilice y caliente durante unos cuantos minutos después de hacerlo arrancar.
- Si el motor arranca pero no funciona, verifique que el generador esté en una superficie plana y nivelada. El motor está equipado con un sensor de aceite bajo, el cual impedirá que el motor funcione cuando el nivel del aceite esté por debajo del valor umbral.

El agua cruda es captada desde un rio o pozo mediante una bomba centrífuga, ésta ingresa a la planta potabilizadora con flujo continuo y controlado, a su ingreso se realiza la coagulación y desinfección dosificando soluciones de policloruro de aluminio y hipoclorito de sodio, mediante el uso de dos bombas dosificadoras de iguales características para producir una mezcla rápida.

Una vez que se han agregados los productos químicos el agua pasa a la sección de floculación, la cual mediante una mezcla lenta hace que se formen los flóculos y que crezcan en tamaño.

Se continua con las Sedimentación, mediante el uso de placas inclinadas paralelas las mismas que permiten eliminar las partículas, flóculos y partículas suspendidas, las mismas que se precipitan al fondo del sedimentador a la tolva de lodos para luego ser eliminadas mediante purgas periódicas cada 8 horas.

Luego del proceso de sedimentación, el agua es recolectada mediante un vertedero que la traslada a una cámara de almacenamiento para posteriormente ser enviada mediante una bomba centrífuga a los tanques de filtración.

Para lo cual se usa un filtro presurizado con capas de grava y arena y un filtro de carbón activado.

El filtro de arena retiene los sólidos de menor tamaño que no pudieron ser eliminados en la sedimentación, el mismo que se deberá limpiar en forma periódica realizando el proceso de retrolavado.

Al salir del filtro de arena el agua es ingresa al filtro de carbón activado, en donde se logra eliminar los residuos de pesticidas y otras sustancias indeseables presentes en el agua, mejora el color y sabor del agua. Al igual que el filtro de arena, el de carbón activado se deberá limpiar en forma periódica realizando el proceso de retrolavado.

Finalizado el proceso de filtrado, el agua ya es apta para el consumo humano y es llevada al tanque de almacenamiento para de ahí ser distribuida o directamente distribuida a la población.

Funcionamiento eléctrico de la planta

Una vez encendido el generador eléctrico, se enciende el tablero de control energizando todo el sistema.

La bomba se captación que es autosebante y las bombas dosificadora empiezan a funcionar.

El encendido de la bomba que alimenta los filtros está condicionado a que el nivel en el cárcamo de bombeo sea el establecido. El aumento del nivel puede ocurrir por la obstrucción de alguna válvula o una incompleta apertura de la misma, también suele suceder por la saturación de alguno de los filtros, en cuyo caso se debe realizar la limpieza de los mismos mediante el retrolavado.

La operación de los filtros se explica con detalle más adelante.

Control de Nivel

Para controlar el nivel que el agua deberá tener en el cárcamo de bombeo se utiliza un interruptor de nivel por flotador, el mismo que enciende o apaga la bomba que alimenta a los filtros.

En la figura 3.2. se muestra la forma que tiene este equipo y su funcionamiento.

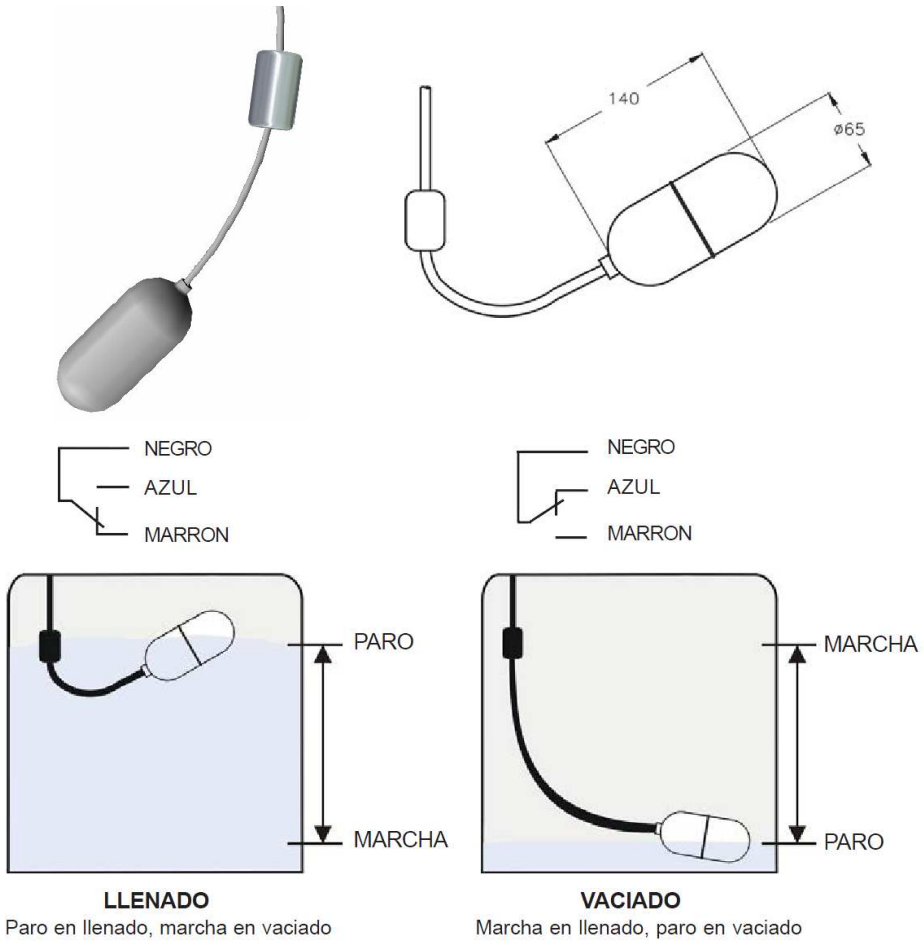


FIGURA 3.2. INTERRUPTOR DE NIVEL TIPO FLOTADOR

Este tipo de controladores son muy utilizados para protección de los sistemas de bombeo, son de fácil instalación y no requieren mantenimiento. A continuación se indican las características técnicas.

Características técnicas del interruptor de nivel

- Marca: DISIBEINT
- Modelo: INMR-C
- Función: Controlar un máximo y/o mínimo nivel en un proceso de llenado y vaciado de líquidos.

- Usos: Aguas limpias y residuales sin formación de cortezas.
- Conexión: Por Cable.
- Material del Flotador: Polietileno antichoque.
- Material del contrapeso: Acero Inoxidable AISI303.
- Conexión eléctrica: Butilico 3x1mm^2 (alta flexibilidad)
- Longitud del cable: 2 m
- Tipo de contacto: Microrruptor 1 inversor.
- Tensión máxima: 250 VCA
- Intensidad Máxima: 15 A
- Presión máxima: 4 Kg/cm^2.
- Densidad: 0.8 g/cm^3.
- Temperatura de trabajo: 60ºC.
- Dimensiones: ø65 x 140 mm
- Peso: 176 gr Contrapeso 345gr
- Clase de Protección: IP68

Funcionamiento del Área de Filtrado

La figura 3.3 muestra al filtro de arena y carbón activado en servicio, indicando que válvulas deben estar abiertas o cerradas para su correcto funcionamiento.

A continuación se describirá el procedimiento para la puesta en marcha tanto del filtro de arena como del de carbón activado, también se indicará como realizar el retrolavado de cada uno de ellos.

Puesta en Marcha del Filtro de Arena

Controlar que todas las válvulas estén cerradas con excepción de las que dan el ingreso al filtro de arena, tal como se muestra en la figura 3.4.

Abrir lentamente la válvula de purga o drenaje y eliminar el agua filtrada hasta que el contenido de turbidez esté dentro de los niveles recomendados por las normas locales (5 NTU). Normalmente esto toma un tiempo de 5 a 8 minutos.

Una vez terminado se configuran las válvulas tal como lo muestra la figura 3.3 para la puesta en funcionamiento del filtro.

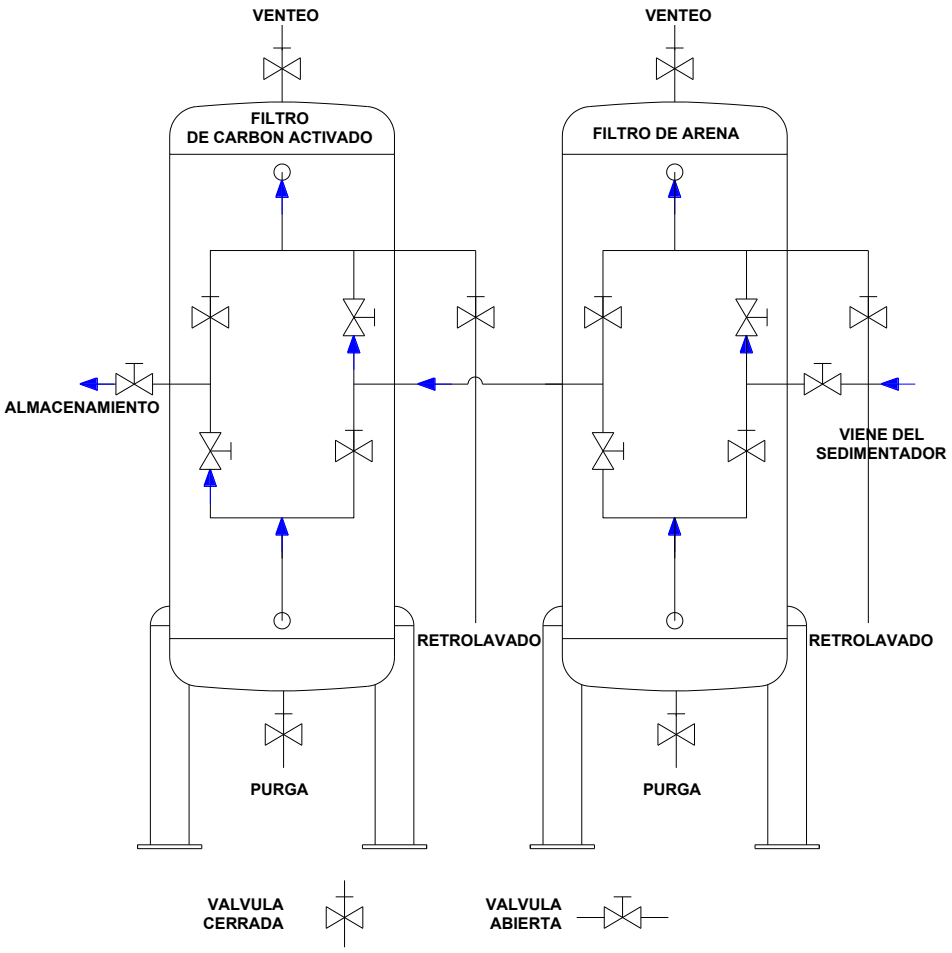


FIGURA 3.3. FILTROS EN FUNCIONAMIENTO

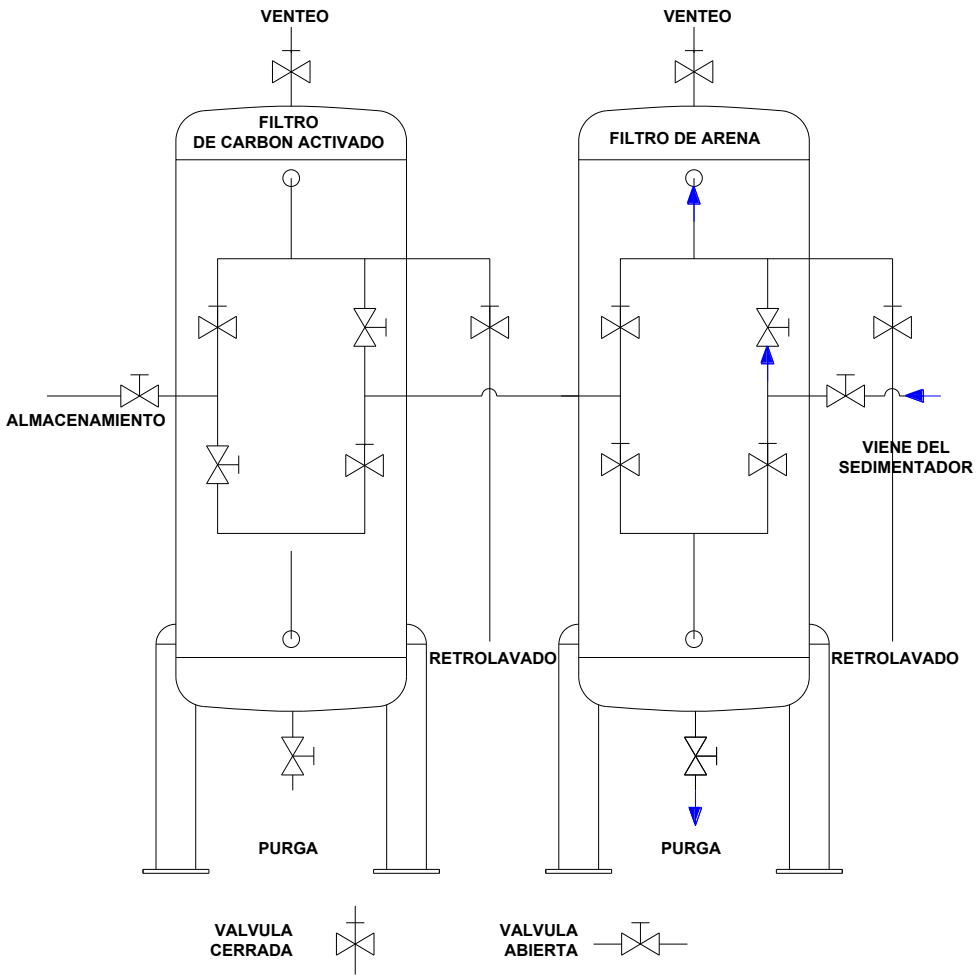


FIGURA 3.4. PUESTA EN MARCHA DEL FILTRO DE ARENA

Retrolavado del filtro de arena

El ciclo de retrolavado es el proceso por medio del cual las partículas atrapadas en el medio de arena son removidas de la arena y afuera del filtro, el retrolavado se lo hace individualmente del filtro de carbón activado para provocar la agitación máxima de la cama de arena. Provocado por un diferencial de presión, ya sea por período de tiempo, o manualmente.

El filtro deberá retrolavarse cada vez que la caída de presión debida a suciedad acumulada en el lecho filtrante sea de 0.2 Kg/cm² (2.8 psi) o cuando el agua de salida tenga una turbidez mayor a 5 NTU, para esto se deberá anotar los valores presión en el manómetro instalado en la entrada del filtro, cuando empieza a funcionar y medirla periódicamente hasta que se obtenga el diferencial de presión requerido para inicial el retrolavado.

El flujo continua por un periodo predeterminado de tiempo, típicamente 8 minutos, suspendiendo los cuerpos y partículas extrañas, arrastrándolos hacia fuera pasando a través de la entrada superior del y de la tubería de retrolavado, tal como se muestra en la figura 3.5.

A continuación se indican los pasos a seguir para realizar correctamente el retrolavado del filtro de arena:

1. Cerrar lentamente la válvula de entrada al filtro de arena.
2. Cerrar lentamente la válvula de salida al filtro de carbón activado.
3. Abrir las válvulas para que el agua entre por la parte inferior del filtro. En este momento el filtro empieza a liberarse de las partículas acumuladas, las mismas que salen por la parte superior del filtro a través de la tubería de retrolavado.
4. Cuando se ha cumplido con este requerimiento se pone nuevamente en funcionamiento el filtro de arena como se indica en la figura 3.3.

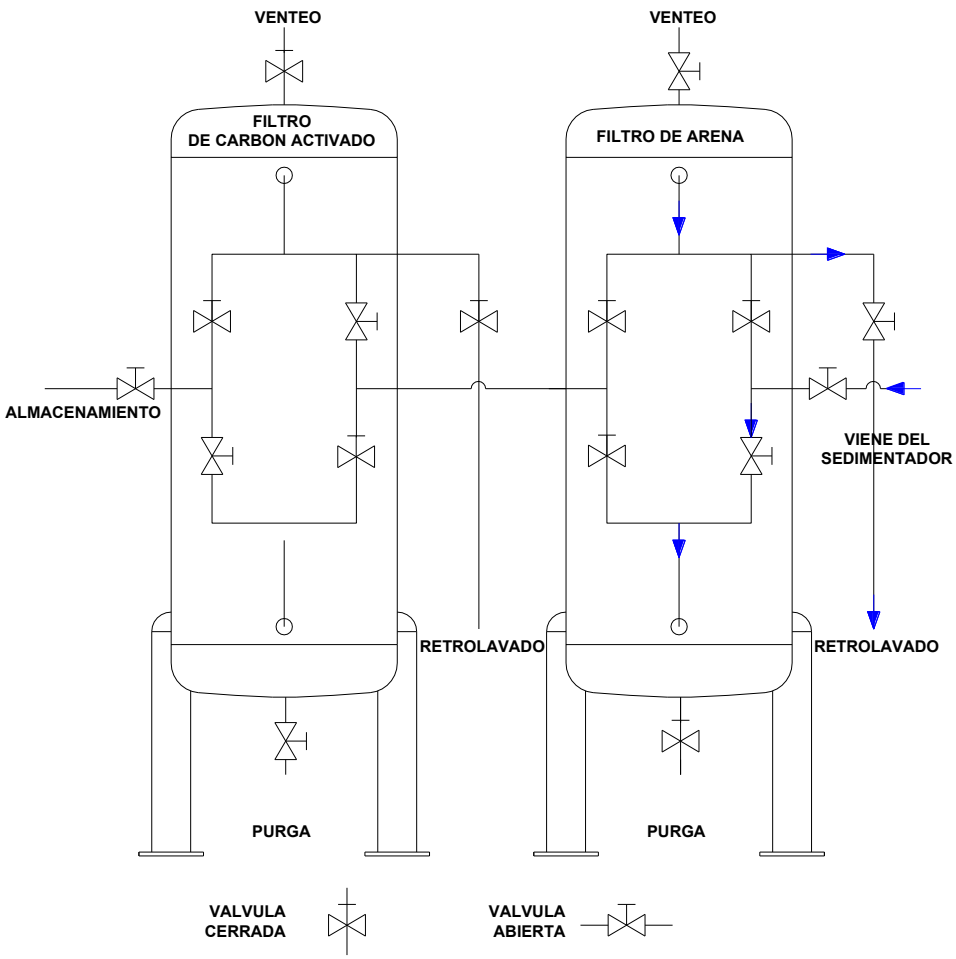


FIGURA 3.5. RETROLAVADO DEL FILTRO DE ARENA

Puesta en Marcha del Filtro de Carbón Activado

La puesta en marcha es igual a la que se realizó para el filtro de arena, tal como se muestra en la figura 3.6. Igualmente el tiempo que dura este procedimiento es de 5 a 8 minutos.

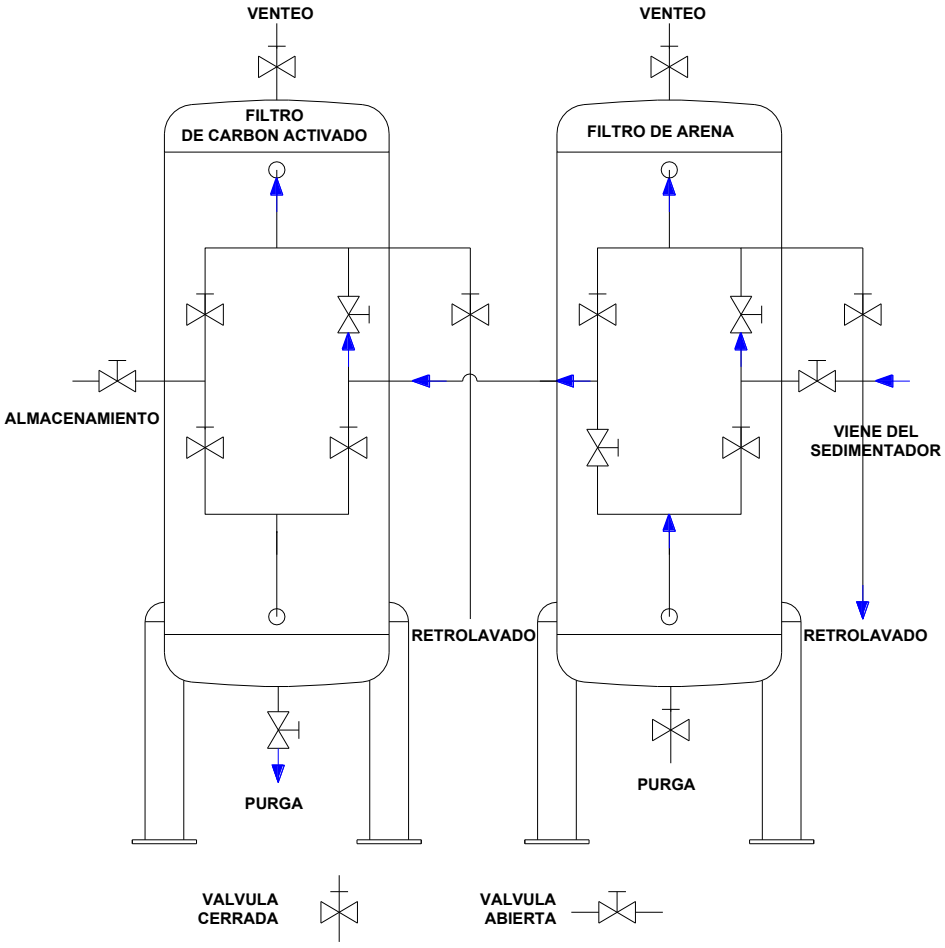


FIGURA 3.6. PUESTA EN MARCHA DEL FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

Retrolavado del Filtro de Carbón Activado

El ciclo de retrolavado es el proceso por medio del cual las partículas atrapadas en el carbón son removidas hacia afuera del tanque del filtro, el retrolavado se lo hace individualmente para provocar la agitación máxima de la cama de carbón. Provocando un diferencial de presión, ya sea por período de tiempo, o manualmente.

El flujo continúa por un periodo predeterminado de tiempo, típicamente un minuto, suspendiendo los cuerpos y partículas extrañas, arrastrándolos hacia fuera pasando a través de la entrada superior del tanque y de la tubería de retrolavado, tal como se muestra en la figura 3.7.

1. Cerrar lentamente la válvula de entrada al filtro de carbón.
2. Cerrar lentamente la válvula de salida al filtro de carbón activado.
3. Abrir las válvulas para que el agua entre por la parte inferior del filtro. En este momento el filtro empieza a liberarse de las partículas acumuladas, las mismas que salen por la parte superior del filtro a través de la tubería de retrolavado.
4. A continuación se indican los pasos a seguir para realizar correctamente el retrolavado del filtro de carbón activado.
5. Cuando se ha cumplido con este requerimiento se pone nuevamente en funcionamiento el filtro de carbón activado como se indica en la figura 3.3.

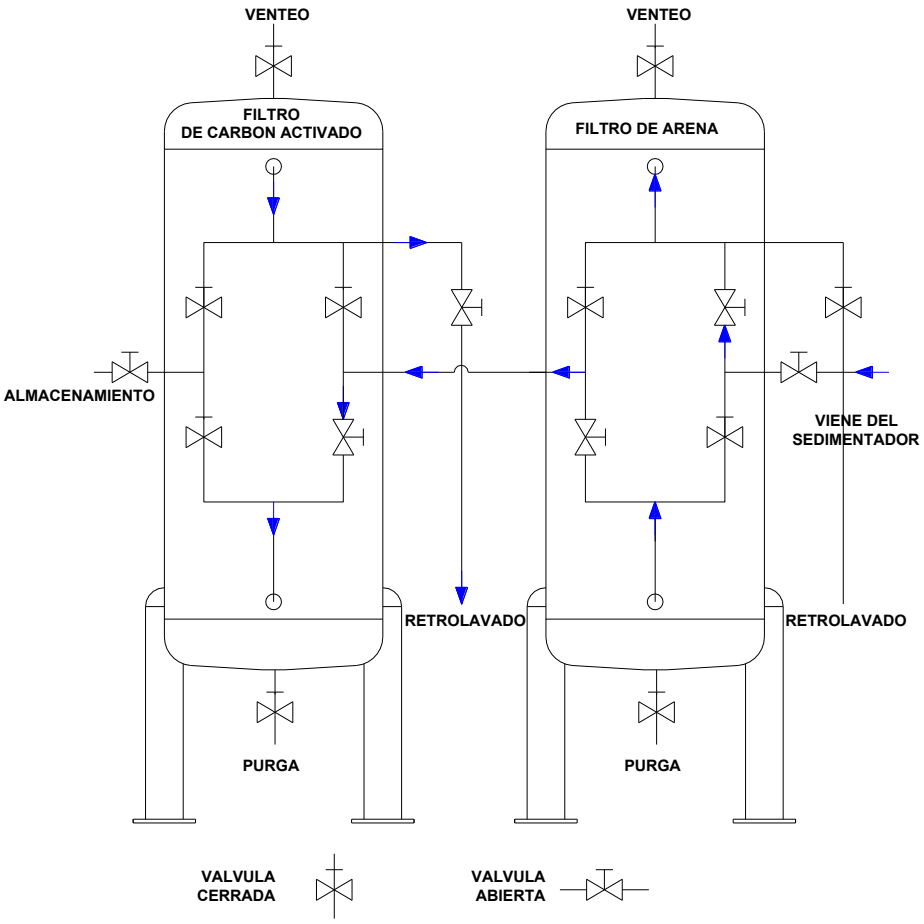


FIGURA 3.7. RETROLAVADO DEL FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

Control de la Calidad del Agua

El operador de la planta potabilizadora deberá realizar diariamente y por cada turno los siguientes pasos:

1. Chequear que las bombas que transportan el agua esté operando correctamente.
2. Que exista suficiente cloro y policloruro de aluminio en los tanques de almacenamiento.

3. Que las bombas dosificadoras de coagulante y desinfectante estén trabajando correctamente.
4. Medir y verificar una vez por turno que el cloro residual y el pH estén dentro de los parámetros requeridos. Más adelante se indicará el procedimiento.
5. Medir una vez por turno los cloruros en el agua que entra al tanque de coagulación. Más adelante se indicará el procedimiento.
6. Dos veces por turno se hará una inspección visual, se cogerá muestra del agua que sale del filtro de carbón activado en una botella plástica transparente. El agua deberá ser cristalina, sin olor ni color.
7. Pedir por escrito con ocho días de anticipación los productos y reactivos químicos para el control y proceso de agua.
8. Se hará retrolavado al filtro de arena y carbón activado cuando aumente la presión de trabajo o la turbidez del agua sea mayor a 5 NTU.

Por ser una planta potabilizadora de emergencia y que trabajará por lo general en lugares aislados o de desastres, no se mide todos los parámetros puesto que requiere de mucho tiempo, equipos y de un personal especializado. Los principales parámetros que se deben medir y los que más preocupan son el pH, el cloro residual y los cloruros.

Medición de Cloro Residual y pH

- Lavar dos probetas con el agua que se va analizar. Luego llenar cada una con esta misma agua hasta la señal de enrase (5 ml).
- En la primera probeta agregar 5 gotas de ototolidina y agitar.
- En la segunda probeta agregar 5 gotas de rojo de fenol y agitar.
- Luego se compara con sus respectivos colores.
- Para pH debe ser de 6,8 a 7,8
- Para cloro residual el valor debe ser 0,3 a 1,5 mg/l.

Medición de Cloruros

- Lavar la probeta con el agua que se va analizar, luego llenar con esta misma agua hasta la señal de enrase. (5 ml).
- Agregar 4 gotas de cromato de potasio al 5 % y agitar.
- Ir agregando nitrato de plata al 0.248% gota a gota hasta que cambie de color, de color amarillo pasa a color café ladrillo.
- Multiplicar el número de gotas consumidas por cinco y el resultado será en mg/lt de cloruros presentes en el agua, que no deben ser más e 50mg/l.

La máxima cantidad permisible de cloruros en el agua potable es de 250 mg/l, el valor de 50mg/l este valor se estableció más por razones de sabor que por razones sanitarias.

En la tabla 24 se indica los problemas más comunes que podrían presentarse durante la operación de la planta y como pueden ser resueltos.

TABLA 24

PROBLEMAS Y SOLUCIONES DURANTE LA OPERACIÓN DE LA PLANTA

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
No llega agua a la planta	• La bomba sumergible no está succionando agua. • Válvula de salida de bomba cerrada.	• Limpiar área succión de agua, desde el inicio de la tubería, incluido la bomba. • Comprobar la falta de energía en todo el sector. • Comprobar que la falta de energía es solo en el tablero eléctrico. De ser así, llamar a un profesional en la materia. • Si la válvula de salida de la bomba está abierta pero no pasa agua, cambiar la válvula.
Aumenta la Turbidez del Agua Potabilizada	• No se produce una buena coagulación	• Revisar que el tanque del coagulante este con suficiente producto • Limpiar todas las partes de la bomba dosificadora tanto de entrada y salida • Verificar que la bomba dosificadora no esté dañada o tapada.
	• El filtro de arena no trabaja correctamente	• Retrolavar el filtro, hasta que salga agua clara. Si el problema persiste, quiere decir que no hay arena en la unidad, por lo tanto se debe reponer las cantidades faltantes de arena y grava.
	• El filtro de carbón activado no	• Retrolavar el filtro, hasta que salga agua clara. Si el problema persiste, quiere

	trabaja correctamente	decir que no hay suficiente carbón activado o que el tiempo de vida del carbón activado ya termino, por lo tanto se debe reponer la cantidad faltante o reemplazar todo el carbón.
	• Aumento la Turbidez del agua cruda	• Realizar una nueva prueba de jarras para determinar la dosis requerida de coagulante. • De ser excesiva la turbidez de ser posible se deberá cambiar la fuente de agua cruda o instalar un Presedimentador.
Porcentaje de cloro insuficiente en el agua potabilizada	• No se produce una adecuada desinfección del agua	• Revisar que el tanque del cloración este con suficiente producto. • Limpiar todas las partes de la bomba dosificadora tanto de entrada y salida • Verificar que la bomba dosificadora no esté dañada o tapada. • De producirse por el aumento de la turbidez en el agua cruda, esta se solucionaría modificando la dosis de coagulante.

3.2. Manejo de Reactivos

Para el manejo de los reactivos químicos y la preparación de la solución coagulante y desinfectante se recomienda el uso de equipo de protección personal adecuado como son:

Equipo de Protección Personal EPP:

- Guantes
- Mascarilla

- Gafas a prueba de salpicadura
- Botas de hule

Las fichas técnicas y de seguridad proporcionarán una información más detallada de cada uno de los productos químicos utilizados y su manejo, dicha información se encuentra en los Anexos.

Preparación de la solución de coagulante

Llenar un tanque plástico de 50 galones con agua hasta la mitad.

Con mucha precaución añadir dos sacos de coagulante de 25 kilogramos y agitar con una paleta hasta su disolución total, luego se llena el volumen restante con agua, sin que se rebose.

Se retira la manguera de succión de la bomba dosificadora y se introduce la solución al tanque de almacenamiento, finalmente se vuelve a colocar la manguera, se conecta, se gradúa la bomba y se puede comenzar la dosificación.

Preparación de la solución desinfectante

Llenar un tanque plástico de 50 galones con agua hasta la mitad.

Con mucha precaución añadir 10 kilogramos de cloro granulado y agitar con una paleta hasta su disolución total, luego se llena el volumen restante con agua, sin que se rebose.

Se retira la manguera de succión de la bomba dosificadora y se introduce la solución al tanque de almacenamiento, finalmente se vuelve a colocar la manguera, se conecta, se gradúa la bomba y se puede comenzar la dosificación.

3.3. Mantenimiento de la Planta

Antes de realizar cualquier mantenimiento, ya sean las bombas o las partes que forman la planta, se debe verificar que la fuente de energía esté desconectada, en este caso la fuente de energía es el generador eléctrico.

Limpieza de la Planta

Por cuestiones de limpieza se debe dar mantenimiento a las placas del sedimentador cada 8 días, este tiempo puede variar de acuerdo a las características del agua cruda que se esté utilizando. Para este propósito las placas pueden ser desmontadas del sedimentador y lavadas por separado, dejando espacio para la limpieza interior del tanque.

Los filtros se limpian cada dos días en forma general, pero también depende de las condiciones del agua y eso queda a criterio del operador de la planta. Sobre todo si se observa que la calidad del agua que sale de la planta empieza a disminuir.

Cada una de los procesos de potabilización que conforman la planta tiene conexiones con válvulas que les permiten eliminar los sólidos acumulados debido al funcionamiento propio de la planta.

Se realizará un chequeo anual a cada una de las partes para verificar que no existan fisuras u oxidación.

Como la planta solo funcionará eventualmente, es decir, cuando existan emergencias que requieran de su uso inmediato. El mantenimiento, especialmente de las partes móviles como bombas y generador, se realizará en función de la variación los parámetros óptimos de funcionamiento.

Cuando la planta no esté en funcionamiento deberá mantenerse completamente limpia y seca, libre de cualquier residuo o contaminante a fin de que no se produzcan incrustaciones que generen corrosión. Los filtros deberán vaciarse por completo del material filtrante.

Mantenimiento del Motor

Para evitar arranques accidentales, retire y ponga a tierra el alambre de la bujía antes de realizar cualquier tipo de servicio.

Aceite

Cambie el aceite cuando el motor esté tibio. Consulte las especificaciones de aceite para seleccionar el aceite adecuado según su entorno de operación.

1. Retire el tapón de drenaje de aceite con un dado de 15 mm y una extensión.

2. Deje que el aceite se drene completamente.
3. Vuelva a colocar el tapón.
4. Retire la tapa de llenado/varilla indicadora de aceite para agregar el aceite.
5. Agregue 0,63 cuartos de galón (0,6 L) de aceite y vuelva a colocar la tapa de llenado/varilla indicadora de aceite.
6. Deseche el aceite usado en una planta aprobada para el tratamiento de desechos.

Bujías

1. Retire de la bujía el cable de la misma.
2. Use la herramienta para bujías que viene con el generador para retirarla.
3. Revise el electrodo en la bujía. Debe estar limpio y no desgastado para producir la chispa de encendido.
4. Cerciórese de que la abertura de la bujía sea de 0,7 – 0,8mm (0,028 - 0,031 pulg.).
5. Al reemplazarla, consulte la tabla de recomendaciones sobre bujías.
6. Atornille cuidadosamente la bujía en el motor.
7. Use la herramienta para bujías a fin de instalarla firmemente.
8. Conecte el alambre de la bujía en la misma.

Filtro de aire

1. Retire la cubierta a presión que sujeta el filtro de aire al conjunto.
2. Retire el elemento de espuma.
3. Lávelo con detergente líquido y agua. Estrújelo totalmente en un paño limpio hasta secarlo.
4. Satúrelo con aceite de motor limpio.
5. Estrújelo en un paño absorbente limpio para eliminar el exceso de aceite.
6. Coloque el filtro en el conjunto.
7. Vuelva a colocar la tapa del filtro y encájela en su lugar.

Parachispas

1. Deje que el motor se enfríe completamente antes de dar servicio al parachispas.
2. Retire los dos tornillos que sujetan la placa protectora que retiene el extremo del parachispas al silenciador.
3. Retire la pantalla del parachispas.
4. Use un cepillo de alambre y elimine cuidadosamente los depósitos de carbono de la pantalla del parachispas.
5. Reemplace el parachispas si está dañado.

6. Coloque el parachispas en el silenciador y fíjelo con los dos tornillos

Mantenimiento del Generador

Cerciórese de mantener el generador limpio y correctamente almacenado. Opere la unidad en una superficie plana y nivelada en un entorno limpio y seco. No exponga la unidad a condiciones extremas, polvo, suciedad, humedad excesivos ni a vapores corrosivos.

Use un paño húmedo para limpiar las superficies exteriores del generador. Use un cepillo de cerdas suaves para eliminar la suciedad y el aceite. Use un compresor de aire (25 PSI) para despejar la suciedad y los desechos del generador. Revise todos los orificios y ranuras de ventilación para cerciorarse de que estén limpios y despejados.

Ya que la planta puede o no funcionar durante todo el año, dependiendo de las situaciones que se presente, hay que tener en cuenta que si no se usa por tiempos prolongados ni periódicos, el generador debe arrancarse al menos una vez cada 14 días y dejarlo funcionar por lo menos durante 20 minutos.

Se debe revisar diariamente el nivel de aceite y agregar según sea necesario.

Mantenimiento de las Bombas Centrifugas

Siempre desconecte el suministro eléctrico antes de trabajar sobre la bomba o los controles.

Los cojinetes de bola se encuentran en el motor y forman parte de él, estos están permanentemente lubricados y no es necesario engrasarlos.

El líquido bombeado provee la lubricación que se necesita. Si la bomba se hace funcionar en seco, las partes rotativas se agarrotarán y se dañará el sello mecánico. No opere la bombas influjo o con muy poco flujo. La energía que se imparte al líquido se convierte en calor. El líquido puede convertirse en vapor. Las partes rotativas requieren de líquido para evitar la estriación o el agarrotamiento.

A continuación se describe el desmontaje completo de la unidad. Prosiga sólo hasta donde sea necesario para efectuar las tareas de mantenimiento requeridas.

1. Desconecte el suministro eléctrico.
2. Desagote el sistema y limpie con una descarga de agua si fuera necesario.
3. Retire los bulones de sujeción del motor.
4. Desmontaje del extremo del líquido:
5. Retire los tornillos de la carcasa.

6. Retire el conjunto posterior retractable de la carcasa.
7. Retire el conjunto de tobera/venturi y los anillos en O.
8. Retire la aleta guía.
9. Retire el impulsor girando en el sentido contrario a las agujas del reloj.

Al retirar la cubierta del extremo del motor, sostenga las partes planas sobre el eje con una llave para impedir la rotación.

A partir de aquí, el desmontaje adicional requiere que se retire el sello mecánico. Se recomienda instalar un sello mecánico nuevo al volver a armar la bomba.

1. Lubrique el eje y el sello mecánico con agua jabonosa.
2. Retire la porción rotativa del sello mecánico.
3. Retire los tornillos del adaptador del motor y separe el adaptador del motor del motor.
4. Retire la porción estacionaria del sello mecánico del adaptador del motor.

Mantenimiento de la Bomba Dosificadora

Para realizar cualquier trabajo que contemple manejar las soluciones de desinfección y coagulación, se deberá colocar el equipo de protección personal.

Previo a realizar el mantenimiento de las bombas dosificadoras, se debe verificar que no esté energizada, despresurizar el tubo de descarga y vaciar cualquier residuo de solución que se encuentre en la bomba o en la válvula inyectora.

Este tipo de equipos necesitan de poco mantenimiento, generalmente es suficiente con limpiar el filtro de fondo una vez al año.

Para aditivos que tienden a formar cristalizaciones como el hipoclorito de sodio, realizar más a menudo el mantenimiento, periódicamente una vez al mes o antes de un periodo de inactividad de la bomba. Proceder de la siguiente manera:

- Hacer aspirar agua por la bomba durante quince minutos de modo de extraer el producto dosificado.
- Sustituir el agua con ácido utilizado en la piscina, circulando por diez minutos.
- Hacer aspirar nuevamente el agua, por 15 minutos.

Para evitar daños al dosificador, es necesario sustituir el tubo de la bomba cada 500 horas de trabajo.

CAPÍTULO 4

4. COSTOS

En el presente capítulo se indicará el cronograma para la fabricación de la planta potabilizadora, las consideraciones que se deben tener a la hora de construirla y armarla. Además el costo de fabricar dicha planta y su operación.

4.1. Cronograma de Fabricación

Para la fabricación de la planta se utilizará acero inoxidable AISI 304L, para soldar este tipo de acero se utiliza el sistema GTAW o TIG, que proporciona soldaduras homogéneas, de buena apariencia y con un acabado completamente liso.

Posterior a la soldadura se realiza el decapado, que es la eliminación de una fina capa de metal de la superficie del acero inoxidable, se utilizan mezclas de ácido nítrico, con el fin de eliminar las manchas de termocoloración producidas por la soldadura.

En el Apéndice D se muestra el cronograma de fabricación de la planta, se indican las especificaciones técnicas del material a construir e información del proceso de soldadura utilizado.

En el Apéndice E se indican los planos de la planta, los mismos que dan detalles de la construcción de las partes más importantes de la planta, así como también se muestran vistas de cómo queda la planta armada en su totalidad.

4.2. Análisis de Costos

Se determinará a continuación el costo de producir un metro cúbico de agua mediante el uso de la planta potabilizadora.

Costo de Fabricación

En la tabla 25 se indican los costos de fabricación de cada una de las partes de la planta potabilizadora.

TABLA 25

COSTOS DE FABRICACIÓN DE LA PLANTA

Descripción	Cant.	Costo	Costo total

		Unitario ($)	**($)**
Diseño	1	1000	1000
Remolque de 2 TON de 1 eje	1	1500	1500
Tanque de Sedimentación Floculación, Tolva de Lodos	1	2116,93	2116,93
Filtro de Arena	1	380,58	380,58
Filtro de Carbón Activado	1	499,08	499,08
Tanque de Almacenamiento de Agua Potable	1	2000	2000
Tanque para Químicos	2	25	50
Bomba de Captación	1	468	468
Bomba para Alimentar Filtros	1	865	865
Bombas Dosificadoras	2	450	900
Generador Eléctrico	1	547,01	547,01
Válvulas Bola ø1”	14	17,04	238,56
Válvulas Bola ø1 ½”	4	25,56	102,24
Válvulas Bola ø1/2”	4	8,47	33,88
Tuberías y Conexiones	1	96,96	96,96
Tablero de Control	1	600	600
Colorímetro	1	150	150
Luminarias	4	6,33	25,32
Estructura Soportante	1	458,25	458,25
Gastos Varios	1	100	100

Costo de Fabricación	12131,81

Depreciación de la Planta

Para la depreciación de la planta se asume una vida útil de 20 años y un valor de desecho de 20% del valor de la planta

$$Depreciación\ Anual = \frac{Costo\ de\ Fabricación - Valor\ de\ Desecho}{Vida\ Útil}$$

$$Depreciación\ Anual = \frac{12131{,}81 - 0.2(12131{,}81)}{20\ años}$$

$$Depreciación\ Anual = 485.27\ \$/año$$

$$Depreciación\ por\ m^3 = 485.27 \frac{\$}{año} \times \frac{1\ año}{365\ días} \times \frac{1día}{50m^3}$$

$$Depreciación\ por\ m^3 = 0.026 \frac{\$}{m^3}$$

Costo de Operación

Policloruro de Aluminio PAC

El precio en el mercado del PAC en estado sólido es 0.9 $/Kg.

De los valores obtenidos en Capítulo 2 se obtiene que el consumo diario de PAC es 0.75Kg/día.

$$\text{Costo PAC} = 0.9 \frac{\$}{\text{Kg}} \times 0.75 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \times \frac{\text{día}}{50\text{m}^3}$$

$$\text{Costo PAC} = 0.0135 \frac{\$}{\text{m}^3}$$

Hipoclorito de Sodio NaOCl

El precio en el mercado del PAC en estado sólido es 0.9 $/Kg.

El consumo diario de desinfectante es 1g/m^3 = 10^{-3}Kg/m^3

$$\text{Costo NaOCl} = 7\frac{\$}{\text{Kg}} \times 10^{-3}\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Costo NaOCl} = 0.007\$/\text{m}^3$$

Arena y Grava

El precio de la arena y grava es aproximadamente igual, así que se asumirá un solo valor: 0.75 $/Kg.

Densidad del arena (ρ)= 2650 Kg/m3

$$\text{Volumen de Arena} = \frac{\pi D^2}{4}\text{h}$$

$$\text{Volumen de Arena} = \frac{\pi(0.385\text{m})^2}{4}0.6\text{m}$$

$$\text{Volumen de Arena} = 0.0698\ \text{m}^3$$

$$masa(arena) = densidad \times volumen = 2650Kg/m^3 \times 0.0698m^3$$

$$masa(arena) = 184.97Kg/m^3$$

El tiempo de vida útil de la arena depende de las características de la fuente de agua, pero por lo general es de 2 años.

$$\text{Costo arena} = 0.75\frac{\$}{\text{Kg}} \times 184.97\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3\text{x 2años}} \times \frac{1\text{año}}{365\ \text{día}} \times \frac{1\text{día}}{50\text{m}^3}$$

$$\text{Costo arena} = 0.003\$/\text{m}^3$$

Carbón Activado CA

Precio: 3.5 $/Kg.

Densidad del CA (ρ)= 450 Kg/m3

$$\text{Volumen} = \frac{\pi D^2}{4} h$$

$$\text{Volumen de CA} = \frac{\pi(0.47\text{m})^2}{4} 0.5\text{m}$$

$$\text{Volumen de CA} = 0.1734\ \text{m}^3$$

$$masa(CA) = densidad \times volumen = 450 Kg/m^3 \times 0.1734 m^3$$

$$masa(CA) = 78.03\ Kg/m^3$$

El tiempo de vida útil del carbón activado depende de las características de la fuente de agua, pero por lo general es de 1 año.

$$\text{Costo arena} = 3.5\frac{\$}{\text{Kg}} \times 78.03\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3\text{x año}} \times \frac{1\text{año}}{365\ \text{día}} \times \frac{1\text{día}}{50\text{m}^3}$$

$$\text{Costo arena} = 0.01\$/\text{m}^3$$

Combustible

El precio de la gasolina súper es 1.68$/galón

El consumo aproximado es de 4 galones por día.

$$\text{Costo combustible} = 1.68\frac{\$}{\text{gal}} \times 4\frac{\text{gal}}{\text{día}} \times \frac{1\text{día}}{50\text{m}^3}$$

$$\text{Costo combustible} = 0.134\ \$/\text{m}^3$$

En caso de contar con el suministro energía eléctrica que proporciona la red local, el valor por consumo se vería reemplazado por un mucho menor, tal como se muestra a continuación.

$$Costo\ (energía\ eléctrica) = 1.38kW \times \frac{24h}{día} \times \frac{1día}{50m^3} \times \frac{0.08\$}{kWh}$$

$$Costo\ (energía\ eléctrica) = 0.049\$/m^3$$

Mano de Obra

La planta fue diseñada de forma sencilla, con información detallada para que su operación pueda ser realizada por una sola persona. Se requerirán 3 turnos de 8 horas para completar las 24 horas de trabajo.

$$Salario = (Básico \times \#meses) + Décimo\ 3ro + Décimo\ 4to$$

$$Salario = (264 \times 12) + 264 + 264$$

$$Salario = \frac{3696\$}{persona \times año}$$

$$\text{Costo } = \frac{3696\$}{\text{persona} \times \text{año}} \times 3\text{personas} \times \frac{1\text{año}}{365\text{días}} \times \frac{\text{día}}{50\text{m}^3}$$

$$\text{Costo } = 0.607\$/\text{m}^3$$

Mantenimiento de la Planta

Se toma como el 3% del costo de la planta.

$$Costo\ Mantenimiento = 0.03 \times Costo\ de\ la\ Planta$$

$$Costo\ Mantenimiento = 0.03 \times 12131.81$$

$$Costo\ Mantenimiento = 363.95\ \$/año$$

$$Costo\ Mantenimiento = 363.95\ \frac{\$}{año} \times \frac{1año}{365días} \times \frac{1día}{50m^3}$$

$$Costo\ Mantenimiento = 0.019\ \$/m^3$$

Los costos de operación se resumen en la tabla 26 y los costos finales de producir un metro cúbico de agua potable mediante el uso de la planta se muestran en la tabla 27.

TABLA 26

COSTOS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA

Descripción	**Costo ($/m^3)**
Policloruro de Aluminio	0.0135
Hipoclorito de Sodio	0.007
Arena y Grava	0.03
Carbón Activado	0.01
Combustible	0.134
Mano de Obra	0.607
Mantenimiento	0.019
Costo de Operación	**0.82**

TABLA 27

COSTOS TOTAL DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA

Descripción	**Costo ($/m^3)**
Costo de Operación	0.82

Depreciación de la Planta	0.026
COSTO TOTAL ($/m^3)	**0.85**

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se indican las conclusiones que se obtuvieron en la realización del presente proyecto y las recomendaciones sobre el mismo.

5.1. CONCLUSIONES

Al utilizar un sedimentador de alto rendimiento como lo es el de placas inclinadas, se logro reducir significativamente el espacio que ocupa el proceso de sedimentación, el ahorro de espacio es de aproximadamente un 90% con respecto a sedimentadores convencionales.

La eficiencia del mismo no se ve reducida significativamente cuando la turbidez del agua aumenta, situación que si se da en sedimentadores convencionales.

El uso de filtros a presión para el proceso de filtrado con arena y carbón activado permite realizar una filtración rápida, efectiva y con un espacio reducido.

Al usar para la floculación el mecanismo hidráulico de pantallas, se eliminó el uso de un motor eléctrico que comúnmente realiza esta tarea, reduciendo así el consumo de combustible para el funcionamiento de la planta.

Se seleccionó un generador eléctrico de 3500W que suministra la energía que necesita la planta para funcionar.

Si bien el objetivo de la planta no es el lucro, si no suministro confiable de agua potable, especialmente en situaciones de emergencia, se comprueba que el costo de producción por metro cúbico de agua es relativamente bajo, 0.85 dólares por metro cúbico.

Como resultado final se obtuvo un sistema de potabilización compacto, modular y portable que cabe dentro de una estructura soportante de 1.5x2.5x1.55 metros que puede ser movilizado fácilmente al lugar que se requiera mediante el uso de un remolque.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda en lo posible el uso de reactivos en estado sólido ya que de esta manera es más fácil transportarlos y dura más tiempo para su operación.

La planta deberá estar lo más cerca posible de la fuente de agua a potabilizar. Procurar que el lugar donde se vaya a funcionar la planta este nivelado.

Explicar al operador el funcionamiento de la planta de manera clara y sencilla, para esto deberá realizarse un manual resumiendo toda la información proporcionada en el presente proyecto.

De existir dudas sobre la contaminación de la fuente de agua cruda con metales pesados, deberá realizarse un análisis químico completo al agua para determinar si es posible que sea procesada por la planta.

APÉNDICE A

TABLAS

TABLA A.1

PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN, METROS DE COLUMNA DE AGUA POR CADA METRO DE TUBERÍA CLASE 10 PARA DISTINTOS DIÁMETROS Y CAUDALES.

Q	Q	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN
Lt/s	Lt/min	20 mm	25 mm	32mm	50 mm	63 mm	75 mm	90 mm
1	60	1.11	0.32	0.092	0.0096	0.003	0.0013	0.0006
5	300	21.88	6.25	1.807	0.1888	0.061	0.0263	0.0108
10	600	78.89	22.53	6.514	0.6808	0.221	0.0949	0.0390
15	900	167.00	47.71	13.792	1.4414	0.467	0.2009	0.0826
20	1200	284.40	81.23	23.484	2.4543	0.795	0.3421	0.1407
25	1500	429.70	122.70	35.485	3.7086	1.201	0.5169	0.2126
30	1800	602.10	172.00	49.721	5.1963	1.683	0.7242	0.2979
35	2100	800.80	228.70	66.128	6.9110	2.239	0.9632	0.3962
40	2400	1025.00	292,80	84.659	8.8476	2.866	1.2332	0.5072
45	2700	1275.00	364.10	105.27	11.002	3.564	1.5334	0.6307

50	3000	1549.00	442,50	127.93	13.369	4.330	1.8634	0.7664
55	3300	1848.00	527.80	152.59	15.947	5.165	2.2227	0.9142
60	3600	2171.00	620.00	179.24	18.733	6.068	2.6109	1.0738

TABLA A.2

COEFICIENTE DE PÉRDIDAS DE CARGA K PARA SINGULARIDADES

VALORES DEL COEFICIENTE K EN PÉRDIDAS MENORES	
Accesorio	**K**
Válvula globo (totalmente abierta)	0.3
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5
Válvula de retención (totalmente abierta)	2
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-
T por salida lateral	1,80

Codo a 90º de radio corto (con bridas)	0,90
Codo a 90º de radio normal (con bridas)	0,75
Codo a 90º de radio grande (con bridas)	0,60
Codo a 45º de radio corto (con bridas)	0,45
Codo a 45º de radio normal (con bridas)	0,40
Codo a 45º de radio grande (con bridas)	0,35
Nudos	1.80

TABLA A.3

PRESIÓN DE TRABAJO PARA LOS ACCESORIOS DE RIEGO MÁS COMUNES.

ACCESORIOS	**PRESIÓN DE TRABAJO**
Filtros de malla	3 – 5 m
Filtros de arena	1 – 3 m
Cintas	3.5 m
Goteros	3 – 12 m
Micro aspersores	16 m
Aspersores	25 – 35 m
Válvulas de aire	0.5 m

Válvulas de no retorno	1 m

APÉNDICE B

INFORMACIÓN SOBRE QUÍMICOS UTILIZADOS

HIPOCLORITO DE SODIO

1. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL

Nombre Comercial: Hipoclorito o Cloro liquido

Nombre Químico: Solución de Hipoclorito de Sodio al 10 %

Formula Química: NaOCl

2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE INGREDIENTES

Ingrediente(s) Peligroso(s) % (p/p) TLV (ppm) CAS Nº Hipoclorito de Sodio 10 2 mg/m3 14380-61-1

3. PROPIEDADES FÍSICAS

Apariencia: Liquido amarillo verdoso

Olor: Sofocante, parecido al cloro

Temperatura de Ebullición: 110 (El producto se descompone rápidamente)

Densidad Líquido: 1.155 g/cm3

Solubilidad en agua: Total

4. RIESGOS DE FUEGO

Incendio y Explosión: Por sí solo no genera riesgos de fuego. Las soluciones de hipoclorito de sodio se descomponen al calentarse. Los productos de descomposición pueden provocar que los tambores o contenedores se rompan o exploten. Es posible que ante materiales orgánicos o agentes oxidantes se produzca

una reacción vigorosa del producto que puede generar fuego. Esta solución no es considerada explosiva. (El hipoclorito de sodio anhidro, es muy explosivo)

Medio para extinguir el fuego: Use cualquier método adecuado para extinguir el fuego de los alrededores. Use una lluvia de agua para enfriar los recipientes expuestos al fuego, diluir el líquido y controlar los vapores.

Nota para la brigada de emergencia:

Utilice equipo de respiración autónomo a presión positiva y equipo de protección completo.

5. RIESGOS PARA LA SALUD

Inhalación: La excesiva inhalación de vapores y nieblas o humos puede causar irritación bronquial, tos, respiración dificultosa, náusea y edema pulmonar. Adicionalmente los efectos incluyen colapso del sistema circulatorio, confusión, delirio y coma.

Ingestión: Puede causar erosión de las membranas mucosas. Otros síntomas incluyen vómito, colapso circulatorio, confusión, coma y muerte. Puede causar edema en la faringe, glotis y laringe y perforación del esófago y el estómago. Los efectos son menos dañinos a menores concentraciones.

Contacto con la Piel: Puede causar severa irritación con presencia de ampollas y eczemas, especialmente a concentraciones mayores de 6 % p/p.

Contacto con los Ojos: El contacto puede causar severa irritación y lesión, directamente proporcional con la concentración.

Exposición crónica: Una constante irritación de los ojos y la garganta.

Condiciones agravantes: Las personas con disminución de la función respiratoria son más susceptibles a los efectos de esta sustancia.

6. PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Procure aire fresco. Si no respira, dé respiración artificial. Si la respiración es dificultosa, dé oxígeno. Solicite atención médica inmediatamente.

Ingestión: No inducir vómito. Dé grandes cantidades de agua. Si la persona está inconsciente no administre nada por la boca. Solicite inmediatamente atención médica.

Contacto con la Piel: Lave inmediatamente la piel con abundante agua, por lo menos durante 15 minutos mientras remueve la ropa y zapatos contaminados. Solicite atención médica. Enjuague completamente la ropa y zapatos antes de usarlos de nuevo.

Contacto con los Ojos: Lave inmediatamente los ojos con abundante agua por lo menos durante 15 minutos, levante ocasionalmente los párpados superior e inferior. Solicite atención médica inmediatamente.

Nota para el Médico:

Considere la administración oral de soluciones de tiosulfato de sodio, para casos de ingestión del hipoclorito de sodio. No administre sustancias neutralizantes que puedan generar reacción exotérmica y lesionar más los tejidos. Una intubación endotraqueal podría ser necesaria para el caso de un edema de glotis. Para individuos con inhalación significativa por exposición, controle contaminación en la sangre y aplique rayos x, al pecho.

7. RIESGOS AMBIENTALES

AIRE: No hay suficiente evidencia del impacto ambiental de los ingredientes peligrosos de las soluciones de hipoclorito en el aire (atmósfera): sosa cáustica 18 gpl. o hipoclorito de sodio de 140 gpl. de cloro disponible. Con el CO_2 del aire ambiente la sosa tiende a formar carbonato de sodio y con la luz solar (UV) el hipoclorito se descompone a sal (NaCl) y oxígeno.

AGUA: El cloro disponible (Cl) de la solución del hipoclorito reacciona rápidamente con compuestos orgánicos presentes sobre todo en aguas residuales. Esta reacción produce compuestos orgánicos oxidados tales como cloraminas, trihalometanos, oxígeno, cloratos, bromatos y bromo-orgánicos. Concentraciones de hasta 0.02 – 0.05 mg/litro provocan inhibición del 50% en la composición de especies del fitoplancton marino. La sosa cáustica forma hidróxidos con las sales del agua, muchos de ellos precipitables. Incrementa la conductividad eléctrica del agua.

SUELO: El hipoclorito oxida los componentes químicos del suelo que dependiendo de su solubilidad, son fácilmente lavados con agua. La sosa también reacciona con los componentes químicos del suelo formando hidróxidos que dependiendo de su solubilidad, son fácilmente lavados con agua. Un derrame de hipoclorito de sodio de 140 gpl. pudiera quemar temporalmente la zona de suelo afectado.

8. ESTABILIDAD

Estabilidad: Se descompone lentamente en contacto con el aire, incrementándose este efecto de manera directamente proporcional con la concentración y la temperatura. La exposición a la luz solar acelera la descomposición. En condiciones adecuadas de almacenamiento, tiene una pérdida de 0,07 % de cloro activo por día.

Peligros por descomposición: Cuando es calentado hasta descomposición, emite vapores tóxicos de cloro, ácido hipocloroso y ácido clorhídrico. A altas temperaturas se forma óxido de sodio.

Incompatibilidades: Amoníaco (puede formarse gas de cloramina), aminas, sales de amonio, aziridina, metanol, fenil acetonitrilo, celulosa, metales oxidables, ácidos, jabones y bisulfatos.

Condiciones a evitar: Luz, calor, productos químicos incompatibles, prolongado almacenamiento.

9. PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAMES

Ventilar el área. El personal de la brigada de emergencia, debe contar con el equipo de protección completo. Aísle el área de riesgo al menos 25 metros a la redonda. Mantenga fuera del área al personal no protegido. Proceda a recoger el líquido en los recipientes adecuados o absorber con material inerte: arena seca, tierra, No use materiales combustibles. No descargue a la alcantarilla producto concentrado**.**

10. MEDIDAS DE CONTROL DE HIGIENE INDUSTRIAL

Ventilación: Se recomienda un sistema local para evacuar gases, que permita mantener el TLV con valores permisibles y a la vez controlar las emisiones contaminantes en la fuente misma, previniendo la dispersión general en el área de trabajo.

Respirador personal: Utilice un respirador aprobado según NIOSH/OSHA, siguiendo las recomendaciones del fabricante, como medida de precaución en donde se puedan existir contaminantes suspendidos en el aire.

Protección de ojos: Use gafas plásticas de seguridad y en lugares susceptibles de salpicaduras utilice la mascarilla facial completa. Mantenga una ducha y un equipo para lavado de ojos en el lugar de trabajo.

Protección de la Piel: Para casos emergentes se requiere traje de PVC (En condiciones normales de operación: usar delantal de PVC), incluyendo botas de caucho, guantes de caucho, y casco protector.

11. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Evite el almacenamiento cerca de ácidos, compuestos oxidantes, amoniacales, alcoholes o hidrocarburos. Las áreas de almacenamiento deben ser limpias, frescas y secas. Evite el contacto con metales. No almacene en tanques subterráneos.

A los recipientes cerrados se les deberá proveer ventilación a fin de liberar el oxígeno, producto de la descomposición normal, especialmente si se someten los recipientes al calor.

12. INFORMACIÓN SOBRE TOXICIDAD

Toxicidad aguda

Producto tóxico y corrosivo, depende de su concentración. La ingestión provoca daños serios en la boca, estómago y otros tejidos con los que toma contacto. Puede ser fatal

Toxicidad crónica

Puede provocar dermatitis alérgica y eczema

Efectos locales o sistemáticos

Puede causar irritación y/o quemaduras en ojos y piel si no se usan los implementos de protección personal recomendados

13. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

Descripción DOT: Hipoclorito Solución

Clase Peligro DOT: Clase 8 Materiales Corrosivos

14. INFORMACIÓN SOBRE REGULACIONES

Regulaciones Nacionales: NTE INEN 2266:2000

Ordenanzas Municipales

Régimen Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos

15. INFORMACIÓN SOBRE ELIMINACIÓN O DISPOSICIÓN

La información se encuentra descrita en el marco legal mencionado.

16. OTRA INFORMACIÓN

La información presentada aquí es exacta y confiable. El uso de esta información y las condiciones de uso del producto es responsabilidad del Cliente. No se acepta responsabilidad legal por cualquier pérdida o daño ocasionado al cliente.

Sin embargo el personal técnico estará complacido en responder preguntas relacionadas con los procedimientos de manejo y uso seguro.

POLICLORURO DE ALUMINIO

1. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL

Nombre Comercial: PAC., Policloruro de aluminio

Nombre Químico: Policloruro de aluminio, en solución. Polihidroxicloruro de Aluminio.

Uso: Floculante para clarificación de aguas y efluentes industriales

Formula Química: (Al2(OH)n. Cl6- n)x

2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE INGREDIENTES

Ingrediente(s) %(p/p) TLV - TWA CAS # Alúmina 17.0 ± 1.0 2 mg/m3 1327-41-9

3. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Apariencia y Color: Amarillento

Densidad a 20 °C: 1.365 a 1.575

pH de la solución al 5%: 3.8

pH del concentrado: 1.0± 0.5

Basicidad, % 40 a 55

Solubilidad en agua: Soluble a cualquier concentración

Hierro, %p/v: 0.003 a 0.008

Cloruros, %p/v: 17 a 22

Punto de congelamiento: inferior a -5 °C

Punto de ebullición: 122 °C

Punto de inflamabilidad: no aplica

4. RIESGOS DE FUEGO

Por si solo no genera riesgos de fuego y explosión. Sometido al fuego, puede generar gases irritantes y tóxicos, incluidos gases de ácido clorhídrico. En caso de incendio, proceda a enfriar con agua los envases. Los recipientes cerrados al ser calentados pueden reventar por incremento de la presión interna.

Medio para extinguir el fuego: Use cualquier método adecuado para extinguir el fuego de los alrededores. (Agua, polvo químico, dióxido de carbono o espuma química).

Información Especial: Los bomberos deben colocarse el traje completo de protección: equipo de respiración autónoma, traje aislante impermeable.

5. RIESGOS PARA LA SALUD

Inhalación: Dolor en el pecho, tos, dificultad para respirar, dolor de garganta.

Ingestión: Náusea, vómito, irritación gastrointestinal.

Contacto con la piel: Ligera irritación o enrojecimiento.

Contacto con los ojos:, Ardor, irritación y enrojecimiento.

PRIMEROS AUXILIOS.

Inhalación: Si la víctima respira en forma acelerada, muévala hacia el aire fresco. Reposo y atención médica.

Ingestión: No induzca al vómito. Lave la boca, dé abundante agua a beber, ó 1 litro de leche. Si la persona está inconsciente no administre nada por la boca. Solicite atención médica inmediatamente.

Contacto con la piel: Lave la piel con una solución jabonosa y enjuague con abundante agua por lo menos durante 15 minutos. Enjuague completamente la ropa y zapatos antes de usarlos de nuevo.

Contacto con los ojos: Lave inmediatamente con abundante agua por lo menos durante 15 minutos, levante ocasionalmente los párpados superior e inferior. Solicite atención médica.

6. RIESGO AMBIENTAL

Biodegradabilidad: es la característica de algunas sustancias de poder ser utilizadas como sustrato por microorganismos que las emplean para producir energía y crear otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos. En general los cloruros suelen tener mala Biodegradabilidad y permanecer durante años en el medio ambiente. Debido a su carácter hidrofóbico se acumula en las grasas especialmente en los últimos eslabones de la cadena alimenticia y pueden provocar problemas de salud.

7. ESTABILIDAD

Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento, es decir, a temperatura ambiente, presión atmosférica, medio acuoso con pH inferior a 5, almacenado en recipientes plásticos cerrados y bajo sombra.

Peligros por descomposición: Bajo condiciones de estabilidad puede conservarse en almacenamiento. Por calentamiento excesivo se desprenden gases irritantes de ácido clorhídrico. La solución en agua es un medio fuertemente ácido.

Incompatibilidad: Reacciona con zinc y aluminio para formar gas hidrógeno. Al contacto con agentes alcalinos fuertes (amoníaco y sus soluciones, hidróxido de

sodio, hidróxido de potasio, carbonatos e hipocloritos) puede generarse una reacción exotérmica con desprendimiento de vapores tóxicos. Reacciona con álcalis y ataca a muchos metales.

Condiciones a evitar: Materiales incompatibles, luz solar, fuentes de calor.

8. PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAMES

Aísle la zona, 25 metros alrededor. Recoja el material derramado usando un material absorbente como tierra, arena o aserrín. Lave la zona con solución jabonosa, si es necesario neutralice el suelo con cal o una solución de soda cáustica. Arroje abundante agua a la zona del derrame. El personal de la brigada de emergencia debe contar con el equipo de protección completo.

9. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

El producto se distribuye a granel en botellones de polietileno o en tambores plásticos de 55 galones. Mantenga los recipientes completamente cerrados en lugares frescos, protegidos de la luz solar, secos y bien ventilados. Proteja los recipientes de daños físicos y aísle las sustancias incompatibles. Los recipientes vacíos de este material pueden ser peligrosos por cuanto pueden tener residuos.

10. MEDIDAS DE CONTROL DE HIGIENE INDUSTRIAL

Ventilación: Se recomienda un área ventilada o un sistema local de ventilación, que permita mantener el TLV con valores permisibles (ACGIH, TLV-TWA = 2 mg (Al)/m3) y a la vez controlar las emisiones contaminantes en la fuente misma, previniendo la dispersión general en el área de trabajo.

Respirador personal: Hasta 10 veces el TLV, use mascarilla con pantalla facial y cartuchos para gases ácidos. Para casos emergentes en que el nivel de exposición es desconocido, usar el equipo de respiración autónomo. **Advertencia**: Los respiradores de cartuchos no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno.

Protección de la piel: En condiciones normales de operación evitar contacto con la piel, usando trajes de PVC, incluyendo botas de caucho, casco protector, y guantes de caucho.

Protección de los ojos: Use gafas plásticas de seguridad. Y en lugares con riesgo de salpicaduras de soluciones o presencia de niebla, usar mascarilla facial completa. Mantenga una ducha y un equipo para lavado de ojos en el lugar de trabajo.

11. INFORMACIÓN SOBRE TOXICIDAD

Los polímeros de aluminio son moderadamente tóxicos por ingestión.

LD50 Oral (ratas): 12700 mg/k.

En contacto con la piel es considerado un fuerte corrosivo.

12. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

Identificación: Policloruro de Aluminio, en solución.

Descripción DOT: No disponible

Clase Peligro DOT: Clase 8

UN serie #: 2581

Guía de respuesta a Emergencia (GRE 2005): # 154

Ver Tarjeta de Emergencia

Regulaciones Nacionales: NTE INEN 2266:2000

Ordenanzas Municipales

Régimen Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos

SULFATO DE ALUMINIO

1. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL

Nombre Comercial: Sulfato de Aluminio Líquido

Nombre Químico: Sulfato de Aluminio, Grado 2 en solución

Uso: Tratamiento de Aguas, uso industrial.

Formula Química: Al2(SO4)3. 14 H2O

2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE INGREDIENTES

Ingrediente(s) Peligroso(s) %(p/p) TLV Alúmina 8 min. 2 mg/m3

3. PROPIEDADES FÍSICAS

Apariencia y Color: Líquido ámbar

Densidad a 25 °C: 1.315 - 1.320

pH de la solución al 1%: 3.5

4. RIESGOS DE FUEGO

Por si solo no genera riesgos de fuego y Explosión. Sometido al fuego, puede generar gases irritantes y tóxicos, incluidos óxidos de azufre y óxido de aluminio. En caso de incendio, proceda a enfriar con agua los envases. Los recipientes cerrados al ser calentados pueden reventar por incremento de la presión interna.

Medio para extinguir el fuego: Use cualquier método adecuado para extinguir el fuego de los alrededores. (Agua, polvo químico, dióxido de carbono o espuma química).

Información Especial: Los bomberos deben colocarse el traje completo de protección: equipo de respiración autónoma, traje aislante impermeable.

5. RIESGOS PARA LA SALUD

Inhalación: Tensión y dolor en el pecho, tos, dificultad para respirar, dolor de garganta.

Ingestión: Náusea, vómito, irritación gastrointestinal.

Contacto con la piel: Irritación, enrojecimiento.

Contacto con los ojos: Irritación, enrojecimiento, ardor severo.

PRIMEROS AUXILIOS.

Inhalación: Si la víctima respira en forma acelerada, muévala hacia el aire fresco. Reposo y atención médica.

Ingestión: Dirigido por personal médico, inducir vómito inmediatamente. Lave la boca, dé abundante agua a beber, ó 1 litro de leche. Si la persona está inconsciente no administre nada por la boca.

Contacto con la piel: Lave la piel con una solución jabonosa y enjuague con abundante agua por lo menos durante 15 minutos. Enjuague completamente la ropa y zapatos antes de usarlos de nuevo.

Contacto con los ojos: Lave inmediatamente con abundante agua por lo menos durante 15 minutos, levante ocasionalmente los párpados superior e inferior. Solicite atención médica.

6. ESTABILIDAD

Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento, (25° C y 1 atm).

Peligros por descomposición: Óxidos de azufre, metales álcalis. La solución en agua es un medio fuertemente ácido.

Incompatibilidad: Agentes fuertemente oxidantes. Reacciona con álcalis y ataca a muchos metales en presencia de agua.

Condiciones a evitar: Materiales incompatibles y condiciones contaminantes.

7. PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAMES

Aísle la zona, 25 metros alrededor. Recoja el material derramado usando un material absorbente como tierra, arena o aserrín. Lave la zona con solución jabonosa, si es necesario neutralice el suelo con bicarbonato de sodio o una solución de soda cáustica. Arroje abundante agua a la zona del derrame. El personal de la brigada de emergencia debe contar con el equipo de protección completo.

8. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Mantenga los recipientes completamente cerrados en lugares frescos, secos y bien ventilados.

Proteja los recipientes de daños físicos y aísle las sustancias incompatibles. Los recipientes vacíos de este material pueden ser peligrosos por cuanto pueden tener residuos.

9. MEDIDAS DE CONTROL DE HIGIENE INDUSTRIAL

Ventilación: Se recomienda un área ventilada o un sistema local de ventilación, que permita mantener el TLV con valores permisibles y a la vez controlar las emisiones contaminantes en la fuente misma, previniendo la dispersión general en el área de trabajo.

Respirador personal: Hasta 10 veces el TLV, use mascarilla con pantalla facial y cartuchos para gases ácidos. Para casos emergentes en que el nivel de exposición es desconocido, usar el equipo de respiración autónomo. Advertencia: Los respiradores de cartuchos no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno.

Protección de la piel: En condiciones normales de operación evitar contacto con la piel, usando trajes completos de tela impenetrable, incluyendo botas, chaqueta y casco protector.

Para casos emergentes utilice trajes de PVC, botas y guantes de caucho.

Protección de los ojos: Use gafas plásticas de seguridad. Y en lugares con riesgo de salpicaduras de soluciones o presencia de nieblas, usar mascarilla facial completa. Mantenga una ducha y un equipo para lavado de ojos en el lugar de trabajo.

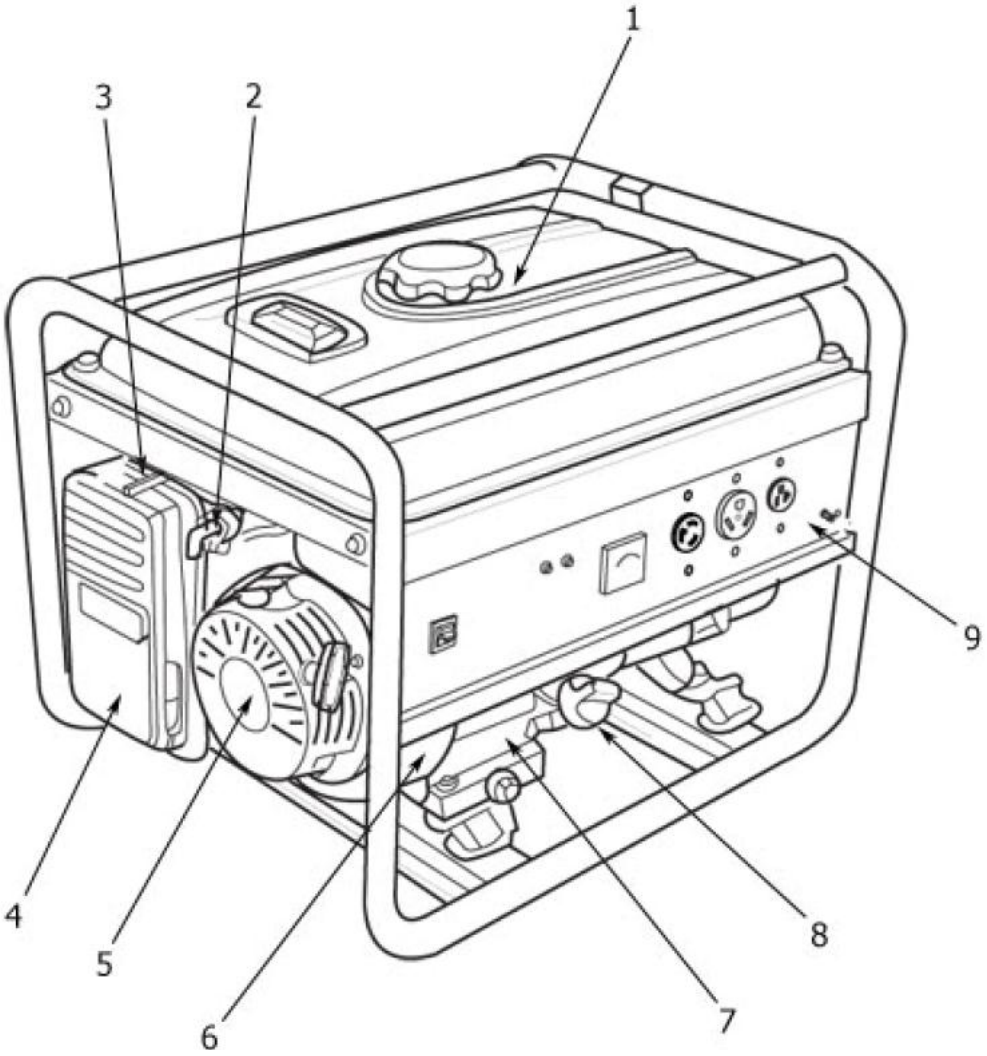
10. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

Descripción DOT: Sulfato de Aluminio, en solución

Clase Peligro DOT: Clase 8

APÉNDICE C

INFORMACIÓN EQUIPOS UTILIZADOS


1
3
2
9
4
5
6
7
8

(1) Tanque de combustible – Tanque con capacidad de 4,0 galones.

(2) Válvula de combustible – Gire la válvula hasta la posición abierta "On" para suministrar combustible al motor.

(3) Estrangulador – Se usa para arrancar el motor

(4) Limpiador de aire – Protege el motor filtrando el polvo y las impurezas desde la entrada de aire.

(5) Arrancador – Se usa para poner en marcha el motor

(6) Número de serie – Tenga este número a mano cuando llame para obtener asistencia.

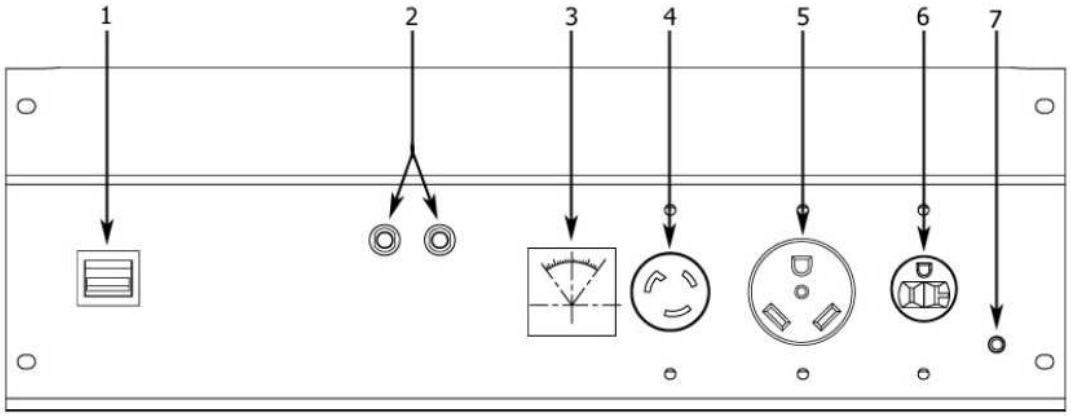
(7) Sensor de aceite bajo – Detecta el nivel del aceite y apaga el motor si el nivel está demasiado bajo.

(8) Tapa de llenado de aceite – Revisa y llena el nivel del aceite del motor.

(9) Panel de energía – Vea la sección "Panel de energía"

P

ARTES DEL GENERADOR ELÉCTRICO CHAMPION C3500



(1) Interruptor de encendido – Coloque el interruptor en la posición de encendido "On". Colóquelo en la posición de apagado "Off" para apagarlo.

(2) Cortacircuito – Protege al generador contra sobrecargas eléctricas.

(3) Voltímetro – Muestra el voltaje de salida del generador.

(4) Traba de giro de 120 V 30 A –Este tomacorriente energiza cargas monofásicas de 120 voltios de CA y 60 Hz que requieren hasta 3500 vatios de potencia.

(5) Tomacorriente de 120 V y 30 A para vehículo recreativo –Este tomacorriente energiza cargas monofásicas de 120 voltios de CA y 60 Hz que requieren hasta 3500 vatios de potencia.

.

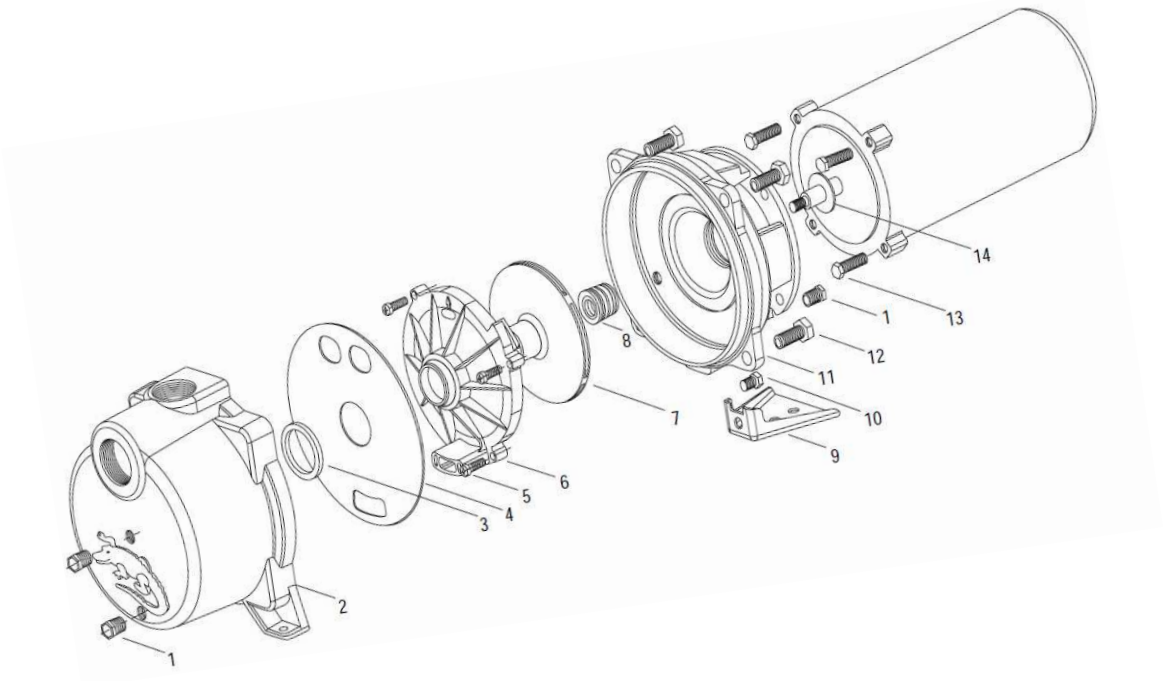
(6) Doble de 120 V y 20 A– Este tomacorriente energiza cargas monofásicas de 120 voltios de CA y 60 Hz que requieren hasta 2400 vatios de potencia.

(7) Terminal de puesta a tierra – Consulte a un electricista acerca de los reglamentos de puesta a tierra locales.

PANEL DE ENERGÍA DEL GENERADOR ELÉCTRICO CHAMPION C3500

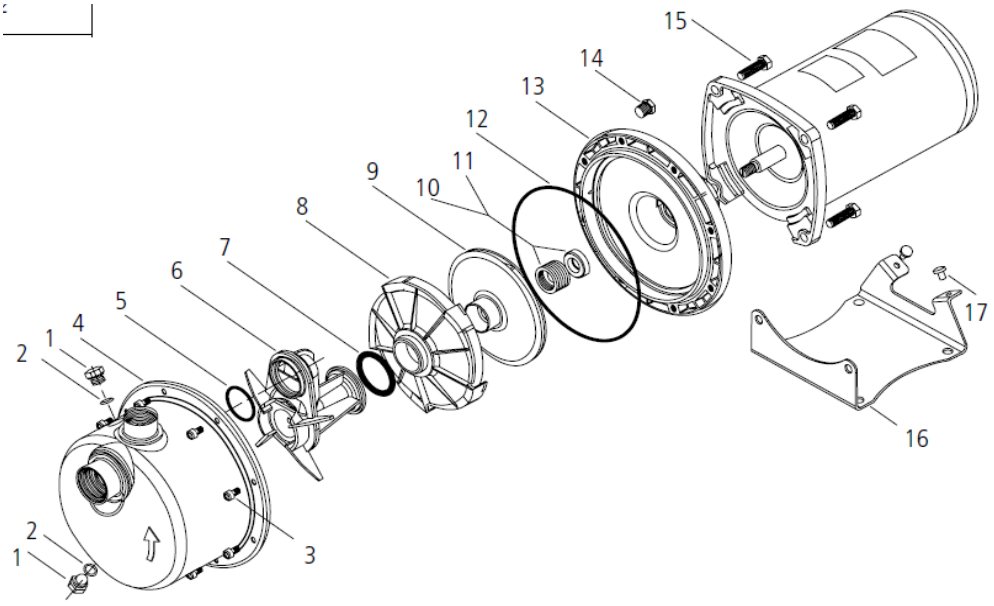
Lista de partes de repuesto

Art. N°.	Descripción	Material	GT07/ GT073	GT10/ GT103	GT15/ GT153	GT20/ GT203	GT30/ GT303
1	Tapón de tubo NPT de ¼ pulg.	Acero enchapado	6K2				
2	Carcasa	Hierro fundido	1K324				
3	Anillo de sello del álabe guía	BUNA	5K231				
4	Diafragma	Neopreno	5K256				
5	Tornillo para metales de cabeza cilíndrica ranurada	Acero inoxidable	13K4	13K4	13K2	13K2	13K2
6	Álabe guía	Lexan	3K72	3K71	3K70	3K70	3K69
7	Impulsor	Noryl	2K715	2K716	2K714	2K713	2K712
8	Sello mecánico	Carbón/Cerámica/ BUNA	10K10				
9	Base de la bomba	Acero	4K408				
10	Perno de la base de la bomba	Acero	13K252				
11	Adaptador del motor	Hierro fundido	1K310				
12	Perno de la carcasa	Acero	13K102				
13	Perno del adaptador del motor	Acero	13K89				
14	Deflector	BUNA	5K7				



BOMBA DE CAPTACIÓN DE AGUA CRUDA GOULDS GT07

Ítem No.	Descripción			Materiales
1	Tapón			Acero inox. 304
2	Anillo en O - tapón			EPR
3	Tornillo de cabeza hueca			Acero inox. 304
4	Carcasa con tapón			Acero inox. 304
5	Anillo en O - succión			EPR
6	Conjunto tobera/venturi			Lexan® 500
7	Anillo en O - aleta guía			EPR
8	Aleta guía			Lexan® 10% G.F.
9	Impulsor	LB05	4.50" DIA.	Noryl® GFN2
		LB07	5.00" DIA.	
		LB10	5.25" DIA.	
10	Sello mecánico - parte rotativa			Carbono
11	Sello mecánico - parte estacionaria			Cerámica
12	Anillo en O - carcasa			EPR
13	Adaptador del motor con piezas de inserción			Amodel® 45% G.F.
14	Tapón de tubería			SAE 1018
15	Tornillo hexagonal			Acero (enchapado en zinc)
16	Base			Acero
17	Anillo protector			BUNA



APÉNDICE D

NORMAS Y CRONOGRAMA DE FABRICACIÓN

SISTEMA TIG

Descripción del Proceso

En nuestros días, las exigencias tecnológicas en cuanto a calidad y confiabilidad de las uniones soldadas, obligan a adoptar nuevos sistemas, destacándose entre ellos la soldadura al Arco con Electrodo de Tungsteno y Protección Gaseosa (TIG).

El sistema TIG es un sistema de soldadura al arco con protección gaseosa, que utiliza el intenso calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar, donde puede o no utilizarse metal de aporte.

Se utiliza un gas de protección cuyo objetivo es desplazar el aire, para eliminar la posibilidad de contaminación de la soldadura por el oxígeno y nitrógeno presentes en la atmósfera.

Como gas protector se puede emplear Argón o Helio, o una mezcla de ambos.

La característica más importante que ofrece este sistema es entregar alta calidad de soldadura en todos los metales, incluyendo aquellos difíciles de soldar, como también para soldar metales de espesores delgados y para depositar cordones de raíz en unión de cañerías.

Las soldaduras hechas con sistema TIG son más fuertes, más resistentes a la corrosión y más dúctiles que las realizadas con electrodos convencionales. Cuando se necesita alta calidad y mayores requerimientos de terminación, se hace necesario utilizar el sistema TIG para lograr soldaduras homogéneas, de buena apariencia y con un acabado completamente liso.

La siguiente ilustración indica esquemáticamente una soldadura por sistema TIG.

Características y Ventajas del Sistema TIG

- No se requiere de fundente, y no hay necesidad de limpieza posterior en la soldadura.
- No hay salpicadura, chispas ni emanaciones, al no circular metal de aporte a través del arco.
- Brinda soldaduras de alta calidad en todas las posiciones, sin distorsión.
- Al igual que todos los sistemas de soldadura con protección gaseosa, el área de soldadura es claramente visible.
- El sistema puede ser automatizado, controlando mecánicamente la pistola y/o el metal de aporte.

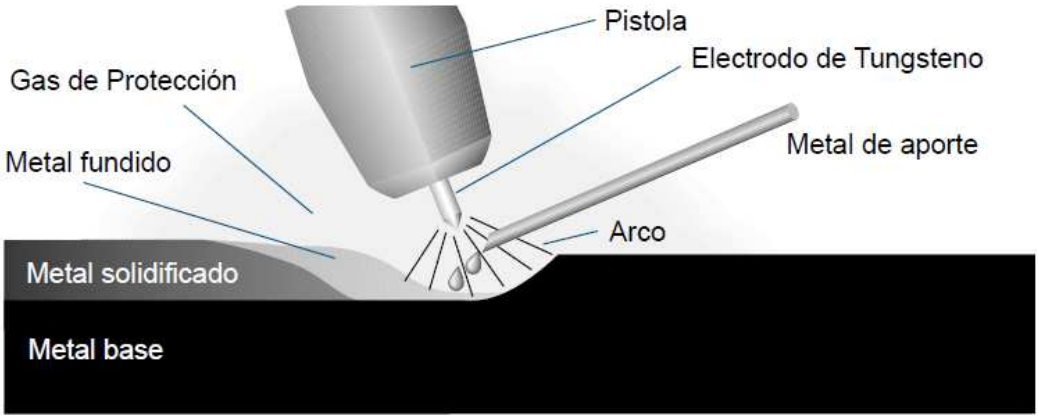
Equipo

El equipo para sistema TIG consta básicamente de:

- Fuente de poder
- Unidad de alta frecuencia
- Pistola
- Suministro gas de protección
- Suministro agua de enfriamiento

La pistola asegura el electrodo de tungsteno que conduce la corriente, el que está rodeado por una boquilla de cerámica que hace fluir concentricamente el gas protector.

La pistola normalmente se refrigera por aire. Para intensidades de corriente superiores a 200 Amps. se utiliza refrigeración por agua, para evitar el recalentamiento del mango.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE

ThyssenKrupp Fortinox
ThyssenKrupp
Especificaciones Técnicas

304 L

Acero Inoxidable Austenítico

W. Nr.: 1.4306 / DIN: X2CrNi18-11 / AISI: 304L

Nombre: 304L.pdf
Rev.: 1
Vigencia: Enero 2007
Hoja: 1 de 1

Composición química (en %)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
≤0,03	≤1,00	≤2,00	≤0,045	≤0,015	18,00 20,00	-	10,00 12,00

Propiedades mecánicas (Valores mínimos en MPa a 20°C)

Límite de Fluencia (Rp 0,2)	Resistencia a la Fluencia (Rp 1)	Resistencia a la Tracción (Rm)	Elongación (A5)
235	265	520	45

Resistencia a la corrosión (*)

En general	Pitting (Picado)	Bajo tensión	Bajo temperatura
++	++	•	++

** Valores relativos. Depende del tipo, concentración y temperatura de la solución a la cual está expuesta.*

Características de trabajo

Conformado en frío	Soldabilidad
+++	+++

Nuestra producción

Laminado en caliente	Chapas	√
	Chapas antideslizantes	√
Laminado en frío Bobinas y chapas	2D	√
	2B	√
	BA/2R	√
	Recocidas	
	Pulido	√
	Modelado	√

• No aplicable ••• Difícil + Aceptable ++ Bueno +++ excelente ++++Prestación superior

ESPECIFICACIONES DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304L

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1108
AGUA POTABLE. REQUISITOS

1. Objeto

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

2. 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 **Límite máximo permisible.** Representa un requisitos de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobreel cual el agua deja de ser apto para consumo humano.

3.4 **UFC/ml.** Concentración de microorganismos por mililitro, 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 **µg/l.** (microgramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos

3.7 **mg/l.** (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos

3.8 **Microorganismo patógeno.** Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

3.9 **Pesticidas.** Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repelar o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

3.10 **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.

3.11 **Subproductos de desinfección.** Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancia húmicas.

3.12 **Radio nucleido.** Nucleidos radiactivos; nucleidos: conjunto de átomos que tienen núcleos con igual número atómico Z y másico A

3.13 **MBAS, ABS .** Sustancias activas al azul de metileno; Alquil Benceno Sulfonato

3.14 **Cloro residual.** Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

3.15 **Dureza total.** Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.

3.16 **Sólidos totales disueltos.** Fracción filtrable de los sólidos que corresponde a los sólidos coloidales y disueltos.

4. Requisitos

4.1 Requisitos Específicos

4.1.1 El Agua Potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo Permisible
Características físicas		
Color	Unidades de color verdadero (UTC)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	--	no objetable
Sabor	--	no objetable
pH	--	6,5 - 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/l	1 000
Inorgánicos		
Manganeso, Mn	mg/l	0,1
Hierro, Fe	mg/l	0,3
Sulfatos, SO_4	mg/l	200
Cloruros, Cl	mg/l	250
Nitratos, $N\text{-}NO_3$	mg/l	10
Nitritos, $N\text{-}NO_2$	mg/l	0,0
Dureza total, $CaCO_3$	mg/l	300
Arsénico, As	mg/l	0,01
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cromo, Cr cromo hexavalente	mg/l	0,05
Cobre, Cu	mg/l	1,0
Cianuros, CN	mg/l	0,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Mercurio, Hg	mg/l	0,0
Selenio, Se	mg/l	0,01
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 - 1,5
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH3)	mg/l	1,0
Antimonio, Sb	mg/l	0,005
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,3
Cobalto, Co	mg/l	0,20
Estaño, Sn	mg/l	0,1
Fósforo, (P-PO4)	mg/l	0,1
Litio, Li	mg/l	0,2
Molibdeno, Mo	mg/l	0,07
Níquel, Ni	mg/l	0,02
Plata, Ag	µg/l	0,13
Potasio, K	mg/l	20
Sodio, Na	mg/l	200
Vanadio, V	µg/l	6
Zinc, Zn	mg/l	3
Flúor, F	mg/l	1,5
Radiactivos		
Radiación total α **	Bq/l	0,1
Radiación total β ***	Bq/l	1,0

* Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ^{210}Po, ^{224}Ra, ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{234}U, ^{238}U, ^{239}Pu

*** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ^{60}Co, ^{89}Sr, ^{90}Sr, ^{129}I, ^{131}I, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{210}Pb, ^{228}Ra

Orgánicos		
Tensoactivos ABS (MBAS)	mg/l	0,0
Fenoles	mg/l	0,0

Sustancias Orgánicas

	Límite máximo µg/l
Alcanos Clorinados	
- tetracloruro de carbono	2
- diclorometano	20
- 1,2dicloroetano	30
- 1,1,1-tricloroetano	2000
Etanos Clorinados	
- cloruro de vinilo	5
- 1,1dicloroeteno	30
- 1,2dicloroeteno	50
- tricloroeteno	70
- tetracloroeteno	40
Hidrocarburos Aromáticos	
- benceno	10
- Tolueno	170
- Xileno	500
- Etilbenceno	200
- Estireno	20
Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)	0,3
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	
- benzo [a]pireno	0,01
- benzo [a]fluoranteno	0,03
- benzo [k[fluoranteno	0,03
- benzo [ghi]pirileno	0,03
- indeno [1,2,3-cd]pireno	0,03
Bencenos Clorinados	
- monoclorobenceno	300
- 1,2-diclorobenceno	1000
- 1,3-diclorobenceno	
- 1,4-diclorobenceno	300
- triclorobencenos (total)	20
di(2-etilhexil) adipato	80
di(2-etilhexil) ftalato	8
acrylamida	0,5
epiclorohidrin	0,4
hexaclorobutadieno	0,6
Acido etilendiaminatetracético EDTA	200
ácido nitrotriacético	200
dialquil	
oxido tributiltin	2

Pesticidas

	Límite máximo µg/l
Alaclor	20
Aldicarb	10
Aldrín/dieldrín	0,03
Atrazina	2
Bentazona	30
Carbofuran	5
Clordano	0,2
Clorotoluron	30
Dicloro difenil tricloroetano DDT	2
1,2-dibromo-3-cloropropano	1
2,4-ácido diclorofenoxiacético 2,4-D	30
1,2-dicloropropano	20
1,3-dicloropropeno	20
Heptacloro y heptacloro epoxi de etilen dibromide	0,03
Hexaclorobenceno	1
Isoproturon	9
Lindano	2
Acido 4-cloro-2-metilfenoxiacetico MCPA	2
Metoxycloro	10
Molinato	6
Pendimetalin	20
Pentaclorofenol	9
Permetrin	20
Propanil	20
Piridato	100
Simazina	2
Trifluralin	20
Herbicidas Clorofenoxi, diferentes a 2,4-D y MCPA 2,4-DB	90
Dicloroprop	100
Fenoprop	9
Acido 4-cloro-2-metilfenoxibutírico MCPB	2
Mecoprop	10
2,4,5-T	9

Residuos de desinfectantes

	Límite máximo µg/l
Monocloramina, di- y tricloramina	3
Cloro	5

Subproductos de desinfección

	Límite máximo µg/l
Bromato	25
Clorito	200
Clorofenoles	
- 2,4,6-triclorofenol	200
Formaldeído	900
Trihalometanos	
- bromoformo	100
- diclorometano	100
- bromodiclorometano	60
- cloroformo	200
Acidos acéticos clorinados	
- ácido dicloroacético	50
- ácido tricloroacético	100
Hidrato clorado	
- tricloroacetaldeído	10
Acetonitrilos halogenados	
- dicloroacetonitrilo	90
- dibromoacetonitrilo	100
- tricloroacetonitrilo	1
Cianógeno clorado (como CN)	70

4.1.2 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos Microbiológicos

Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes totales (1) NMP/100 ml	< 2 *
Coliformes fecales NMP/100 ml	< 2 *
Criptosporidium número de quistes/100 litros	ausencia
Giardia Lambia número de quistes/100 litros	ausencia

* < 2 significa que en una serie de 9 tubos ninguno es positivo

(1) En el caso de los grandes sistemas de abastecimiento, cuando se examinen suficientes muestras, deberá dar ausencia en el 95 % de las muestras, tomadas durante cualquier período de 12 meses.

4.2 Requisitos Complementarios

4.2.1 Cuando el agua potable se utilice como materia prima para la elaboración de productos de cosumo humano, la concentración de aerobios mesífilos, no deberá ser superiro a 100 UFC/ml

5. Inspección

5.1 Muestreo

5.1.1 El muestreo para el análisis bacteriológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Mhetods)

5.1.2 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.

6. Métodos de Ensayo

6.1 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.

ANEXO 1. (INFORMATIVO)

Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS EN LA RED DEDISTRIBUCION DE AGUA POTABLE

Población servida	Número mínimo Muestras /mes	Población servida	Número mínimo Muestras /mes
25 a 1000	1	83001 a 90000	90
1001 a 2500	2	90001 a 96000	95
2501 a 3300	3	96001 a 111000	100
3301 a 4100	4	111001 a 130000	110
4101 a 4900	5	130001 a 160000	120
4901 a 5800	6	160001 a 190000	130
5801 a 6700	7	190001 a 220000	140
6701 a 7600	8	220001 a 250000	150
7601 a 8500	9	250001 a 290000	160
8501 a 9400	10	290001 a 320000	170
9401 a 10300	11	320001 a 360000	180
10301 a 11100	12	360001 a 410000	190
11101 a 12000	13	410001 a 450000	200
12001 a 12900	14	450001 a 500000	210
12901 a 13700	15	500001 a 530000	220
13701 a 14600	16	530001 a 600000	230
14601 a 15500	17	600001 a 660000	240
15501 a 16300	18	660001 a 720000	250
16301 a 17200	19	720001 a 780000	260
17201 a 18100	20	780001 a 840000	270
18101 a 18900	21	840001 a 910000	280
18901 a 19800	22	910001 a 970000	290
19801 a 20700	23	970001 a 1050000	300
20701 a 21500	24	1050001 a 1140000	310
21501 a 22300	25	1140001 a 1230000	320
22301 a 23200	26	1230001 a 1320000	330
23201 a 24000	27	1320001 a 1420000	340
24001 a 24900	28	1420001 a 1520000	350
24901 a 25000	29	1520001 a 1630000	360
25001 a 28000	30	1630001 a 1730000	370
28001 a 33000	35	1730001 a 1850000	380
33001 a 37000	40	1850001 a 1970000	390
37001 a 41000	45	1970001 a 2060000	400
41001 a 46000	50	2060001 a 2270000	410
46001 a 50000	55	2270001 a 2510000	420
50001 a 54000	60	2510001 a 2750000	430
54001 a 59000	65	2750001 a 3020000	440
59001 a 64000	70	3020001 a 3320000	450
64001 a 70000	75	3320001 a 3620000	460
70001 a 76000	80	3620001 a 3960000	470
76001 a 83000	85	3960001 a 4310000	480
		4310001 a 4690000	490
		Sobre 4690000	500

Fuente: Interim Primary Drinking Water Standards – Environmental Protection Agency (EPA),1975

Bibliografía:

CETESB. Compañía de tecnología de Saneamiento Ambiental. Control de Calidad del Agua Potable para consumo humano. Bases conceptuales y Operacionales. Sao Paulo, 1977

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Métodos Normalizados para el Agua potable y residual (Standad Methods) en su última edición.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 Agua Potable Requisitos. Quito 1983

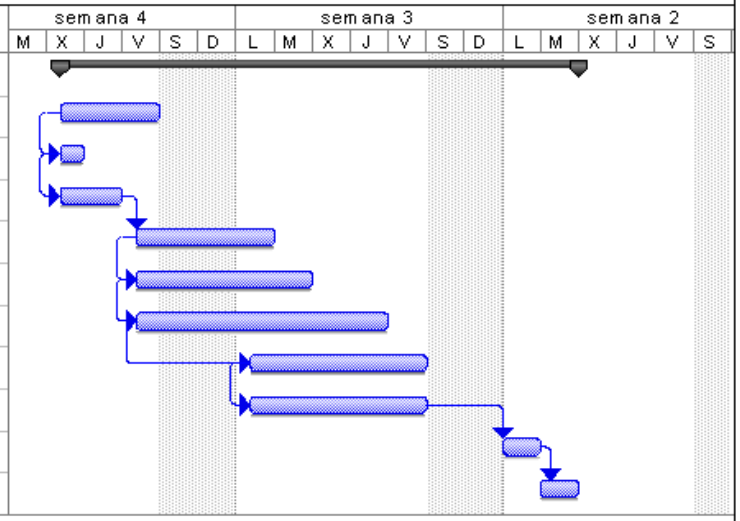
Ministerio del Ambiente, Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, , actualizada a diciembre de 2002. Corporación de estudios y Publicaciones, Quito 2002

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking-water quality Volume 1 Recomendations. Second Edition. Génova 1993

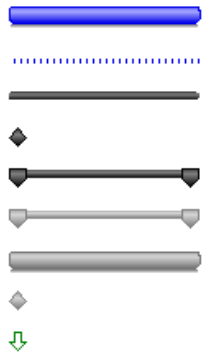
CETESB. Compañía de tecnología de saneamiento ambiental. Control de calidad para el agua de consumo humano. Bases conceptuales y operacionales. Sao Paulo, 1977

CRONOGRAMA DE FABRICACOIN DE PLANTA PORTATIL POTABILIZADORA DE AGUA

Id	Nombre de tarea	Duración
1	**FABRICACION DE PLANTA POTABILIZADORA PORTATIL**	**10 días**
2	Compra de Material y Equipos	3 días
3	Trazado de Material	1 día
4	Corte del Material	2 días
5	Plegado y Rolado	2 días
6	Armado y Punteado	3 días
7	Soldura	5 días
8	Pulido	5 días
9	Limpieza	5 días
10	Montaje de Partes y Equipos	1 día
11	Pruebas de Funcionamiento	1 día

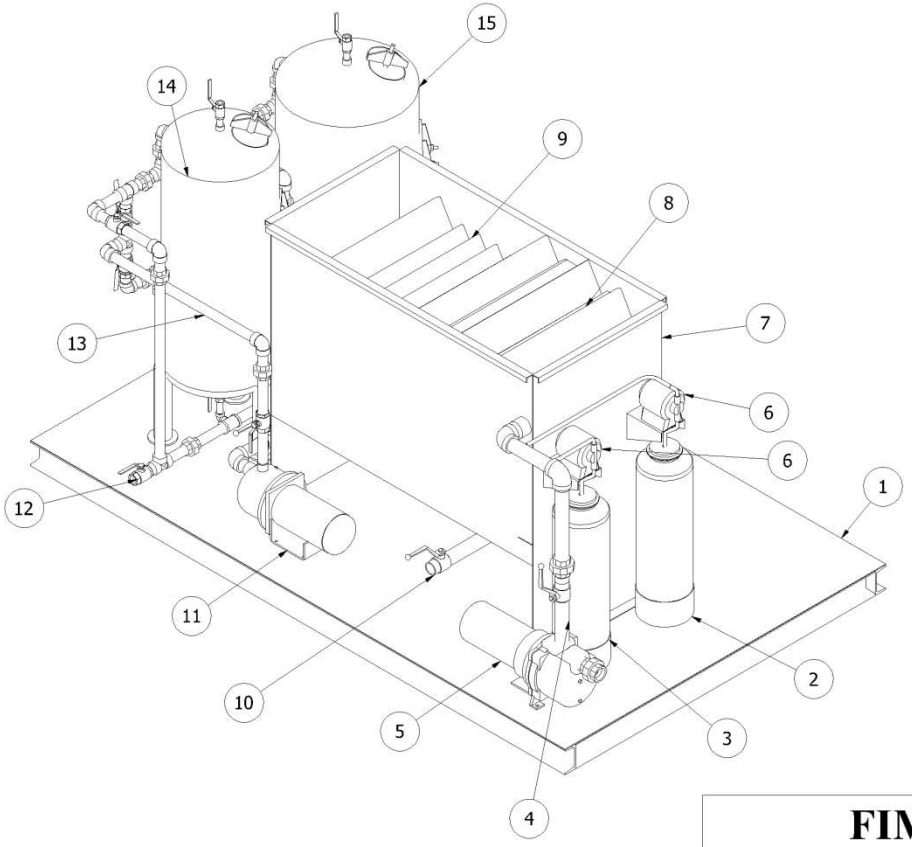


Proyecto: Cronograma de Fabricacoin de Planta Portatil Potabilizadora de Agua 50m3 por Dia



APÉNDICE D

PLANOS



LISTADO DE PARTES		
ITEM	CANT.	DESCRIPCION
1	1	Estructura Soportante
2	1	Tanque de Cloro
3	1	Tanque de PAC
4	1	Tuberia de Ingreso a la Planta ø1 1/2"
5	1	Bomba de Captacion
6	2	Bomba Dosificadora
7	1	Tanque Sedimentador
8	1	Modulo Floculador
9	1	Modulo de Placas Inclinadas
10	1	Salida de Lodos
11	1	Bomba para Filtros
12	1	Salida de Agua de Retrolavado ø1"
13	1	Tuberia de Ingreso a los Filtros ø1"
14	1	Filtro de Arena
15	1	Filtro de Carbón Activado

FIMCP - ESPOL

	FECHA	NOMBRE
Dibuja	11/07/11	J. Estrada
Revisa	11/07/11	Ing. Martinez

PROYECTO:
PLANTA PORTATIL POTABILIZADORA DE AGUA

PLANO Nº
1

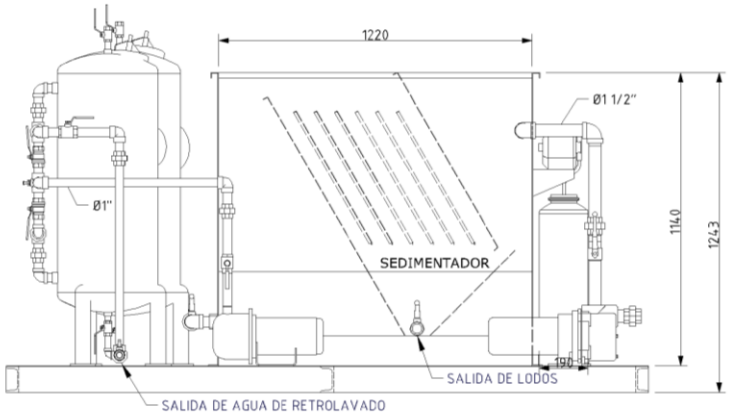
ESCALA:
1:12

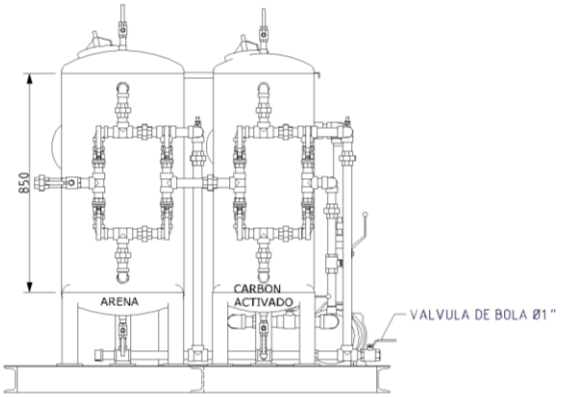
CONTIENE:
Isometrico de la Planta

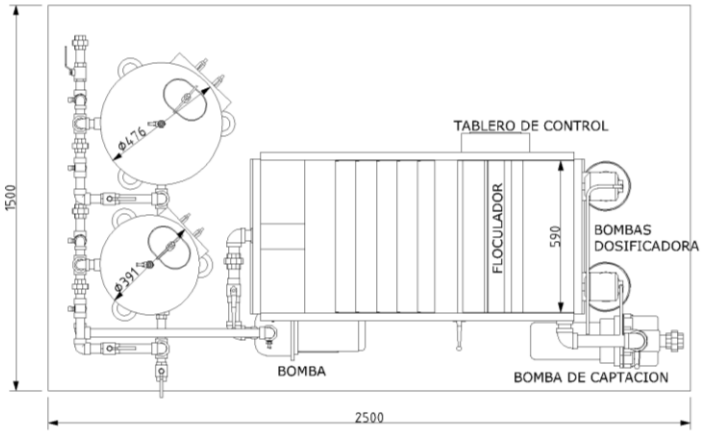
MATERIALES:
Varios

MASA (Kg)

CCX







FIMCP - ESPOL

	FECHA	NOMBRE
Dibuja	11/07/11	J. Estrada
Revisa	11/07/11	Ing. Martinez

PROYECTO:
PLANTA PORTATIL POTABILIZADORA DE AGUA

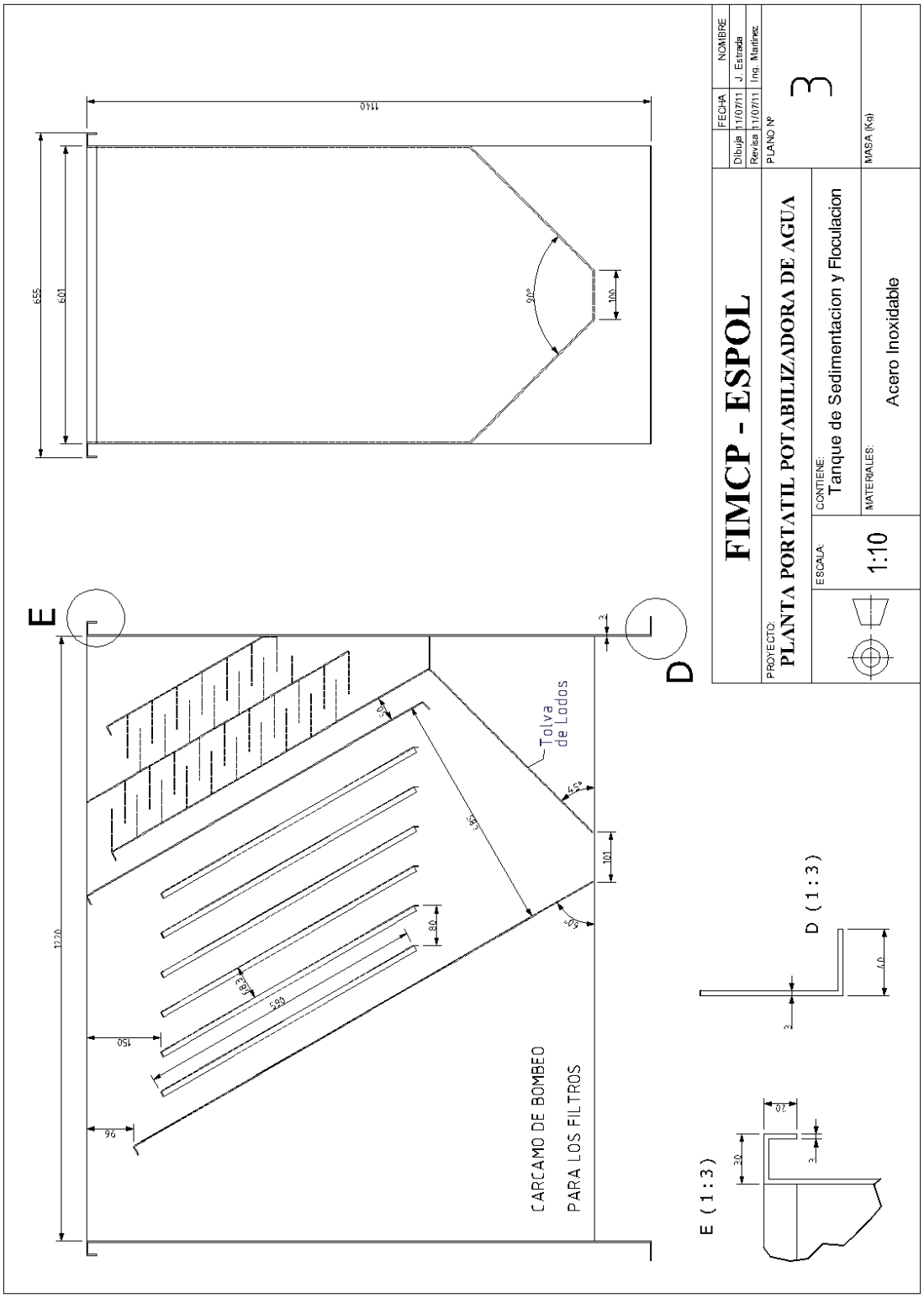
PLANO Nº
2

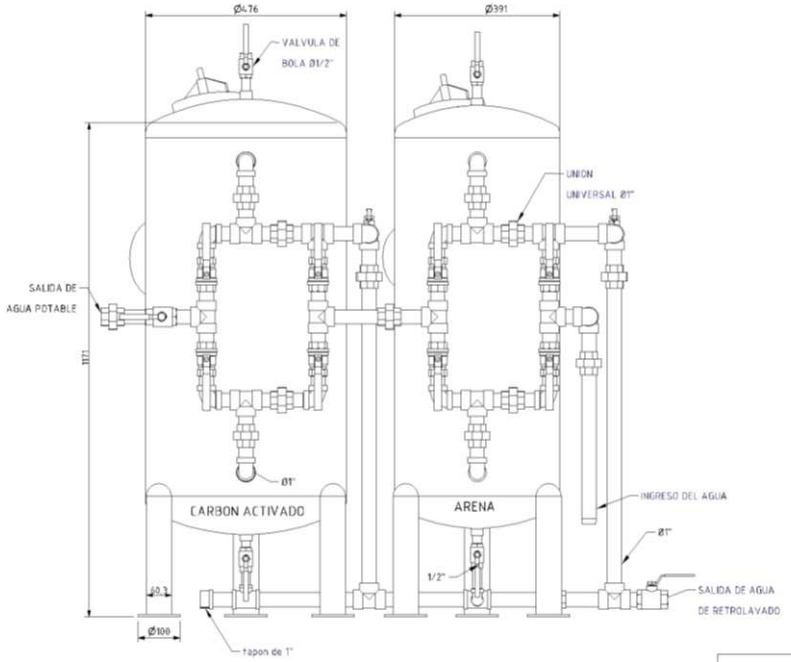
ESCALA:
1:25

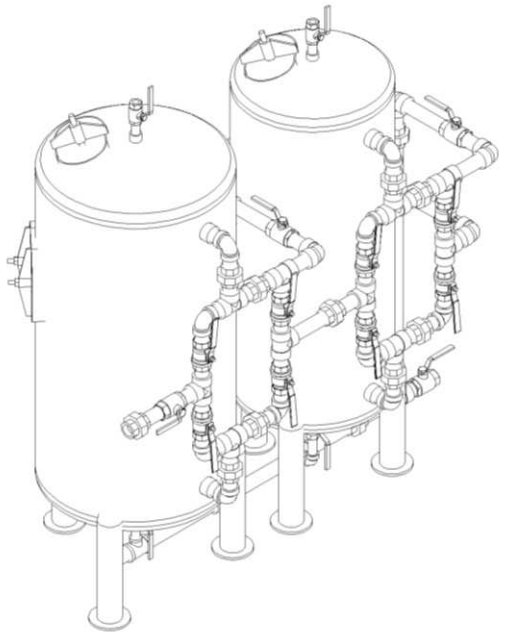
CONTIENE:
Medidas Generales de la Planta

MATERIALES:
Acero Inoxidable

MASA (Kg)


FIMCP - ESPOL
PROYECTO:
PLANTA PORTATIL POTABILIZADORA DE AGUA
ESCALA:
1:10
CONTIENE:
Tanque de Sedimentacion y Floculacion
MATERIALES:
Acero Inoxidable
FECHA
NOMBRE
Dibuja 11/07/11 J. Estrada
Revisa 11/07/11 Ing. Martinez
PLANO Nº
3
MASA (Kg)
E
D
Tolva de Lodos
CARCAMO DE BOMBEO
PARA LOS FILTROS
D (1:3)
E (1:3)





FIMCP - ESPOL

	FECHA	NOMBRE
Dibuja	11/07/11	J. Estrada
Revisa	11/07/11	Ing. Martinez

PROYECTO:
PLANTA PORTATIL POTABILIZADORA DE AGUA

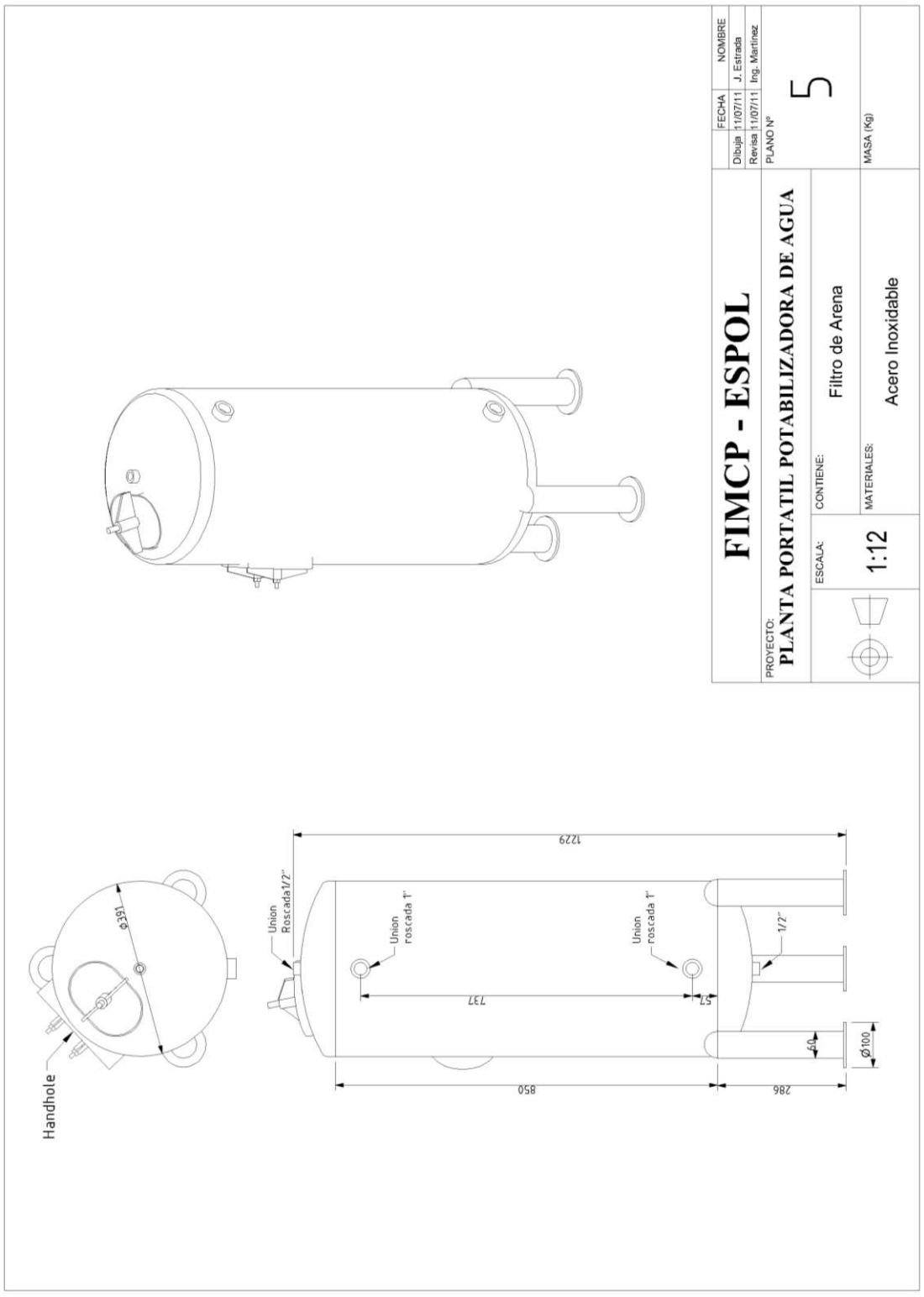
PLANO Nº
4

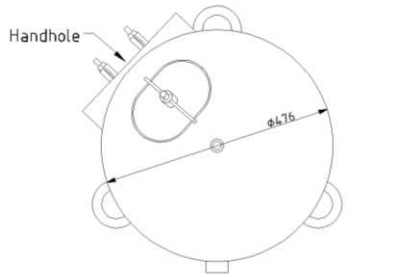
ESCALA:
1:10

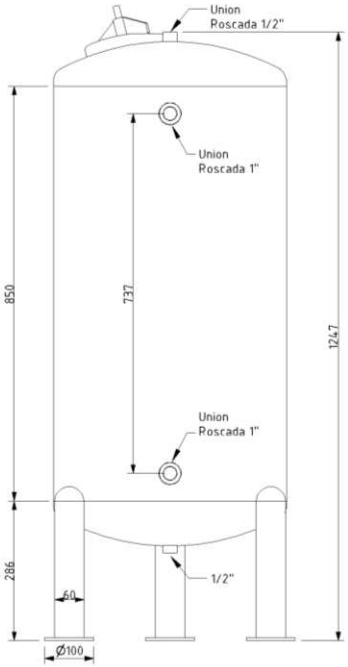
CONTIENE:
Montaje de Filtros

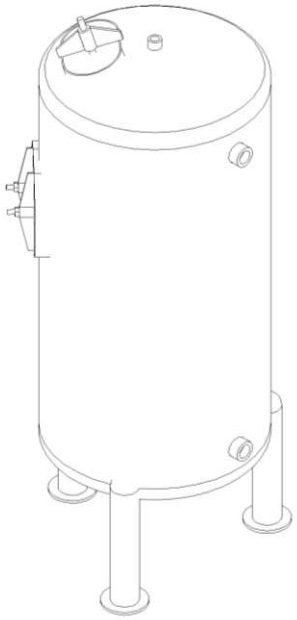
MATERIALES:
Acero Inoxidable

MASA (Kg)


FIMCP - ESPOL
PROYECTO:
PLANTA PORTATIL POTABILIZADORA DE AGUA
ESCALA:
1:12
CONTIENE:
Filtro de Arena
MATERIALES:
Acero Inoxidable
MASA (Kg)
PLANO Nº
5
FECHA
NOMBRE
Dibuja 11/07/11 J. Estrada
Revisa 11/07/11 Ing. Martinez
Handhole
ø391
Union Roscada1/2"
Union roscada 1"
Union roscada 1"
1229
737
57
1/2"
850
286
60
Ø100







FIMCP - ESPOL

	FECHA	NOMBRE
Dibuja	11/07/11	J. Estrada
Revisa	11/07/11	Ing. Martinez

PROYECTO:
PLANTA PORTATIL POTABILIZADORA DE AGUA

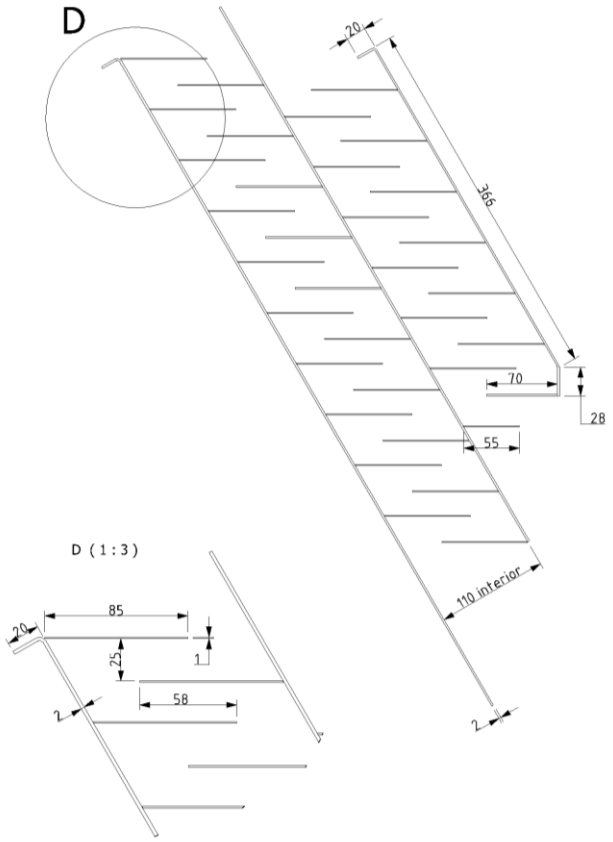
PLANO Nº
6

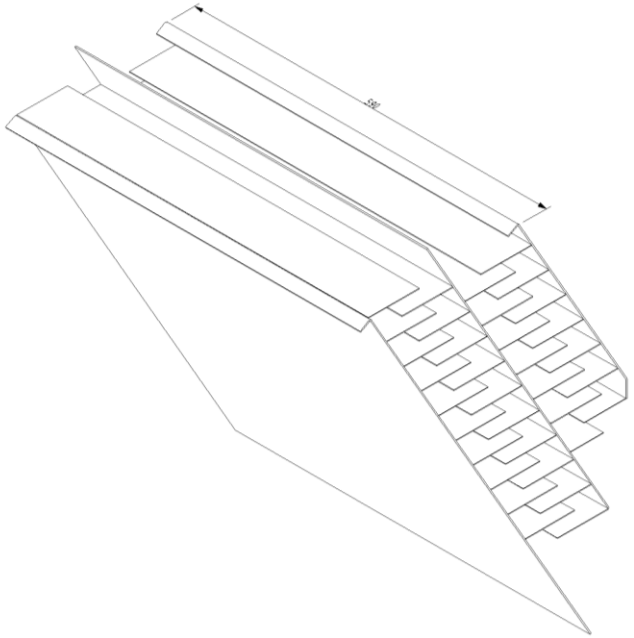
ESCALA:
1:12

CONTIENE:
Filtro de Carbon Activado

MATERIALES:
Acero Inoxidable

MASA (Kg)





FIMCP - ESPOL

	FECHA	NOMBRE
Dibuja	11/07/11	J. Estrada
Revisa	11/07/11	Ing. Martinez

PROYECTO:
PLANTA PORTATIL POTABILIZADORA DE AGUA

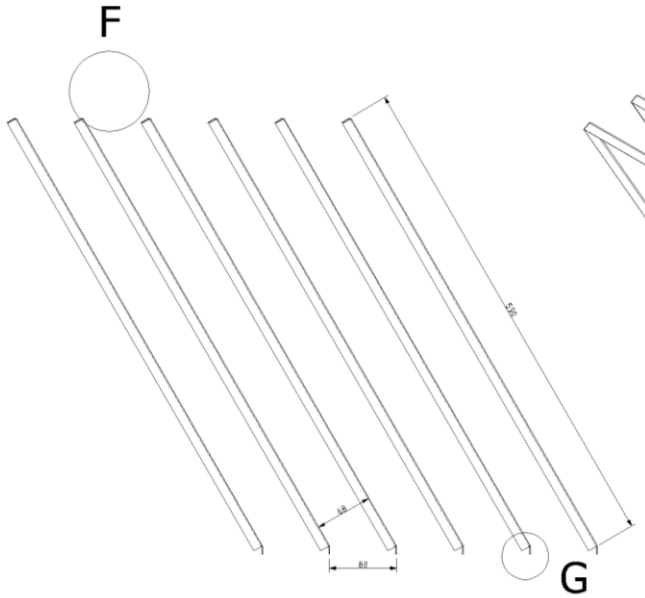
PLANO Nº
7

ESCALA:
1:5

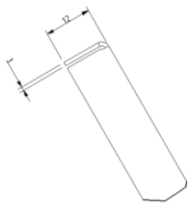
CONTIENE:
Modulo de Floculacion

MATERIALES:
Acero Inoxidable

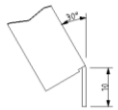
MASA (Kg)



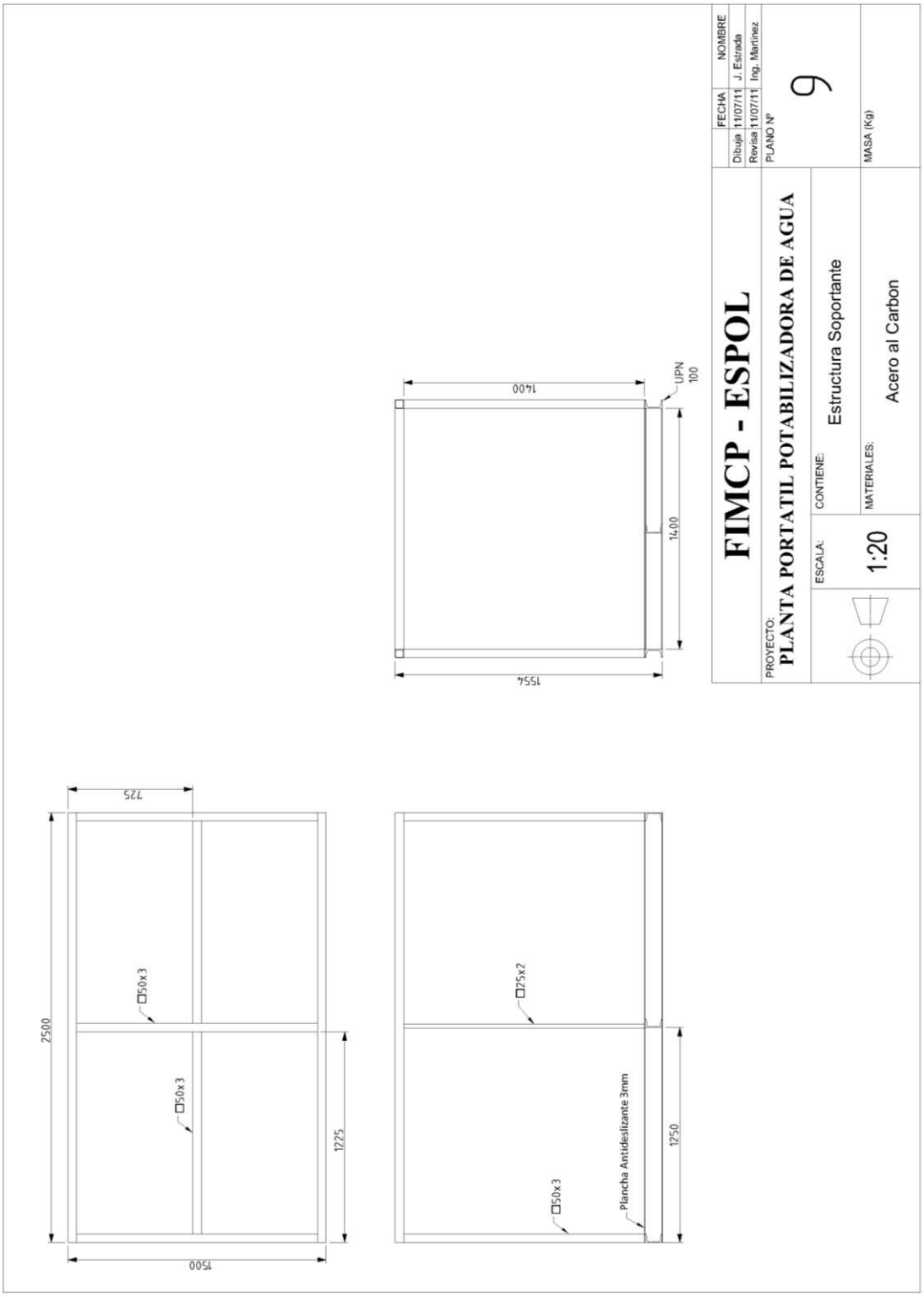
F (1 : 1.5)



G (1 : 1.5)



FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
	Dibuja	11/07/11	J. Estrada
	Revisa	11/07/11	Ing. Martinez
PROYECTO: **PLANTA PORTATIL POTABILIZADORA DE AGUA**	PLANO Nº 8		
ESCALA: 1:7	CONTIENE: Placas Inclinada		
	MATERIALES: Acero Inoxidable		MASA (Kg)


725
2500
□50x3
□50x3
1225
1500
□75x2
□50x3
Plancha Antideslizante 3mm
1750
1400
UPN
100
1400
1554
FIMCP - ESPOL
PROYECTO:
PLANTA PORTATIL POTABILIZADORA DE AGUA
ESCALA:
1:20
CONTIENE:
Estructura Soportante
MATERIALES:
Acero al Carbon
FECHA
NOMBRE
Dibuja 11/07/11 J. Estrada
Revisa 11/07/11 Ing. Martinez
PLANO Nº
9
MASA (Kg)

BIBLIOGRAFÍA

1. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Guías para la Calidad del Agua Potable, Volumen 1, Primer Apéndice a la Tercera Edición.

2. OPS/CEPIS, Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005.

3. CEPIS, Manual II: Diseño de plantas de tecnología apropiada Plantas de Filtración Rápida, Capítulo 4, Decantadores Laminares.

4. CEPIS, Programa de Protección de la Salud Ambiental-HPE Evaluación de plantas de tratamiento de agua. Manual DTIAPA C-9 Filtración, Tomo I.

5. REGABER, Manual Filtración Ref. Edición controlada: 07/2002.