

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE-QUITO**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DEL  
AGUA EN LA MEZCLA DEL HORMIGÓN.**

**AUTORES:**

**DANIEL ALEJANDRO GALARZA ARÉVALO**

**JULIO CÉSAR VALENZUELA TORRES**

**DIRECTOR: ING. ORLANDO PINEDA**

**QUITO; ABRIL DEL 2013**

Por medio de la presente  
certifico que los señores:  
Galarza Arévalo Daniel Alejandro  
y Valenzuela Torres Julio César  
han culminado exitosamente  
el presente trabajo.

---

Ing. Orlando Pineda

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros Daniel Alejandro Galarza Arévalo y Julio César Valenzuela Torres, declaramos por juramentación que el presente trabajo fue desarrollado bajo nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado y que se ha investigado mediante fuentes bibliográficas para la ejecución del mismo.

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

-----  
Daniel Alejandro Galarza Arévalo

-----  
Julio César Valenzuela Torres

## **DEDICATORIAS**

Dedico este trabajo con mucho cariño a mis padres, Marianela y César, ya que a través de su apoyo incondicional me han ayudado a cumplir mis objetivos propuestos.

A Dios que me ha guiado por un buen camino en los años de mi vida.

A mis hermas, Viviana y Lisseth, a toda mi familia que ha formado parte en mi vida estudiantil y han estado presentes de una manera incondicional para llegar a culminar mis metas.

### **Julio César Valenzuela Torres**

Dedico esta tesis de grado con mucho amor a Dios, porque él es mi fuente de inspiración ante todos los objetivos que me propongo, conoce mis esfuerzos y sé que los valora en su momento.

A mi familia porque son mi razón de ser, velan por mi bienestar, y son a quienes amo infinitamente.

A todos quienes valoren este trabajo realizado con esfuerzo, perseverancia y dedicación.

### **Daniel Alejandro Galarza Arévalo**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darnos la oportunidad de cumplir esta meta y bendecir cada uno de nuestros pasos.

A nuestros padres y hermanos, por su amor, cariño, apoyo incondicional y su preocupación constante por nuestro bienestar.

A nuestros profesores y de manera especial a nuestro tutor el Ing. Orlando Pineda por guiarnos a lo largo de nuestra carrera y durante el desarrollo de esta tesis con sus conocimientos y capacidades.

A la HORMIGONERA J.C.VALENZUELA CIA LTDA., a su grupo de trabajadores, en especial al Sr. Marco Valenzuela, que nos abrió las puertas y apoyo incondicional para realizar nuestro proyecto de tesis.

Y por último y no menos importantes a nuestro grupo de amigos por su afecto y respaldo brindados en todo este tiempo.

## INTRODUCCIÓN

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

El proyecto tiene como finalidad el diseño y la construcción de un sistema que permita reutilizar el agua que se desperdicia en los procesos de elaboración del hormigón, por el método de la combinación de arena, grava y carbón activado; en el que se utilizan conocimientos teóricos adquiridos en la universidad.

Este sistema consta de diferentes partes entre las cuales destacan: el sistema de bombeo por medio de una bomba que genera la presión adecuada de trabajo, el proceso de filtrado a través del papel fieltro que tiene la función de captar sólidos y partículas pesadas, mientras que el carbón activado que tiene como función captar partículas orgánicas e inorgánicas que contiene el agua.

La importancia del presente trabajo es lograr que el agua procesada por medio del sistema cumpla con los requisitos vigentes expuestos en la norma ASME C 1602, con lo que se obtendrá agua apta para la elaboración de hormigón.

El proyecto consta de seis capítulos; el primero hace referencia al marco teórico en el cual se detallan aspectos tales como: El hormigón, sus características, propiedades y la importancia del agua para la elaboración de este, la contaminación del agua, tratamientos físicos, químicos y microbiológicos del agua, elementos generales que conforman el sistema.

El segundo capítulo considera; el análisis físico-químicos del agua a tratarse para tener un conocimiento de los parámetros, métodos y técnicas, resultados finales y estudios comparativos del agua que se tratará para obtener un resultado adecuado que no afecte en la elaboración de hormigón.

El tercer capítulo; describe un estudio y selección de alternativas que se aplicarán para el diseño y la construcción del sistema de filtración.

En el cuarto capítulo; se indica las partes del equipo, condiciones de diseño, cálculo de las pérdidas de energía en elementos filtrantes y conexiones del sistema, potencia de la bomba, selección de la bomba, cálculo y análisis de tanques de pared delgada, dimensiones, características de los tanques de almacenamiento, cálculo del espesor de pared de los tanques, cálculo de elementos sometidos a cargas, peso de elementos que generan cargas y análisis de cargas existentes en base estructural.

El quinto capítulo indica los valores detallados de costos generados en el diseño y construcción del sistema, entre los que podemos indicar: costos en tuberías de conducción y accesorios, costos de elementos filtrantes, válvulas, bomba centrífuga, costos de materiales utilizados en la estructura de asentamiento, materiales e insumos, costos de mano de obra, costos de diseño e ingeniería del sistema y finalmente costo total del proyecto.

En el capítulo sexto se analiza los resultados obtenidos una vez puesta en marcha el sistema de filtración de agua para la reutilización en la elaboración de hormigón.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En la actualidad todas las personas, ciudades, empresas, etc. están tomando conciencia de la importancia de cuidar el agua dulce en nuestro planeta (medio ambiente), por lo que en el caso de Quito particularmente la Ordenanza Sustitutiva del Título V “Del Medio Ambiente”, Libro Segundo del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito, “obliga a todas las empresas que utilizan agua para sus procesos que este recurso tiene que ser utilizado de la manera más optima posible”, por otro lado la recién aprobada LEY DE AGUAS, en Título II, “de la conservación y contaminación de las aguas”, trata sobre el cuidado, la disponibilidad y contaminación que las empresas deben tener con el agua.

Es por este motivo que la “Hormigonera Y Constructora J.C.Valenzuela Cia Ltda.”; se ve en la obligación de acatar lo estipulado tanto en la Ordenanza Municipal y La Ley de Aguas y está desarrollando nuevas estrategias de utilización del liquido vital para optimizar los recursos disponibles.

La empresa como todas las industrias que se encuentran en el Distrito Metropolitano de Quito, cumplen con una auditoría ambiental donde uno de los puntos a cumplir por parte de la hormigonera, es la que el agua que se desperdicia en el proceso de la fabricación del hormigón sea tratada y se la pueda reutilizar en el proceso y así eliminar las descargas liquidas a la red de agua potable del Distrito Metropolitano de Quito por parte de la empresa.

Las Entidades de Seguimiento que se encuentran en funcionamiento en el Distrito Metropolitano, tienen como función hacer cumplir a las empresas con el cuidado del medio ambiente. Las empresas que no cumplan con las actividades del Plan De Manejo Ambiental dispuestas por la Dirección Metropolitana De Medio Ambiente, deberán pagar multas que se encuentran alrededor de los 6.000 dólares de los Estados Unidos de América.

La empresa se ve muy comprometida con el cuidado del medio ambiente, manejo responsable del líquido vital y cumplir con las ordenanzas municipales, es por estos motivos que se ve en la necesidad de construir un sistema en el cual se pueda reutilizar el agua desperdiciada en los procesos de fabricación de hormigón.

Con esto se pretende disminuir la contaminación generada al medio ambiente, y exonerar a la hormigonera de multas impuestas por el “Distrito Metropolitano de Quito”

## JUSTIFICACIÓN

En los actuales momentos, el tema principal de discusión a nivel mundial y en particular en la ciudad de Quito, es el grado de contaminación del ambiente y las estrategias por disminuir esta contaminación, por este motivo el Distrito Metropolitano de Quito, ha implementado nuevos mecanismos de control para verificar entre cosas: protección, conservación, recuperación y revalorización de las cuencas hidrográficas que abastecen de agua al Distrito Metropolitano de Quito.

En este sentido, la HORMIGONERA Y CONSTRUCTORA J.C.VALENZUELA CIA. LTDA., en concordancia con la realidad de la industria hormigonera y del país en general, considera indispensable la construcción de un sistema en el que el agua desperdiciada se pueda reutilizar en la fabricación del hormigón.

El sistema será construido tomando en cuenta dos aspectos importantes: el del cumplimiento con la ley municipal del cuidado del Medio Ambiente para evitar sanciones económicas, y el volumen de agua contaminada que se filtrará mediante el sistema de reutilización del agua contaminada de la hormigonera.

La empresa fabrica diferentes tipos de hormigón con una resistencia variada según la necesidad del cliente, entre los que se tiene los siguientes (180, 210, 240, 280 kg/cm<sup>2</sup>) donde el uso del agua varía para cumplir las normas características del producto. Este hormigón será entregado a diferentes sectores del distrito Metropolitano de Quito y sus Valles, para el sector de la construcción el mismo que será utilizado en columnas, muros, vigas, losas, etc.

Los vehículos son los encargados de la mezcla del hormigón el cual se compone de arena, ripio, cemento, aditivo y agua. Para este estudio se centrará en la cantidad de agua que se utilizará para fabricar 8 m<sup>3</sup> de hormigón.

Para esta cantidad a los vehículos se los carga con 1800 litros de agua los cuales 1600 son dispuestos a la mezcla del hormigón y 260 litros para lavar el mixer o trompo del vehículo; en este proceso el agua se mezcla con jabones, sedimentos de arena, derivados del petróleo (aceite, diesel) y partículas de cemento, que posteriormente caen al suelo y

se canalizarán a unas cisternas donde mediante un sistema que consta de filtros, bomba de agua y tuberías se filtrará esta agua contaminada para su debido tratamiento y posterior reutilización.

## OBJETIVOS

### Objetivo General:

- Diseñar y construir un sistema de reutilización del agua en la mezcla del hormigón.

### Objetivos Específicos:

- Especificar los parámetros del agua que se utiliza en la fabricación de hormigón e identificar las clases de contaminantes que se encuentran en el líquido de la hormigonera.
- Seleccionar el filtro adecuado de la red filtradora, para optimizar el uso del agua potable.
- Diseñar un sistema en el que la empresa pueda filtrar el agua desperdiciada en el proceso de la fabricación del hormigón.
- Elaborar los planos general y de detalle.
- Construir el sistema que permita reutilizar el agua que se filtra en la fabricación del hormigón.
- Analizar los resultados Costo-Beneficio que obtendrá la empresa con la implementación de este sistema de filtración de agua.

## **HIPÓTESIS**

Para elaborar aproximadamente 160 m<sup>3</sup> de hormigón, es necesario utilizar alrededor de 40 m<sup>3</sup> de agua potable de la cual en el transcurso del proceso existe un desperdicio del 12,5%, que equivale a unos 5 m<sup>3</sup> de este recurso.

Por lo expuesto se realizará un estudio adecuado para la construcción posterior de un sistema de filtración del agua para su reutilización en la fabricación de hormigón.

Este sistema ayuda a que el agua que se desperdicia, se la vuelva a recuperar y reutilizar en la elaboración de hormigón premezclado.

Con el sistema ayuda a la hormigonera a disminuir la contaminación ambiental y a que la empresa cumpla con las leyes que rigen el Distrito Metropolitano De Quito.

## ALCANCE

El sistema de reutilización del agua en la mezcla del hormigón en la HORMIGONERA Y CONSTRUCTORA J.C.VALENZUELA CIA LTDA., se lo diseñará y construirá con los parámetros que la empresa nos brinda para la elaboración de esta tesis.

La empresa fabrica un aproximado de 160 m<sup>3</sup> de hormigón diario, dato que se tomará como referencia este dato para el estudio y análisis y posterior construcción del sistema de reutilización del agua.

Cada camión tiene una capacidad de carga de 8 m<sup>3</sup> en un tiempo promedio de 25 minutos, lo que quiere decir que alrededor de una hora se tendrá despachado 4 vehículos en una totalidad de 32 m<sup>3</sup> y 900 litros de agua contaminada.

El hormigón más común que fabrica la hormigonera es el que tiene una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Tomando en cuenta los puntos anteriores el de la cantidad de despacho y resistencia del hormigón se pondrá como base que cada carro se abastece de 1860 litros de agua para una cantidad de 8m<sup>3</sup> de hormigón.

Los cuales están destinados de la siguiente manera:

- 1600 litros: mezcla del hormigón
- 260 litros: limpieza del vehículo

El agua que se desperdicia en este proceso mencionado va ser canalizada a través de dos cisternas las mismas que tienen una capacidad de:

<b>CISTERNA</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>
Almacenamiento	6
Filtración	18

Estas capacidades de las cisternas se deben a que la producción de hormigón no es tan alta y que el agua que se considerará contaminada se almacenará en dichas cisternas para su posterior filtración.

Tomando en cuenta estos datos tenemos un promedio de  $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$  de agua contaminada, por lo que se diseñará el sistema con sensores que estarán colocados en la parte superior e inferior de la cisterna y así se podrá controlar el encendido y apagado de la bomba en tiempos determinados en los que la cisterna se encuentre con suficiente cantidad de agua para un correcto funcionamiento de la bomba.

Al hablar de una suficiente cantidad de agua se está considerando  $14 \text{ m}^3$  de agua contaminada en el nivel máximo y de  $2 \text{ m}^3$  en el nivel mínimo.

Lo que permitirá que la bomba se active y desactive por si sola sin que los trabajadores de la empresa estén preocupados en el funcionamiento de esta, por lo tanto el sistema no estará en funcionamiento constante sino de forma periódica. Los  $12 \text{ m}^3$  para los que el sistema será diseñado se obtendrán al final de una jornada de trabajo de 10 horas.

Otro punto de vista que se considera es que la empresa tiene que cumplir con lo indicado en su cronograma de actividades enviado a la entidad de seguimiento para su próxima auditoría ambiental, en la cual se compromete a no realizar descargas líquidas a la red de alcantarillado del Distrito Metropolitano de Quito, sino que ocurra todo lo contrario que esta agua contaminada se la filtrará para su posterior reutilización en la fabricación del hormigón.

La elección de los filtros debe ser minuciosa para que el agua que se filtra a través de estos cumpla con los parámetros de la norma “ASTM C 1602 Criterios De Aceptación Para Abastecimiento de Aguas Dudosas”, en la fabricación del hormigón.

La potencia y elección del tipo de bomba se elegirá en el transcurso del estudio de presente proyecto para cumplir con los siguientes requerimientos:

- Tener un caudal aproximado de  $12 \text{ m}^3/\text{h}$
- Suficiente Potencia para elevar el agua filtrada a una altura de 30m sobre la cisterna donde se encuentra el silo de almacenamiento.

Se tomarán muestras de esta agua regularmente para tener la seguridad que el agua que se está utilizando esta dentro de los parámetros requeridos de la norma ASTM C 1602.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE	PÁGINA
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD .....	II
DEDICATORIAS .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
INTRODUCCIÓN .....	V
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	VII
JUSTIFICACIÓN .....	IX
OBJETIVOS .....	XI
Objetivo General:.....	XI
Objetivos Específicos:.....	XI
HIPÓTESIS.....	XII
ALCANCE.....	XIII

## CAPÍTULO 1

### MARCO TEÓRICO

1.1 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN.....	1
1.1.1 Hormigón Fresco .....	1
1.1.2 Consistencia.....	1
1.1.3 Docilidad.....	4
1.1.4 Homogeneidad.....	5
1.1.5 Peso específico.....	5
1.2 HORMIGÓN ENDURECIDO.....	6
1.2.1 Peso específico.....	6
1.2.2 Compacidad .....	6
1.2.3 Permeabilidad .....	7
1.2.4 Resistencia al desgaste.....	7
1.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL HORMIGÓN.....	7

1.4	RESISTENCIA .....	8
1.5	TIPOS DE HORMIGÓN .....	11
1.6	COMPONENTES DEL HORMIGÓN AGUA, ÁRIDOS, CEMENTOS Y ADITIVOS.....	11
1.6.1	Agua de Amasado y agua de curado.....	11
1.6.2	Aguas perjudiciales y no perjudiciales .....	12
1.6.3	Agua de mar.....	13
1.6.4	Análisis del agua.....	13
1.7	ÁRIDOS .....	14
1.7.1	La arena.....	15
1.7.2	La grava .....	16
1.7.3	Granulometría de los áridos .....	16
1.7.4	Cementos .....	17
1.7.4.1	Tipos de cemento Portland .....	18
1.7.5	Aditivos.....	18
1.7.5.1	Aceleradores .....	19
1.7.5.2	Retardadores de fraguado .....	19
1.7.5.3	Plastificantes .....	20
1.7.5.4	Aireantes .....	20
1.7.5.5	Impermeabilizantes.....	21
1.7.5.6	Otros aditivos.....	22
1.8	APLICACIONES Y USOS DEL AGUA .....	23
1.8.1	Usos consuntivos .....	23
1.8.2	Usos no consuntivos .....	23
1.8.2.1	Uso en agricultura y ganadería .....	23
1.8.2.2	Fuente de energía .....	23
1.8.2.3	Vía de comunicación .....	23
1.8.2.4	Consumo doméstico.....	23
1.8.2.5	Consumo público .....	24
1.8.2.6	En la industria .....	24
1.9	CONTAMINANTES DEL AGUA.....	24

1.9.1 Causas y tipos de la contaminación del agua.....	24
1.9.2 Efectos de la contaminación .....	25
1.10 PROCESOS DEL TRATAMIENTO DEL AGUA .....	26
1.10.1 Objetivo del tratamiento del agua.....	27
1.10.2 El tratamiento del agua .....	27
1.10.3 Tipos de tratamientos.....	28
1.10.3.1 Tratamientos físicos o mecánicos .....	28
1.10.3.2 Tratamientos químicos.....	29
1.10.3.3 Carbón, gravilla y arena.....	29
1.11 AJUSTES DEL pH .....	30
1.12 SISTEMA DE BOMBEO .....	31
1.12.1 Tipos de bombas .....	31
1.12.1.1 Bombas Centrífugas.....	31
1.12.1.2 Bombas de rotor múltiple .....	32
1.12.2 Clasificación según el tipo de succión .....	33
1.12.3 Clasificación según la trayectoria del líquido en el impulsor .....	34
1.12.4 Clasificación según el número de impulsores.....	34
1.12.5 Selección de la bomba .....	35
1.12.5.1 Curvas características .....	35
1.12.5.3 NPSH <sub>r</sub> (NPSH <sub>r</sub> – Net Positive Suction Head required) .....	38
1.12.5.4 NPSH <sub>d</sub> (NPSH <sub>d</sub> – Net Positive Suction Head Available).....	38
1.12.6 Tubería y accesorios .....	38
1.12.6.1 Diámetro de la tubería.....	39
1.12.6.2 Determinación del material de la tubería.....	40
1.12.6.2.1 Características del PVC .....	40
1.12.6.3 Espesor de la tubería .....	42
1.12.6.4 Accesorios del sistema.....	43
1.12.7 Pérdidas por fricción.....	45
1.12.8 Análisis del diseño para tanques .....	45

## CAPÍTULO 2

### ESTUDIO FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA A TRATARSE

2.1	CONSIDERACIONES TEÓRICAS DEL AGUA.....	46
2.1.1	Análisis cuantitativo del agua.....	46
2.1.2	Depósitos de sólidos en el agua recolectada.....	47
2.1.3	Significado de los constituyentes del agua de formación y propiedades.....	48
2.1.3.1	Cationes .....	48
2.1.3.2	Aniones .....	48
2.1.3.3	Otras Propiedades .....	49
2.2	LA TURBIDEZ.....	50
2.2.1	Turbidez máxima permitida en el agua para fabricación de hormigón .....	51
2.2.2	Causas de la turbidez .....	51
2.2.3	Medición de la turbidez .....	52
2.3	CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA.....	53
2.3.1	Microorganismos Encontrados en el Agua de Formación.....	53
2.3.1.1	Eucaria .....	53
2.3.1.2	Bacterias.....	53
2.4	EFFECTOS DE LOS ELEMENTOS DISUELTOS EN EL AGUA .....	54
2.4.1	Corrosión .....	54
2.4.1.1	Efectos de la corrosión del agua .....	54
2.4.1.2	Oxígeno Disuelto.....	54

## CAPÍTULO 3

### ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1	SELECCIÓN DE FILTROS .....	56
3.2	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS .....	59
3.2.1	Criterios para la selección del sistema de filtrado.....	59
3.3	EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE FILTRADO.....	60
3.4	FILTROS .....	61

3.4.1 Selección de medios filtrantes .....	62
3.4.2 Alternativas de medios filtrantes .....	64
3.4.2.1 Filtros de disco de tela .....	65
3.4.2.2 Filtros de grava, arena carbón activado.....	66
3.4.2.3 Filtros hidráulicos .....	66
3.4.3 Selección de alternativas .....	67
3.4.4 Evaluación de las alternativas.....	69

## CAPÍTULO 4

### DISEÑO, CÁLCULO, SELECCIÓN DE ELEMENTOS Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN DE AGUA PARA LA HORMIGONERA J.C.Valenzuela

4.1 CISTERNAS DE CAPTACIÓN DEL AGUA. ....	71
4.2 SELECCIÓN DEL FILTRO. ....	72
4.2.1 Consideraciones físicas.....	72
4.2.1.1 Composición del fluido de trabajo.....	73
4.2.1.2 Tamaño de las partículas sólidas suspendidas .....	73
4.2.2 Tipo de elemento filtrante .....	73
4.2.2.1 Filtros de tela .....	74
4.2.2.2 Filtros de grava arena y carbón activado .....	75
4.3 DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO .....	78
4.3.1 Cálculos hidráulicos.....	78
4.3.2 Dimensionamiento de tubería .....	79
4.3.3 Cálculos de pérdidas de presión.....	81
4.3.3.1 Pérdidas de presión en la tubería o pérdidas mayores. ....	81
4.3.3.2 Pérdidas de carga menores.....	88
4.3.3.2.1 Pérdidas de carga menores en la succión.....	91
4.3.3.2.2 Pérdidas de carga menores en la descarga.....	92
4.3.3.2.3 Pérdidas de carga en la entrada de un fluido .....	93
4.3.3.2.4 Pérdidas de carga en la salida de un fluido.....	95

4.3.3.3	Pérdidas de carga en elementos filtrantes .....	97
4.3.3.3.1	Pérdidas de carga en el primer filtro (fieltro de algodón).....	97
4.3.3.3.2	Pérdidas de carga en el filtro de grava, arena y carbón activado.....	97
4.3.4	Potencia de la bomba .....	102
4.3.5	Selección de la bomba .....	104
4.3.5.1	Calculo del NPSH.....	104
4.3.6	Cálculo del espesor de la tubería .....	108
4.4	CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE FILTROS .....	110
4.4.1	Calculo de cilindros .....	110
4.4.1.1	Espesor de la Pared de un cilindro.....	110
4.4.1.2	Cálculo de tapas del filtro #1 (Fieltro de algodón) de forma elípticos .....	111
4.4.2	Cálculos para dimensionar el Filtro # 1 (Fieltro de algodón).....	113
4.4.3	Espesor de la Pared de un cilindro Filtro # 2 (Carbón activado).....	116
4.4.3.1	Cantidades de Carbón activado, arena y grava. ....	116
4.4.3.2	Cálculos para dimensionar el Filtro # 2 (Carbón activado).....	117
4.4.3.3	Cálculo de tapas del filtro #2 (Carbón activado) de forma elípticos. ....	119
4.5	UNIÓN ESTÁTICAMENTE CARGADA A TENSIÓN: PRECARGA.....	120
4.5.1	Rigidez .....	120
4.5.2	Rigidez de los elementos de unión .....	121
4.5.3	Constante de Unión.....	121
4.5.4	Números de pernos .....	122
4.6	CÁLCULO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A CARGAS.....	123
4.6.1	Cálculo de cargas del sistema .....	124
4.6.1.1	Peso de los filtros.....	124
4.6.1.2	Peso del filtro #1 (fieltro de algodón).....	124
4.6.1.3	Peso del filtro #2 (carbón activado, grava, arena) .....	125
4.6.1.4	Peso del carbón activado.....	125
4.6.1.5	Peso de la grava .....	126
4.6.1.6	Peso de la arena.....	127
4.6.1.7	Peso de agua en el filtro #1 (fieltro de algodón).....	128
4.6.1.8	Peso de agua en el filtro #2 (carbón activado, grava, arena) .....	129

4.6.1.9	Peso tubería de acero galvanizado de 3/4” .....	129
4.6.2	Análisis de elementos estructurales sometidos a cargas .....	130
4.6.2.1	Elementos de estructura de asentamiento sometidos a cargas .....	131
4.6.2.1.1	Cálculo de los elementos longitudinales.....	132
4.6.2.1.2	Reacciones en los apoyos .....	132
4.6.2.1.3	Fuerzas cortantes y momentos flexionantes .....	133
4.6.2.1.4	Cálculo del módulo de sección en viga AD.....	136
4.7	SIMULACIÓN EN EL PROGRAMA SAP .....	137
4.7.1	Estructura dibujada en SAP .....	137
4.7.2	Verificación de la estructura.....	138
4.7.3	Selección Del Perfil De Estructura De Asentamiento .....	139
4.8	MANÓMETROS PARA MEDICIÓN DE PRESIONES .....	141
4.8.1	Nomenclatura de Selección .....	142
4.9	CONTROL ON/OFF PARA ENCENDIDO Y APAGADO DEL SISTEMA .....	143
4.10	OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	144
4.10.1	Características y Parámetros de Funcionamiento .....	144
4.10.2	Parámetros de Funcionamiento.....	145
4.10.3	Cuadro de Parámetros de Funcionamiento .....	145
4.11	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN.....	146

## CAPÍTULO 5

### COSTOS DEL PROYECTO

5.1	CÁLCULO DE COSTOS .....	156
5.1.1	Costos de materiales e insumos. ....	157
5.1.2	Costos de insumos eléctricos. ....	157
5.1.3	Costo de insumos consumibles.....	158
5.1.4	Costos de insumos indirectos.....	158
5.1.5	Costos de válvulas y manómetros.....	159
5.1.6	Costos de tubería y accesorios de acoplamiento.....	160

5.1.7 Costos de mecanizado.....	160
5.1.8 Costo de Análisis de agua.....	161
5.1.9 Costos De Diseño E Ingeniería Del Sistema .....	161
5.1.10 Costo Total del Proyecto .....	162

## CAPÍTULO 6

### PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 INSPECCIÓN MONTAJE DEL SISTEMA.....	163
6.2 PRUEBAS CON CARGA .....	165
6.3 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO .....	168
6.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS FINALES.....	169
6.5 TIPOS DE ANÁLISIS REALIZADOS .....	169
6.5.1 Datos de análisis obtenidos del agua de las cisternas de la hormigonera. ....	169
6.5.2 Datos de análisis obtenidos mediante la filtración del sistema.....	170
6.5.3 Comparación entre resultados de agua obtenidos mediante análisis químicos .....	170
6.6 CONCLUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS .....	171
 CONCLUSIONES .....	173
 RECOMENDACIONES.....	175
 BIBLIOGRAFÍA .....	177
 ANEXOS .....	182

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

### ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.1: Textura del hormigón fresco.....	2
Gráfica 1.2: Cono de Abrams.....	2
Gráfica 1.3: Influencia del exceso de agua en la consistencia y resistencia del hormigón.....	4
Gráfica 1.4: Toma de muestras en obra .....	8
Gráfica 1.5: Tamices .....	17
Gráfica 1.6: Variación de la durabilidad en función del contenido en aire ocluido.....	21
Gráfica 1.7: Variación de la durabilidad en función del contenido en aire ocluido.....	22
Gráfica 1.8: Contaminación del agua.....	25
Gráfica 1.9: Esquema de un hidrociclón.....	28
Gráfica 1.10: Partes de una bomba centrífuga.....	32
Gráfica 1.11: Gráfica de características compuestas para una bomba centrífuga típica.....	36
Gráfica 1.12: Gráfica simultanea de curva característica de una instalación y curva característica de una bomba .....	37
Gráfica 1.13: PVC.....	40
Gráfica 1.14: Accesorios y Tuberia .....	40
Gráfica 3.1: Esquema filtros en serie .....	56
Gráfica 3.2: Filtros de membrana.....	57
Gráfica 3.3: Filtración por mediante un hidrociclón.....	58
Gráfica 3.4: Forma de trabajo de un medio filtrante.....	63
Gráfica 3.5: Filtros de cartucho.....	64
Gráfica 3.6: Funcionamiento de filtros de cartucho.....	64
Gráfica 3.7: Funcionamiento de filtros de pantalla de tela .....	65
Gráfica 3.8: Funcionamiento de filtros grava, arena, carbón activado .....	66
Gráfica 3.9: Filtro Hidraulico.....	66
Gráfica 4.1: Funcionamiento de un medio filtrante .....	74
Gráfica 4.2: Filtro seleccionado.....	75
Gráfica 4.3: Arena fina.....	76

Gráfica 4.4: Grava.....	77
Gráfica 4.5: Carbón Activado .....	77
Gráfica 4.6: Esquema del sistema de filtración.....	79
Gráfica 4.7: Rugosidad de la pared de un tubo .....	79
Gráfica4.8: Diagrama de Moody.....	86
Gráfica 4.9: Factor de pérdidas en la salida del tanque de Almacenamiento .....	95
Gráfica 4.10: Pérdida en la salida de un tanque de Almacenamiento .....	96
Gráfica 4.11: Curva del sistema .....	105
Gráfica 4.12: Curva de Operación de Bomba .....	106
Gráfica 4.13: Punto de operación de Bomba .....	106
Gráfica 4.14: Bomba truperBOAC 1 .....	108
Gráfica 4.15: Representación de fuerzas en los casquetes de los filtros .....	112
Gráfica 4.16: Filtro# 1 (Filtro de algodón).....	116
Gráfica 4.17: Esquema del filtro número 2.....	120
Gráfica 4.18: Estructura de asentamiento de equipo de filtración de agua.....	131
Gráfica 4.19: Elementos sometidos a análisis estructural.....	132
Gráfica 4.20: Diagrama de cuerpo libre.....	132
Gráfica 4.21: Diagrama de fuerza cortante .....	136
Gráfica 4.22: Diagrama de fuerza cortante .....	136
Gráfica 4.23: Perfil obtenido programa SAP .....	138
Gráfica 4.24: Simulación de Cargas.....	139
Gráfica 4.25: Cuadro de propiedades de perfiles tubulares estructurales proporcionados por empresa DIPAC.....	140
Gráfica 4.26: Manómetros de diferentes rangos de medidas.....	142
Gráfica 4.27: Rango de la esfera indicadora .....	142
Gráfica 4.28: Nomenclatura .....	142
Gráfica 4.29: Switch eléctrico doble tiro .....	144
Gráfica 4.30: Vista explosionada del sistema de filtración.....	147
Gráfica 4.31: Vista explosionada del tanque de filtración.....	152
Gráfica 6.1: Análisis Químico de agua de cisternas .....	170
Gráfica 6.2: Análisis Químico de agua del sistema.....	170

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Consistencia de los hormigones.....	3
Tabla 1.2: Pesos específicos de los hormigones .....	6
Tabla 1.3: Resistencia Vs. Tiempo .....	10
Tabla 1.4: Análisis del Agua de Amasado y Curado. ....	14
Tabla 1.5: Tamices.....	17
Tabla 1.6: Valores admisibles de sustancias para la fabricación de hormigón.....	30
Tabla 1.7: Accesorios de tubería/Funcionamiento.....	44
Tabla 2.1: Análisis físico químico del agua a tratarse. ....	47
Tabla 2.2: Características físico-químicas del agua de formación.....	48
Tabla 2.3: Factores de conversión entre unidades de turbidez. ....	52
Tabla 3.1: Evaluación y selección de la configuración del sistema de filtrado .....	60
Tabla 3.2: Cuadro comparativo de las características de medios filtrantes .....	67
Tabla 3.3: Evaluación de medios filtrantes .....	70
Tabla 4.1: Dimensiones de las cisternas. ....	72
Tabla 4.2: Condiciones iniciales de la arena.....	76
Tabla 4.3: Condiciones iniciales de la grava.....	76
Tabla 4.4: Condiciones iniciales del carbón activado.....	77
Tabla 4.5: Factores de esfericidad y forma de los materiales granulares y porosidad típica asociados a filtros rápidos de arena.....	78
Tabla 4.6: Rango recomendado de velocidad en un sistema de flujo .....	80
Tabla 4.7: Valores de rugosidad en las tuberías.....	84
Tabla 4.8: Resumen de pérdidas mayores.....	88
Tabla 4.9: Accesorios del sistema de filtración. ....	89
Tabla 4.10: Factor de fricción en la zona de turbulencia completa para tubería de acero comercial, nueva y limpia.....	90
Tabla 4.11: Factor de Resistencia en válvulas y acoplamientos .....	90
Tabla 4.12: Resumen de pérdidas menores.....	97
Tabla 4.13: Total de pérdidas en medios filtrantes .....	101
Tabla 4.14: Dimensiones de los cilindros a emplearse.....	110

Tabla 4.15: Espesor de pared para tanques de pared delgada.....	111
Tabla 4.16: Cálculo del volumen útil.....	114
Tabla 4.17: Cuadro de pesos de los componentes de los filtros.....	130
Tabla 4.18: Manómetros utilizados.....	141
Tabla 4.19: Características Switch.....	143
Tabla 4.20: Cuadro de presiones al arranque del sistema.....	146
Tabla 4.21: Procesos tecnológicos.....	149
Tabla 4.22: Materiaprima.....	149
Tabla 4.23: Elementos a construir.....	151
Tabla 4.24: Diagrama de flujo de construcción.....	153
Tabla 4.25: Diagrama de flujo de Montaje.....	155
Tabla 5.1: Costo de materiales e insumos.....	157
Tabla 5.2: Costo de insumos eléctricos.....	158
Tabla 5.3: Costo de insumos consumible .....	158
Tabla 5.4: Costo de insumos indirectos .....	159
Tabla 5.5: Costo de válvulas y manómetros.....	159
Tabla 5.6: Costo de tubería y accesorios de acoplamiento.....	160
Tabla 5.7: Costo de mecanizado.....	160
Tabla 5.8: Costo de análisis de agua.....	161
Tabla 5.9: Costo de diseño e ingeniería del sistema.....	161
Tabla 5.10: Costo total del proyecto.....	162
Tabla 6.1: Verificación de Componentes.....	164
Tabla 6.2: Calidad del Agua.....	166
Tabla 6.3: Verificación de Presiones.....	167
Tabla 6.4: Verificación de Caudal.....	168
Tabla 6.5: Cuadro de resultado de análisis químicos.....	171
Tabla 6.6: Comparación entre análisis fisicoquímico de agua del sistema con norma ASTM C 1602.....	171

## ANEXOS

Anexo A: Tabla de las propiedades del agua para hacer hormigón norma ASTM C1602.....	183
Anexo B: Tabla de las dimensiones de tubería cédula 40 .....	185
Anexo C: Tabla de factores de conversión de unidades .....	187
Anexo D: Informe de análisis físico-químicos de agua de cisterna.....	189
Anexo E: Ordenanza municipal 213 capítulo VII para la protección de las Cuencas hidrográficas.....	192
Anexo F: Informes de resistencia de cilindros.....	196
Anexo G: Carbón activado.....	200
Anexo H: Catálogo de bombas centrífugas.....	204
Anexo I: Informe de análisis de agua tomada del sistema. ....	207
Anexo J: Facturas de compras de materiales y accesorios para la construcción del sistema.....	210
Anexo K: Fotos del sistema .....	216
Anexo L: Manual de mantenimiento.....	218
Anexo M: Planos generales del sistema.....	223

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### Generalidades

Se realiza un trabajo enfocado hacia la recolección de información básica relacionada con el hormigón y sus propiedades. Estudio de la importancia que tiene el agua en los procesos de elaboración de la mezcla del hormigón. Además, se indica los elementos, mecanismos y materiales que van a estar inmersos en el diseño y construcción del sistema de filtración de agua.

Se analizará las propiedades del hormigón y en que afecta el agua en estas, estudio de propiedades del agua, elementos que se utilizarán para la filtración del agua contaminada y elementos que pueden utilizarse para el diseño que conformarán el sistema.

### 1.1 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN

Estas se pueden dividir en dos grupos:

- Hormigón fresco.(Mientras permanece en estado plástico)
- Hormigón endurecido

#### 1.1.1 Hormigón Fresco

El hormigón fresco es un material esencialmente heterogéneo, puesto que en él coexisten tres fases: la sólida (áridos y cemento), la líquida (agua) y la gaseosa (aire ocluido); a su vez, la fase sólida es heterogénea entre sí, ya que sus granos son de naturaleza y dimensiones variables.

#### 1.1.2 Consistencia

Es la menor o mayor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse, esto depende de diferentes factores como son: la cantidad de agua de amasado, tamaño máximo, granulometría y forma de los áridos, pero el que más influye con la consistencia correcta del hormigón es la cantidad de agua que se coloque en la mezcla. Para el trabajo con hormigón en obra, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Si el hormigón es manejable

- Si es transportable
- De fácil colocación sin perder su homogeneidad.

Si cumple con estos aspectos diremos que el hormigón es dócil, lo que quiere decir que presenta una consistencia y cohesión adecuadas, se puede observar en la gráfica 1.1.



**Gráfica 1.1:** Foto de textura del hormigón fresco.

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

Una forma de medir la consistencia del hormigón es obtener el asentamiento de la mezcla mediante el cono de Abrams Norma INEN 1578(ASTM C 143).

“El cono de Abrams es un molde troncónico de 30 cm de altura, que se rellena con el hormigón a ensayar. La pérdida de altura que experimenta la masa fresca del hormigón una vez desmoldada, expresada en centímetros, da una medida de su consistencia.”<sup>1</sup>

(Ver gráfico 1.2)



**Gráfica 1.2: Cono de Abrams**

**Fuente:** [www.constructorcivil.org](http://www.constructorcivil.org)

<sup>1</sup> JIMÉNEZ MONTOYA, P, *Hormigón Armado*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona-España. 1974, p. 90

Los hormigones se clasifican por su consistencia en secos, plásticos, blandos, fluidos y líquidos. La consistencia líquida no es admisible para hormigón armado. (Ver tabla 1.1)

### CONSISTENCIA DEL HORMIGÓN

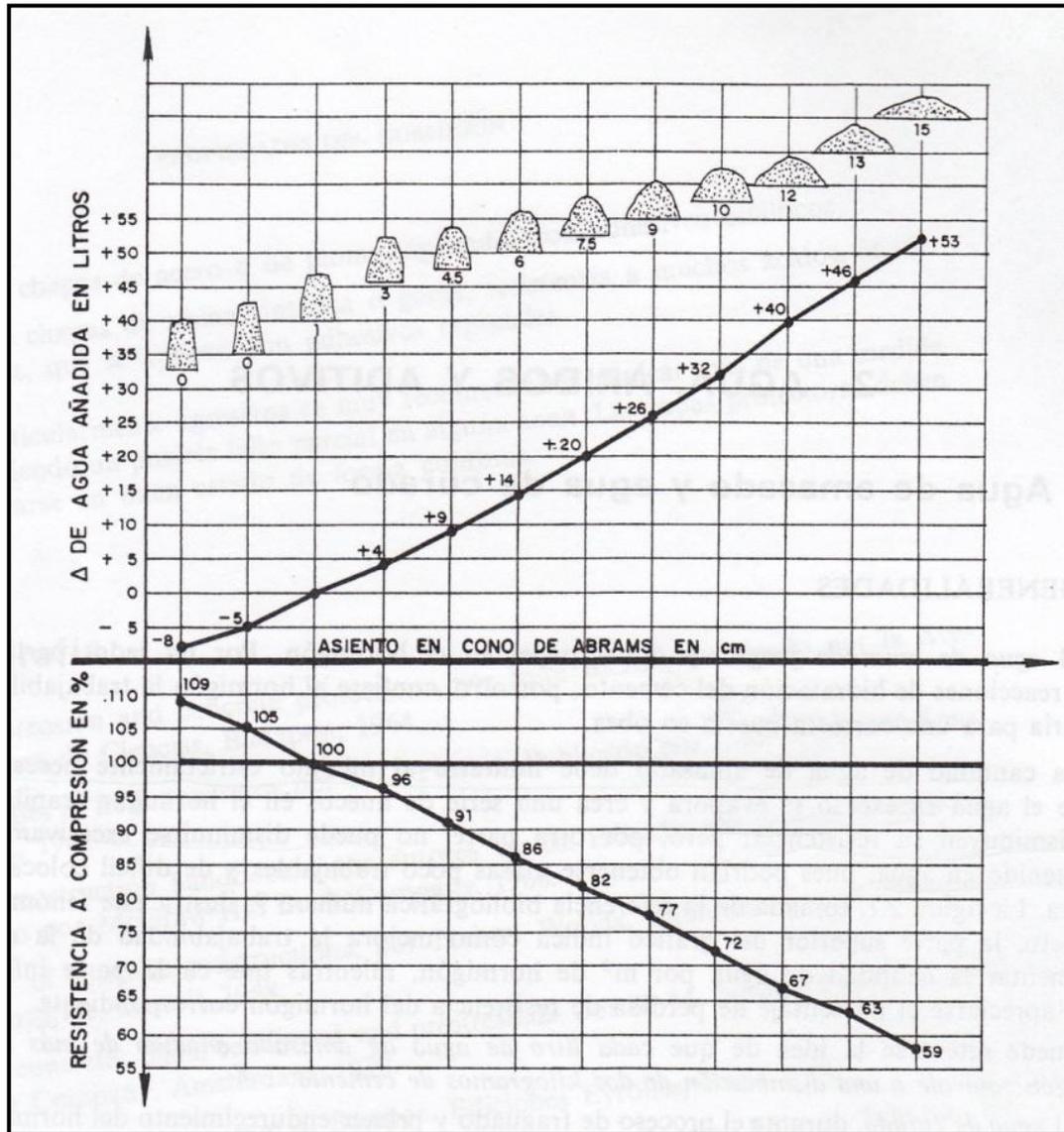
Consistencia	Asiento en cono de Abrams (cm)
Seca (S)	0 a 2
Plástica (P)	3 a 5
Blanda (B)	6 a 9
Fluida (F)	10 a 15
Líquida (L)	>16

**Tabla 1.1:** Consistencia de los hormigones

**Fuente:** Montoya-Meseguer-Morán, Hormigón Armado

En la gráfica 1.3, se puede observar la influencia que tiene el agua en el hormigón en sus propiedades, al aumentar la cantidad de agua la consistencia y resistencia disminuyen.

## INFLUENCIA DEL AGUA EN EL HORMIGÓN



Gráfica 1.3: Influencia del exceso de agua en la consistencia y resistencia del hormigón.

Fuente: Montoya-Meseguer-Morán.

### 1.1.3 Docilidad

La docilidad, es un concepto de difícil definición, puede considerarse como la aptitud de un hormigón para ser puesto en obra con los medios de compactación de que se dispone, o esta propiedad obtiene la trabajalidad del hormigón relacionándola con su deformabilidad (consistencia), con su homogeneidad y con la mayor o menor facilidad

que la masa presente para eliminar los huecos de la misma (aire ocluido), alcanzando una capacidad máxima.

La docilidad depende de los siguientes factores:

- La cantidad de agua de amasado. Mayor cantidad de agua mayor ductilidad.
- La granulometría de los áridos, siendo más dóciles los hormigones que contengan mayor cantidad de arena. Pero hay que tomar en cuenta que si es mayor la cantidad de árido fino es mayor la cantidad de agua de amasado, esto puede ocasionar que su resistencia baje. Por ello las relaciones de agua/cemento no pueden exceder más allá de ciertos límites.
- La docilidad aumenta con la cantidad de cemento y su finura.
- El empleo de plastificantes aumenta la docilidad del hormigón.

#### **1.1.4 Homogeneidad**

Es la cualidad que tienen los componentes del hormigón para distribuirse regularmente en toda la masa de este, dando como resultado que las muestras de un mismo hormigón que se tomen en dos lugares diferentes resulten prácticamente iguales.

“La homogeneidad puede perderse por segregación (separación de los gruesos por una parte y los finos por otra) o por decantación (los granos gruesos caen al fondo y el mortero queda en la superficie, cuando la mezcla es muy líquida). Ambos fenómenos aumentan con el contenido de agua, con el tamaño máximo del árido, con las vibraciones o sacudidas durante el transporte y con la puesta en obra en caída libre.”<sup>2</sup>

#### **1.1.5 Peso específico**

Un dato muy importante tanto como la uniformidad del hormigón en el transcurso de una obra, es el peso específico del hormigón fresco que se define como su peso por unidad de volumen, sea sin compactar o compactado. La variación de cualquiera de ambos, repercute la consistencia del hormigón, e indica que hay una alteración de la granulometría de los áridos, contenidos de cemento o del agua del amasado.

---

<sup>2</sup> JIMÉNEZ MONTOYA, P, *Hormigón Armado*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona-España. 1974, p. 91

## 1.2 HORMIGÓN ENDURECIDO

La durabilidad del hormigón se expresa en la resistencia al medio ambiente. No se debe olvidar que la impermeabilidad, directamente relacionada con la durabilidad, se consigue con la compactación, relación agua/cemento adecuada y curado conveniente.

En condiciones normales un hormigón estándar comienza a fraguar entre 30 y 45 minutos después de que ha quedado en reposo en los moldes y termina trascurridas sobre 10 ó 12 horas.

### 1.2.1 Peso específico

El peso específico del hormigón endurecido depende principalmente de la naturaleza de los áridos, de su granulometría y el método de compactación empleado.

El peso específico aumenta, cuando mayor sea la cantidad de áridos gruesos existentes en la mezcla.

Los pesos específicos utilizados para realizar cálculos son los indicados en la tabla 1.2:

**PESOS ESPECÍFICOS DE LOS HORMIGONES**

Tipo de hormigón	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )
Hormigones en masa	2,3
Hormigón armado	2,5
Hormigones pesados	3 a 3,5
Hormigones ligeros	<1,3

**Tabla 1.2:** Pesos específicos de los hormigones.

**Fuente:** Montoya-Meseguer-Morán, Hormigón Armado

### 1.2.2 Compacidad

Está muy ligada al peso específico ya que tiene que ver mucho con el método de compactación empleado, que tienen por objetivo introducir en volúmenes determinados la mayor cantidad posible de áridos y si existen huecos puedan ser rellenados por la pasta de cemento, eliminando por completo burbujas de aire.

“Una buena compacidad no sólo proporciona una mayor resistencia mecánica (frente a esfuerzos, impactos, desgastes, vibraciones, etc.), sino también una mayor resistencia física (efecto de la helada) y química frente a las acciones agresivas, ya que, al contener una

cantidad mínima de huecos o porosidades, las vías de penetración de los agentes exteriores son también mínimas.”<sup>3</sup>

### **1.2.3 Permeabilidad**

Esta propiedad se define como la capacidad que posee un material para permitir que otro lo atraviese sin alterar su estructura interna “Se afirma que un material es *permeable* si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e *impermeable* si la cantidad de fluido es despreciable”<sup>4</sup>.

### **1.2.4 Resistencia al desgaste**

Esta propiedad se define como la capacidad que tiene un material de deteriorarse por su uso; para obtener hormigón resistente, se debe trabajar con un hormigón seco ya que si se trabaja con la lechada que es un elemento débil, fácilmente desgastable y productor de polvo no se dan los resultados deseados de resistencia en obra.

Para obtener mejores garantías de un hormigón resistente al desgaste se puede trabajar con morteros de cemento, con árido fino especial (corindón, sílice molida, granalla de hierro inoxidable, etc.) o un mortero especial de materias plásticas, resina epoxi.

## **1.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL HORMIGÓN**

Las principales características físicas del hormigón, en valores aproximados, son:

- Densidad: 2.350 kg/m<sup>3</sup>
- Resistencia a compresión: 150 a 500 kg/cm<sup>2</sup> (15 a 50 MPa) para el hormigón ordinario. Existen hormigones especiales de alta resistencia que alcanzan hasta 2.000 kg/cm<sup>2</sup> (200 MPa).
- Resistencia a tracción: proporcionalmente baja, es del orden de un décimo de la resistencia a compresión y, generalmente, poco significativa en el cálculo global.
- Tiempo de fraguado: dos horas, aproximadamente, variando en función de la temperatura y la humedad del ambiente exterior.

---

<sup>3</sup> JIMÉNEZ MONTOYA, P, *Hormigón Armado*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona-España. 1974, p. 92

<sup>4</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Permeabilidad>

- Tiempo de endurecimiento: progresivo, dependiendo de la temperatura, humedad y otros parámetros.
- Dado que el hormigón se dilata y contrae en magnitudes semejantes al acero, pues tienen un parecido coeficiente de dilatación térmico, resulta muy útil su uso simultáneo en obras de construcción; además, el hormigón protege al acero de la oxidación al recubrirlo.

#### **1.4 RESISTENCIA**

Para verificar la resistencia del hormigón se puede medir a compresión, tracción flexotracción, flexión y tracción indirecta.

Por lo general, el control del hormigón se realiza mediante ensayos de rotura a compresión utilizando probetas cilíndricas normalizadas.

Estos ensayos serán realizados a los 28 días de edad del hormigón. Se contabiliza desde la fecha que fue cogida la muestra.

Los cilindros serán fabricados con el hormigón que se pondrá en obra, como se puede observar en la gráfica 1.4.



**Gráfica 1.4:** Toma de muestras en obra

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

Las resistencias que se encuentra en el mercado de hormigón pre-mezclado, para puesta en obra son los que se indican a continuación:

180, 210, 240, 280 kg/cm<sup>2</sup>

La resistencia del hormigón con:

- La edad.
- La temperatura de curado.
- La velocidad de carga de la prensa.
- La humedad del hormigón en momentos de ensayo.

Las probetas secas producirían una mayor resistencia a la rotura, dando como resultado resistencias altas.

“Para obtener resultados de resistencia será el promedio de al menos dos probetas y se calcula con la siguiente expresión.”<sup>5</sup>

$$T = \frac{P}{\pi r^2} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Donde:

- T= Resistencia indirecta (kg/cm<sup>2</sup>)
- P= máxima carga aplicada (kg.)
- r= radio (cm)
- H= longitud (cm) (normalizado para pruebas de roturas de cilindros de hormigón)

“Para realizar las pruebas de resistencia se utilizan moldes no absorbentes ni deformables de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura.”<sup>6</sup>

En la siguiente tabla se puede observar la relación de la resistencia que se va obteniendo con el pasar de los días.

---

<sup>5</sup> EL MANUAL DE PEPE HORMIGÓN; pág. 55

<sup>6</sup> EL MANUAL DE PEPE HORMIGÓN; pág. 57

## RESISTENCIA VS. TIEMPO EN LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN

Resistencia (%)	Tiempo (días)
65 - 70	7
85 - 90	14
100 - 110	28

**Tabla 1.3:** Resistencia Vs. Tiempo

**Fuente:** Labscotest Cía. Ltda.

*Ejemplo:*

Se tiene una muestra de un cilindro de 11 días de edad y de resistencia requerida de  $210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ , verificar si este cilindro de hormigón está en los porcentajes de resistencia adecuados, si se tiene los siguientes datos.

P= 34810 kg.

D= 15,3 cm

H= 30 cm

$$T = \frac{34810}{\pi * 7,65^2}$$

$$T = 189,33 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Para obtener el porcentaje de la resistencia dividimos la resistencia indirecta obtenida por la resistencia del hormigón.

$$\% = \frac{T}{R}$$

$$\% = \frac{189,33}{210}$$

$$\% = 0,90$$

Con el ensayo, se alcanza un porcentaje de resistencia del 90%, y se encuentra en el margen de los 14 días de edad, este hormigón puesto en obra es de total confianza y posee los requerimientos del constructor.

## **1.5 TIPOS DE HORMIGÓN**

“En la Instrucción española, publicada en 1998, los hormigones están tipificados según el siguiente formato siendo obligatorio referirse de esta forma en los planos y demás documentos de proyecto, así como en la fabricación y puesta en obra.”<sup>7</sup>

### **Hormigón T – R / C / TM / A**

Los tipos de hormigón se diferencian el uno del otro por la cantidad y contenido de agregados que la mezcla contenga:

- **T:** Se denominará HM cuando sea hormigón en masa, HA cuando sea hormigón armado y HP cuando sea hormigón pretensado.
- **R:** Resistencia característica del hormigón expresada en Kg/cm<sup>2</sup>.
- **C:** Letra inicial del tipo de consistencia: S Seca, P plástica, B Blanda, F Fluida y L Líquida.
- **TM:** Tamaño máximo del árido expresado en milímetros.
- **A:** Designación del ambiente a que estará expuesto el hormigón.

## **1.6 COMPONENTES DEL HORMIGÓN AGUA, ÁRIDOS, CEMENTOS Y ADITIVOS**

### **1.6.1 Agua de Amasado y agua de curado**

#### **Generalidades**

El agua de amasado juega un papel trascendental en el hormigón, cumple con dos funciones, por un lado participa en las reacciones de hidratación del cemento y por otro, le da la consistencia necesaria para poder trabajarlo en obra.

La cantidad de agua de amasado debe limitarse al mínimo estrictamente necesario, debido a:

---

<sup>7</sup>Instrucción de Hormigón Estructural. EHE, op. cit., p.124

- Exceso de agua, se evapora y produce poros en el hormigón que disminuyen su resistencia.
- Disminución de agua, se obtienen masas poco trabajables y difícil colocación.

“Puede retenerse la idea de que cada litro de agua de amasado añadido de más a un hormigón equivale a una disminución de dos kilogramos de cemento.”<sup>8</sup>

El agua de curado, durante el proceso de fraguado y primer endurecimiento del hormigón, tiene el objetivo de evitar la desecación, mejorar la hidratación del cemento e impedir una retracción prematura.

“En general, se debe ser más estricto en la aptitud del agua de curado que la del amasado. Mucho más peligrosa es el agua que recibe el hormigón cuando se está endureciendo, por las reacciones que puedan originar, ya que no actúan sobre una masa en estado plástico. Además la aportación de sustancias perjudiciales en el agua de amasado es limitada en cantidad y se produce de una sola vez, sin renovación; mientras que la aportación del agua de curado es mucho más amplia y actuación más duradera.”<sup>9</sup>

### **1.6.2 Aguas perjudiciales y no perjudiciales**

Un carácter general sobre la aptitud del agua en la técnica del hormigón es su potabilidad.

Las excepciones se reducen, casi exclusivamente a las aguas de montaña, cuya pureza les da un carácter agresivo.

Pero pueden utilizarse aguas aparentemente insalubres como son:

- Aguas bombeadas de minas (que no sean de carbono)
- Aguas de residuos industriales
- Aguas pantanosas

Las aguas depuradas que contengan cloro pueden ser utilizadas perfectamente.

“Entre otras no conviene utilizar aguas cuyo pH sea inferior a cinco, ni las que contengan aceites, grasas o hidratos de carbono. Cuando el agua contenga materias solidas en

---

<sup>8</sup> JIMÉNEZ MONTOYA, P, *Hormigón Armado*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona-España. 1974, p. 33

<sup>9</sup> JIMÉNEZ MONTOYA, P, *Hormigón Armado*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona-España. 1974, p. 33

suspensión (limos o arcillas) debe proibirse su empleo, ya que esos finos elementos, disminuyen notablemente la adherencia pasta-árido.

Al utilizar estas aguas lo convenientes es realizar ensayos de resistencia a los 28 días y comparar con hormigones amasados con agua potable de buena calidad.”<sup>10</sup>

Si es necesariamente la utilización de estas aguas sospechosas, convendrá utilizar mayor cantidad de cemento (no menos de 350 kg/m<sup>3</sup>) y mejorar la preparación y puesta en obra del hormigón.

### **1.6.3 Agua de mar**

No se pueden dar reglas generales sobre el uso del agua de mar en hormigones.

En muchos casos ha empleado con éxito para estructuras de hormigón armado, pero no es recomendable utilizar para hormigón en masa.

El contenido medio en cloruro sódico del agua de mar es del orden de 25 gramos por litro (es decir, unos 15 gramos por litro de ion cloro), lo que coloca dentro del límite admisible para hormigón armado. Las restantes sales están constituidas fundamentalmente por sulfatos magnésicos, calcio y potásico, con contenido del orden de 1,5; 1,25 y 1 gramos por litro respectivamente, lo que da un total de ion SO<sub>4</sub> próximo a los 3 g/l. Estos contenidos bastan para clasificar al agua como perjudicial, pero por una serie de razones de índole química, su agresividad real es mucho menor de las que tendría un agua no marina con sulfatos o cloruros en análogas proporciones.

El amasado con agua de mar suele ser perjudicial si va estar en contacto con agua de mar.

### **1.6.4 Análisis del agua**

En general, las normas obligan a analizar las aguas solamente cuando no posean antecedentes de su utilización o en caso de duda.

En la tabla 1.4, se puede ver las limitaciones para el uso de aguas que se utilicen en la elaboración de hormigón.

---

<sup>10</sup>JIMÉNEZ MONTOYA, P, *Hormigón Armado*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona-España. 1974, p. 35

## ANÁLISIS DEL AGUA DE AMASADO Y CURADO.

DETERMINACIÓN	LIMITACIÓN	RIESGOS QUE SE CORREN	OBSERVACIONES
pH	Mínimo 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteraciones en el fraguado y endurecimiento.</li> <li>• Disminución de resistencia y de durabilidad</li> </ul>	pH en un límite de 5 a 8
Contenido en sulfatos	Máximo 1 gramo por litro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteraciones en el fraguado y endurecimiento; pérdidas de resistencia.</li> <li>• Puede resultar gravemente afectada la durabilidad del hormigón</li> </ul>	Se debe ser más estricto con el agua de curado
Contenido en ion cloro	Máximo 6 gramos por litro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrosión de armaduras u otros elementos metálicos.</li> <li>• Otras alteraciones del hormigón</li> </ul>	Para hormigón en masa puede elevarse el límite de tres a cuatro veces.
Hidratos de carbono	No deben apreciarse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El hormigón no fragua.</li> <li>• Otras alteraciones en el fraguado y endurecimiento.</li> </ul>	Alteran profundamente el mecanismo de fraguado.
Sólidos totales disueltos	Máximo 15 gramos por litro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparición de eflorescencias u otro tipo de manchas.</li> <li>• Pérdidas de resistencias mecánicas</li> </ul>	Por sustancias disueltas se entiende el residuo salino seco que se obtiene por evaporación del agua

**Tabla1.4:** Análisis del Agua de Amasado y Curado.

**Fuente:** Montoya-Meseguer-Morán

### 1.7 ÁRIDOS

#### Generalidades

Los áridos que se puede utilizar en la confección de hormigones pueden ser arenas y gravas naturales o procedentes de machaqueo, que reúnan en igual o superior grado las características de resistencia y durabilidad que el hormigón exija.

Entre los áridos más utilizados para obtener hormigones durables en medios agresivos, se tiene los siguientes:

- Áridos de tipo silíceo  
Gravas y arenas de río o cantera
- Machaqueo de rocas  
Basalto, andesita
- Calizas sólidas y densas

Las rocas sedimentarias como son calizas, dolomitas y volcánicas sueltas como pómez, toba; deben ser sometidas a pruebas previas antes de ser utilizadas.

“Se denomina grava o árido grueso a la fracción mayor de 5 mm y arena o árido fino a la menor de 5 mm. Aparte, es clásico encontrar en cada país y región denominaciones diversas más específicas para la grava, en función del tamaño de las piedras. La arena suele dividirse, a partir de los 2 mm, en arenas gruesas y arenas finas, llamándose polvo o finos de la arena a la fracción inferior a 0,08 mm.”<sup>11</sup>

En hormigones que se trabajan con áridos rodados tienen la facilidad de ser más dóciles, trabajables y requieren menos cantidad de agua para su mezcla, por otro lado, los hormigones pastados con áridos machacados requiere de una mayor cantidad de agua para su mezcla y es más difícil su puesta en obra.

Una diferencia notable entre los tipos de áridos utilizados es la resistencia del hormigón, si se quiere obtener mejores resultados se utiliza áridos machacados.

Por último, los áridos deben cumplir las siguientes condiciones físico-mecánicas: absorción del agua no superior al 5% (Normas UNE 83.133 y 83.134); friabilidad de la arena no superior a 40 (Norma UNE 83.115), y resistencia al desgaste de la grava no superior a 40 (Norma UNE 83.116)

### **1.7.1 La arena**

No puede hacerse un buen hormigón si no se dispone de una buena arena.

---

<sup>11</sup> JIMÉNEZ MONTOYA, P, *Hormigón Armado*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona-España. 1974, p. 37

Las mejores arenas son las de río, pero también pueden utilizarse arena de minas previo a un lavado para eliminar la arcilla en exceso. Las arenas del mar, se utilizan para confeccionar hormigón armado previo al lavado con agua dulce.

Las arenas que provienen del machaqueo de granitos, basaltos y rocas análogas también poseen propiedades excelentes.

La humedad de la arena tiene gran importancia en la dosificación de los hormigones, sobre todo cuando se dosifica en volumen.

### **1.7.2 La grava**

La resistencia de la grava viene ligada a su dureza, densidad y módulo de elasticidad. Se aprecia en la limpieza y agudeza de los cantos vivos resultantes del machaqueo.

Las buenas calizas no son rayadas por navaja, tan solo deja un ligero trazo sobre su superficie (densidad mayor de 2,6 y resistencia mayor a 1000 kp/ cm<sup>2</sup>).

Las que son rayadas por el latón (densidad menor de 2,3 y resistencia menor de 500 (kp/ cm<sup>2</sup>) caen fuera de lo admisible.

### **1.7.3 Granulometría de los áridos**

Los distintos tamaños de los granos que componen un árido, tienen que ver con las características del hormigón.

El estudio de dicha distribución suele efectuarse mediante la curva granulométrica, que se determina cribando el árido a través de una serie normalizada de cribas y tamices.

“Las cribas y tamices normalmente empleados corresponden a las series ISO-565, UNE-7050 o serie americana Tyler.”<sup>12</sup>

Sus valores en milímetros vienen dados en la tabla 1.5

---

<sup>12</sup> JIMÉNEZ MONTOYA, P, *Hormigón Armado*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona-España., p. 37

## APERTURA DE TAMICES SEGÚN LAS DISTINTAS NORMAS

Tamices	Abertura en milímetros									
ISO-565	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5	63
UNE-7050	0,16	0,32	0,63	1,3	2,5	5	10	20	40	80
Serie Tyler	0,149	0,297	0,59	1,2	2,38	4,76	10	19	38	76

**Tabla 1.5:** Tamices

**Fuente:** Montoya-Meseguer-Morán

La gráfica 1.5 indica las formas de los tamices que se utilizan para obtener la granulometría de los áridos, en ellos se puede observar las aberturas que estos tienen.



**Gráfica 1.5:** Tamices

**Fuente:** EL MANUAL DE PEPE HORMIGÓN INECYC.

### 1.7.4 Cementos

Los cementos son conglomerantes hidráulicos, es decir, materiales de naturaleza inorgánica y mineral, que finamente molidos y convenientemente mezclados con agua forman pasta que al momento de fraguar y empiezan a endurecerse a causa de los componentes químicos que forman parte de él.

También se puede definir al cemento como un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, permitiendo la unión de fragmentos minerales entre sí.

Entre los diferentes cementos hidráulicos se destaca por su uso extendido, el cemento Portland, llamado así por el color parecido a las piedras grises de la región de Portland, Inglaterra.

El cemento portland es un polvo muy fino, de color gris, que se componen principalmente de silicatos de calcio y de aluminio, que provienen de la combinación de calizas, arcillas y yeso, mediante procesos especiales.

#### **1.7.4.1 Tipos de cemento Portland**

- Tipo I: Conocido como ordinario, es el que más se utiliza en el mercado. Se lo utiliza en hormigones normales que no están expuestos a sulfatos en el ambiente, en el suelo o en el agua del subsuelo.
- Tipo II: Cementos con propiedades modificadas para cumplir con propósitos específicos, como antibacteriales, hidrófobos, de albañilería, impermeabilizantes
- Tipo III: Cementos de fraguado rápido, que suelen utilizarse en obras de hormigón que están en contacto con flujo de agua durante su construcción.
- Tipo IV: Cementos de fraguado lento, que producen poco calor de hidratación, se los emplea en obras que contengan grandes volúmenes continuos de hormigón como las presas.
- Tipo V: Cementos resistentes a sulfatos, que pueden estar presentes en los agregados del hormigón o en el propio medio ambiente.

#### **1.7.5 Aditivos**

##### **Generalidades**

Los aditivos son aquellos productos que se incorporan al hormigón fresco con objetivo de mejorar algunas de sus características, como facilitar la puesta en obra y regular su tiempo de fraguado y endurecimiento.

Requiere de un cuidado especial ya que si no se los utiliza de la forma correcta, estos aditivos pueden actuar en el hormigón de forma contraria al propósito por el que se lo aplicó.

### **1.7.5.1 Aceleradores**

Son productos que se añaden al hormigón, para adelantar su fraguado o el endurecimiento del mismo.

“Son aceleradores de endurecimiento: los cloruros (de calcio, de sodio, de aluminio, etc.), las bases alcalinas (sosa, potasa, amoníaco) y sus sales (carbonatos, silicatos, aluminatos, etc.). Debe recordarse que el calor es un acelerador de fraguado y endurecimiento, así como la cantidad de agua de amasado, cuya disminución acelera el fraguado.”<sup>13</sup>

Se emplea aceleradores cuando se desea reducir el tiempo de desmoldado o desencofrado, también se utilizan aceleradores en épocas de frío para conseguir que el hormigón adquiera las resistencias rápidas y contrarrestar los efectos del frío.

El acelerador más utilizado en el mercado es el cloruro cálcico ( $\text{Cl}_2\text{Ca}$ ) para cementos tipo Portland, si se va a utilizar con otro tipo de cementos se debe realizar ensayos previos de resistencia.

Está demostrado que el cloruro cálcico es un retardador de fraguado (y la sosa un acelerador) para el cemento aluminoso.

### **1.7.5.2 Retardadores de fraguado**

Suelen ser sustancias orgánicas que se aplican al hormigón para obtener un efecto retardador en el fraguado del mismo.

Principalmente tenemos lignosulfatos o hidratos de carbono. Consisten en una mezcla de, azúcares, ácidos de azúcar, resinas y productos químicos inorgánicos.

Cuando se utilizan retardadores, las resistencias a compresión a muy temprana edad (1 a 3 días) suelen verse bajas, pero no así la de 28 o 29 días, que incluso pueden dar resistencias mayores a hormigones que no hayan utilizado aditivo.

Estos aditivos son utilizados en temporadas de calor o cuando el hormigón fresco tiene que recorrer grandes distancias para su puesta en obra.

---

<sup>13</sup> JIMÉNEZ MONTOYA, P, *Hormigón Armado*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona-España., p. 44

### **1.7.5.3 Plastificantes**

Son aditivos que aumentan la docilidad y trabajabilidad del hormigón, permitiendo reducir la cantidad de agua que existe en el hormigón para mejorar su resistencia.

Entre los productos más utilizados como plastificantes se encuentran los jabones de resina y el lignosulfato sódico o cálcico (subproducto de la fabricación de pasta de papel).

La utilización de plastificantes en el hormigón, ayudan a mejorar sus propiedades, tanto hormigones frescos como endurecidos. Estos hormigones tienen las siguientes características:

- Aumentan la plasticidad de las masas.
- Reducen la relación agua/cemento (de un 5 a un 15 %).
- Mejoran la docilidad.
- Disminuyen la tendencia a la segregación durante el transporte.
- Mejoran la adherencia del hormigón a las armaduras.
- Mejoran la resistencia de un 10 a un 20% a los 28 días.
- Aumentan la durabilidad y resistencia a la abrasión del hormigón.

Los plastificantes no deben emplearse con hormigones blandos o fluidos sino, por lo contrario con hormigones secos, ya que su eficacia aumenta cuanto menor es la relación agua/cemento.

### **1.7.5.4 Aireantes**

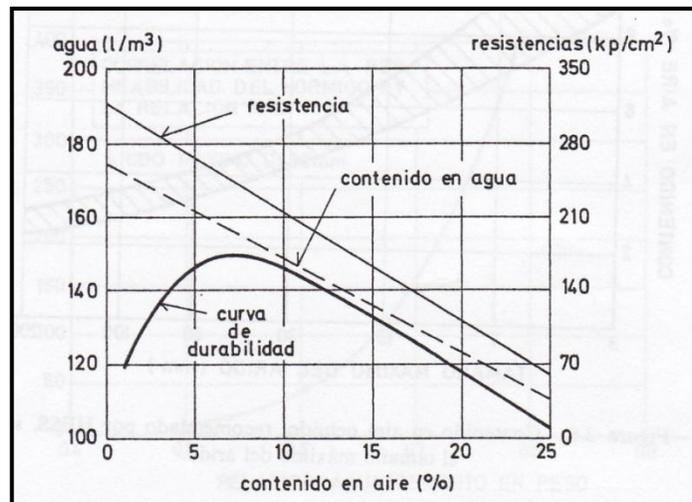
Ocluyen en la masa del hormigón infinidad de burbujas de aire, de 20 a 200 micras de diámetro, uniformemente repartidas y siguiendo una curva granulométrica que se solapa con la del cemento y finos de la arena.

Las ventajas de los hormigones con aire ocluido son las siguientes:

- Son más dóciles y trabajables, para hormigones que se encuentran compuestos por áridos de machaqueo, los pobres en arena y hormigones secos.

- Son más homogéneos, presentando mayor estabilidad durante el transporte, con menor tendencia a la segregación.
- Presentan mejor aspecto al ser desencofrados (menor número de poros).
- Son más impermeables y menos absorbentes por capilaridad.
- Resistentes a heladas.
- Tienen mayor resistencia a las aguas agresivas.

(Ver gráfica 1.6)



**Gráfica 1.6:** Variación de la durabilidad en función del contenido en aire ocluido.

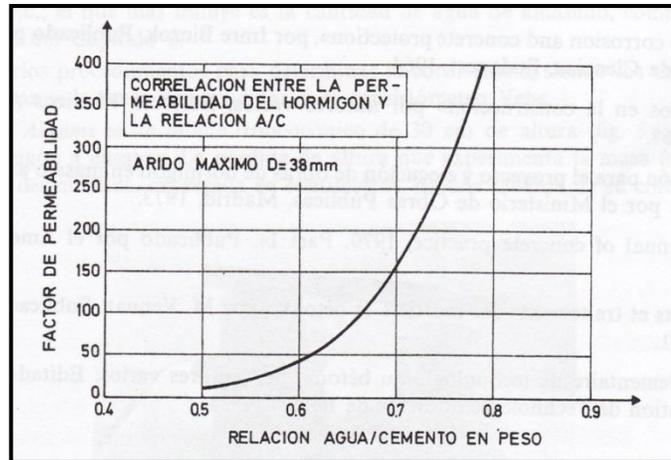
**Fuente:** Montoya-Meseguer-Morán

### 1.7.5.5 Impermeabilizantes

El agua puede penetrar en el hormigón sea por presión (depósitos, conducciones, etc.), sea por capilaridad (contacto con medio húmedo).

Un hormigón por si solo puede ser impermeable, esto sucede cuando el hormigón fue correctamente dosificado.

No se puede impermeabilizar un hormigón malo, ya que su efecto será nulo si los poros y capilares son relativamente pequeños, es decir fue mal dosificado o ejecutado. (Ver gráfica 1.7)



**Gráfica 1.7:** Variación de la durabilidad en función del contenido en aire ocluido.

**Fuente:** Montoya-Meseguer-Moran

Aparte de los impermeabilizantes de masa o hidrófugos, existen impermeabilizantes de superficie, que se aplican sobre la superficie del hormigón endurecido y actúan tan sólo sobre un pequeño espesor del mismo. De ello existen en el comercio una extensa gama como:

- Resinas
- Aceites
- Jabones

#### 1.7.5.6 Otros aditivos

Se ha tratado sobre aditivos que comúnmente se emplean, pero existen multitud de otros productos, de acción simple o múltiple, con los que pueden conseguirse los más variados efectos.

Entre ellos están: los expansivos o compensadores de retracción, los gasificantes, los endurecedores de superficie, los colorantes, los inhibidores de corrosión, los insecticidas, los fungicidas y similares, etc.

## **1.8 APLICACIONES Y USOS DEL AGUA**

### **1.8.1 Usos consuntivos**

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

### **1.8.2 Usos no consuntivos**

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

#### **1.8.2.1 Uso en agricultura y ganadería**

En agricultura, para el riego de los campos. En ganadería, como parte de la alimentación de los animales y en la limpieza de los establos y otras instalaciones dedicadas a la cría de ganado.

#### **1.8.2.2 Fuente de energía**

Aprovechamos el agua para producir energía eléctrica (en centrales hidroeléctricas situadas en los embalses de agua).

En algunos lugares se aprovecha la fuerza de la corriente de agua de los ríos para mover máquinas (molinos de agua, aserraderos).

#### **1.8.2.3 Vía de comunicación**

Desde hace mucho el hombre aprendió a construir embarcaciones que le permitieron navegar por las aguas de mares, ríos y lagos. En nuestro tiempo, utilizamos enormes barcos para transportar las cargas más pesadas que no pueden ser transportadas por otros medios.

#### **1.8.2.4 Consumo doméstico**

Comprende el consumo de agua en nuestra alimentación, en la limpieza de nuestras viviendas, en el lavado de ropa, la higiene y el aseo personal.

### **1.8.2.5 Consumo público**

En la limpieza de las calles de ciudades y pueblos, en las fuentes públicas, ornamentación, riego de parques y jardines, otros usos de interés comunitario, etc.

### **1.8.2.6 En la industria**

En los proceso de fabricación de productos, en los talleres, en la construcción.

## **1.9 CONTAMINANTES DEL AGUA**

### **Generalidades**

La contaminación del agua es el deterioro de la calidad de la misma, por la adición de materia extraña modificando sus características ya sean físicas, químicas o biológicas produciendo de esta manera una alteración perjudicial para los fines para los cuales se la vaya a utilizar.

### **1.9.1 Causas y tipos de la contaminación del agua**

Existen diversas causas de contaminación a nivel general se puede decir que la mayor contaminación se produce por el asentamiento de grandes grupos humanos en espacios físicos pequeños, requiriendo así grandes cantidades de agua y por lo tanto contaminando más dependiendo del uso que se le dé a la misma.

Así que la contaminación del agua puede ser a nivel industrial (ganadería, agricultura, entre otras) o domestica.

*Contaminación domestica:* Esta contaminación se produce por las descargas al desagüe de grandes cantidades de material orgánico o inorgánico, por ejemplo el papel, plástico material fecal, etc.

*Contaminación industrial:* “Es producida por los vertidos que las industrias realizan directamente en los ríos o a la atmosfera a través de las chimeneas de expulsión de humo”<sup>14</sup>, o por la descarga directa del agua que utilizan en sus procesos al desagüe sin

---

<sup>14</sup> <http://www.botanical-online.com/aguacontaminantes.htm>

un tratamiento previo y sin analizar la posibilidad de reutilizarla, se puede observar en el gráfico 1.8 como se realiza las descargas líquidas al alcantarillado. En el Distrito Metropolitano de Quito, se ha tomado en cuenta estos desperdicios y es por eso que se obliga a las empresas que den un tratamiento previo a estas aguas contaminadas antes de hacer las descargas a la alcantarilla, si es el caso se las pueda utilizar nuevamente en procesos a la que dicha empresa se dedicada, si no cumple con lo acatado en esta ley, severa involucrada en sanciones muy drásticas, en el Anexo E, podemos encontrar el contenido más ampliado que trata sobre la protección de las cuencas hidrográficas.

### **DESCARGAS LIQUIDAS AL ALCANTARILLADO**



**Gráfica1.8:** Contaminación del agua

**Fuente:** <http://www.maremundi.com/contaminacion.asp?pg=6&id=3>

*Contaminación agrícola y ganadera:* Se produce por la mezcla del agua con los pesticidas, abonos, herbicidas que se utiliza en este campo, de esta manera se contaminan las aguas subterráneas por filtración.

#### **1.9.2 Efectos de la contaminación**

Existen diversos efectos que de forma “accidental” o consciente se están provocando al medio ambiente, por ejemplo los detergentes utilizados para el lavado de las prendas textiles, han desencadenado la aparición de espumas cargadas de fosfatos en los medios acuáticos.

Los desechos químicos y derrames de petróleo han contaminado las aguas matando así cientos de especies, originando, así mismo, la proliferación desproporcionada de otras y provocando, de este modo, un desequilibrio ecológico. Tomando en consideración esto y sabiendo que el agua es el medio de vida de varias especies, nos podemos dar cuenta que si el agua se ve afectada todas las especies que dependen del agua (todas) se verán

afectadas seriamente, es por esto que los océanos del mundo han sido receptores de uno de los mayores porcentajes de esa contaminación; se han encontrado cangrejos muertos, envenenados por cadmio, peces infectados por mercurio, DDT-Dicloro Difetil Tricloroetano, y otros venenos fabricados por el hombre.

Entre los efectos de la contaminación en el hombre se puede destacar:

- Contaminación de los alimentos.
- Enfermedades Infecciosas por causa de aguas negras.
- Trastornos digestivos, nerviosos, renales por la presencia de plomo y otros metales en el agua.
- Diferentes tipos de cáncer.

Como se sabe el planeta está conformada la mayor parte por agua y los seres vivos también tenemos agua en nuestro cuerpo, por lo que se puede decir que el agua es un elemento fundamental en la vida de todo ser viviente en el planeta, así que si no se cuida este recurso, las consecuencias que se tendrán en el futuro serán verdaderamente catastróficas.

## **1.10 PROCESOS DEL TRATAMIENTO DEL AGUA**

### **Generalidades**

En la actualidad varias empresas a nivel mundial hacen uso del agua para sus trabajos, por lo que, utilizan tecnología de punta para optimizar de la mejor manera este recurso natural.

Es por eso que el enfoque del presente diseño es demostrar que con procesos económicos se puede reutilizar el agua que en la actualidad se desecha, produciendo graves daños ambientales y así no solo se cuidará, este invaluable recurso sino que también se va a evitar sanciones impuestas por la entidad de seguimiento, que es la responsable de informar al departamento de medio ambiente del Distrito Metropolitano de Quito sobre el cumplimiento del plan ambiental que rige en la Hormigonera J.C.V.

No se puede establecer una regla en la que se pueda decir que el agua siempre va a tener un mismo tratamiento, ya que los procesos que recibe el agua n mucho dependiendo del fin que se le va a dar, por ejemplo, si el agua es para consumo humano tiene que ser tratada de forma totalmente diferente y mucho más cuidadosa que si se la va a destinar al uso industrial; como es nuestro caso, en que se va a reutilizar agua contaminada para la mezcla de hormigón (consumo industrial).

Otro factor a considerar en el tratamiento del agua para obtener los resultados deseados tiene que ver con aplicar la tecnología correcta, para esto se tiene que identificar de donde proviene el agua a ser tratada (fuentes de abastecimiento, propiedades químicas, físicas y biológicas de ser requerido).

### **1.10.1 Objetivo del tratamiento del agua**

No existe una regla para tratar el agua pero si se puede decir que en todos los procesos, el principal objetivo de darle tratamiento es eliminar los componentes ajenos a ella, hasta obtener el grado de pureza requerido para la aplicación a la cual va a ser destinada; dándole así un aspecto higiénico (resolver la mineralización excesiva), y estético (Obtener buen color, olor, turbidez), con lo cual se ayuda al medio ambiente.

### **1.10.2 El tratamiento del agua**

Dentro del estudio del tratamiento del agua logramos distinguir tres tipos de métodos claramente definidos, los cuales son: métodos físicos, químicos y biológicos de los cuales, se estudiarán con más detenimiento los dos primeros mencionados ya que el tercero es en gran parte utilizado cuando se trata el agua para hacerla apta para el consumo humano (costoso).

Aparte de diferenciar los tres tipos de métodos para tratar el agua del presente diseño se pueden distinguir también tres etapas que son:

- Tratamiento preliminar, destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables como plásticos, madera y otras clases de basuras (métodos físicos)
- Tratamiento primario que comprende procesos de sedimentación y tamizado, (métodos físicos-químicos)

- Tratamiento secundario, este tratamiento se utiliza para eliminar materia orgánica disuelta, es muy costoso mediante tratamientos físico-químicos.

### 1.10.3 Tipos de tratamientos

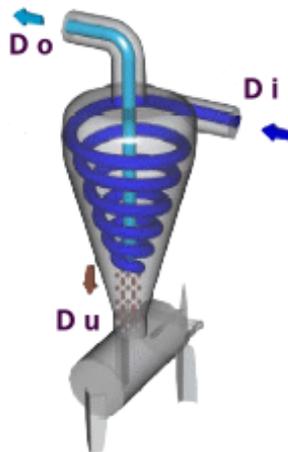
Existen varios tipos de tratamientos para el agua, pero al saber que es filtración de agua con fines industriales, nos referiremos explícitamente a estos métodos, entre ellos se van a mencionar los siguientes:

#### 1.10.3.1 Tratamientos físicos o mecánicos

Esencialmente este tipo de tratamientos tratan en hacer pasar el agua por diferentes materiales, esto se hace con la finalidad de retener las partículas en suspensión del agua.

El principal problema de este tipo de filtros es que necesitan un mantenimiento constante de limpieza.

Entre los tratamientos mecánicos se tiene el método de filtración precedido por un hidrociclón como se muestra en la gráfica 1.9.



**Gráfica 1.9:** Esquema de un hidrociclón.

**Fuente:** <http://taninos.tripod.com/hidrociclones-h4.jpg&imgrefurl=>

Funcionamiento: El agua contaminada entra en el hidrociclón, que debe estar situado en posición vertical, por la conducción  $D_i$ , con un flujo tangencial a la sección cilíndrica  $D_c$ . El flujo rotacional origina una fuerza centrífuga; los sólidos, al ser más pesados que

el agua, son desplazados hacia el exterior de la corriente y debido a la componente gravitacional, descienden hacia el colector, de impurezas situado en la parte más baja de la unidad a través de Du. El agua sin impurezas asciende por la parte central y sale por la parte superior (Do)

### **1.10.3.2 Tratamientos químicos**

La principal función de este tipo de tratamiento es eliminar los compuestos químicos perjudiciales para el agua, pero no serían posibles de hacer esto con tratamientos mecánicos o físicos, los compuestos utilizados se derivan de la actividad metabólica como los nitratos o fosfatos. Los materiales filtrantes que se utilizan en esta filtración son:

### **1.10.3.3 Carbón, gravilla y arena**

El carbón activado, o carbón activo, es un material de carbón poroso, obtenido por la carbonización de un material, la carbonización consiste en someter al carbón a una reacción con gases oxidantes ( $\text{CO}_2$  o aire), o con vapor de agua; también se lo puede obtener mediante un tratamiento con adición de productos químicos como el  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , durante o después de un proceso de carbonización, con el objeto de aumentar su porosidad. “Los carbones activados poseen una capacidad de adsorción elevada y se utilizan para la purificación de líquidos y gases”.<sup>15</sup> Mediante el control adecuado de los procesos de carbonización y activación se puede obtener una gran variedad de carbones activados que posean diferentes distribuciones de tamaño de poros.

A los carbones activados se los puede clasificar de acuerdo al tamaño de las partículas en polvo o de forma granular:

- CAP (Carbón activado en polvo): Son de tamaños menores a 100mm.
- CAG (Carbón activado Granular): Tienen un tamaño promedio de 1 a 5 mm y estos a su vez se clasifican en:
- Carbón activado troceado: Se obtienen por molienda, tamizado y clasificación de briquetas de carbón o de trozos más grandes.

---

<sup>15</sup>[http://www.accuaproduct.com/filtros\\_de\\_agua.html](http://www.accuaproduct.com/filtros_de_agua.html)

- Carbón activado conformado: Se obtienen por extrusión de carbón en polvo mezclado con distintos tipos de aglomerantes.

**Resinas sintéticas:** Están encargadas de absorber compuestos determinados por ejemplo existen resinas específicas para eliminar nitratos o fosfatos.

**Turba:** Sirve para disminuir la dureza del agua y disminuir el pH.

## 1.11 AJUSTES DEL pH

### Generalidades

El pH en el agua es la medida de la acidez o alcalinidad en una disolución, generalmente el pH está entre valores de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7, y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución (cuando el disolvente es agua).

La tabla 1.6 muestra algunas sustancias y sus valores máximos permitidos en el agua para la elaboración de hormigón.

Sustancias y pH	Límite máximo
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	200 ppm
Sales de magnesio	125 ppm
Sales solubles	300 ppm
Sólidos en suspensión	10 ppm
Materia orgánica expresada en oxígeno consumido	0.001 ppm
pH	6 < pH < 8

**Tabla1.6:** Valores admisibles de sustancias para la fabricación de hormigón.

**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_\(hormig%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_(hormig%C3%B3n))

Por lo analizado anteriormente, se considera como regla general que para obtener un hormigón de buena calidad se necesita un pH adecuado; por lo tanto se rechazarán las aguas ácidas con un pH inferior a 5 y las alcalinas con un pH superior a 8.

El nivel de pH en el agua puede ser controlado con la adición de cloruro de hidrógeno en casos de líquidos básicos y con la adición de hidróxido de sodio en caso que el líquido sea ácido.

## **1.12 SISTEMA DE BOMBEO**

Un equipo de bombeo es un transformador de energía mecánica, que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc., en energía hidráulica que un fluido puede adquirir en forma de presión, de posición y de velocidad.

Las bombas son de gran importancia en el movimiento de fluidos, debido a su capacidad de producir vacío en el lado de succión, por ende se puede empujar el fluido por el lado de la descarga hacia donde se desee transportar.

Cabe destacar que existe una infinidad de bombas y se tiene que elegir la más eficiente de acuerdo a la aplicación para la que se vaya a emplear.

### **1.12.1 Tipos de bombas**

#### **1.12.1.1 Bombas Centrífugas**

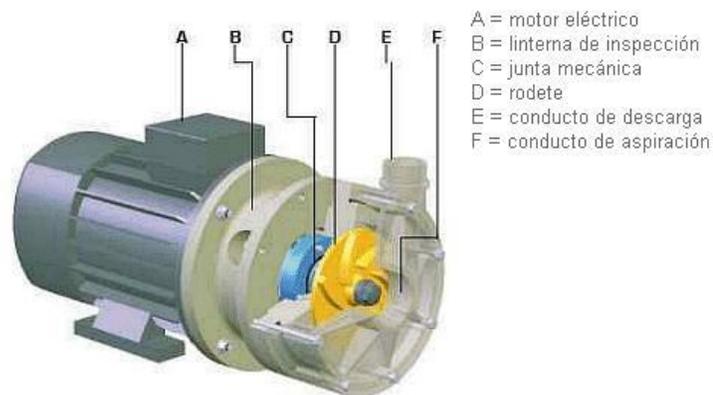
Funcionan a velocidades altas acopladas directamente al motor de accionamiento con lo que se consigue que las pérdidas por transmisión sean mínimas.

Una bomba centrífuga consta esencialmente de una o más rodetes provistos de alabes, montados sobre un árbol giratorio y cerrado en el interior de una cámara de presión denominada cubierta.

Las bombas centrífugas se fabrican de 2 tipos: horizontal y vertical, pero en los 2 casos el funcionamiento es el mismo, el agua entra por el centro u ojo del rodete y es arrastrada por los alabes siendo así lanzada en dirección radial, de esta forma se produce

una considerable aceleración y por consiguiente un aumento de la energía cinética y de presión.

En la descarga el fluido presenta componentes radial y tangencial, y para evitar que se produzcan pérdidas notables de energía y por tanto de rendimiento se debe transformar la mayor cantidad de energía cinética en presión. Normalmente esto se consigue construyendo la carcasa de forma espiral con lo que la sección del fluido en la periferia del rodete va en aumento gradualmente.



**Gráfica 1.10:** Partes de una bomba centrífuga.

**Fuente:** <http://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=14669&nombreproducto>

### 1.12.1.2 Bombas de rotor múltiple

Este tipo de bombas presentan un funcionamiento inadecuado cuando bombean una mezcla de líquido y gas; la descarga neta de líquido se reducirá mucho si una parte del caudal, dentro de la bomba, es una mezcla de gas y líquido o de aire y líquido. Por ello siempre es necesario asegurar una presión o carga adecuada de succión para que la bomba se llene por completo con líquido y funcione sin cavitación.

Dentro de este tipo de bombas existen las siguientes:

- Tornillo.
- Lóbulo
- Bloque de vaivén.

*Bombas de tornillo:* Son bombas rotatorias de desplazamiento positivo en la cual el flujo a través de los elementos de bombeo es totalmente axial. El líquido se transporta en la envolvente del tornillo de uno a más rotores y se desplaza axialmente a medida que giran.

Este tipo de bombas son capaces de manejar líquidos con una viscosidad desde la melaza hasta la gasolina así como líquidos sintéticos con una gama de presiones de 50 a 5000 psi (lb/pulg<sup>2</sup>) con un caudal hasta de 5000 gpm (galones por minuto).

Haciendo una comparación entre las bombas de tornillo y los diferentes tipos de bombas, diremos que presentan mayor eficiencia estas últimas ya que las mencionadas primeramente tienen una baja inercia entre sus partes en rotación por lo tanto también son capaces de trabajar a mayores velocidades.

Ventajas y desventajas de las bombas de tornillo.

*Ventajas.*

- Gran rango de fluidos (viscosidades).
- Manejan altas velocidades permitiendo la libertad de seleccionar la unidad motriz.
- Velocidades internas bajas.
- Diseño fácil de instalar compacto y sólido.
- Tolerancia a la contaminación en comparación a otras bombas rotatorias.

*Desventajas.*

- Costo alto en comparación a otros tipos de bombas rotatorias.
- Debido a que manejan grandes presiones requiere de una gran longitud de los elementos de bombeo.

### **1.12.2 Clasificación según el tipo de succión**

Pueden ser de dos tipos:

- Simple succión

- Doble succión

Las bombas de simple succión admiten agua solo por un lado del impulsor mientras que las de doble succión lo hacen por los 2 lados.

Las bombas de doble succión funcionan como si existieran dos impulsores uno en contra posición del otro y esto elimina el problema de empuje axial. Otra ventaja es la seguridad con la que trabajan frente a la cavitación ya que el área de admisión es mayor a las bombas de simple succión.

### **1.12.3. Clasificación según la trayectoria del líquido en el impulsor**

#### *Bombas de flujo radial*

En este tipo de bomba el líquido penetra al impulsor en dirección paralela al eje de la bomba y sale en dirección perpendicular al eje del impulsor.

#### *Bombas de flujo axial*

El líquido penetra axialmente en el impulsor y su salida es en la misma dirección.

#### *Bombas de flujo mixto.*

El flujo penetra axialmente en el impulsor y sale en una dirección intermedia entre radial y axial.

### **1.12.4 Clasificación según el número de impulsores**

Pueden ser de dos tipos:

- Bombas de una fase.
- Bombas de múltiples fases.

Las bombas de una fase son aquellas en la que la presión manométrica total es proporcionada por un único impulsor, mientras que en las bombas de múltiples fases la presión total se obtiene con decenas de etapas actuando en serie en una misma carcasa y un único eje, por esta razón, las bombas de múltiples fases son utilizadas cuando se requieren muy altas presiones.

Estos dos tipos de bombas tienen el mismo principio de funcionamiento de una centrífuga y las proporciones del rodete son muy semejantes.

Consta de un cierto número de rodetes montados en serie de modo que el fluido entra paralelo al eje y sale en forma radial al mismo.

#### **1.12.5 Selección de la bomba**

Los Factores que influyen en la selección de la bomba son:

- Naturaleza del fluido a bombear.
- Capacidad requerida de caudal.
- Condiciones del lado de succión (entrada de la bomba).
- Condiciones de lado de la descarga (salida de la bomba).
- Definir etapas anti retorno del fluido.
- Cabeza de la bomba.
- Determinar la fuente de potencia.
- Determinar peso, espacio físico disponible, ambiente en el que va a trabajar.
- Costo.
- Temperatura de trabajo.

Después de haber estudiado de forma breve los diferentes tipos de bombas existentes, para el diseño, se estudia específicamente a las bombas centrífugas de rodete abierto ya que como se explicará en los próximos capítulos, el fluido de trabajo se caracteriza por presentar sólidos en suspensión y por ello se determina que esta clase de bomba es la que cubre de la mejor manera los requerimientos del sistema en cuestión.

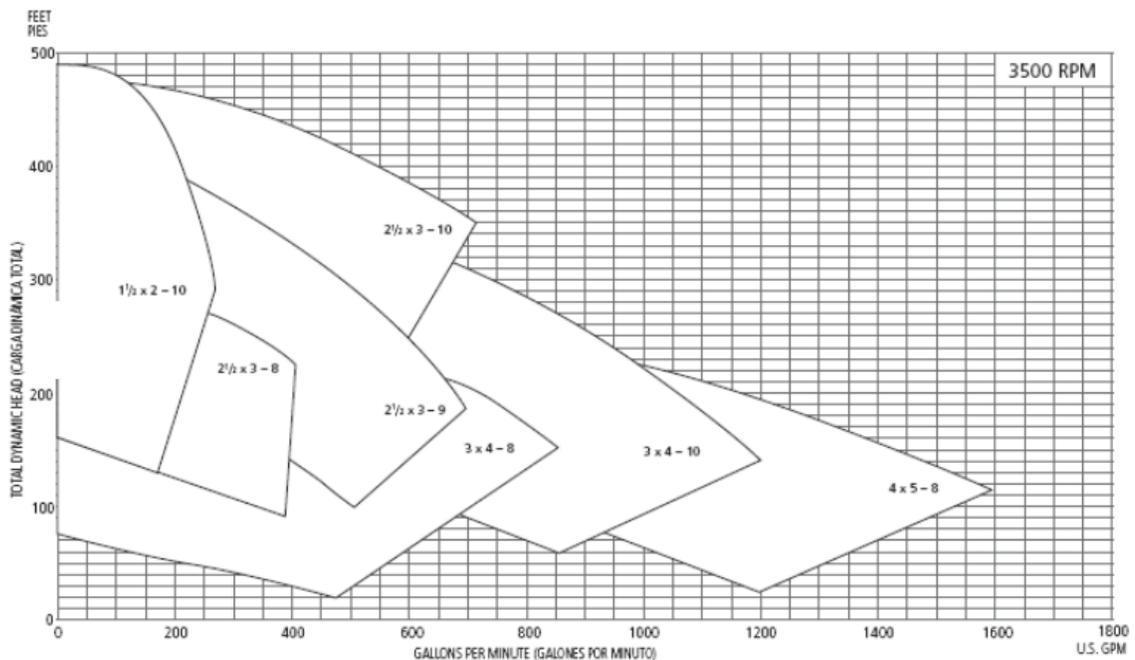
##### **1.12.5.1 Curvas características**

Para seleccionar una bomba hidráulica destinada a una aplicación dada, se puede elegir entre varios tipos de bombas con similares características, y para seleccionar la adecuada se debe calcular que el rendimiento sea el más alto posible en las condiciones de funcionamiento.

Por lo tanto, el objetivo de seleccionar la bomba correcta, es que las características de funcionamiento de la bomba en relación al sistema donde opera sean tales que el punto de trabajo está cerca del punto máximo de rendimiento. Esto tiende a optimizar el rendimiento y minimizar el consumo de energía.

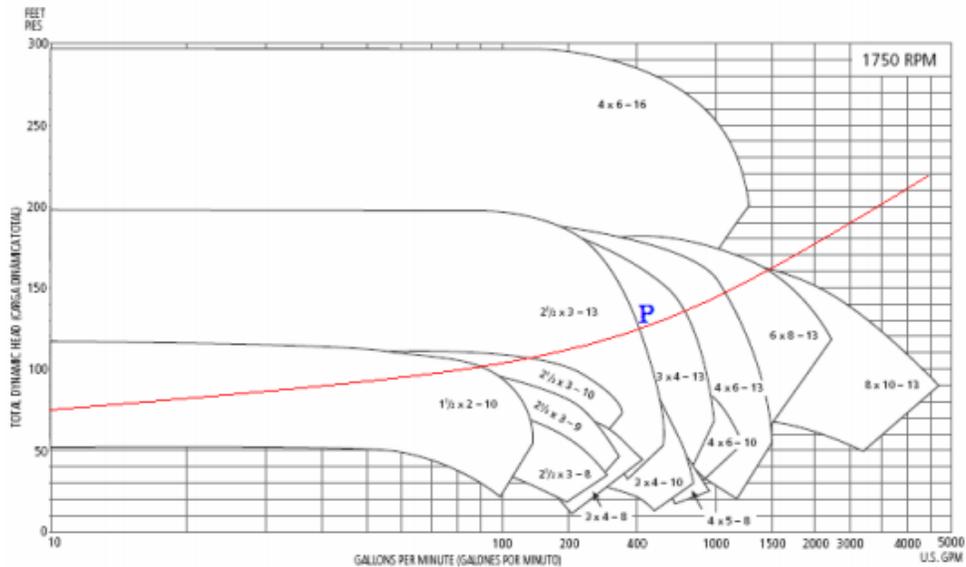
Las características hidráulicas de una bomba se expresan en un diagrama **H-Q** (altura vs caudal) Los puntos de esta curva son obtenidos en la fábrica mediante el estrangulamiento de una válvula colocada a la salida de la bomba que simula el cierre paulatino de varias válvulas hasta llegar al cierre total. Esta operación es siempre controlada mediante caudalímetros y manómetros para obtener resultados confiables.

En la gráfica 1.11 se puede ver la curva de carga dinámica total Vs Caudal de una bomba centrífuga típica.



**Gráfica 1.11:** Gráfica de características compuestas para una bomba centrífuga típica.

**Fuente:** Goulds, INC., CATALOGO 3656/3756 M LGroup.



**Gráfica 1.12:** Gráfica simultánea de curva característica de una instalación y curva característica de una bomba.

**Fuente:** Goulds, INC., CATALOGO 3656/3756 M LGroup.

En la gráfica 1.12, se muestra la curva de la demanda de una instalación (en rojo) y la curva característica de una bomba comercial.

Se puede concluir que el funcionamiento óptimo de la bomba se obtiene en el punto de intersección **P** de la curva de la instalación.

(P = punto de funcionamiento de la bomba)

### 1.12.5.2 Columna neta de succión positiva- CNSP (NPSH – Net Positive Suction Head)

La causa más conocida del daño de bombas es la determinación incorrecta de la NPSH, produciendo así la reducción de la capacidad de la bomba y su posterior deterioro debido a la ebullición y posterior cavitación, además de problemas de operación reduciendo así la efectividad de la planta.

La cavitación se produce por la ebullición del líquido mientras se encuentra funcionando a la temperatura del sistema o temperatura efectiva.

Por lo tanto el NPSH es la presión disponible o requerida para forzar un gasto determinado a través de una tubería de succión, al ojo del impulsor cilindro o carcasa de la bomba.

#### **1.12.5.3 NPSH<sub>r</sub> (NPSH<sub>r</sub> – Net Positive Suction Head required)**

El NPSH<sub>r</sub> es la cabeza de succión que debe ser sobrepasada para evitar la vaporización y la cavitación en el ojo del propulsor y siempre tiene que ser mayor a la NPSH teórica, esto se debe a la pérdida de altura en la tubería y en la cubierta de la bomba, a la aceleración de la velocidad local y al decrecimiento de la presión en la superficie del propulsor.

Los valores de NPSH<sub>r</sub> es función del diseño de la bomba por lo que se los obtiene directamente del fabricante. Estos valores se los obtiene de pruebas y está corregido en base al eje de la bomba.

#### **1.12.5.4 NPSH<sub>d</sub> (NPSH<sub>d</sub>– Net Positive Suction Head Available)**

El NPSH<sub>d</sub> es un valor que debe ser determinado para cada sistema en particular durante el diseño y construcción del mismo.

Tomando en cuenta que el punto de operación puede desplazarse cambiando la curva característica de la bomba, cambiando la curva característica del sistema o cambiando ambas curvas.

La curva de la bomba puede modificarse cambiando la velocidad de funcionamiento de una bomba dada o seleccionando una bomba distinta con características de funcionamiento diferente.

#### **1.12.6 Tubería y accesorios**

La tubería y sus accesorios (codos, Tees, universales, etc.), son los elementos encargados de permitir que el fluido sea transportado en forma eficiente.

Para la correcta selección de la tubería dentro del sistema hay cuatro factores fundamentales que se tiene que considerar que son:

- Diámetro de la tubería.
- La presión de trabajo
- Caudal de trabajo
- Material de la tubería.

### 1.12.6.1 Diámetro de la tubería

Para la selección se tiene que considerar la disponibilidad en el mercado además de la posibilidad que presenta el sistema para seleccionar cualquier tipo de tamaño de tubería, esto dentro del aspecto económico, en algunos sistemas se tiene que considerar el tipo de flujo por ejemplo si se necesita flujo turbulento, laminar o de transición. Destacando que el tipo de flujo se determina mediante el número de Reynolds ( $Re$ ) y se obtienen los siguientes parámetros:

- $N_R < 2000$  Flujo laminar
- $N_R$  entre 2000 – 4000 Flujo de transición.
- $N_R > 4000$  Flujo turbulento.

Para el cálculo del diámetro correcto para el sistema a construir se lo puede hacer mediante el número de Reynolds, teniendo así las siguientes ecuaciones:

$$NR = \frac{VD\rho}{\mu} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Como  $\frac{\mu}{\rho} = \nu$  entonces:

$$NR = \frac{VD}{\nu}$$

*Donde:*

- $V$ = Velocidad (m/s)
- $D$ = Diámetro de la tubería (m)
- $\rho$ = Densidad del liquido ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
- $\mu$ = Viscosidad del fluido ( $\text{kgf}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ )
- $\nu$  = Viscosidad cinemática ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

Dependiendo del diámetro óptimo que se obtenga, de la disponibilidad en el mercado se debe seleccionar el más conveniente para el trabajo a realizar.

### 1.12.6.2 Determinación del material de la tubería

En el mercado se dispone una gran gama de materiales utilizados para la fabricación de tubería, entre estas, se tiene que elegir el adecuado para el trabajo a realizar, basándose en consideraciones tanto técnicas como económicas.

Entre los materiales más utilizados dentro de la industria, tenemos: el acero (inox, negro, galvanizado), el polipropileno, y el PVC.

Para nuestro diseño, es más práctico y conveniente el uso de tuberías de PVC para la descarga, ya que existe la disponibilidad en el mercado y cumplen satisfactoriamente las necesidades existentes de la empresa y del diseño; y para la succión se utilizará tubería de acero galvanizado ya que el fluido antes de pasar por los filtros contiene sólidos en suspensión y al ser arrastrados al interior del sistema van a producir desgaste en las paredes internas de la tubería.

#### 1.12.6.2.1 Características del PVC

El PVC (Poli cloruro de vinilo) “es un polímero termoplástico resultante de la asociación molecular del monómero Cloruro de Vinilo”<sup>16</sup>. (Ver gráfica 1.13)



**Gráfica 1.13: PVC**

**Fuente:** <http://www.maquinariapro.com/materiales/tuberias-pvc.html>

---

<sup>16</sup><http://www.maquinariapro.com/materiales/tuberias-pvc.html>

## ➤ PVC (POLICLORURO DE VINILO)

### **Características:**

- Rango de temperatura de trabajo -15°C +60°C.
- Resistencia, rigidez y dureza mecánicas elevadas
- Buen aislante eléctrico
- Elevada resistencia a sustancias químicas
- Autoextingible
- Impermeable a gases y líquidos
- Mínima absorción de agua
- Resistente a la acción de hongos, bacterias, insectos y roedores
- Fácil de pegar
- Resistente a la intemperie (sol, lluvia, viento y aire marino)

Luego de haber visto las características del PVC no es difícil de imaginar que el PVC tiene un sin número de aplicaciones, entre estas se puede mencionar las siguientes:

- Cuerpos de bombas y de válvulas
- Juntas
- Bridas
- Cubetas
- Tuberías
- Cuerpos de cepillos
- Piezas odontológicas
- Listones de bancos
- Separadores en cajas
- Tubos para el alojamiento de núcleos de perforación
- Cajas de lámparas

### 1.12.6.3 Espesor de la tubería

Una vez que se ha determinado que material se va a utilizar según parámetros como el costo de material, el costo de transporte, la soldabilidad del mismo, el peso, etc., se inicia la construcción de la línea estableciéndonos en el espesor mínimo que debe tener la tubería para cumplir con los requerimientos del equipo.

La ecuación de Barlow, es utilizada para determinar el espesor de la tubería.

$$t_{\min} = \frac{(P_d * di_{op})}{2S_A} \quad \text{Ecuación 1.3}$$

*Donde:*

- $t_{\min}$  = Espesor de la pared mínimo requerido (plg o mm)
- $P_d$  = Máxima presión de diseño (psi o MPa)
- $di_{op}$  = Diámetro interno óptimo de la tubería (plg o mm)

$$S_A = f_d * SMYS * f_{js} \quad \text{Ecuación 1.4}$$

*Donde:*

- $S_A$  = Esfuerzo permisible (psi o MPa)
- $f_d$  = Factor de diseño (0,72)
- $SMYS$  = Tensión a la fluencia mínima especificada (psi o MPa)
- $f_{js}$  = Factor de junta soldada

El resultado que se obtiene usando las ecuaciones anteriores, es el espesor de operación al cual se le debe aumentar valor debido a la pérdida de material ocasionado por la corrosión; fenómeno al que la tubería va a estar expuesto constantemente.

$$t_d = (t_{\min} + CA) * F_c \quad \text{Ecuación 1.5}$$

*Donde:*

- $t_d$  = Espesor de diseño (mm)
- $t_{\min}$  = Espesor mínimo requerido (mm)

- CA= Corrosión permisible (mm) (por norma (0,005 plg/año)
- $F_c$ = Factor de corrección.

#### 1.12.6.4. Accesorios del sistema.

(Ver gráfica 1.14)



**Gráfica1.14:** Accesorios y tuberías.

Los accesorios de tubería son elementos que permiten direccionar, controlar, verificar o cambiar tanto presiones como velocidades de un fluido para el correcto funcionamiento del sistema.

Entre los accesorios más conocidos se tiene:

- Codos
- Tee
- Reducciones.
- Válvulas
- Manómetros

A continuación en la tabla 1.7, se detalla el funcionamiento de cada accesorio mencionado con anterioridad.

<b>ACCESORIOS</b>	<b>FUNCIONAMIENTO</b>
<b>Codos</b>	Son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tantos grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.
<b>Tee</b>	Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería.
<b>Reducción</b>	Son accesorios de forma cónica, fabricadas de diversos materiales y aleaciones. Se utilizan para disminuir el volumen del fluido a través de las líneas de tuberías.
<b>Válvulas Check</b>	Son utilizadas para no dejar regresar un fluido dentro de una línea. Esta válvula se cierra instantáneamente dejando pasar solo el flujo que corre hacia la dirección correcta.
<b>Manómetros</b>	Son instrumentos de medida que nos ayudan a medir las diferentes presiones de fluidos. El tipo de instrumento utilizado depende de los niveles de precisión y detalle requeridos para la aplicación particular.

**Tabla 1.7:** Accesorios de tubería/Funcionamiento.

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

Todos estos ya dimensionados bajo normas y con características y aplicaciones técnicas claramente definidas.

### **1.12.7 Pérdidas por fricción**

Todo fluido al circular por una tubería experimenta pérdidas de energía por diferentes causas, citando las más comunes tenemos:

1. Pérdidas de presión estática por la variación de elevación.
2. Pérdidas de presión por aceleración, ocasionada por variaciones en la medida del tubo y presencia de accesorios.
3. Pérdidas de presión por fricción entre la tubería y el fluido.

Tenemos que las pérdidas están divididas en dos grupos bien diferenciados que son:

- Pérdidas mayores y
- Pérdidas menores.

Las pérdidas mayores se producen por el rozamiento del fluido a lo largo de la tubería, mientras que las pérdidas menores son pérdidas puntuales debido a la reducción de sección, redirección del fluido, válvulas.

Por lo tanto, no se puede decir que se puede despreciar las pérdidas menores ya que en algunos diseños estas pueden variar totalmente el funcionamiento del sistema; estos dos tipos de pérdidas (pérdidas mayores y menores), se las puede calcular mediante formulas que requieren la determinación del factor de fricción como una función del número de Reynolds como se verá en el capítulo de diseño.

### **1.12.8 Análisis del diseño para tanques**

Los criterios de construcción de tanques de pared delgada, ya que el espesor de la pared del cilindro que contiene a los filtros es menor a  $1/20$  del diámetro exterior del cilindro (condición para el diseño de tanques de pared delgada), de esta forma se va a tomar las consideraciones necesarias para que los tanques que van a contener a los filtros a una presión determinada sea esta en PSI o en Pa, no se deformen o lleguen a explotar.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTUDIO FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA A TRATARSE**

#### **Introducción.**

Debido a que el agua es el elemento predominante en nuestro planeta se ha diversificado mucho su uso para las actividades que realiza el hombre, sobretodo en el área industrial.

Por ejemplo, en el caso específico de la industria hormigonera el agua representa un recurso natural muy importante, ya que ningún proceso para obtener hormigón es factible sin utilizarla, pero este valioso recurso no solo se usa para la fabricación del hormigón sino también para hacer la limpieza de los equipos de la hormigonera, y es en éste último proceso donde se da el mayor desperdicio de agua, ya que al mezclarse el agua con otros elementos provocan en ella efectos adversos por lo que no se la puede reutilizar en la fabricación del hormigón.

En este capítulo, se estudiarán todos los elementos que se mezclan con el agua al momento de lavar los equipos de la hormigonera, tomando en cuenta no solo las características físicas sino también las químicas que adquiere el agua después de ser utilizada y mezclarse con otros elementos. Esto se realiza con el objetivo de diseñar un sistema de filtración que satisfaga los requerimientos de la empresa JCV para que el agua tratada cuente con la suficiente pureza como para ser reutilizada en la fabricación de hormigón.

#### **2.1 CONSIDERACIONES TEÓRICAS DEL AGUA**

##### **2.1.1 Análisis cuantitativo del agua**

El análisis de agua se lleva a cabo por especialistas con el fin de determinar las características físicas y químicas con las que cuenta el agua a ser tratada, pero debido a que las propiedades del agua cambian de forma rápida una vez tomada la muestra, para obtener resultados reales es mejor hacer los exámenes pertinentes en el mismo lugar, pero esto conlleva un costo elevado, pero para el presente estudio no se debe obtener un

grado de purificación del agua elevado, entonces las muestras obtenidas se puede llevar a los laboratorios pertinentes en donde realicen ensayos físico-químicos.

### 2.1.2 Depósitos de sólidos en el agua recolectada

El estudio de los componentes con los que se encuentra mezclada el agua recolectada se presentan en la tabla 2.1.

<b>Determinación</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>
pH		8,82
Sólidos totales disueltos	mg/l	398
Sulfatos	mg/l	60
Cloro libre residual	mgCl <sub>2</sub> /l	0,83
TPH	mg/l	66,1

**Tabla 2.1:** Análisis físico químico del agua a tratarse.

**Fuente:** Universidad Central Del Ecuador Facultad de Ingeniería Química.

Es de gran interés en el manejo de las aguas residuales conocer parámetros importantes que son:

- Los constituyentes y propiedades del agua.
- Significado de cada uno.
- Métodos analíticos típicamente usados.

En el manejo de aguas con iones y propiedades físicas para la elaboración de hormigón son importantes desde el punto de vista de perjudiciales y se presenta en la Tabla 2.2.

<i>Cationes</i>	<i>Aniones</i>	<i>Otras propiedades</i>
Sodio Na <sup>+</sup>	Cloruro Cl <sup>-</sup> Sulfato SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	PH Sólidos suspendidos Calidad del agua Contenido de hidrocarburos Temperatura Sólidos totales disueltos

**Tabla2.2:** Características físico-químicas del agua de formación

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 2.1.3 Significado de los constituyentes del agua de formación y propiedades

#### 2.1.3.1 Cationes

Sodio: Es el constituyente más abundante en el agua recolectada en las cisternas aunque normalmente no causa problemas excepto por la precipitación de cloruro sódico en aguas extremadamente saladas.

#### 2.1.3.2 Aniones

Toda el agua natural, contiene cloro en forma de cloruros. Si la cantidad excede de los 30 mg/l, el agua será insípida o de sabor metálico, salado o amargo según que los cloruros que contenga sean de sodio, calcio o magnesio.

- Cloruro: Es casi siempre el mayor constituyente en el agua recolectada en las cisternas producida y prácticamente ausente en fuentes de aguas frescas. La mayor fuente de iones cloruro es el cloruro de sodio, y estos iones cloruro se

usan para medir la salinidad del agua. Esta concentración de cloruro hace que el agua tenga mayor grado de corrosión, así que la determinación de la concentración de cloruro es una de las formas más fáciles para identificar el tipo de agua.

- Sulfato: Es un problema que exista ya que tiene una facilidad de reaccionar con iones de calcio formando incrustaciones insolubles o poco solubles. Además sirve como sustancia “alimento” para bacterias sulfato-reductoras.

### 2.1.3.3 Otras Propiedades

- pH: Como se explicó en el capítulo 1, es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua. Un pH alto proporciona mayor tendencia a la precipitación, cuando es más bajo se vuelve más ácido, entonces surge el problema de corrosión. En el agua utilizada para la elaboración del hormigón pre-mezclado el pH entre 5 y 8.

La escala utilizada para la acidez es la siguiente:

“Un pH igual a 7 presentar un carácter neutro, un pH menor que 7 significa que tiene un carácter ácido y mientras menor sea este valor significa que el fluido es más ácido, un valor por encima de 7 a 14 presentar un carácter alcalino.”<sup>17</sup>

La causa de la acidez de estos valores de pH estriba casi siempre en la presencia de dióxido de carbono agresivo. También pueden producirse ocasionalmente valores de pH, por causa de los ácidos húmicos (materia orgánica del suelo) por ejemplo, en las aguas pantanosas.

- Sólidos suspendidos: la cantidad de sólidos suspendidos que puede pasar a través de un filtro, es una de las bases para estimación de la tendencia del taponamiento de sistemas de inyección.

La determinación de partículas se las puede examinar visual o microscópicamente, ya que nos posibilita conocer si existen productos de corrosión, partículas de escala, formación de arena, precipitados.

---

<sup>17</sup> MANUAL DE TRATAMIENTOS DE AGUAS, MEXICO, LIMUSA, 1991

- La calidad del agua: Es una medida del grado relativo de taponamiento que ocurre cuando un volumen dado de agua pasa a través de un filtro, membrana o de un orificio.
- Contenido de hidrocarburos: La presencia de derivados de petróleo, presenta problemas cuando se inyecta agua para el mezclado de los componentes del hormigón, debido que no permiten que el cemento reaccione debidamente en su proceso de fraguado y que la grava, arena se compacten de una manera adecuada.
- Temperatura: Afecta a la tendencia en el pH, puesto que favorece a la producción de reacciones químicas.
- Los sólidos totales disueltos: Se refiere simplemente a la suma total de materia soluble en un volumen dado de agua y se puede medir sumando las concentraciones de aniones y cationes que se obtienen de reporte de análisis, o también haciendo evaporar una muestra de agua y pesando los residuos.

## **2.2 LA TURBIDEZ**

### **Generalidades**

La turbidez es la expresión de la propiedad óptica del agua que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra.

Esta puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En lagos la turbiedad es debida a dispersiones extremadamente finas y coloidales en los ríos es debido a dispersiones normales.

La eliminación de la turbiedad, se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, asentamiento y filtración.

La medición de la turbiedad, en una manera rápida que nos sirve para saber cuándo, cómo y hasta qué punto debemos tratar el agua para que cumpla con las especificaciones requeridas.

La turbiedad es de importante consideración en las aguas para abastecimiento público por tres razones:

- Estética: Cualquier turbiedad en el agua para beber, produce en el consumidor un rechazo inmediato y pocos deseos de ingerirla y utilizarla en sus elementos.
- Filtrabilidad: La filtración del agua se vuelve más difícil y aumenta su costo al aumentar la turbiedad.
- Desinfección: Un valor alto de la turbidez, es una indicación de la probable la cantidad de cloro u ozono que se utilizan para la desinfección de las aguas para abastecimiento de agua potable.

De estas consideraciones mencionadas la que más se va tomar en cuenta en el presente estudio es la filtrabilidad del fluido.

### **2.2.1 Turbidez máxima permitida en el agua para fabricación de hormigón**

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión.

Cuanto más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.

“Las partículas suspendidas también ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas.”<sup>18</sup>

### **2.2.2 Causas de la turbidez<sup>19</sup>**

Hay varios parámetros que influyen en la turbidez del agua. Algunos de estos son:

- Fitoplancton
- Sedimentos procedentes de la erosión
- Sedimentos suspendidos del fondo (frecuentemente revueltos por peces que se alimentan por el fondo, como la carpa)

---

<sup>18</sup> <http://www.lenntech.es/turbidez.htm#ixzz2Jlb3CZvm>

<sup>19</sup> <http://www.lenntech.es/turbidez.htm#ixzz22nY6aKd7>

- Descarga de efluentes
- Crecimiento de las algas
- Escorrentía urbana

### 2.2.3 Medición de la turbidez

El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

La unidad usada en tiempos antiguos era las JTU (Unidades de Turbidez de Jackson), medidas con el turbidímetro de vela de Jackson. Esta unidad ya no está en uso estándar, en la actualidad se utiliza el turbidímetro de hellige, que es el utilizado en este método es del tipo nefelómetro, se basa en el efecto de Tyndall (los rayos de luz se refractan en las partículas de los coloides).

La unidad de turbiedad, fue definida “como la obstrucción óptica de la luz, causada por una parte por millón de sílice en agua destilada”:

1 unidad nefelométría de turbiedad (NTU)= 7,5 ppm de SiO<sub>2</sub>

Actualmente, la unidad utilizada es la NTU, Unidad Nefelométrica de Turbidez y que equivale a;

1unidad nefelométría de turbidez (NTU)=1 ppm de forma estándar.

En la tabla 2.3, se tiene el sistema de conversión de unidades de turbidez.

Unidad	JTU	NTU	SiO <sub>2</sub> mg/l
JTU	1.0	19	2.5
NTU	0.053	1	0.133
SiO <sub>2</sub> mg/l	0.4	7.5	1

**Tabla 2.3:** Factores de conversión entre unidades de turbidez.

**Fuente:** <http://members.tripod.com/arturobola/turbi.htm>

## **2.3 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA**

El conocimiento del comportamiento de los microorganismos en el agua es muy importante puesto que su presencia puede causar corrosión o taponamiento del equipo.

“La microbiología es una rama de la biología de concentra su estudio en las formas microscópicas de vida conocidas como microorganismos. La preocupación primaria en las operaciones de campo es el comportamiento de organismos microscópicos que son capaces de vivir bajo todo tipo de condiciones y multiplicarse con increíble rapidez.”<sup>20</sup>

### **2.3.1 Microorganismos Encontrados en el Agua de Formación**

#### **2.3.1.1 Eucaria**

Este grupo de microorganismos incluyen algas, hongos y protozoos

- Algas: Son plantas unicelulares que contienen clorofila. Las algas fabrican su alimento por fotosíntesis usando luz como fuente de energía y dióxido de carbono como fuente de carbón para su crecimiento. Ellas necesitan luz solar para desarrollarse, aunque pueden crecer lentamente en la oscuridad.
- Hongos: Generalmente crecen mejor en sistemas aeróbicos y se piensa que causan algunos problemas en la mayoría de los sistemas de inyección de agua.
- Protozoos: Son la forma de vida más simple de vida animal. Se encuentran tanto en agua fresca como en agua salada de oxígeno para vivir.

#### **2.3.1.2 Bacterias**

Constituyen los microorganismos de mayor interés en el manejo de agua en formación, la mayoría de bacterias tienen propulsión propia con la ayuda de flagelos que rotan y funcionan como un pequeño motor fuera de borda.

---

<sup>20</sup> MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS, México; Editorial Limusa; 1991

## **2.4 EFECTOS DE LOS ELEMENTOS DISUELTOS EN EL AGUA**

### **2.4.1 Corrosión**

“Lo que provoca la corrosión es un flujo eléctrico masivo generado por las diferencias químicas entre las piezas implicadas. La corrosión es un fenómeno electroquímico. Una corriente de electrones se establece cuando existe una diferencia de potenciales entre un punto y otro. Cuando desde una especie química se ceden y migran electrones hacia otra especie, se dice que la especie que los emite se comporta como un ánodo y se verifica la oxidación, y aquella que los recibe se comporta como un cátodo y en ella se verifica la reducción. Para que esto ocurra entre las especies, debe existir un diferencial electroquímico.”<sup>21</sup>

#### **2.4.1.1 Efectos de la corrosión del agua**

La corrosividad del agua se aumenta cuando se incrementa la conductividad, el agua destilada no es muy conductiva y por lo tanto no es muy corrosiva.

La corrosividad usualmente aumenta cuando decrece el pH del agua. Los valores más altos de pH hacen que la corrosión se vuelva más lenta, puesto que este caso se tiene más bien un ambiente alcalino.

El oxígeno, dióxido de carbono y sulfuro de hidrógenos incrementa drásticamente la corrosividad. En efecto, los gases disueltos son una de las causas principales de los problemas de corrosión. Si estas sustancias pudieran excluirse y el agua se mantuviese con un pH neutro o más alto, la mayoría de los sistemas de agua se mantendrían con muchos menos problemas de corrosión.

#### **2.4.1.2 Oxígeno Disuelto**

Aun en pequeñas cantidades el oxígeno incrementa drásticamente la corrosividad, la solubilidad del oxígeno en agua es función de la presión, temperatura y contenido de cloruro. El oxígeno es menos soluble en agua salada que en agua

---

<sup>21</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Corrosi%C3%B3n>

## CAPÍTULO 3

### ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

#### Introducción

En la actualidad para el tratamiento del agua se han desarrollado un sin número de técnicas para separar las impurezas mezcladas en ella, ya sean estas entre líquidos - sólidos, líquidos - líquidos, líquidos – gases y demás combinaciones. Sin embargo, el objetivo es el diseño de un equipo para la reutilización del agua desperdiciada en la mezcla del hormigón.

Lamentablemente la industria hormigonera de mediana y pequeña escala en nuestro país, no cuenta con sistemas de filtración diseñados para reutilizar el agua que se desperdicia en sus procesos de fabricación y estas son desechadas al alcantarillado sin darle un tratamiento previo, esto se debe a que implementar un sistema de filtración conlleva un costo adicional a su presupuesto, pero debido a los impuestos designados por el Municipio de Quito se ha vuelto una obligación para todas las hormigoneras implementar un sistema de filtrado en sus plantas.

Es necesario escoger un método de separación que sea eficiente exclusivamente para eliminar los componentes que afecten al agua en la fabricación de hormigón para obtener agua con las propiedades tanto físicas y químicas deseadas.

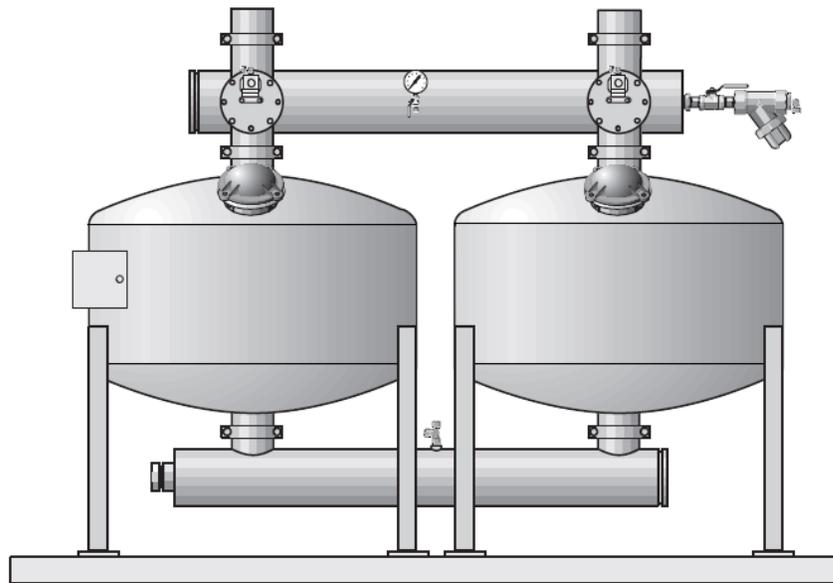
El presente análisis cierra las alternativas posibles hasta llegar a la conclusión del método más óptimo para la separación de los agentes que contaminan al agua. Por lo tanto, en el presente capítulo se analizarán las alternativas de filtros y sistemas análogos que serán tomados en cuenta para el diseño del sistema de filtrado.

Sin embargo se debe tomar en cuenta que antes de instalar un medio filtrante se tiene que conocer la cantidad de material particulado (conteo de partículas) y el contenido de aceites o derivados de petróleo mezclados en el agua a través de un análisis de laboratorio, cuyo análisis de agua se estudió en el capítulo 2.

Posterior a ello se evalúa el equipo más adecuado de acuerdo a las especificaciones requeridas de pureza a obtener.

### 3.1 SELECCIÓN DE FILTROS

#### 3.1.1 Filtros en serie



**Gráfica 3.1:** Esquema filtros en serie

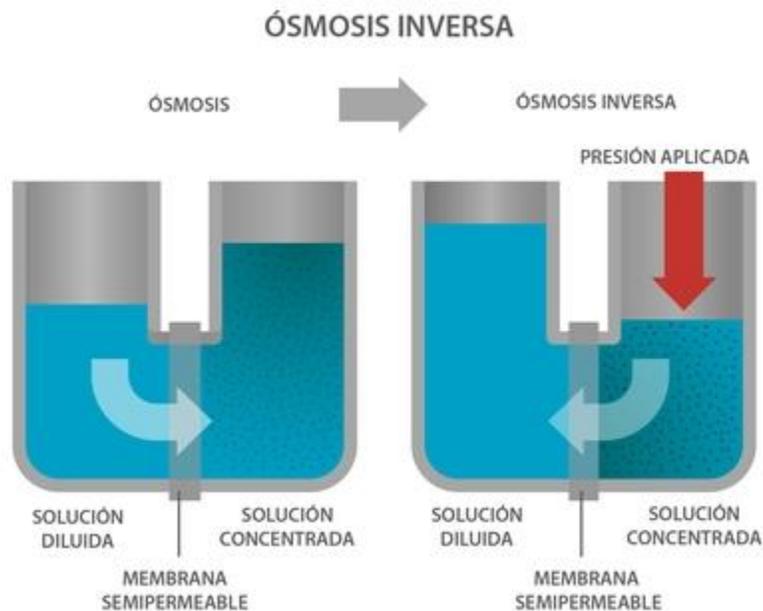
**Fuente:** <http://www.fresnovalves.com/pdf/Media%20Book%20Spanish.pdf>

El principio de funcionamiento de este tipo de filtros es bastante simple, ver gráfica 3.1, consiste en presurizar el agua e introducirla por la parte superior del tanque donde se encuentra un difusor, el que está encargado de disminuir la velocidad del agua con el fin de distribuirla uniformemente en la cama filtrante. Lamentablemente no resulta rentable ni eficiente un sistema de filtrado de un solo tanque por lo que es necesario que el proceso de filtrado se efectúe en varios pasos dependiendo de la calidad del agua que se va tratar y que se desea obtener.

Se considera el tamaño de las partículas al final del proceso tiene un límite alto (5000 miligramos/litro), se considera que con un sistema de dos filtros es suficiente para lograr la pureza deseada en el agua.

Por lo tanto, se puede poner a consideración este sistema de filtración constituido de un tanque con un fieltro de algodón de 50µm, seguido por otro tanque que contiene una cama de arena sílica triturada y carbón activado con el fin de disminuir el pH.

### 3.1.2 Filtración por membranas



Gráfica 3.2: Filtros de membrana

Fuente: <http://www.drinking-water.org/html/es/ImageView/00000293.html>

La filtración por membranas es una técnica antigua por lo general utilizada en proyectos de desalinización del agua pero en la actualidad con la nueva tecnología implementada se ha empezado a utilizar este método para separar partículas y materiales orgánicos que afecten su turbidez, se puede observar en el gráfico 3.2.

Por lo general, este tipo de filtros funcionan con agua a presión dependiendo de la presión del agua necesitada para separar las partículas según su tamaño, a este tipo de filtración se la conoce como micro filtración capaz de eliminar arena, limos, arcillas, algas, bacterias, etc.

Para nuestro diseño, este tipo de filtración es demasiado eficiente si se la quiere llamar así, ya que la separación de partículas sólidas del agua se la realiza con el fin de

minimizar que el agua que circule por el carbón activado en el siguiente paso de filtración tape los poros del carbón aumentando así el costo de mantenimiento del carbón activado y por lo tanto del sistema en general.

### 3.1.3 Filtros precedidos por un hidrociclón



**Gráfica 3.3:** Filtración por medio de un hidrociclón

**Fuente:**<http://spanish.alibaba.com/product-gs/hydrocyclone-sand-separators-526413372.html>

Como ya se explicó en el capítulo 1, un hidrociclón es un dispositivo diseñado para separar partículas en una mezcla, basándose en la diferencia de densidades de los componentes de la mezcla, por este motivo, los hidrociclones generalmente se utilizan para separar mezclas entre sólidos y líquidos, o líquidos y líquidos.

Este dispositivo utiliza la energía de presión del fluido para crear un movimiento rotacional provocando así que el fluido sea dirigido tangencialmente dentro del mismo que provoca el giro, este movimiento de rotación genera una fuerza centrífuga que inducen a líquidos y sólidos a separarse.

El hidrociclón es muy práctico y eficiente para separar partículas de arena de más de 50 $\mu$ m de diámetro promedio, y resulta mucho más sencillo colocar un filtro con mayor capacidad de retención luego del hidrociclón para retener las partículas más pequeñas.

Es por esto que colocar un hidrociclón antes del tanque de filtración es una opción viable y eficiente dentro del aspecto técnico, ya que se trata de un sistema de filtración

netamente mecánico como ya se explicó anteriormente, pero económicamente es una opción ligeramente costosa, y con un mantenimiento dificultoso.

## **3.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

### **3.2.1 Criterios para la selección del sistema de filtrado**

La selección de la alternativa más eficiente para el sistema de filtrado se basa en los siguientes parámetros:

#### **Parámetros de selección de alternativas para el sistema de filtrado**

La configuración del sistema de filtrado es el factor más importante para poder definir la confiabilidad, rendimiento y la eficiencia de sistema, por lo tanto, se va a evaluar los parámetros que se enlistan a continuación:

#### **Costo**

El costo aproximado para la compra de los equipos del sistema de filtración debe ser valorado para seleccionar la alternativa más rentable y que presente los mayores beneficios para el resultado deseado.

#### **Eficiencia**

Vamos a evaluar con que configuración del sistema de filtrado se va a obtener la mejor calidad de agua posible utilizando la menor cantidad de recursos y con un mínimo de complejidad del sistema, además las pérdidas en el sistema tienen que ser las mínimas para que el sistema ocupe la menor cantidad de energía posible.

#### **Mantenimiento**

El mantenimiento del sistema de filtración es uno de los aspectos fundamentales para implementar un sistema de filtrado ya que el mantenimiento no solo representa implicaciones técnicas sino también económicas, ya que estas restringen de una manera significativa la implementación de nuevas tecnologías a una planta industrial. Por lo tanto, es preciso que el mantenimiento en el sistema de filtrado no presente impedimentos tecnológicos y se lo pueda realizar en menor tiempo para que el costo sea

el más bajo posible. En el Anexo L, podremos encontrar de una manera más detallada, los pasos a seguir para un correcto mantenimiento del sistema.

### 3.3 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE FILTRADO

Los parámetros elegidos para realizar la selección del sistema de filtración se los ha escogido de cierta forma de una manera empírica de acuerdo a los autores del presente diseño, basándose en consideraciones técnicas y económicas.

Se calificarán las alternativas en una escala dispuesta por los autores de 0 a 10 estos valores serán evaluados mediante el análisis de documentos y apoyándose en la experiencia de técnicos especialistas en este tipo de trabajos que de forma muy amable han aportado con sus conocimientos al desarrollo del presente diseño.

Lo expuesto anteriormente se puede observar detalladamente en la tabla 3.1.

Parámetro	Tanques de filtrado en serie		Filtración por membranas	Hidrociclón seguido por un tanque de filtrado
	Filtros en serie del mismo tipo	Filtros en serie de dos tipos diferentes		
<b>Costo</b>	10	8	6	7
<b>Eficiencia</b>	9	10	10	9
<b>Mantenimiento</b>	9	8	5	10
<b>Total</b>	28	26	22	26

Tabla: 3.1: Evaluación y selección de la configuración del sistema de filtrado

Fuente: Galarza Daniel-Valenzuela Julio

Donde:

- En la valoración del costo cero indica la opción más costosa y diez es la opción más económica.
- En la valoración de la eficiencia cero indica la opción menos eficiente y diez la más eficiente.
- En la valoración del mantenimiento cero indica la opción más compleja y diez la más rentable.

Por lo tanto, el uso de dos filtros iguales antes del filtro de carbón activado es la mejor opción tanto en costo como en mantenimiento. Esto pese a que las pérdidas en cada filtro son elevadas, esto quiere decir que el sistema motor del sistema (bomba hidráulica) tiene que compensar las pérdidas generadas por los componentes de la red de filtración de agua.

Cabe destacar que los filtros dispuestos en serie requieren un mínimo de mantenimiento cuando se encuentran funcionando de forma continua (todo el día), se puede notar que el mantenimiento en la configuración seleccionada es mínimo.

### **3.4 Filtros**

“Se denomina filtración al proceso de separación de sólidos en suspensión en un líquido o gas mediante un medio poroso, que retiene los sólidos y permite el pasaje del líquido o gas.”<sup>22</sup>En algunos procesos interesa recoger el fluido; otras las partículas sólidas, y en algunos casos ambas, pero en el presente diseño solo es de nuestro interés recoger el fluido.

Para seleccionar un sistema de filtrado deben tomarse en cuenta los siguientes parámetros:

- Consideraciones físicas del fluido de trabajo (para el caso actual desperdicios de agua para la fabricación del hormigón).
- Tipos de elementos filtrantes.

---

<sup>22</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Filtraci%C3%B3n>

- Tanque de soporte del elemento filtrante.
- El sistema de bombeo es decir la fuerza o la diferencia de presiones que hace que fluido se mueva a través del sistema.

En el diseño se va a analizar todos estos parámetros de forma individual hasta llegar a la alternativa más eficiente que conlleva a un estudio más profundo de los elementos filtrantes haciendo que el costo aumente considerablemente, por esta razón se ha optado por utilizar elementos de filtrado de agua ya existentes en el mercado actual, así que nos enfocaremos al diseño de los tanques de soporte de los filtros y escoger el sistema de bombeo correcto para evitar problemas debido a las pérdidas mayores y menores que estén inmiscuidas en el diseño.

### **3.4.1 Selección de medios filtrantes**

“Existen medios filtrantes especializados para retener o eliminar diferentes contaminantes”<sup>23</sup>, pero en el presente estudio los contaminantes sólidos de nuestro interés serán los que tengan un tamaño nominal superior a 45 $\mu$  denominados sólidos suspendidos, y los contaminantes líquidos son las pequeñas cantidades de aceite o derivados de petróleo que podrían estar emulsionados con el agua ya que estos podrían tapar los poros del carbón activado necesario para disminuir el pH del agua produciendo obstrucciones en el sistema de filtración; conociendo esto, los medios filtrantes tomados en cuenta se clasifican en dos:

- Los que actúan formando una barrera delgada, permite el paso del fluido y no la de los sólidos en suspensión.
- Los que actúan formando una barrera gruesa al paso del fluido.

En el primer grupo se tiene:

- Filtros de tela
- Filtros de criba
- Papel filtro

---

<sup>23</sup> <http://www.geocities.com/tecnocolibri/mediosfiltrantes.html>

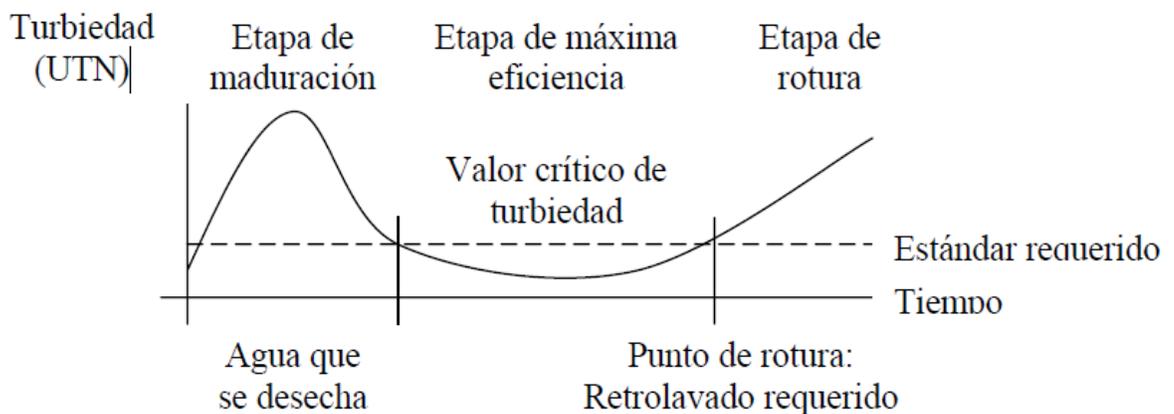
Estos filtros brindan una barrera en la que los poros del material son más pequeños que las partículas a ser eliminadas.

En el segundo grupo existen:

- Filtros de lecho de arena
- Filtros de cama de coque
- Filtros de cerámica porosa
- De metal poroso

Estos filtros pueden tener poros más gruesos que los anteriores ya que las partículas a ser separadas van a retenerse en algún sector del material filtrante.

El problema es que tarde o temprano los poros de los filtros de pared gruesa se van a tapar por lo que es necesario lavarlos con fluido claro para que el proceso de filtración siga de forma normal. Este problema también se da en los filtros de pared delgada cuando por ellos circulan líquidos gelatinosos o que contienen partículas blandas y elásticas en suspensión, esto se muestra claramente en la figura 3.4.



**Gráfica 3.4:** Forma de trabajo de un medio filtrante

**Fuente:** <https://www.google.com.ec/imghp?hl=es-419&tab=wi>

Cabe destacar que todo el proceso de filtrado se va a llevar a cabo a temperatura ambiente, las alternativas del medio filtrante no va a tener limitaciones por tema de la temperatura.

### 3.4.2 Alternativas de medios filtrantes

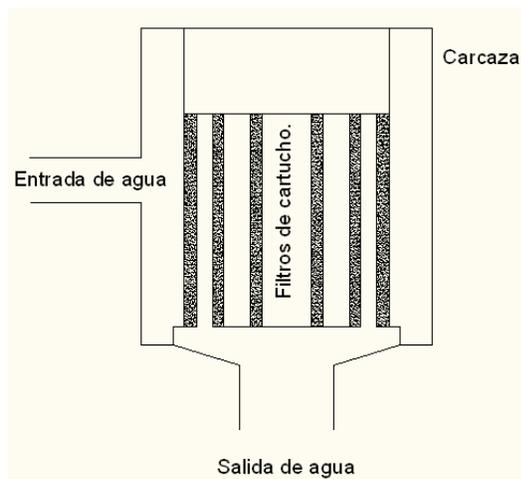
#### Filtros de cartucho



**Gráfica 3.5:** Filtros de cartucho

**Fuente:** <http://www.google.com.ec/imgres?q=filtros+de+cartucho&hl=es>.

Presentan un sistema de filtración económico y eficiente, aproximadamente con un rango de eficiencia entre el 90 al 95 %, por lo general retienen sólidos en suspensión de un tamaño superior a  $100\mu$  de diámetro en promedio; además dentro del sistema de filtración presentan pérdidas de presión bajas.



**Gráfica 3.6:** Funcionamiento de filtros de cartucho

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

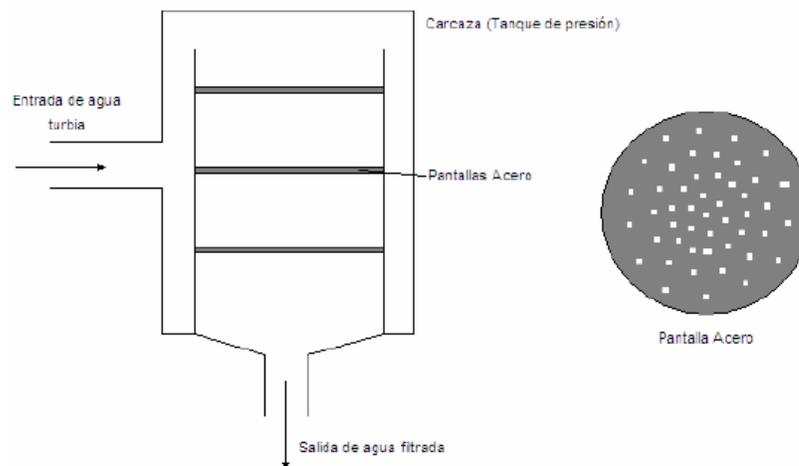
Como se ve en la gráfica 3.6 el sistema está conformado de una carcasa (tanque a presión) y en este se encuentran alojados en disposición paralela los filtros de cartucho por donde circula el agua a una presión y dirección determinada por el fabricante.

#### 3.4.2.1 Filtros de disco de tela

“Los filtros de discos son ideales para el reciclado del agua y como pulidor para los sistemas de tratamiento de aguas residuales.”<sup>24</sup>

Entre las características más relevantes se puede mencionar las siguientes:

- Es ideal para filtrar pequeñas cantidades de impurezas.
- Aplicaciones domésticas, agricultura e industria.
- Soportan presiones de hasta 120 psi
- Caudal de trabajo de hasta 110 psi.
- Resistente a la corrosión ya que se cuentan con dos protecciones de acero inoxidable.
- Equipados con dos válvulas de drenaje.



**Gráfica 3.7:** Funcionamiento de filtros de pantalla de tela

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

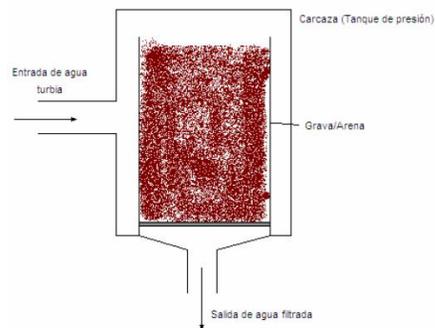
<sup>24</sup><http://www.lenntech.es/filtro-de-disco.htm#ixzz23ImJCy7H>

### 3.4.2.2 Filtros de grava, arena carbón activado

Este tipo de filtros presenta una gran eficiencia para tratar agua que se encuentre contaminada con materia orgánica, algas, o en la reutilización de aguas residuales producidas en las industrias.

Se encuentran construidas mediante una cámara doble superior dividida por un plato de acero con difusores, los cuales, distribuyen uniformemente al agua en toda el área interna del filtro, evitando que se produzcan acanalamientos u apelmazamientos; además cuenta con las siguientes características.

- Presión máxima de trabajo 120 psi
- Caudal entre 15 y 700 gpm
- Ayuda a disminuir el pH del agua



**Gráfica 3.8:** Funcionamiento de filtros grava, arena, carbón activado

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 3.4.2.3 Filtros hidráulicos

Este tipo de filtros se han diseñado para ofrecer una alternativa de filtración en lugares que no tengan energía eléctrica, esto se debe a que el motor del filtro es operado por la presión del agua en la línea.

La filtración consiste en hacer pasar el agua a presión por una serie de filtros de pantalla con un sistema. Entre sus características se puede citar las siguientes:

- Operación totalmente independiente del fluido eléctrico

- Alta eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos en el líquido
- Alto rango en el caudal de filtrado desde 5 gpm hasta 5000 gpm
- Alto costo de adquisición
- Puede filtrar fluidos a una temperatura de hasta 50 °C



**Gráfica 3.9:** Filtro hidráulico

**Fuente:** <http://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=14707&nombreproducto>

<b>Filtro</b>	<b>Caudal de filtración.(gpm)</b>	<b>Presión de operación (psi)</b>	<b>Temperatura de operación °C</b>
<b>Filtro de cartucho</b>	Hasta 5	Hasta 150 psi	Hasta 200
<b>Filtro de disco de tela</b>	hasta 350	120 -150	Ambiente
<b>Filtro de grava arena y carbón activado</b>	15 – 700	120 -150	Ambiente
<b>Filtros hidráulicos</b>	10 – 500	30 -150	0 – 50

**Tabla3.2:** Cuadro comparativo de las características de medios filtrantes

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 3.4.3 Selección de alternativas

El proceso de selección se lo realiza en base a la viabilidad del uso de cada una de las alternativas de filtrado mencionadas anteriormente, estos parámetros obedecen a criterios estrictamente técnicos, para obtener los parámetros funcionales exigidos por parte de la Hormigonera JCV hacia el equipo.

Entre los parámetros de selección considerados están:

- Capacidad de retención
- Disponibilidad en el mercado
- Costo
- Tamaño
- Operación y mantenimiento

### **Capacidad de retención**

Este parámetro se refiere a las dimensiones promedio de las partículas suspendidas en el agua a ser tratada, para el presente estudio se tiene que elegir un medio filtrante con una capacidad de retención promedio de 0,1 mm.

Para obtener un rendimiento del filtro se sugiere realizar un estudio estadístico tomando una muestra de las partículas retenidas en el filtro, considerando un coeficiente  $\beta$  de retención con un valor de comparación igual a 5000.

### **Disponibilidad en el mercado**

Es uno de los factores preponderantes que determina la decisión de compra de los medios filtrantes que fueron elegidos previamente para el diseño de la unidad de filtración, la evaluación de este parámetro es la factibilidad de la adquisición del equipo en la ciudad de Quito.

### **Costo**

Tal vez en todos los proyectos de ingeniería mecánica este sea el factor más importante en la selección de alternativas puesto que el diseño tiene que ser competitivo para que su comercialización sea posible. El costo de los medios filtrantes seleccionados se orienta a que se produzca un equilibrio entre la calidad y el bajo costo que significará la construcción del equipo.

### **Tamaño**

Es necesario considerar que adecuar un sistema de filtración dentro de una empresa que se encuentra ya en funcionamiento, el espacio físico disponible es un limitante, ya que la empresa tiene definidas todas sus zonas para sus operaciones de producción, por lo que

se debe optimizar al máximo el lugar empleado, puesto que no solamente se debe ver el sitio para que el equipo funcione sino también que haya un espacio para cuando se realice mantenimientos tanto correctivos como preventivos.

### **Operación y mantenimiento**

El sistema de filtración no debe presentar dificultades en su uso si se desea que este tenga una eficiencia elevada, además será diseñado para que cumpla con su trabajo en la menor cantidad de tiempo posible, haciendo de esta forma que tenga lapsos de mantenimiento relativamente cortos sencillos (no tecnificados).

#### **3.4.4 Evaluación de las alternativas**

Al igual que en la evaluación de la configuración del sistema de filtrado se calificarán las alternativas en una escala dispuesta por los autores de 0 a 10, estos valores serán evaluados mediante consultas realizadas por los autores y basándose en la experiencia de técnicos, al tratarse de un sistema de filtración en serie (previamente seleccionado), la alternativa que presente un valor ponderado más alto será la elegida.

Cabe destacar que un medio filtrante expuesto anteriormente es imprescindible en la configuración del sistema de filtración, ya que es el único que resuelve el problema del elevado pH que presenta el agua captada en las cisternas, es por eso que el medio filtrante a base de agua-arena-carbón activado va de cajón en el presente estudio. (Ver tabla 3.3)

Parámetros	Opciones			
	Filtros de cartucho	Filtros de Disco de pantalla de tela	Filtros hidráulicos	Filtros de grava arena carbón activado
Capacidad de retención	10	9	10	7
Disponibilidad en el mercado	9	10	8	10
Costo	8	8	4	10
Tamaño	9	9	6	7
Operación y mantenimiento	9	10	7	10
Disminución del pH	3	3	3	9
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>38</b>	<b>53</b>

**Tabla 3.3:** Evaluación de medios filtrantes

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

De acuerdo a los resultados obtenidos los medios filtrantes para la configuración en serie seleccionada previamente son las opciones 2 y 4.

De esta forma se tendrá un sistema óptimo que además de eliminar sólidos en suspensión (filtros de disco de pantalla de tela) atraparán restos de hidrocarburos presentes en el agua (arena), y además se disminuirá el pH que tiene el agua para cumplir con los requerimientos de la empresa.

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO, CÁLCULO, SELECCIÓN DE ELEMENTOS Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN DE AGUA PARA LA HORMIGONERA**

**J.C.Valenzuela.**

Una vez estudiadas las diferentes alternativas de filtración y de acuerdo con los objetivos planteados al inicio del presente estudio, de diseñar un sistema de filtrado eficiente; se ha elegido que la mejor alternativa es el uso de filtros a presión en serie los cuales, contienen en su interior un medio filtrante (fieltro de pantalla de tela y de grava/arena) seleccionados en función de sus características técnica para lograr satisfacer los requerimientos de purificación de agua requeridos por la empresa JCV.

Por tanto el sistema de filtrado seleccionado cumple con los requerimientos mínimos deseados, y pese a haber estudiado mejores opciones estas no son viables para la empresa ya que representan valores de adquisición, mantenimiento y construcción que superan las posibilidades de la empresa.

Básicamente el sistema de filtración está constituido por dos cisternas en las cuales se recolectará toda el agua que resulta de los desperdicios producidos al realizar el hormigón, dos tanques a presión (filtros en serie), el primero con un medio filtrante de pantalla de tela encargado de eliminar las partículas solidas en suspensión de mayor tamaño y el segundo con una mezcla de grava, y arena encargadas de eliminar las partículas de derivados de petróleo emulsionadas con el agua y a la vez disminuir el pH del agua.

De esta forma se asegura el funcionamiento óptimo del sistema, teniendo en cuenta que un mantenimiento preventivo va a ser de gran importancia para que el sistema tenga una vida útil larga y óptima.

#### **4.1. CISTERNAS DE CAPTACIÓN DEL AGUA.**

La planta de la hormigonera JCV, donde se realizó el presente estudio cuenta con dos cisternas subterráneas con el fin de captar toda el agua que se desperdicia en los procesos de fabricación del hormigón, cuya capacidad se puede ver en la tabla 4.1.

<b>CISTERNA</b>	<b>VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>
Cisterna 1 Almacenamiento	6
Cisterna 2 Filtración	18

**Tabla 4.1:** Dimensiones de las cisternas.  
**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

La capacidad de las cisternas se deben a que la producción de hormigón no es tan alta y que el agua que se considerará contaminada se almacenará en dichas cisternas para su posterior filtración.

Como datos referenciales para el estudio se obtuvo un volumen promedio de 260 litros de agua desperdiciada por mixer cargado y con un promedio de 4 mixer cargados por hora; se tendrá un promedio diario de 8,3m<sup>3</sup> de agua desperdiciada, y por requerimientos de la empresa se desea filtrar esta cantidad de agua en 3 horas como plazo máximo.

Ahora bien dentro de la configuración del sistema de filtración, mediante decantación las cisternas tienen la función de separar las partículas sólidas y líquidos no miscibles<sup>25</sup> del agua, facilitando considerablemente las posteriores etapas de filtración.

## **4.2 SELECCIÓN DEL FILTRO.**

Para el presente diseño, las características del agua desperdiciada en la hormigonera (captadas en las cisternas de almacenamiento) serán las que impongan la selección de los filtros a implementarse en el sistema. De esta forma serán tomadas en cuenta las siguientes consideraciones.

- Consideraciones físicas
- Tipo de elemento filtrante

### **4.2.1 Consideraciones físicas.**

Es primordial conocer las características que debe satisfacer los elementos filtrantes. Para lo cual serán estudiados dos aspectos primordiales:

---

<sup>25</sup>Miscibles: es un término usado en química que se refiere a la propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una mezcla

- Composición del fluido de trabajo.
- Tamaño de las partículas sólidas suspendidas.

#### **4.2.1.1 Composición del fluido de trabajo**

Después de analizar los componentes presentes en el agua tabla 2.1 y compararlos con la tabla 1.6 que muestra las condiciones mínimas de pureza con las que debe estar el agua que se va a utilizar para fabricar hormigón, se observa que los parámetros de mayor influencia serán el alto pH y el contenido de sulfatos, pero por condiciones de mantenimiento y para prolongar la vida útil de los equipos también nos enfocaremos en el total de sólidos disueltos.

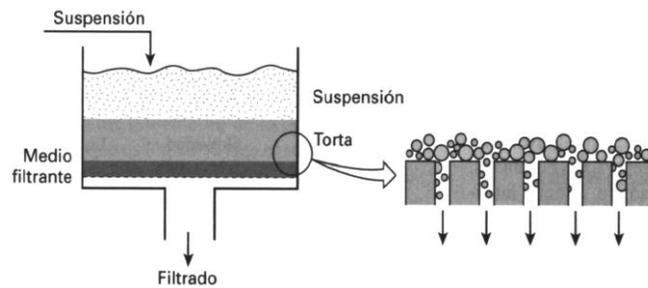
También es imprescindible tomar en cuenta los elementos cuya presencia implica aumento de la corrosividad del material ya sea de la tubería así como de los tanques y que contengan los filtros; como son el oxígeno, el sulfuro de hidrógeno y el dióxido de carbono principalmente.

#### **4.2.1.2 Tamaño de las partículas sólidas suspendidas**

Como se explico anteriormente, previo a los tanques de filtración se captará toda el agua desperdiciada en 2 cisternas de almacenamiento, y aprovechando que el sistema no funcionará en forma constante los sólidos en suspensión de mayor peso van a quedarse en el fondo de las cisternas, aproximadamente partículas superiores a 0.5 milímetros. Por lo tanto, el medio filtrante posterior a las cisternas va a ser seleccionado para partículas con un tamaño mínimo de 30 micras.

#### **4.2.2 Tipo de elemento filtrante**

Por la gráfica 4.1 y 4.2, se puede llegar a la conclusión que el mismo tamaño de las partículas que deberán ser filtradas define el tipo de elemento filtrante a utilizarse, teniendo este que formar una barrera delgada que permita el paso de fluido limpio y no de las partículas en suspensión. En este grupo se encuentran las alternativas más viables a ser utilizadas tanto por sus características técnicas como por la facilidad económica que brindan los filtros de pantalla de tela y los filtros de grava y arena.



**Gráfica4.1:** Funcionamiento de un medio filtrante

**Fuente:**[http://ocwus.us.es/arquitectura-e-ingenieria/operaciones-basicas/contenidos1/tema6/pagina\\_01.htm/skinless\\_view](http://ocwus.us.es/arquitectura-e-ingenieria/operaciones-basicas/contenidos1/tema6/pagina_01.htm/skinless_view)

#### 4.2.2.1 Filtros de tela

Como se explicó anteriormente el filtro de tela no va a ser diseñado, sino seleccionado para retener las partículas de mayor tamaño, es decir partículas con un tamaño superior a 30 micras; las características que presentan el material filtrante seleccionado de acuerdo a su fabricante (Whatman) son las siguientes.

##### **Grado 4: 20-25 $\mu\text{m}$**

Extremadamente rápido y con capacidad retentiva excelente para las partículas bastas y precipitadas gelatinosas como el hidróxido de hierro y el hidróxido de aluminio. Muy práctico como filtro rápido en rutinas de limpieza de fluidos biológicos o extractos orgánicos. Este material se usa cuando se requiere velocidad de flujo alta para el control de contaminantes atmosféricos donde la recuperación de partículas finas no es crítica.

En la filtración a altas presiones, se utilizan a veces telas, soporte de las propias telas de filtración, que favorecen la evacuación del filtrado y mejoran la vida de la propia tela filtrante.



**Gráfica 4.2:** Filtro seleccionado.

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

#### **4.2.2.2 Filtros de grava arena y carbón activado**

Dentro del diseño, estos filtros son los encargados de eliminar las partículas solidas de menor tamaño además de disminuir el pH del agua y eliminar las partículas de aceite o derivados de petróleo que se encuentren emulsionadas con el agua.

Gracias a la información proporcionada por técnicos que aportaron con su larga experiencia para ayudar con el presente diseño y a consultas hechas por los autores se va a asumir que la velocidad del líquido dentro de los filtros va a ser de  $30\text{m/h}^{26}$ .

Ahora bien dentro del sistema de filtración este tipo de filtros provocan pérdidas de energía considerables y para la correcta selección de la bomba es necesario determinarlas previamente, por lo tanto se coloca a continuación las siguientes tablas (tabla 4.2, tabla 4.3, tabla 4.4, tabla 4,5) con el fin de tener las características de los medios filtrante seleccionados.

---

<sup>26</sup> [http://www.innovaqua.com/productos/filtracion\\_mecanica.html#filtros\\_arena](http://www.innovaqua.com/productos/filtracion_mecanica.html#filtros_arena)

Parámetro	Símbolo	1,10 mm (Promedio)
Porosidad	$P_o$	0,35
Altura del lecho filtrante	$L_{lecho}$	0,3 m
Coefficiente de esfericidad <sup>27</sup>	$C_o$	0,95

**Tabla 4.2:** Condiciones iniciales de la arena.

**Fuente:** Félix, Willy, *Descripción hidráulica de la batería de filtros de la planta de Atarjea*. Lima-Perú 2005, Anexos.



**Gráfica 4.3: Arena fina**

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

Parámetro	Símbolo	5 mm (Promedio)
Porosidad	$P_o$	0,4
Altura del lecho filtrante	$L_{lecho}$	0,1 m
Coefficiente de esfericidad	$C_o$	0,82

**Tabla 4.3:** Condiciones iniciales de la grava

**Fuente:** Félix, Willy, *Descripción hidráulica de la batería de filtros de la planta de Atarjea*. Lima-Perú 2005, Anexos

<sup>27</sup> Coeficiente para partículas casi esféricas.  
[http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6023/mod\\_resource/content/1/Tema\\_08\\_FILTRACION.pdf](http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6023/mod_resource/content/1/Tema_08_FILTRACION.pdf)



**Gráfica 4.4:** Grava

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>7 mm (Promedio)</b>
Porosidad	$P_o$	0,48
Altura del lecho filtrante	$L_{lecho}$	0,17 m
Coefficiente de esfericidad	$C_o$	0,7

**Tabla 4.4:** Condiciones iniciales del carbón activado

**Fuente:** Félix, Willy, *Descripción hidráulica de la batería de filtros de la planta de Atarjea*. Lima-Perú 2005, Anexos



**Gráfica 4.5:** Carbón Activado

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

## FACTORES DE ESFERICIDAD, FORMA, POROSIDAD DE ARENA

Item	Descripción	Esfericidad (Ce)	Factor de Forma (s)	Porosidad (Po)
1	Esféricos	0,95	6	0,355
2	Desgastados	0,94	6,1	0,375
3	Redondeados	0,82	6,4	0,400
4	Agudos	0,81	7,4	0,415
5	Angulares	0,78	7,7	0,430
6	Triturados	0,7	8,5	0,480

**Tabla 4.5:** Factores de esfericidad y forma de los materiales granulares y porosidad típica asociados a filtros rápidos de arena.

**Fuente:** Félix, Willy, *Descripción hidráulica de la batería de filtros de la planta de Atarjea*. Lima-Perú 2005, Anexos

Las condiciones de la grava, la arena y el carbón activado se consideran de acuerdo al material utilizado en el diseño.

Una vez conocidas las características de los medios filtrantes, en la sección de cálculos se procederá a calcular las pérdidas en cada uno de los filtros.

### 4.3 DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO

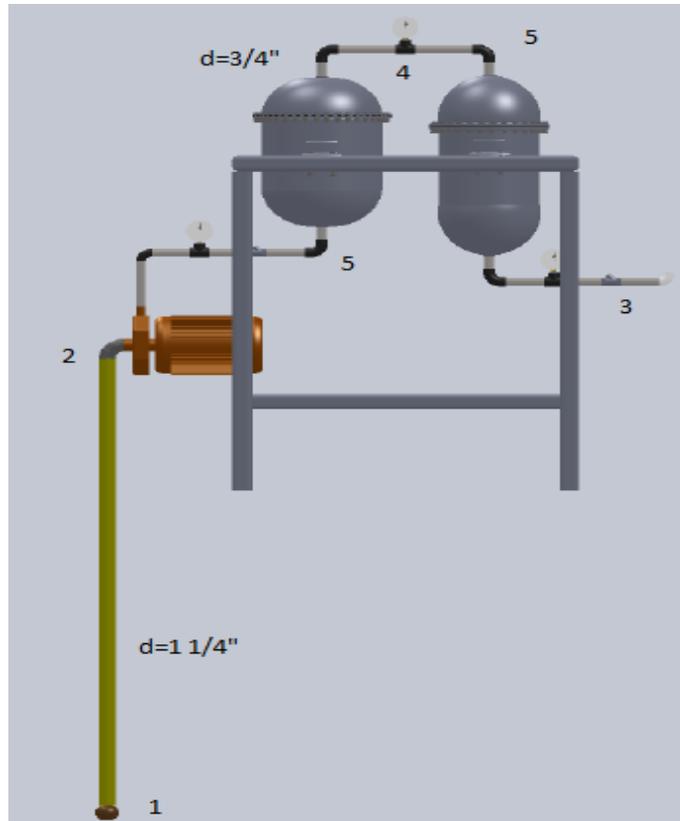
En esta parte del capítulo se especificará el proceso de selección de la bomba, el sistema mecánico de impulsión y el cálculo de las variables necesarias para su funcionamiento.

#### 4.3.1 Cálculos hidráulicos

Para realizar los cálculos correspondientes al sistema de impulsión se tomara en cuenta la ecuación de la energía la cual está dada por la expresión:

$$h_a + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_l + h_R \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Además es necesario contar con un esquema del sistema de filtración, como se lo ve en la gráfica 4.6.



**Gráfica 4.6:** Esquema del sistema de filtración.

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 4.3.2 Dimensionamiento de tubería

Basándonos en los requerimientos expuestos por la empresa mencionados con anterioridad, que expresan la necesidad de filtrar un promedio de  $8,3\text{m}^3$  de agua en tres horas se llega a determinar el caudal de trabajo del sistema.

Se tiene que el caudal  $Q=8,3\text{m}^3/3\text{h} = Q=2,76\text{m}^3/\text{h} = Q=7,66 * 10^{-4}\text{m}^3/\text{s}$

Y en base a la tabla 4.6 se ha seleccionado que la velocidad de trabajo en la línea de succión es igual a  $1\text{m/s}$  y en la línea de descarga la velocidad sea de  $2,5\text{m/s}$

## RANGOS DE VELOCIDAD EN SISTEMAS DE FLUJO

Tipo de servicio	Rango recomendado de velocidad	
	pie/s	m/s
Líneas de succión	2-4	0.6-1.2
Líneas de retorno	4-13	1.5-4
Líneas de descarga	7-18	2-5.5

**Tabla 4.6:** Rango recomendado de velocidad en un sistema de flujo

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

Una vez determinados estos valores y mediante la ecuación 4.2 podemos determinar los diámetros de tubería requeridos.

$$Q = v * A \quad \text{Ecuación 4.2}$$

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{7,66 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ m/s}} = 7,66 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Ahora bien en base a los anexos (tabla F1) del libro de Robert Mott se determina que el diámetro de la tubería más próximo al diámetro calculado corresponde a una tubería de **1 ¼ de pulgadas, la cual posee un área de flujo igual a 9,653\*10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>**

Conociendo el área real del diseño se puede obtener la velocidad real del sistema para utilizarla en los cálculos faltantes obteniendo así datos reales:

Entonces en la ecuación 4.2:

$$Q = v * A$$

$$v = \frac{Q}{A} \text{ reemplazando } v = \frac{7.66 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{9,653 * 10^{-4} \text{ m}^2} = \mathbf{0,795 \text{ m/s}}$$

Se realiza las misma operaciones para la tubería de descarga y se obtiene que el diámetro de la tubería descarga es igual a **20,9mm correspondientes a una tubería de ¾ de pulgada**, con una velocidad de **2,22 m/s**

#### **4.3.3 Cálculos de pérdidas de presión**

Para desarrollar un sistema de impulsión adecuado es necesario tomar en cuenta todas las pérdidas de carga producidas a lo largo del sistema y así lograr un óptimo rendimiento.

Las pérdidas en un sistema hidráulico se clasifican en:

- Pérdidas mayores (tubería)
- Pérdidas menores (accesorios).

##### **4.3.3.1 Pérdidas de presión en la tubería o pérdidas mayores.**

Las pérdidas de presión en la tubería se calculan dependiendo del tipo de flujo que se está estudiando es decir si el flujo de trabajo es laminar o turbulento, para determinar esto se toma a consideración el concepto del Número Reynolds ( $N_R$ ), mencionado en el capítulo 1 el cual dice que:

- Si  $N_R < 2000$  es flujo laminar.
- Si  $2000 < N_R < 4000$  el fluido está en la sección crítica.
- $N_R > 4000$  es flujo turbulento.

La ecuación del Número de Reynolds está dada por la expresión:

$$N_R = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\eta} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

Donde:

- $D$ = Diámetro interior de la tubería ( $m$ )
- $\rho$  = Densidad del fluido ( $kg/m^3$ )
- $\eta$ = Viscosidad dinámica del fluido ( $Pa \cdot s$ )

- $v =$  Velocidad (m/s)

*Datos para el cálculo del número de Reynolds en la línea de succión*

- $v_s = 0.795 \text{ m/s}$
- $D_s = 0.0351 \text{ m}$
- $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$  (considerando agua a  $20^\circ \text{C}$ )<sup>28</sup>
- $\eta = 1.02 * 10^{-3} \text{ Pa} * \text{s}$

Remplazando estos datos en la ecuación 4.3 se tiene:

$$N_R = \frac{0,795 \text{ m/s} * 0,0351 \text{ m} * 998 \text{ kg/m}^3}{1,02 * 10^{-3} \text{ Pa} * \text{s}}$$

$$N_R = 27302$$

Por tanto el fluido en la sección de entrada tiene flujo turbulento.

*Datos para el cálculo del número de Reynolds en la tubería de descarga*

- $v_s = 2,22 \text{ m/s}$
- $D_s = 0,0209 \text{ m}$
- $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$  (considerando agua a  $20^\circ \text{C}$ )
- $\eta = 1,02 * 10^{-3} \text{ Pa} * \text{s}$

$$N_R = \frac{2,22 \text{ m/s} * 0,0209 \text{ m} * 998 \text{ kg/m}^3}{1,02 * 10^{-3} \text{ Pa} * \text{s}}$$

$$N_R = 45397$$

Por tanto el fluido en la sección de descarga tiene flujo turbulento.

Por los resultados obtenidos el sistema tiene un flujo de trabajo turbulento por lo tanto las pérdidas en las tuberías se calculan en base a la ecuación de Darcy, y además hay que

<sup>28</sup> MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, p. 589

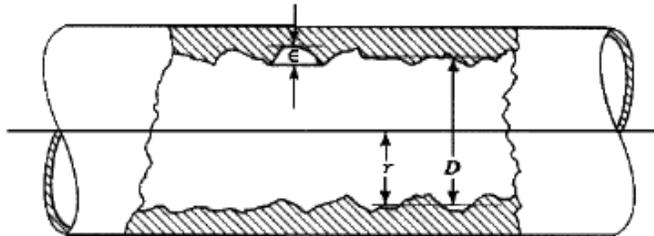
agregar el concepto de rugosidad necesario para obtener el factor de fricción  $f$  mediante el diagrama de Moody.

$$h_l = f \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 4.4}$$

Donde:

- $h_l$ = pérdidas en la tubería (m)
- $f$ =factor de fricción (a dimensional)
- $L$ = Longitud de la tubería (m)
- $D$ = Diámetro de la tubería (m)
- $v$ =velocidad del fluido (m/s)
- $g$ = Gravedad ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )

- **Rugosidad relativa**



**Gráfica 4.7:** Rugosidad de la pared de un tubo

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

La rugosidad relativa es la relación existente entre el diámetro interno de la tubería y la rugosidad promedio de la pared ( $\epsilon$ ) Gráfica 4.7 la cual se a tabulado de acuerdo a la tabla 4.7 considerando que estos datos son exclusivamente para tubería nueva y limpia.

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

**Tabla 4.7:** Valores de rugosidad en las tuberías.

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

Entonces la rugosidad relativa viene expresada por la ecuación 4.5:

$$Rugosidad\ relativa = \frac{D}{\epsilon} \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Donde:

- D= Diámetro de la tubería.
- $\epsilon$ = Rugosidad. Tabla 4.7

Calculo de la rugosidad relativa en la tubería de succión.

Tomando en cuenta la ecuación 4.5 y considerando que el material utilizado en la tubería de succión es acero galvanizado se tiene:

- D= 0,0351 m
- $\epsilon=4,6 \times 10^{-5} \text{m}$

Por lo tanto  $Rugosidad\ relativa = \frac{0,0351\ m}{4,6 \times 10^{-5} \text{m}} = 763.04$

Calculo de la rugosidad relativa en la tubería de descarga.

Tomando en cuenta la ecuación 4.5 y considerando que el material utilizado en la tubería de descarga es una combinación de PVC y acero galvanizado se tiene:

Acero comercial (tubería que une los filtros)

- $D = 0,0209 \text{ m}$
- $\epsilon = 4,6 * 10^{-5} \text{ m}$

$$\text{Por lo tanto } \textit{Rugosidad relativa} = \frac{0,0209 \text{ m}}{4,6 * 10^{-5} \text{ m}} = 454,34$$

PVC (tubería de salida de los filtros)

- $D = 0,0209 \text{ m}$
- $\epsilon = 3 * 10^{-7} \text{ m}$

$$\text{Por lo tanto } \textit{Rugosidad relativa} = \frac{0,0209 \text{ m}}{3 * 10^{-7} \text{ m}} = 69666,66$$

- **Diagrama de Moody.**

Es uno de los métodos más utilizados para evaluar el factor de fricción en redes hidráulicas, el cual utiliza escalas logarítmicas tanto en el factor de fricción como en el número de Reynolds debido a que se tienen rangos de valores muy amplios dentro del diagrama de Moody.

Sin embargo el uso del diagrama de Moody con lleva una apreciación visual para determinar el factor de fricción, el cual es fácilmente variable dependiendo de la vista de cada persona por lo tanto con fin de evitar este problema y tomando en cuenta que el fluido tiene un comportamiento turbulento dentro de todo el sistema nos basamos en la ecuación 4.6 para determinar el factor de fricción:

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 \left( \frac{D}{\epsilon} \right)} + \frac{5,74}{\text{NR}^{0,9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ecuación 4.6}$$

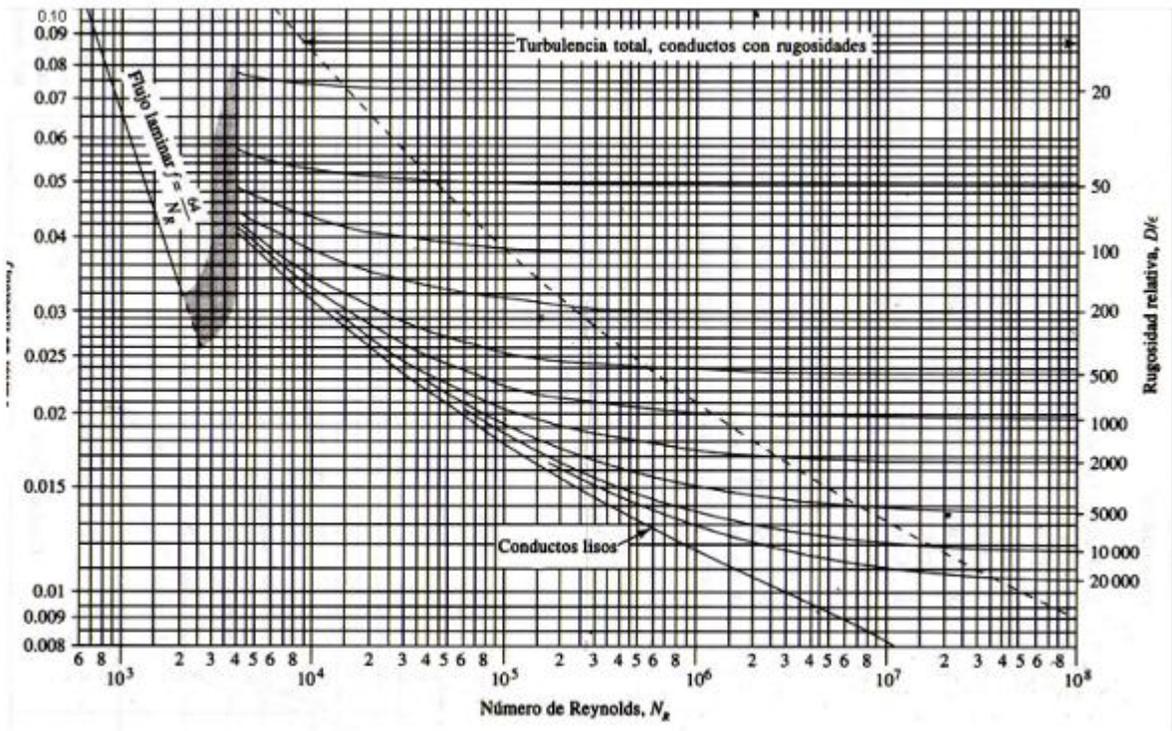
Remplazando se tiene:

$$f_s = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 * (763,04)} + \frac{5,74}{27302^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,027$$

$$f_{d(\text{PVC})} = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7(69666)} + \frac{5.74}{45397^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,021$$

$$f_{d(\text{acero})} = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7(454.34)} + \frac{5.74}{45397^{0,9}} \right) \right]^2} = 0,027$$

Los cálculos obtenidos se pueden verificar en el diagrama de Moody. (Ver gráfica 4.8)



**Gráfica4.8:** Diagrama de Moody

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

**Resumen:**

En la tubería de succión:

Datos

- *Rugosidad relativa*=763,04

- $N_R = 27302$
- $v = 0,795 \text{ m/s}$
- $f = 0,027$

En la tubería de Descarga (acero):

Datos

- *Rugosidad relativa*=454,34
- $N_R = 45397$
- $v = 2,2 \text{ m/s}$
- $f = 0,027$

En la tubería de Descarga (PVC):

Datos

- *Rugosidad relativa*=69666,66
- $N_R = 45397$
- $v = 2,2 \text{ m/s}$
- $f = 0,021$

Remplazando los valores obtenidos en la ecuación 4.4 se procede a encontrar las pérdidas de presión tanto en las líneas de succión y descarga teniendo así:

$$h_{ls} = f \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{ls} = 0,027 \frac{1,75 \text{ m}}{0,0351 \text{ m}} * \frac{(0,795 \text{ m/s})^2}{2 * (9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{ls} = 0,043 \text{ m}$$

$$h_{l_d(\text{acero})} = 0,027 \frac{0,95 \text{ m}}{0,0209 \text{ m}} * \frac{(2,2 \text{ m/s})^2}{2 * (9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{l_d(\text{acero})} = 0,31 \text{ m}$$

$$hl_{d(PVC)} = 0,021 \frac{30 \text{ m}}{0,0209 \text{ m}} * \frac{(2,2 \text{ m/s})^2}{2 * (9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$hl_{d(PVC)} = 7,74 \text{ m}$$

Con los datos obtenidos se obtiene la tabla 4.8.

<b>PÉRDIDAS MAYORES</b>		
<b>Tubería succión</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Pérdidas(m)</b>
Tubería Acero	1 1/4 "	0,043
<b>Tubería descarga</b>		
Tubería Acero	3/4"	0,31
Tubería PVC	3/4"	7,74
	<b>Total</b>	<b>8,093</b>

**Tabla 4.8:** Resumen de pérdidas mayores.

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

#### 4.3.3.2 Pérdidas de carga menores

Las pérdidas menores de energía como se explicó en el capítulo 1 son aquellas que se producen en el sistema por accesorios instalados en la tubería tales como: codos, filtros, Tees, válvulas check, válvulas de compuerta, etc. los cuales tienen la función de cambiar la trayectoria del fluido u ofrecen oposición al paso de este.

Para su cálculo se dividirá el sistema en dos secciones succión y descarga.

Estas pérdidas se encuentran especificadas en la tabla 4.9:

PÉRDIDAS MENORES			
	Ítem por gráfica	Descripción	Cantidad
Succión	1	válvula de pie	1
	2	codo 90 Ø=1 ¼"	1
Descarga	3	Válvula Check= Ø ¾"	2
	4	Tee = Ø ¾"	3
	5	Codo90 Ø= ¾"	4
	6	Entrada del fluido a la tubería	1
	7	Salida del fluido de todo el sistema	1

**Tabla 4.9:** Accesorios del sistema de filtración.

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

Este tipo de pérdidas a diferencia de las pérdidas mayores se las calcula con la siguiente ecuación:

$$h_{lm} = K * \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 4.7}$$

Donde:

- $h_{lm}$ = Pérdida menor,
- $K$ = Coeficiente de resistencia
- $v$ = Velocidad promedio del flujo en el tubo, donde ocurre la pérdida menor.

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

El coeficiente de fricción ( $k$ ) se lo obtiene mediante la ecuación 4.8:

$$k = \frac{L_e}{D} * Ft \quad \text{Ecuación 4.8}$$

Donde:

- $L_e/D$ : longitud equivalente en diámetros de tubería (Tabla 4.11)
- $f_T$ : Factor de fricción tabula de acuerdo al diámetro de la tubería Tabla 4.10

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

**Tabla: 4.10:** Factor de fricción en la zona de turbulencia completa para tubería de acero comercial, nueva y limpia.

**Fuente:** MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición.

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería $L_e/D$
Válvula de globo—abierta por completo	340
Válvula de ángulo—abierta por completo	150
Válvula de compuerta—abierta por completo	8
—3/4 abierta	35
—1/2 abierta	160
—1/4 abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo bola	150
Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a 8 pulg	45
—10 a 14 pulg	35
—16 a 24 pulg	25
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420
Válvula de pie—tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar—con flujo directo	20
—con flujo en el ramal	60

**Tabla 4.11: Factor de Resistencia en válvulas y acoplamientos**

**Fuente:** MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición.

Con los datos expuestos se procederá a calcular las pérdidas menores en el sistema.

#### 4.3.3.2.1 Pérdidas de carga menores en la succión

De la tabla 4.9 se obtienen los componentes que generan pérdidas en la etapa de succión teniendo así:

- *Pérdidas en la válvula de pie:*

*Datos*

- $v=0,795 \text{ m/s}$
- $g=9,8 \text{ m/s}^2$
- $k=$  Se obtiene tomando los valores de la tabla 4.11 y reemplazando estos valores en la ecuación 4.8

$$L_e/D = 420 \text{ y } Ft = 0,022 \text{ entonces}$$

$$k = 420 * 0,022 = 9,24$$

*Reemplazando estos valores en la ecuación 4.7 se obtiene que:*

$$h_{lm} = 9,24 * \frac{0,795(\text{m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s})}$$

**Por tanto  $h_{lm} = 0,29\text{m}$**

- *Pérdidas en codos:*

*Datos*

- $v=1 \text{ m/s}$
- $g=9,8 \text{ m/s}^2$
- $k=$  Se obtiene tomando los valores de la tabla 4.11 y reemplazando estos valores en la ecuación 4.8.

$$L_e/D = 30 \text{ y } Ft = 0,022 \text{ entonces}$$

$$k = 30 * 0,022 = 0,66$$

Remplazando estos valores en la ecuación 4.7 se obtiene que:

$$h_{lm} = 0,66 * \frac{0,795(m/s)^2}{2(9,8 m/s)} * 2$$

**Por tanto  $h_{lm} = 0,04m$**

#### 4.3.3.2.2 Pérdidas de carga menores en la descarga

Observando la tabla 4.9 se observa los accesorios que generan pérdidas en la etapa de succión teniendo así:

- *Pérdidas en las válvula check:*

*Datos*

- Cantidad=2
- $v = 2,2m/s$
- $g = 9,8m/s^2$
- $k^{29} = 2$

$$h_{lm} = 2 * \frac{(2,2 m/s)^2}{2(9,8 m/s)}$$

**Por tanto  $h_{lm} = 0,49m$  en cada válvula.**

- *Pérdidas en la válvula tee:*

*Datos*

- Cantidad=3
- $v = 2,2m/s$
- $g = 9,8m/s^2$
- $k$ : Se obtiene tomando los valores de las tabla 4.11 y remplazando estos valores en la ecuación 4.8

$$L_e/D = 20 \text{ y } Ft = 0,025 \quad \text{entonces}$$

$$k = 20 * 0,025 = 0,5$$

---

<sup>29</sup>FOX, Robert w, *Introducción a la Mecánica de Fluidos*, Sexta edición, Editorial Mc Graw Hill, Tabla 8.2, pág. 491.

Remplazando estos valores en la ecuación 4.7 se obtiene que:

$$h_{lm} = 0,5 * \frac{(2,2 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s})}$$

**Por tanto  $h_{lm} = 0,370\text{m}$**

- *Pérdidas en codos:*

*Datos*

- *Cantidad=4*
- *$v = 2,2\text{m/s}$*
- *$g = 9,8\text{m/s}^2$*
- *k: Se obtiene tomando los valores de las tabla 4.11 y remplazando estos valores en la ecuación 4.8*

$$L_e/D = 30 \text{ y } Ft = 0,025 \quad \text{entonces}$$

$$k = 30 * 0,025 = 0,75$$

Remplazando estos valores se obtiene que:

$$h_{lm} = 0,75 * \frac{(2,2 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s})}$$

**Por tanto  $h_{lm} = 0,18\text{m}$**

#### **4.3.3.2.3 Pérdidas de carga en la entrada de un fluido**

Estas pérdidas se dan en el inicio de la tubería de succión ya que la velocidad con la que disminuye el fluido en la cisterna de almacenamiento es despreciable con respecto a la velocidad con la que entra el fluido en la tubería por tanto, el fluido se ve sometido a un cambio brusco de velocidad, de casi cero en la cisterna a una velocidad muy alta en la tubería.

Al igual que las pérdidas menores se calculan con la ecuación 4.7, donde el factor k esta tabulado de acuerdo a la forma de entrada como se ve en la gráfica 4.9.

Para el presente diseño se tomarán en cuenta como pérdidas por entrada de fluido a las salidas de los filtros debido a que en este punto el fluido de trabajo vuelve a entrar a la tubería, teniendo así:

Datos.

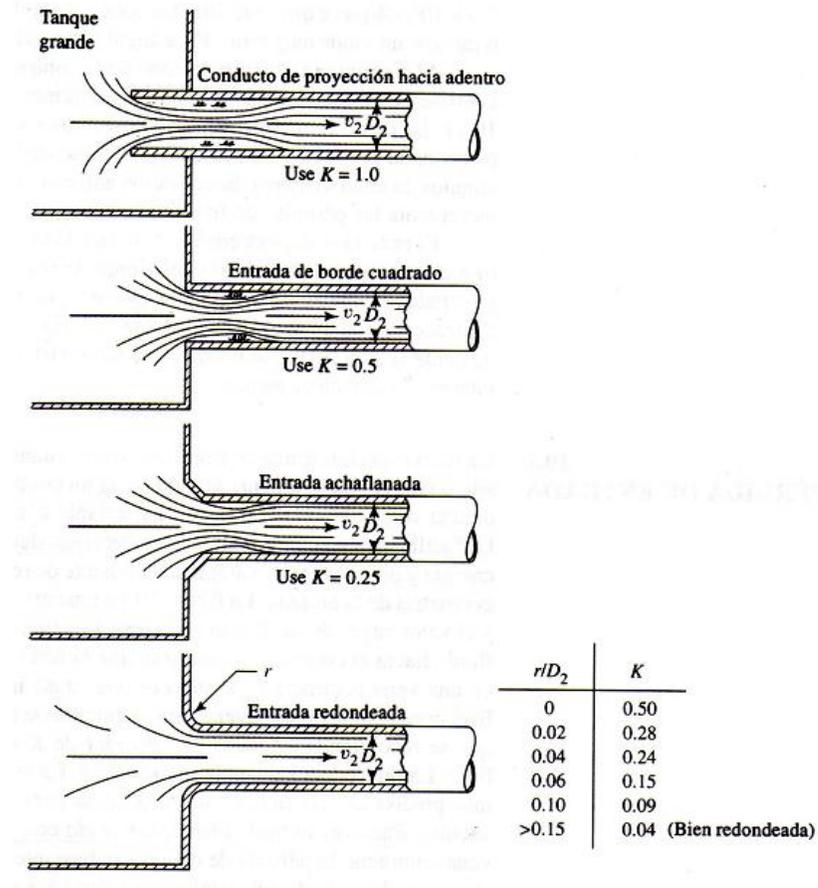
- $k^{30}=0,5$
- $v =2,2 \text{ m/s}$
- $g= 9,8 \text{ m/s}^2$
- Cantidad 1

Entonces reemplazando los datos en la ecuación 4.7 y multiplicando por la cantidad se tiene:

$$h_{lm} = 0,5 * \frac{(2,2 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} \quad h_{lm} = 0,12\text{m}$$

---

<sup>30</sup> MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, México 2006, pág. 280



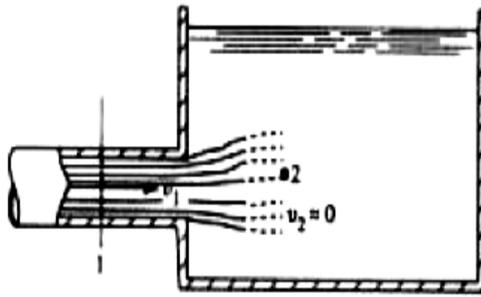
**Gráfica 4.9:** Factor de pérdidas en la salida del tanque de Almacenamiento

**Fuente:** MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, México 2006, pág. 280

#### 4.3.3.2.4 Pérdidas de carga en la salida de un fluido

Este tipo de pérdidas se generan debido a que en el momento que el fluido está por salir de la tubería de descarga hacia un filtro o un contenedor la velocidad de este disminuye casi hasta cero, disipando de esta manera la energía cinética que lleva el fluido por la tubería; al igual que en el caso de las pérdidas menores se calculan con la ecuación 4.7 en la cual el factor  $k$  dependiendo del tipo de salida que se tiene como se muestra en la gráfica 4.10.

Por lo general las pérdidas generadas en la salida de un fluido tienen un valor de  $K=1$ , esta consideración se realiza con el fin de facilitar los cálculos en el diseño.



**K=1**

**Gráfica 4.10:** Pérdida en la salida de un tanque de Almacenamiento

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

Cálculo de la pérdida en la salida de la tubería de descarga.

Datos:

- $K=1$
- $v = 2,2 \text{ m/s}$
- $g = 9,8 \text{ m/s}^2$
- Cantidad 1

Remplazando estos valores en la ecuación 4.7 y multiplicando por la cantidad de pérdidas a la salida del fluido se obtiene:

$$h_{lm} = 1 * \frac{(2,2 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} = 0,24 \text{ m}$$

Pérdidas					
Succión	Ítem por gráfica	Descripción	Cantidad	Pérdidas en metros (C/u)	Pérdidas totales (m)
	1	Válvula de pie	1	0,29	0,29
	2	Codo 90 $\phi=1 \frac{1}{4}$	1	0,02	0,02
Descarga	3	Válvula Check	2	0,49	0,98
	4	Tee $\phi=3/4$	3	0,37	1,11
	5	Codo 90 $\phi=3/4$	4	0,18	0,72
	6	Entradas del fluido	2	0,12	0,12
	7	Salidas del fluido	3	0,24	0,24
				<b>Total</b>	<b>3,48</b>

**Tabla 4.12:** Resumen de pérdidas menores

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

#### 4.3.3.3 Pérdidas de carga en elementos filtrantes

##### 4.3.3.3.1 Pérdidas de carga en el primer filtro (fieltro de algodón)

Para calcular las pérdidas en este tipo de filtros es necesario realizarlas experimentalmente ya que no se encuentran formulas que faciliten su cálculo, por lo tanto para una primera instancia se asumirá que las perdida generadas son de 0,58m y se revaluara esta dato en caso que en el capítulo de pruebas este valor no sea coherente con el obtenido experimentalmente.

##### 4.3.3.3.2 Pérdidas de carga en el filtro de grava, arena y carbón activado

Las pérdidas de energía provocadas por este filtro se lo realizar por etapas teniendo así:

- Pérdidas en la entrada.
- Pérdidas en los medios filtrantes.
- Pérdidas en la salida del filtro.
- Pérdidas de carga en la entrada de los filtros.

Dimensiones del orificio de entrada al filtro.

Diámetro= 20,9 mm entonces Área=  $3,437 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$

Datos.

- $k^{31}=0,25$   
 $v = 2,2 \text{ m/s}$  (velocidad en la línea de descarga)
- $g = 9,8 \text{ m/s}^2$
- Cantidad 2

Entonces reemplazando los datos en la ecuación 4.10 y multiplicando por la cantidad se tiene:

$$h_{lm} = 0,25 * \frac{(2,2 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s})} * 2 \quad h_{lm} = 0,12\text{m}$$

- **Pérdidas de carga en los medios filtrantes**

Para hallar de forma teórica las pérdidas de presión provocadas por los medios filtrantes nos ayudaremos de la ecuación de Fair y Hatch la cual necesita considerar valores de la siguiente tabla:

- **En la arena**

Para determinar las pérdidas existentes en los medios filtrantes nos ayudaremos de la ecuación de Fair y Hatch para pérdidas de carga en lechos filtrantes no estratificados<sup>32</sup> la cual se muestra a continuación:

$$Hf(\text{arena}) = f * \frac{L\gamma}{g} v \frac{(1-Po)^2}{(Po)^3} \left( \frac{6}{Ce*Dc} \right)^2 \quad \text{Ecuación 4.9}$$

Donde:

- $f =$  Coeficiente de Kozeny<sup>33</sup> = 5
- $L =$  Altura del lecho = 0,3m
- $g =$  gravedad = 9,8  $\text{m/s}^2$
- $\gamma =$  viscosidad cinemática =  $1,02 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

---

<sup>31</sup> Gráfica 4.6

<sup>32</sup> Material sedimentario dispuesto en capas

<sup>33</sup> Constante experimental y adimensional, Ref. Libro de José Arboleda CEPIS

- $P_o = \text{Porosidad} = 0,35$
- $C_e = \text{Coeficiente de esfericidad} = 0,95$  (para partículas casi esféricas)
- $D_c = \text{Diámetro de la arena} = 1,1 * 10^{-3} \text{ m}$
- $v = \text{velocidad de filtración} = 30 \text{ m/h} = 8,33 * 10^{-3} \text{ m/s}$

Remplazando los datos en la ecuación 4.9 se tiene:

$$H_f(\text{arena}) = 5 * \frac{0,3m * 1,02 * \frac{10^{-6}m^2}{s}}{9,8 \frac{m}{s^2}} * 8,33 * 10^{-3}m/s * \frac{(1 - 0,35)^2}{(0,35)^3} \left( \frac{6}{0,95 * 0,0011 m} \right)^2$$

$$H_f(\text{arena}) = 0,43m$$

- **En la grava**

Con la ayuda de la ecuación de Fair y Hatch para granos no esféricos y diámetro uniforme se tiene:

$$H_f(\text{grava}) = f * \frac{L\gamma}{g} v \frac{(1-P_o)^2}{(P_o)^3} \left( \frac{6}{C_e * D_c} \right)^2 \quad \text{Ecuación 4.9}$$

Donde:

- $f = \text{Coeficiente de Kozeny}^{34} = 5$
- $L = \text{Altura del lecho} = 0,1m$
- $g = \text{gravedad} = 9.8 \text{ m/s}^2$
- $\gamma = \text{viscosidad cinemática} = 1,02 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- $P_o = \text{Porosidad} = 0,4$
- $C_e = \text{Coeficiente de esfericidad} = 0,82$  (para partículas redondeadas)
- $D_c = \text{Diámetro de la grava} = 0,005 \text{ m}$
- $v = \text{velocidad de filtración} = 30 \text{ m/h} = 8,33 * 10^{-3} \text{ m/s}$

Remplazando los datos en la ecuación 4.9 se tiene:

$$H_f(\text{grava}) = 5 * \frac{0,1m * 1,02 * \frac{10^{-6}m^2}{s}}{9,8 \frac{m}{s^2}} * 8,33 * 10^{-3}m/s * \frac{(1 - 0,4)^2}{(0,4)^3} \left( \frac{6}{0,82 * 0,005m} \right)^2$$

<sup>34</sup> Constante experimental y adimensional, Ref. Libro de José Arboleda CEPIS

$$Hf(\text{grava}) = 0,52 * 10^{-3} \text{m}$$

- **En el carbón activado**

Con la ayuda de la ecuación de Fair y Hatch para granos no esféricos y diámetro uniforme se tiene:

$$Hf(\text{carbon activado}) = f * \frac{L\gamma}{g} v \frac{(1 - Po)^2}{(Po)^3} \left( \frac{6}{Ce * Dc} \right)^2$$

Ecuación

Donde:

- f = Coeficiente de Kozeny<sup>35</sup> = 5
- L = Altura del lecho = 0,17m
- g = gravedad = 9,8 m/s<sup>2</sup>
- $\gamma$  = viscosidad cinemática = 1,02 \* 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s
- Po = Porosidad = 0,48 (para partículas trituradas)
- Ce = Coeficiente de esfericidad = 0,7 (para partículas trituradas)
- Dc = Diámetro de la grava = 0,007 m
- v = velocidad de filtración = 30 m/h = 8,33 \* 10<sup>-3</sup> m/s

Remplazando los datos en la ecuación 4.9 se tiene:

$$Hf(\text{grava}) = 5 * \frac{0,17m * 1,02 * \frac{10^{-6}m^2}{s}}{9,8 \frac{m}{s^2}} * 8,33 * 10^{-3}m/s * \frac{(1 - 0,48)^2}{(0,48)^3} \left( \frac{6}{0,7 * 0,007m} \right)^2$$

$$Hf(\text{carbon activado}) = 2,68 * 10^{-3} \text{m}$$

Por tanto:

$$Hf(\text{total}) = Hf(\text{carbon activado}) + Hf(\text{grava}) + Hf(\text{arena})$$

**Remplazado se tiene:**  $Hf(\text{total en medios filtrantes}) = 0,44 \text{ m}$

---

<sup>35</sup> Constante experimental y adimensional, Ref. Libro de José Arboleda CEPIS

- **Pérdidas de carga en la salida de los filtros**

Dimensiones de los orificio de entrada al filtro.

Diámetro= 20,9 mm entonces Área=  $3,437 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$

Datos.

- $k=0,5$
- $v = 2,2 \text{ m/s}$  (velocidad en la línea de descarga)
- $g= 9,8 \text{ m/s}^2$
- Cantidad 2

Entonces reemplazando los datos en la ecuación 4.7 y multiplicando por la cantidad se obtiene:

$$h_{lm} = 0,5 * \frac{(2,2 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} * 2 \text{ hlm} = 0,24 \text{m}$$

### TOTAL DE PÉRDIDAS EN MEDIOS FILTRANTES

Perdidas en medios filtrantes	
Medios filtrantes	Perdidas (m)
Tela	0,58
Arena	0,43
Grava	0,00052
Carbón activado	0,000268
Entrada a filtros	0,12
Salida de filtros.	0,24
<b>Total</b>	<b>1,370788</b>

**Tabla 4.13:** Total de pérdidas en medios filtrantes

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

#### 4.3.4 Potencia de la bomba

Una vez calculadas las pérdidas mayores y menores que se generan a lo largo del sistema de filtración es necesario conocer la potencia necesaria que debe generar la bomba para un funcionamiento óptimo.

Por lo tanto con la ecuación 4.1 se determinará la energía generada por la bomba, teniendo así:

$$h_a + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_L + h_R$$

Donde:

- $h_a$  = Energía generada por la bomba.
- $\frac{P_1}{\gamma} = 0$ ; Debido a que la cisterna de almacenamiento del agua está expuesta a la atmósfera por lo que la presión manométrica es igual a cero.
- $Z_1 = 0$ ; Ya que se considera como punto referencial (cero), a la superficie del tanque de succión.
- $\frac{v_1^2}{2g} = 0$ ; Esta consideración se debe a que el tamaño de la cisterna es bastante amplio y la velocidad con la que desciende el líquido es despreciable.
- $\frac{P_2}{\gamma} = 0$ ; Debido a que el silo donde llega el agua está expuesto a la atmósfera por lo que la presión manométrica es igual a cero.
- $Z_2 = 31.75\text{m}$ ; Debido a que la descarga se realiza a 31.75 metros por encima de la superficie de la cisterna.
- $\frac{v_2^2}{2g} = \frac{(2,2 \text{ m/s})^2}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2}$
- $h_R = 0$ , Energía removida por alguna turbina o elemento mecánico.
  
- $h_L$  = Pérdidas totales en el sistema entre las cuales tenemos:
  - Pérdidas en filtros (1,37m)
  - Pérdidas mayores (8,093 m)
  - Pérdidas menores (3,48 m)

Remplazando estos valores en la ecuación original conseguimos a la siguiente expresión:

$$h_a = Z_2 + h_l + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_a = 31,75m + 8,093m + 3,48m + 1,37m + \frac{(2,2 \frac{m}{s})^2}{2 \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right)} = 44,93m$$

$$\mathbf{h_a = 44,93 m.}$$

- **Potencia de la bomba**

La potencia que la bomba debe transmitir al fluido viene dada por la expresión:

$$P_a = h_a * \gamma * Q \quad \text{Ecuación 4.10}$$

Donde

- $h_a$  = Energía generada por la bomba = 44,93m
- $\gamma$  = Peso específico del fluido de trabajo =  $9,79 \text{ kN/m}^3$
- $Q$  = Caudal =  $2,76 \text{ m}^3/\text{h} = Q = 7,66 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

Remplazando en la ecuación 4.10 se obtiene:

$$P_a = 44,93m * 9790 \text{ N/m}^3 * 7,66 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_a = \text{Nm/s} = 0,337 \text{ Kw}$$

Trabajando con una eficiencia ( $e$ ) recomendada y asumida del 50 % se determina la potencia de la bomba ateniendo así:

$$P_{\text{entrada}} = \frac{P_a}{e} \text{ reemplazando } \frac{\text{Kw}}{0,5} = 0,674 \text{ Kw}$$

### 4.3.5 Selección de la bomba

#### 4.3.5.1 Calculo del NPSH

El cálculo del NPSH es un factor muy importante en el diseño de un sistema hidráulico ya que como se explico en el capítulo 1, este factor previene la cavitación y por lo tanto alarga a vida útil del sistema, se lo calcula con la ecuación 4.11:

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp} \quad \text{Ecuación 4.11}$$

Donde:

- $P_{sp}$  = Presión estática (absoluta) sobre el fluido en el depósito = **72,77 kN/m**
- $h_{sp}$  = Carga de presión estática (absoluta) sobre el fluido en el almacenamiento.
- $(h_{sp} = P_{sp}/\gamma) = 72,77 \text{ kN/m} / 9,79 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{7,43 \text{ m}}$
- $h_s$  = Diferencia de elevación desde el nivel de fluido en el depósito a la línea central de la entrada de succión de la bomba.  
Si la bomba esta abajo del depósito  $h_s$  es positiva, y si la bomba esta por encima del depósito es negativa. = **0,7 m**
- $h_f$  = Pérdidas de carga en la tubería de succión. = **0,353 m**
- $P_{vp}$  = Presión de vapor (absoluta) del líquido a la temperatura a la que se bombea. = 2,338 kPa<sup>36</sup>
- $h_{vp}$  = Carga de presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo. ( $h_{vp} = P_{vp}/\gamma) = 2,338 \text{ kN/m}^2 / 9,79 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{0,23 \text{ m}}$

Remplazando estos valores en la ecuación 4.11 se tiene:

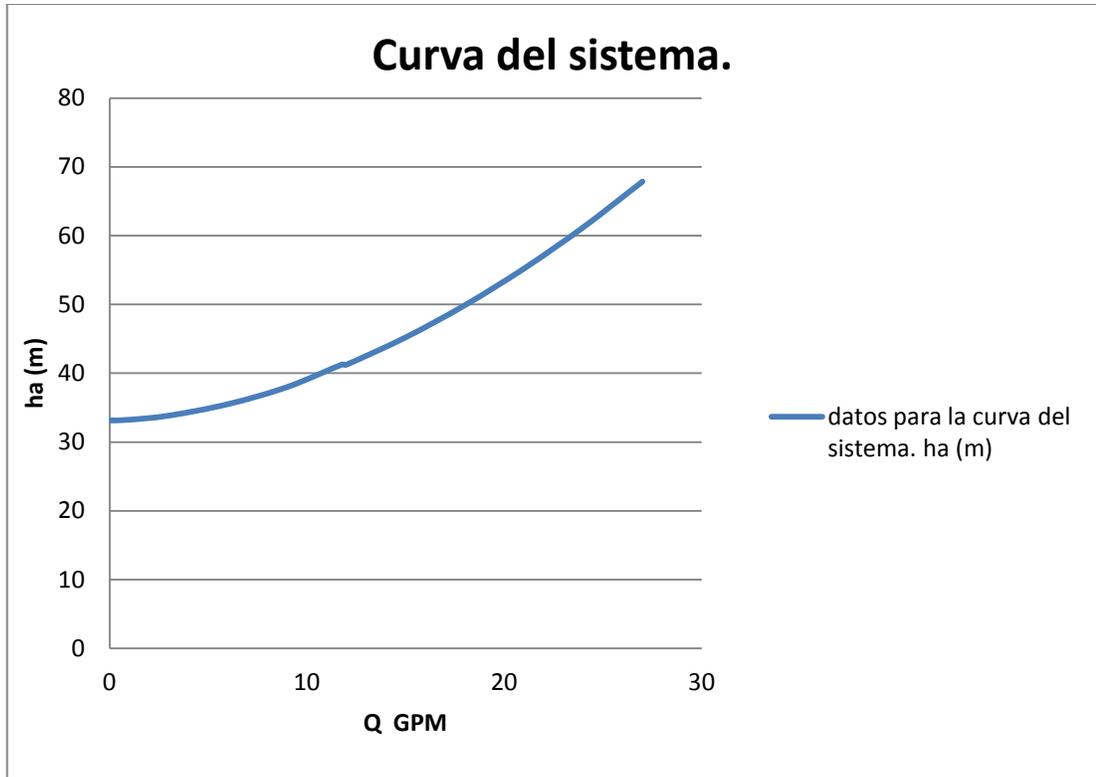
$$NPSH_A = 7,43 \text{ m} - 0,7 \text{ m} - 0,353 \text{ m} - 0,23 \text{ m}$$

$$NPSH_A = 6,14 \text{ m}$$

Mediante la ecuación:  $NPSH_R < NPSH_A / 1,1$  se obtiene que  $NPSH_R = 6,14 / 1,1 = \mathbf{5,68 \text{ m}}$

---

<sup>36</sup> MOTT, Robert, *Mecánica de Fluidos*, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, México 2006, p 413, tabla 13.2

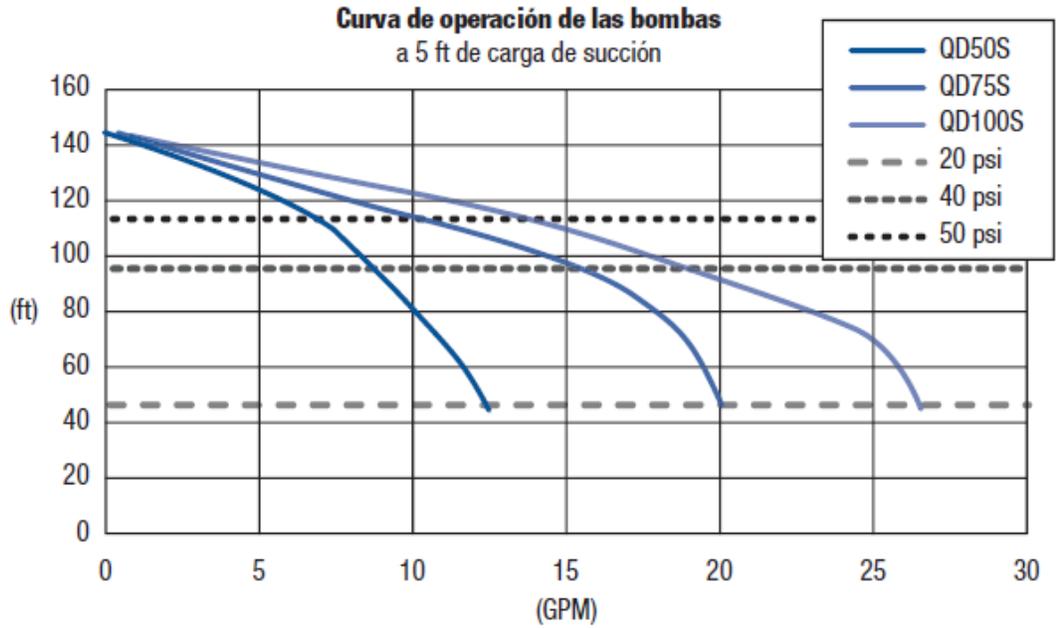


**Gráfica 4.11:** Curva del sistema

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

Gracias a la gráfica 4.11 se puede determinar la bomba que cumpla con los requisitos deseado.

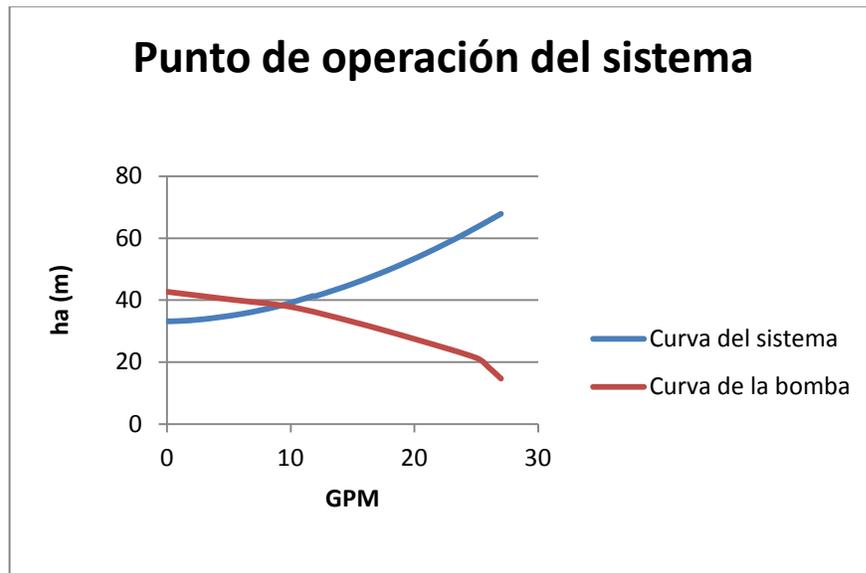
La bomba seleccionada por catálogos en base a la gráfica 4.11, y conociendo que se necesita una bomba con una potencia de 1hp, es la bomba Myers serie QD100S del tipo jet la cual presenta la curva de operación de la gráfica 4.12:



**Gráfica 4.12:** Curva de operación de la bomba seleccionada

**Fuente:** [http://bombasdelnorte.com/BNO\\_Guia\\_SBO.pdf](http://bombasdelnorte.com/BNO_Guia_SBO.pdf)

Conociendo este particular se procede a encontrar el punto de funcionamiento del sistema teniendo así la siguiente gráfica 4.13.



**Gráfica 4.13:** Punto de operación

**Fuente:** Galarza Daniel – Valenzuela Julio

*Mediante la gráfica 4.13 se determina el punto de operación de la bomba, el cual resulta en la intersección de las 2 curvas (curva del sistema y curva de la bomba), obteniendo así un caudal de 9gpm y un ha igual a 39m.*

No es de gran relevancia que el sistema cumpla con el caudal citado al inicio de los cálculos, ya que para solucionar este problema solo se debe tener en funcionamiento el sistema de filtración por un periodo de tiempo más prolongado.

Por parámetros mencionados con anterioridad (capítulo 3), la bomba citada es la más eficiente para el sistema; sin embargo, el costo de la misma sobrepasa las expectativas de la empresa por lo que se nos otorgo otro tipo de bomba la cual pertenece a la “marca truper modelo BOAC 1 10074 con las siguientes características”<sup>37</sup>.

- Tensión: 120 V
- Frecuencia: 60 Hz
- Velocidad: 3 450 r/min
- El cable de alimentación tiene sujeta-cables tipo: Y
- La clase de construcción de la herramienta es: Aislamiento básico
- Clase de aislamiento: Clase I
- La clase de aislamiento térmico de los devanados del motor: F

#### **CARACTERISTICAS DE LA BOMBA TRUPER BOAC 1**

MODELO	POTENCIA (hp)	CORRIENTE (Amp)	FLUJO MAXIMO GPM	ALTURA MAXIMA (m)	MÁXIMA PROFUNDIDAD DE SUCCIÓN (m)	DIAMETRO DE ENTRADA Y SALIDA (in)	TIPO DE CONDUCTORES
BOAC-1	1	11		36	8	1 NPT	16 AWG

<sup>37</sup> <http://www.truper.com/pdf/manuales/boac.pdf>



**Gráfica 4.14:** Bomba truperBOAC 1

**Fuente:** <http://www.truper.com/pdf/manuales/boac.pdf>

#### 4.3.6 Cálculo del espesor de la tubería

Una vez que se ha determinado que el material que se utilizará en la construcción del sistema de filtración es acero galvanizado, se debe partir del cálculo del espesor de pared mínimo, que se realizará con los datos de los requerimientos del sistema.

La tubería se dimensionará mediante la ecuación de Barlow, la cual viene dada por la siguiente expresión.

$$t_{min} = \frac{P_d * di_{op}}{2S_A} \quad \text{Ecuación 4.12}$$

Donde:

- $t_{min}$  = Espesor de la pared mínimo requerido.(mm)
- $P_d$  = Máxima presión de diseño.= 40 psi<sup>38</sup> = 2,76 bar
- $di_{op}$  = diámetro interno óptimo de la tubería.

Además de la ecuación:

$$S_A = f_d * SMYS * f_{js} \quad \text{Ecuación 4.13}$$

Donde:

- $S_A$  = Esfuerzo permisible, psi (MPa)
- $f_d$  = Factor de diseño (0,72)
- $SMYS$  = Tensión a la fluencia mínima especificada, PSI (MPa)

<sup>38</sup> Máxima presión generada por la bomba.

- $f_{js}$  = Factor de junta soldada (1)

Al utilizar estas ecuaciones como resultado se obtendrá el espesor de operación, por lo tanto a este espesor obtenido se le deberá incrementar un valor de acuerdo a la corrosión que es el que se estima la tubería perderá por estar expuesta a este fenómeno, para lo cual nos basamos en la siguiente ecuación.

$$t_D = (t_{min} + CA) * F_c \quad \text{Ecuación 4.14}$$

Donde:

- $t_D$  = Espesor de diseño, pulg.(mm)
- $t_{min}$  = Espesor mínimo requerido, pulg.(mm)
- CA = corrosión permisible pulg.(mm) (0,005pulg/año)
- $F_c$  = Factor de corrección. (1.14)

Conocidos estos valores se obtendrá el espesor de pared mínimo requerido.

$$t_{min} = \frac{2,76 \text{ bar} * 0,0351 \text{ m}}{2S_A} y S_A = 0,6 * 230 \text{ MPa} * 1 = 138 \text{ MPa}$$

$$\text{Entonces } t_{min} = \frac{2,76 \text{ bar} * 0,0351 \text{ m}}{2 * 138 \text{ MPa}} = 3,51 * 10^{-5} \text{ m}$$

$$t_D = (0,035 \text{ mm} + 0,127 \text{ mm}) * 1,14$$

Remplazando este valor en la ecuación 4.14 obtenemos el espesor de la tubería a utilizar:

$$t_D = 0,18 \text{ mm}$$

Este espesor de tubería resulta el apropiado en el punto de mayor presión del sistema.

Debido a que la tubería con la que se realizó el diseño inicial es cédula 40 y tiene un espesor de pared de 2,87 mm en el punto más crítico del sistema, se puede decir que estos espesores satisfacen de sobremanera los requerimientos del equipo por lo tanto no se realizarán cambios al diseño.

#### 4.4 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE FILTROS

Para el dimensionamiento y diseño de los filtros, la HORMIGONERA J.C.VALENZUELA CIA. LTDA. Proporcionará 2 cilindros huecos de diferente diámetro que tenían en los patios de mecánica sin utilizarlos los cuales serán adaptados para la fabricación de los tanques donde se hallan los medios filtrantes previamente seleccionados en el capítulo 3, con esto se evitar la compra de material y un gasto extra a la empresa.

Las dimensiones de los cilindros con los que cuenta la empresa se los pueden ver en la tabla 4.14:

	Diámetro (in)	Espesor de pared. (in)
Cilindro 1	13,5	0,25
Cilindro 2	10,5	0,25

**Tabla 4.14:** Dimensiones de los cilindros a emplearse.

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

Con estos datos se realizarán los cálculos correspondientes para comprobar que se puede emplear los cilindros sin que esto afecte de forma relevante el funcionamiento del sistema.

##### 4.4.1 Calculo de cilindros

###### 4.4.1.1 Espesor de la Pared de un cilindro

Consideración que toma en cuenta para ver si el cilindro es de pared delgada, según la norma ASME:

$$\frac{t}{D_i} < 10 \quad \text{Ecuación 4.15}$$

Donde:

- t=Espesor de Pared
- Di= Diámetro interior

$$\frac{0,25}{13.5} < 10$$

$$0,0185 < 10$$

Por lo tanto se considera que el cilindro es de pared delgada.

Como se vio en la tabla 4.14 el espesor de los cilindros con los que cuenta la empresa es de  $\frac{1}{4}$ ", y según la norma API este espesor se encuentra dentro del rango correcto como se ve en la tabla 4.15

Nominal Tank Diameter		Nominal Plate Thickness	
(m)	(ft)	(mm)	(in)
<15	<50	5	3/16
15 to <36	50 to <120	6	1/4
36 to 60	120 to 200	8	5/16
>60	>200	10	3/8

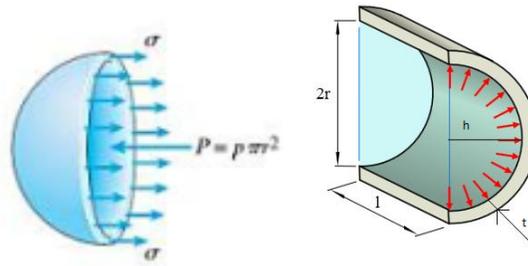
**Tabla 4.15:** Espesor de pared para tanques de pared delgada.  
Fuente: Norma API 650

#### 4.4.1.2 Cálculo de tapas del filtro #1 (Filtro de algodón) de forma elípticos

Los extremos pueden ser en general, planos o cóncavos, circulares y elípticos, basadas en la teoría del máximo alargamiento, en las que aparecen los radios  $r$  en lugar de los diámetros  $d$ , propone la siguiente expresión:<sup>39</sup>

$$t = \frac{P \cdot Di}{4\sigma t} * m \quad \text{Ecuación 4.16}$$

<sup>39</sup><http://juliocorrea.files.wordpress.com/2007/09/recipientes-y-tubos.pdf>



**Gráfica 4.15:** Representación de fuerzas en los casquetes de los filtros

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

Donde:

- $t$  = Espesor mínimo.
- $p$  = presión interna.
- $D_i$  = diámetro del cilindro.
- $\sigma t$  = Esfuerzo admisible real. 36 ksi o 280 MPa
- $m$  = factor de forma.

$m = 2$  a  $2,34$  para  $h/D > 0,25$  donde es  $h$  la profundidad o altura del fondo hasta el extremo de la cubierta cilíndrica.

$$\frac{5,51 plg}{13,5 plg} > 0,25$$

$$0,4 > 0,25$$

Cabe destacar que el radio de curvatura del fondo bombeado no debe ser mayor que el diámetro del cuerpo cilíndrico.

La presión que se va a utilizar para el cálculo es la más alta que puede generar la bomba como se vio en la sección 4.3.6 esta presión es de 40 psi

Entonces:

$$t = \frac{40 \text{ PSI} * 13,5 plg}{4 * 36 \text{ KSI}} * 2$$

$$t = \frac{0,04 \frac{klb}{plg^2} * 13,5 plg}{4 * 36 \frac{klb}{plg^2}} * 2$$

$$t = 0,0075 plg$$

Con el resultado obtenido se demuestra que se puede utilizar sin ningún inconveniente los tanques fueron asignados por la empresa para la construcción del filtro.

#### 4.4.2 Cálculos para dimensionar el Filtro # 1 (Filtro de algodón)

Como se vio previamente; la velocidad del agua dentro del filtro número 1 es de 30 m/h.

Por lo tanto para obtener el diámetro del filtro podemos utilizar la ecuación 4.2 teniendo así:

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{2.76 \frac{m^3}{H}}{30 \frac{m}{H}}$$

$$A = 0.092m^2$$

Con el área encontrada, procedemos a calcular el diámetro del filtro:

$$A = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{0.092 m^2}{\pi}}$$

$$r = 0.1711 m * \frac{100 cm}{1m} * \frac{1 plg}{2.54cm}$$

$$r = 6.73 plg$$

Con el radio obtenido se conoce que el diámetro del primer filtro (fieltro de algodón) es de 13 plg., con un espesor de pared de ¼ plg. El diámetro que se obtuvo corresponde al diámetro del cilindro entregado por la empresa con lo que se concluye que si es apto para emplearlo en el sistema.

El siguiente paso es encontrar la altura del filtro para ello se utilizará la fórmula del volumen útil.

“Hay que diferenciar al volumen útil del volumen total de agua que reside en el tanque, y del volumen total del tanque (Vt) compuesto de aire y agua.”<sup>40</sup>

Para ello se debe conocer el caudal máximo que filtra el sistema en litros por minuto y la potencia de la electrobomba a utilizar.

Al multiplicar estos valores y con ayuda de la tabla 4.16 obtenemos el volumen útil.

<b>P(kw)</b>	1	2	3	4	5	6	8	10
<b>K</b>	0,25	0,33	0,42	0,5	0,58	0,66	0,83	1

**Tabla 4.16:** cálculo del volumen útil.

**Fuente:** [http://emetreshache.com/pdf/notastecnicas/sep\\_2008.pdf](http://emetreshache.com/pdf/notastecnicas/sep_2008.pdf)

La potencia de la bomba que tenemos es de 1 HP lo que en kw es 0,745 y lo aproximamos a 1kw.

$$Vu = Qmax * K$$

$$Vu = 46 * 0,25$$

$$Vu = 11,5 \text{ lts}$$

Con el volumen útil calculado podemos calcular la altura del filtro con la siguiente fórmula:

<sup>40</sup> [http://emetreshache.com/pdf/notastecnicas/sep\\_2008.pdf](http://emetreshache.com/pdf/notastecnicas/sep_2008.pdf)

$$V = A * h \quad \text{Ecuación 4.16}$$

Donde

- V= Volumen del filtro
- A = área total del cilindro
- h = Altura total del cilindro

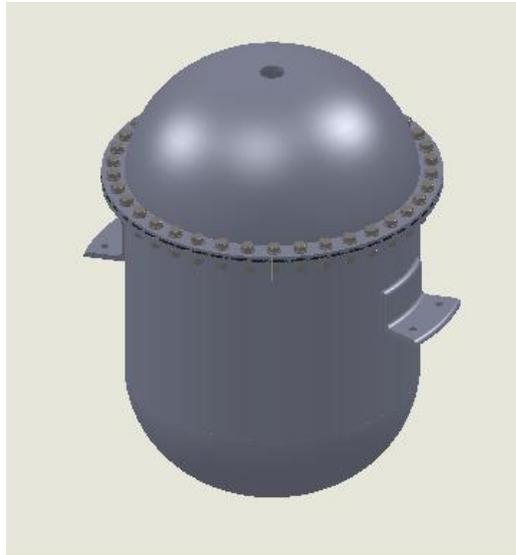
Despejando la h (altura) de la formula obtenemos que:

$$h = \frac{V}{A}$$
$$h = \frac{0,0115m^3}{0,092m^2}$$
$$h = 0,12m$$

Los cálculos realizados reflejan que en una de altura de 0,12m., estarán ocupadas por un rango de volumen útil de agua.

Por lo tanto las dimensiones nominales que se darán al tanque (filtro de algodón) y tomando en cuenta que la empresa nos proporciona de los cilindros huecos son las siguientes:

- Diámetro exterior: 14 plg.
- Diámetro interior: 13,5 plg.
- Altura externa: 19,7plg.
- Altura interna: 19,45 plg.



**Gráfica 4.16:** Filtro# 1 (Filtro de algodón)

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

#### **4.4.3 Espesor de la Pared de un cilindro Filtro # 2 (Carbón activado)**

Se debe considerar si el cilindro cuenta con los requisitos para ser tomado en cuenta dentro de los cálculos como un cilindro de pared delgada, mediante la ecuación 4.16 tenemos:

$$\frac{t}{D_i} < 10$$

$$\frac{0,25}{10,5} < 10$$

$$0,023 < 10$$

Por lo tanto el cilindro es de pared delgada.

##### **4.4.3.1. Cantidades de Carbón activado, arena y grava.**

La cantidad de carbón depende de los fabricantes, un filtro con menor cantidad de carbón activado tendrá un menor periodo de funcionamiento de filtrado.

1. “Un 1kilo gramo de carbón activado tendrá la capacidad de filtración de 2.000 litros”<sup>41</sup>
2. Una capa de 5cm de arena de mediano grosor limpia y lavada y una capa de 10 cm de piedras pequeñas o grava gruesa. <sup>42</sup>

La función que cumple la arena es la de retener sólidos en suspensión, líquidos emulsionados con el agua (aceites) ya que en la parte superior forma una película bacteriana.

La grava ayuda a formar una capa de separación entre la arena y el carbón activado además de filtrar microorganismos orgánicos.

#### **4.4.3.2 Cálculos para dimensionar el Filtro # 2 (Carbón activado)**

Como se indico en la tabla 4.14, el cilindro que se va a utilizar para la fabricación del segundo filtro es un cilindro con un diámetro interior 10,5 plg y un espesor de pared ¼ plg.

Para encontrar la altura del filtro número 2, al igual que en el filtro número 1, nos ayudaremos con la ecuación del volumen útil como se vio en el subcapítulo anterior tomando como consideración que en este filtro tendremos los siguientes materiales que ocupara un volumen:

1. Arena: 5cm.
2. Grava: 10 cm.
3. Carbón Activado: 20 cm.

Estos materiales tienen que ser puestos en orden como se enumeró. La cantidad puede variar según el requerimiento que se necesite, entre mayor cantidad de carbón activado se tenga el tiempo de cambio será mayor, esto se indicó en el subcapítulo anterior.

Con estos parámetros tomados en cuenta que el volumen útil del filtro será la parte que se encuentra compuesta por los materiales filtrantes.

---

<sup>41</sup> Filtro de purificación de agua E.P.N.ECUADOR. <http://www.youtube.com/watch?v=guy7Gfsl01c>

<sup>42</sup> <http://tilz.tearfund.org/Espanol/>

Sabiendo el área del cilindro que es el siguiente:

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 5,25plg^2$$

$$A = 0,055m^2$$

Se calcula el volumen que ocupan los materiales:

$$Vu = A * h$$

$$Vu = 0.055m^2 * 0.35m$$

$$Vu = 0,19m^3$$

Con estos datos se puede aplicar la fórmula de volumen de un cilindro y se calcula la altura que necesaria para este filtro.

$$V = A * h$$

Despejando la h (altura) de la formula se obtiene que:

$$h = \frac{V}{A}$$

$$h = \frac{0.019m^3}{0.055m^2}$$

$$h = 0.36m$$

Con la altura obtenida se pudo verificar que los materiales filtrantes alcanzan sin ningún problema, y se puede dimensionar el filtro #2 (carbón activado) de la siguiente manera:

- Diámetro exterior: 11 plg.
- Diámetro interior: 10.5 plg.
- Altura externa: 23.6 plg.
- Altura interna: 23.4 plg.

#### 4.4.3.3 Cálculo de tapas del filtro #2 (Carbón activado) de forma elípticos.

Se tomará en consideración los mismos parámetros para el cálculo del filtro # 1, es decir la gráfica 4.13 y la ecuación 4.16

$$t = \frac{P * Di}{4\sigma t} * m$$

Teniendo así:

$$\frac{3,93 \text{ plg}}{10,5 \text{ plg}} > 0,25$$

$$0,38 > 0,25$$

La presión que se va a utilizar para el cálculo va ser una mayor a la obtenida en la práctica, esto para realizar un diseño para tener un margen de seguridad.

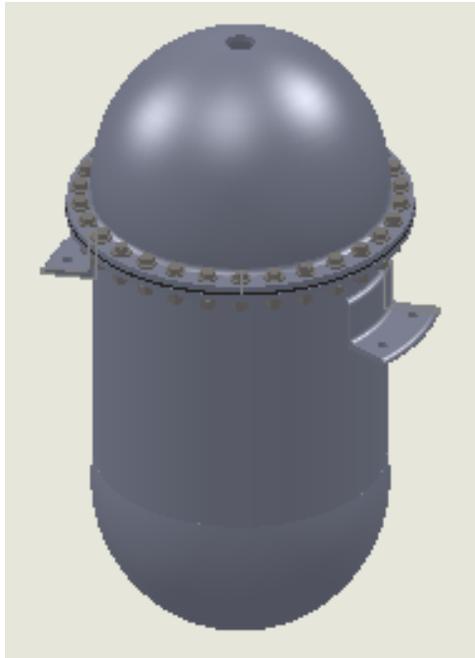
Entonces:

$$t = \frac{40 \text{ PSI} * 10,5 \text{ plg}}{4 * 36 \text{ KSI}} * 2$$

$$t = \frac{0,04 \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2} * 10,5 \text{ plg}}{4 * 36 \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}} * 2$$

$$t = 0,0058 \text{ plg}$$

En la gráfica 4.17 se observa el modelo del filtro número 2, que en su interior llevara, carbón activado, arena y grava.



**Gráfica 4.17:** Esquema del filtro número 2

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

#### **4.5 UNIÓN ESTÁTICAMENTE CARGADA A TENSIÓN: PRECARGA**

Se lo realiza para calcular que los pernos sean los correctos para uniones que soporten fluidos a presión y se resuelve de la siguiente manera:

##### **4.5.1 Rigidez**

$$k_b = \frac{A \cdot E}{l} \quad \text{Ecuación 4.16}$$

Donde

- $K_b$ = Rigidez
- $E$ = Modulo de elasticidad (Material)
- $A$  = área sección del perno
- $l$ = longitud del perno.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * \frac{1}{4}^2}{4} = 0,049 \text{plg}^2$$

$$l = \frac{1}{4}plg + \frac{1}{4}plg + 0,078plg = 0,578plg$$

$$kb = \frac{0,049plg^2 * 30E^6 \frac{lb}{plg^2}}{0,578plg}$$

$$kb = 2,54 M \frac{lb}{plg}$$

#### 4.5.2 Rigidez de los elementos de unión

Se lo calcula con la ayuda de la ecuación 4.17:

$$km = \frac{0,577\pi Ed}{2\ln\left(5\frac{0,577l+0,5d}{0,577l+2,5d}\right)} \quad \text{Ecuación 4.17}$$

Donde

- Km= Rigidez de los elementos de unión.
- E= Modulo de elasticidad (Material)
- d = Diámetro del perno
- l= longitud del perno.

$$km = \frac{0,577 * \pi * (30 * 10^6) * 0,25}{2\ln\left(5\frac{0,577 * 0,578 + 0,5 * 0,25}{0,577 * 0,578 + 2,5 * 0,25}\right)}$$

$$km = 7,79 * 10^6 \frac{lbf}{plg}$$

#### 4.5.3. Constante de Unión

Aplicamos la ecuación 4.18 se encuentra la constante:

$$C = \frac{kb}{kb+km} \quad \text{Ecuación 4.18}$$

Donde

- kb= Rigidez
- km= rigidez de los elementos de unión

$$C = \frac{2,54 M \frac{lb}{plg}}{2,54 M \frac{lb}{plg} + 7,79 M \frac{lb}{plg}}$$

$$C = 0,2432$$

#### 4.5.4 Números de pernos

Con la aplicación de la ecuación 4.20, se determina cuantos pernos son necesarios para la unión de los filtros:

$$n = \frac{SpAt-Fi}{CP} \quad \text{Ecuación 4.20}$$

Dónde:

- Sp= Resistencia mínima a la tensión.
- At= Área de tensión
- Fi= Precarga conexiones no permanentes
- n= factor de seguridad

$$Fi = 0,75 * Sp * At \quad \text{Ecuación 4.21}$$

$$Fi = 0,75 * 85 \text{ KPSI} * 0,226 \text{ plg}^2 = 14.4 \text{ Klb}$$

Con la ayuda de la ecuación 4.22 y reemplazándola en la ecuación 4.20, se obtiene la cantidad de pernos requerida para el diseño.

$$P = \frac{F}{N} \quad \text{Ecuación 4.22}$$

Donde:

- F=fuerza a la que se encuentran sometidos los pernos
- N= Número de pernos requeridos

$$n = \frac{SpAt - Fi}{C \frac{F}{N}}$$

$$N = \frac{nCF}{SpAt - Fi}$$

$$N = \frac{2 * 0,2432 * 319,44klb}{85kPSI * 0,226plg^2 - 14,4klb}$$

N=37,13

Por lo tanto se coloca 38 pernos de ¼ plg \* 1 plg.

#### 4.6. CÁLCULO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A CARGAS

##### Introducción

En este cálculo se determinarán los elementos que se encuentran sometidos a cargas estáticas; para lo cual se realizó el análisis de cargas que soportara la base estructural donde está colocado todo el equipo de filtración de agua y en los de apoyos verticales que actúan como elementos sometidos a compresión ; por lo tanto al saber la cantidad de cargas totales existentes en el sistema, las mismas nos ayudarán a seleccionar el tipo de material y la elección de un perfil adecuado que pueda soportar todo la carga del sistema.

En las cargas que componen el equipo se encuentran:

- Peso de los filtros (fieltro de algodón)(carbón activado, grava, arena)
- Peso de carbón activado.
- Peso de grava.
- Peso de arena.
- Peso del agua.
- Peso de la bomba a utilizarse.
- Peso de la tubería.

## 4.6.1 Cálculo de cargas del sistema

### 4.6.1.1 Peso de los filtros

El peso de los tanques se calcula con la ecuación 4.23:

$$W = \gamma * V \quad \text{Ecuación 4.23}$$

Dónde:

- W: Peso (kg)
- $\gamma$ : peso específico del acero
- V: volumen del tanque de almacenamiento
- $\delta = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  Densidad del acero.

### Cálculo del peso específico:

Para el cálculo del peso específico utilizamos la ecuación 4.24:

$$\gamma = \delta * g \quad \text{Ecuación 4.24}$$

$$\gamma = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\gamma = 76930 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * \frac{\text{Kg}}{9,8\text{N}}$$

$$\gamma = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

### 4.6.1.2 Peso del filtro #1 (fieltro de algodón)

El peso se calcula con el dato obtenido del peso específico del acero y volumen del filtro.

Sabiendo las dimensiones de los filtros previamente calculados, se procede a calcular el volumen del filtro de la siguiente forma:

$$V = \frac{\pi}{4} * H * (D^2 - d^2)$$

$$V = \frac{\pi}{4} * 0,49m * (0,35m^2 - 0,34m^2)$$

$$V = 0,003 m^3$$

Con los datos obtenidos y mediante la ecuación 4.23, podemos calcular el peso del tanque de la siguiente forma:

$$W = \gamma * V$$

$$W = 7850 \frac{kg}{m^3} * 0,003 m^3$$

$$W = 23,55 kg$$

#### 4.6.1.3 Peso del filtro #2 (carbón activado, grava, arena)

Se procederá de la misma forma como se calculó el peso del filtro # 1 teniendo así:

$$V = \frac{\pi}{4} * H * (D^2 - d^2)$$

$$V = \frac{\pi}{4} * 0,6m * (0,28m^2 - 0,27m^2)$$

$$V = 0,003m^3$$

Con los datos obtenidos y mediante la ecuación 4.23, se puede calcular el peso del tanque de la siguiente forma:

$$W = \gamma * V$$

$$W = 7850 \frac{kg}{m^3} * 0,003 m^3$$

$$W = 24kg$$

#### 4.6.1.4 Peso del carbón activado

$$\delta = 470 \frac{kg}{m^3} \quad \text{Densidad del carbón.}$$

$$\gamma = \delta * g$$

$$\gamma = 470 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\gamma = 4606 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * \frac{\text{Kg}}{9,8\text{N}}$$

$$\gamma = 470 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

El volumen de carbón activado que se va a utilizar para el filtro es:

$$V = (\pi * r^2) * H$$

$$V = (\pi * 0,135\text{m}^2) * 0,2\text{m}$$

$$V = 0,012 \text{ m}^3$$

Con los datos obtenidos y mediante la ecuación 4.23, se calcula el peso de la siguiente manera:

$$W = \gamma * V$$

$$W = 470 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,012 \text{ m}^3$$

$$W = 5,6\text{kg}$$

#### 4.6.1.5 Peso de la grava

$$\delta = 1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ Densidad de la grava.}$$

$$\gamma = \delta * g$$

$$\gamma = 1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\gamma = 15680 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * \frac{\text{Kg}}{9,8\text{N}}$$

$$\gamma = 1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

El volumen de la grava que se va a utilizar para el filtro es:

$$V = (\pi * r^2) * H$$

$$V = (\pi * 0,135m^2) * 0,1m$$

$$V = 0,005 m^3$$

Con los datos obtenidos y mediante la ecuación 4.23, se calcula el peso de la siguiente manera:

$$W = \gamma * V$$

$$W = 1600 \frac{kg}{m^3} * 0,005 m^3$$

$$W = 9kg$$

#### 4.6.1.6 Peso de la arena

$$\delta = 1600 \frac{kg}{m^3} \text{ Densidad de la arena.}$$

$$\gamma = \delta * g$$

$$\gamma = 1600 \frac{kg}{m^3} * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$\gamma = 15680 \frac{N}{m^3} * \frac{Kg}{9,8N}$$

$$\gamma = 1600 \frac{kg}{m^3}$$

El volumen de la arena que se va a utilizar para el filtro es:

$$V = (\pi * r^2) * H$$

$$V = (\pi * 0,135m^2) * 0,05m$$

$$V = 0,0028m^3$$

Con los datos obtenidos y mediante la ecuación 4.23, se calcula el peso de la siguiente manera:

$$W = \gamma * V$$

$$W = 1600 \frac{kg}{m^3} * 0,0028 m^3$$

$$W = 4,5 kg$$

#### 4.6.1.7 Peso de agua en el filtro #1 (filtro de algodón)

$$\delta = 998,29 \frac{kg}{m^3} \text{ Densidad del agua a temperatura de } 20^{\circ}C$$

$$\gamma = \delta * g$$

$$\gamma = 998,29 \frac{kg}{m^3} * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$\gamma = 9,783.24 \frac{N}{m^3} * \frac{Kg}{9,8N}$$

$$\gamma = 998,29 \frac{kg}{m^3}$$

El volumen de agua del filtro es:

$$V = (\pi * r^2) * H$$

$$V = (\pi * 0,17m^2) * 0,49m$$

$$V = 0,044m^3$$

Con los datos obtenidos se calcula el peso del agua:

$$W = \gamma * V$$

$$W = 998,29 \frac{kg}{m^3} * 0,044 m^3$$

$$W = 44 kg$$

#### 4.6.1.8 Peso de agua en el filtro #2 (carbón activado, grava, arena)

$\delta = 998,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  Densidad del agua a temperatura de 20°C

$$\gamma = \delta * g$$

$$\gamma = 998,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\gamma = 9.783,24 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * \frac{\text{Kg}}{9,8\text{N}}$$

$$\gamma = 998,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

El volumen del agua en el filtro es:

$$V = (\pi * r^2) * H$$

$$V = (\pi * 0,135\text{m}^2) * 0,6\text{m}$$

$$V = 0,034\text{m}^3$$

Con los datos obtenidos se calcula el peso del agua:

$$W = \gamma * V$$

$$W = 998,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,034 \text{m}^3$$

$$W = 34,3 \text{kg}$$

#### 4.6.1.9 Peso tubería de acero galvanizado de 3/4"

$\gamma = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  Peso específico acero galvanizado.

Calculamos el volumen de la tubería:

$$V = \frac{\pi}{4} * L * (D^2 - d^2)$$

$$V = \frac{\pi}{4} * 0.6m * (0.0267^2 - 0.0209^2)$$

$$V = \frac{\pi}{4} * 0,6m * (0,0267^2 - 0,0209^2)$$

$$V = 0,00013m^3$$

Por último calculamos el peso:

$$W = \gamma * V$$

$$W = 7850 \frac{kg}{m^3} * 0,00013 m^3$$

$$W = 1,021 kg$$

En la tabla 4.17 se observa el cuadro de pesos de los componentes de los filtros.

Descripción	Peso (kg)	Sub Total (Kg)
Filtro #1	23,55	67,55
Agua	44	
Filtro #2	24	77,4
Carbón activado	5,6	
Grava	9	
Arena	4,5	
Agua	34,3	
Tubería y accesorios	1,021	1,021
<b>Total</b>		<b>145,71</b>

**Tabla 4.17:** Cuadro de pesos de los componentes de los filtros.  
**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

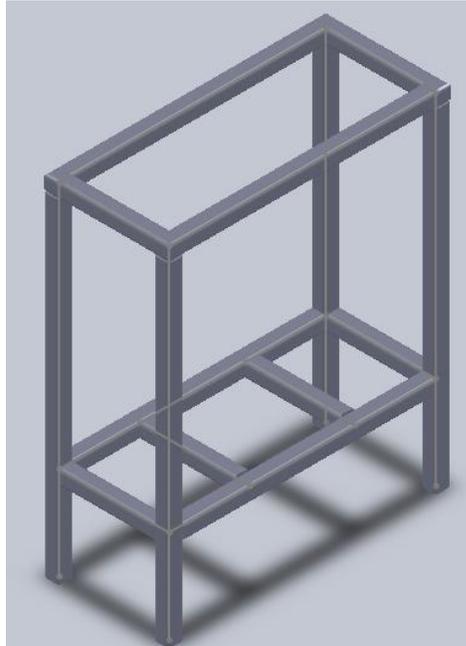
#### 4.6.2 Análisis de elementos estructurales sometidos a cargas

En lo que se refiere al estudio realizamos un pre diseño de la estructura que se encarga de soportar el peso de todos los componentes que forman parte del sistema de filtración de agua.

Para el cálculo de esfuerzos que se generan en la estructura tomamos en cuenta la carga total del sistema como una carga distribuida en toda el área existente; por lo que es

necesario realizar un análisis de momentos y esfuerzos para posteriormente seleccionar un material de sección adecuado y con esto asegurar que la estructura tiene la capacidad de soportar cargas y trabajar sin ningún problema a futuro.

En la gráfica 4.18, se muestra el modelo de la estructura que se encuentra sometida a dichas cargas



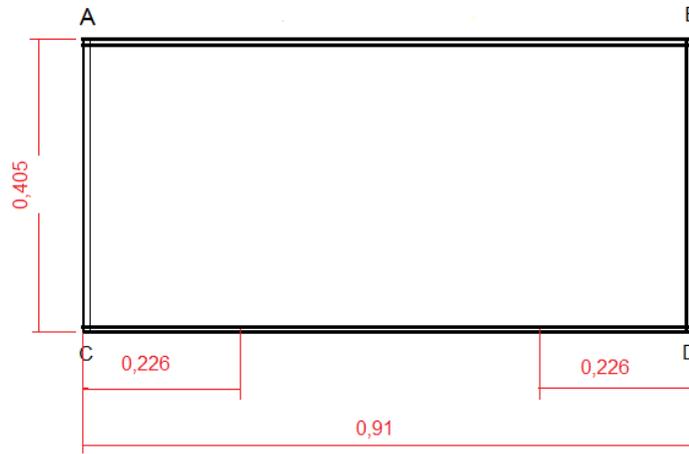
**Gráfica 4.18:** Estructura de asentamiento de equipo de filtración de agua

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

#### **4.6.2.1 Elementos de estructura de asentamiento sometidos a cargas**

Los elementos de la estructura de asentamiento tienen como función soportar todas las cargas estáticas existentes en el equipo de purificación de agua.

En la gráfica 4.19 se indican los elementos de la estructura de asentamiento sometidos a esfuerzos:



**Gráfica 4.19:** Elementos sometidos a análisis estructural

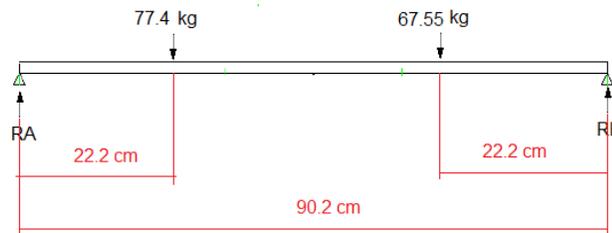
**Fuente;** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

#### 4.6.2.1.1 Cálculo de los elementos longitudinales

Se continua con el análisis de la estructura donde se asentara el equipo de filtros, calcularemos las vigas AB y CD con.

#### 4.6.2.1.2 Reacciones en los apoyos

Como primer paso en el análisis de una viga, es mostrar todas las cargas y reacciones en el diagrama de cuerpo libre.



**Gráfica 4.20:** Diagrama de cuerpo libre

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

$$\sum MA = 0$$

$$(77,4\text{kg} * 22,2 \text{ cm}) + (67,55\text{kg} * 68 \text{ cm}) - (RB * 90,2 \text{ cm}) = 0$$

$$RB = \frac{1718,28 \text{ kg cm} + 4593,4 \text{ kg cm}}{90,2 \text{ cm}}$$

$$RB = 70 \text{ Kg}$$

$$\sum MB = 0$$

$$(RA * 90,2 \text{ cm}) - (74,4\text{kg} * 68 \text{ cm}) - (67,55 \text{ Kg} * 22,2 \text{ cm}) = 0$$

$$RA = \frac{5059,2 \text{ kg cm} + 1499,6 \text{ kg cm}}{90,2 \text{ cm}}$$

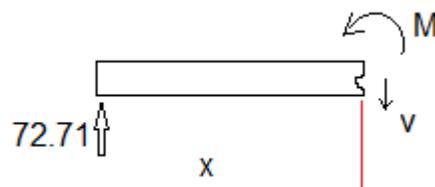
$$RA = 72,71\text{Kg}$$

#### 4.6.2.1.3 Fuerzas cortantes y momentos flexionantes

Las fuerzas cortantes son fuerzas internas generadas en el material de una viga para equilibrar las fuerzas externas aplicadas y garantizar el equilibrio de todas sus partes.

Los momentos flexionantes son momentos internos que se generan en el material de una viga para equilibrar la tendencia de las fuerzas externas de hacer que gire cualquier parte de ella.

Solución: Para  $0 < x < 22,2$



$$\sum M = 0$$

$$M - (72,71 \text{ kg} * x) = 0$$

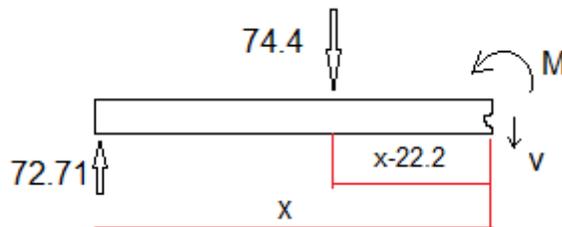
$$M = 72,71 \text{ kg} * x$$

$$\sum Fy = 0$$

$$(72,71 \text{ kg}) = V$$

X	V (Kg)	M (kg *cm)
0	72,71	0
22,2	72,71	1.614,16

Para  $22,2 < x < 68$



$$\sum M = 0$$

$$M - (72,71 \text{ kg} * x) + (74,4 \text{ kg} * (x - 22,2)) = 0$$

$$M = (72,71 \text{ kg} * x) - (74,4 \text{ kg} * x) + 1651,68 \text{ kg cm}$$

$$M = 1651,68 \text{ kg cm} - 1,69 \text{ kg} * x$$

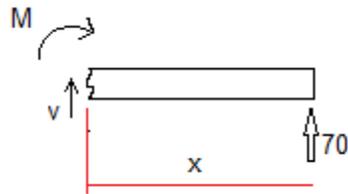
$$\sum Fy = 0$$

$$(72,71 \text{ Kg} - 74,4 \text{ Kg}) = V$$

$$V = -1,69 \text{ Kg}$$

<b>X</b>	<b>V (Kg)</b>	<b>M (kg *cm)</b>
22,2	-1,69	1.614,16
68	-1,69	1.537

Para  $68 < x < 90,2$



$$\sum M = 0$$

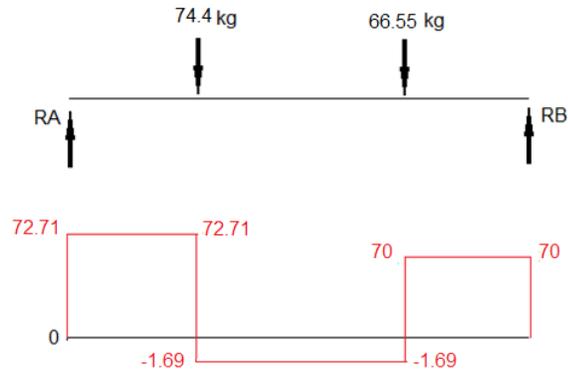
$$M - 70kg * (90,2 - x) = 0$$

$$M = 6314Kg \text{ cm} - 70 * x$$

$$\sum Fy = 0$$

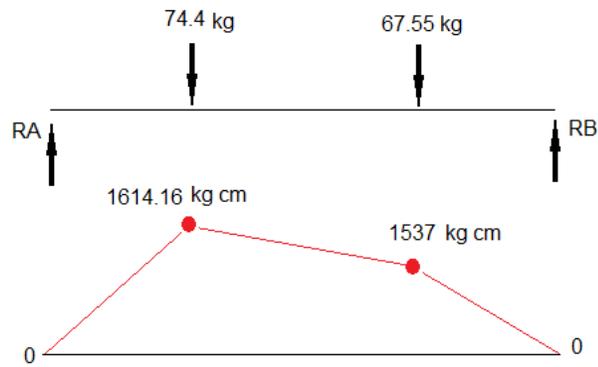
$$V = 70 Kg$$

<b>X</b>	<b>V (Kg)</b>	<b>M (kg *cm)</b>
68	70	1.537
90,2	70	0



**Gráfica 4.21:** Diagrama de fuerza cortante

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio



**Gráfica 4.22:** Diagrama de fuerza cortante

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

#### 4.6.2.1.4 Cálculo del módulo de sección en viga AD

Para determinar la sección de vigas se realiza el siguiente análisis:

$$S_x = \frac{M_x}{Fb} \quad \text{Ecuación 4.24}$$

Dónde:

- $S_x$  = Modulo de sección (Tabulada)
- $M$  = momento máximo

- Fb = esfuerzo admisible a la flexión.
- Fb= 0.66 Sy apoyo lateral total

$$M_x = 1614,16 \text{ kg cm} * \frac{2.205 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ plg}}{2,54 \text{ cm}}$$

$$M_x = 1401,26 \text{ lbplg} = 1,4 \text{ Klb plg}$$

$$S_x = \frac{1,4 \text{ klb plg}}{0,66 * 36 \frac{\text{klb}}{\text{plg}^2}}$$

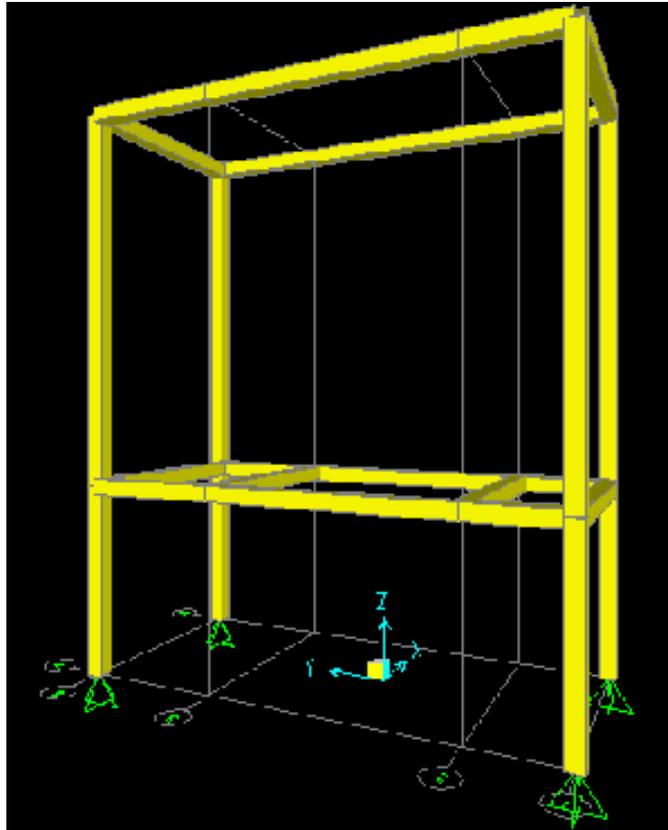
$$S_x = 0,06 \text{ plg}^3 = 1 \text{ cm}^3$$

## 4.7 SIMULACIÓN EN EL PROGRAMA SAP

La simulación en el programa SAP nos ayuda a comprobar que el elemento estructural elegido es el correcto para la construcción de la estructura.

### 4.7.1 Estructura dibujada en SAP

Para la simulación debemos dibujar la estructura con las dimensiones del tubo cuadrado que se eligió con sus respectivas longitudes como se observa en la gráfica 4.23, donde también va a ir colocada las cargas que soportara dicha estructura.



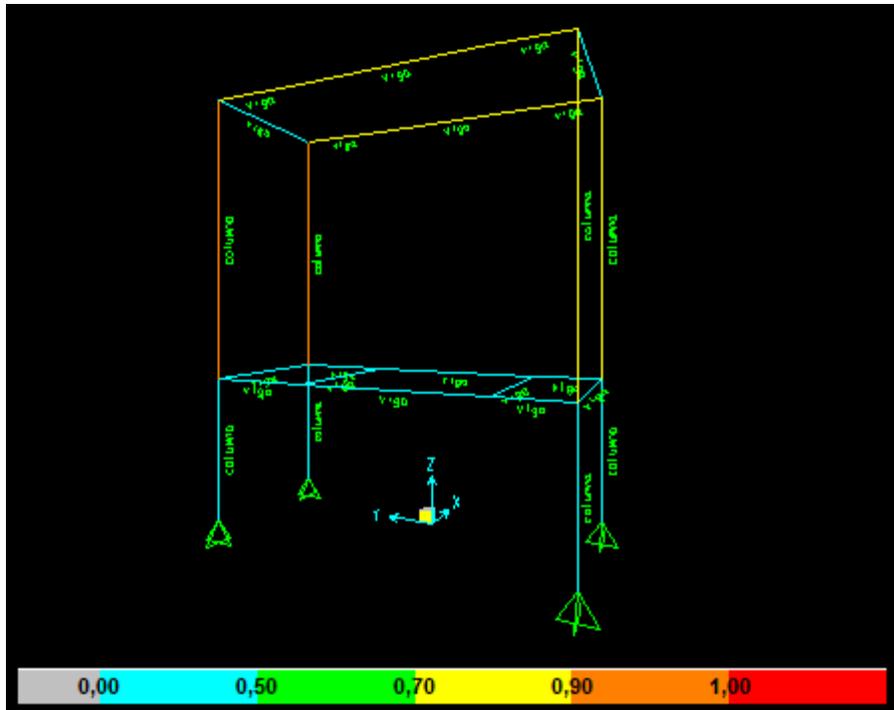
**Gráfica 4.23:** Perfil obtenido programa SAP

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

#### **4.7.2 Verificación de la estructura**

Con el programa SAP nos ayuda a verificar que nuestro perfil cuadrado soportara las cargas del sistema.

En el programa nos indica unas barras de colores la que va ascendiendo e indica en que sectores se encuentran sometidos a más esfuerzos.



Gráfica 4.24: Simulación de Cargas

Fuente: Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 4.7.3 Selección Del Perfil De Estructura De Asentamiento

La selección se la realiza con los catálogos proporcionados por la empresa DIPAC. Gráfica 4.23.

En un sub capítulo anterior se encuentra el módulo de sección  $S_x = 1 \text{ cm}^3$ , con este dato y con ayuda de los catálogos que proporciona dicha empresa, se ubica el dato más cercano y se selecciona de la siguiente manera como se puede ver en la gráfica 4.25.

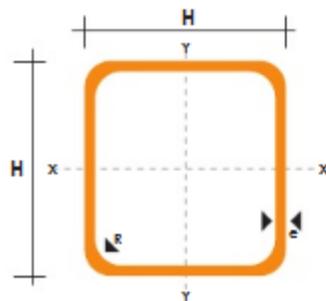
# TUBO MECANICO CUADRADO

## Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTMA-513
<b>Recubrimiento</b>	Negro o Galvanizado
<b>Largo normal</b>	6mts
<b>Otros largos</b>	Previa consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 1/2" a 2"
<b>Espesor</b>	Desde 0,6 a 1,5 mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm2	I cm4	W cm3	i cm
12	0,8	0,30	0,37	0,09	0,14	0,48
12	1,0	0,37	0,50	0,11	0,18	0,47
15	0,8	0,36	0,45	0,15	0,20	0,58
15	1,0	0,45	0,61	0,20	0,26	0,57
20	0,8	0,49	0,61	0,38	0,38	0,79
20	1,0	0,60	0,83	0,50	0,50	0,77
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
25	0,8	0,61	0,77	0,76	0,61	0,99
25	1,0	0,76	1,05	1,00	0,80	0,98
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
30	0,8	0,74	0,93	1,33	0,89	1,19
30	1,0	0,92	1,27	1,77	1,18	1,18
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,47	1,15
40	0,8	0,99	1,25	3,21	1,61	1,60
40	1,0	1,23	1,71	4,32	2,16	1,59
40	1,2	1,47	1,86	4,68	2,34	1,59
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
50	1,2	1,84	2,34	9,30	3,72	1,99
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97



NOMENCLATURA	
A=	Area de la selección transversal del tubo, cm <sup>2</sup>
I=	Momento de inercia de la sección, cm <sup>4</sup>
W=	Módulo resistente de la sección, cm <sup>3</sup>
i=	Radio de giro de la sección, cm

Gráfica 4.25: Cuadro de propiedades de perfiles tubulares estructurales proporcionado por empresa

DIPAC

Fuente: [www.dipac.com.ec](http://www.dipac.com.ec)

## Conclusión

Mediante el catálogo de materiales de la empresa DIPAC seleccionamos el perfil de tubo cuadrado de 30 mm \* 30 mm con un espesor de 1 mm que satisface para soportar las cargas aplicadas.

La empresa en su patio de mecánica tiene perfiles de tubo 40mm\*40mm con un espesor de 1mm los cuales son proporcionados para fabricar la estructura.

## 4.8 MANÓMETROS PARA MEDICIÓN DE PRESIONES

Un manómetro es un instrumento que nos ayuda a medir las presiones a las que trabaja nuestro sistema, está conformado por un tubo; casi siempre doblado en forma de U, cuya superficie se desliza proporcionalmente a los cambios de presión.

La presión es una fuerza que ejerce sobre un área determinada, y se mide en unidades de fuerzas por unidades de área. Esta fuerza se puede aplicar a un punto en una superficie o distribuirse sobre esta. Cada vez que se ejerce se produce una deflexión, una distorsión o un cambio de volumen o dimensión.

Las mediciones de presión en nuestro sistema no son muy altas, es por esto que hemos utilizado manómetros de rangos no muy elevados y fáciles de encontrar en el mercado. En la tabla 4.18 se puede observar sus características:

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Ø nominal:	43 mm. / 53 mm.
Caja:	Acero estampado pintada en negro (acero inox. bajo demanda). Protección IP32
Movimiento:	De latón duro.
Esfera:	Fondo blanco, doble escala bar (negro) y psi (rojo).
Aguja:	De aluminio pintada en negro.
Precisión:	±2,5% final escala.
Visor:	Acrílico. (Vidrio bajo demanda).
Conexión:	1/8" - 1/4" GAS-M.

**Tabla 4.18:** Manómetros Utilizados.  
**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

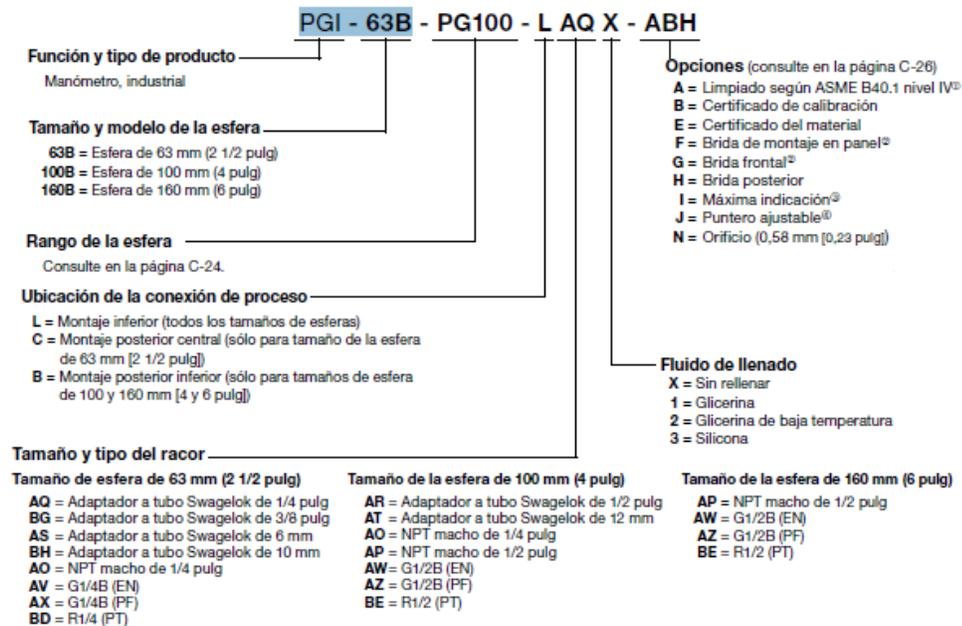
En la gráfica 4.26 se puede observar algunos modelos de los manómetros encontrados en el mercado y entre ellos los que se utiliza en el sistema.



Gráfica 4.26: Manómetros de diferentes rangos de medidas.

Fuente: Ferretería Tobar

#### 4.8.1 Nomenclatura de Selección



Gráfica 4.27: Nomenclatura

Fuente: <https://www.swagelok.com/WebCatalogs/pdf>

### Rango de la esfera indicadora

El rango del dial que seleccione debe ser al menos el doble de la presión de servicio del sistema, y ésta debe estar hacia la mitad del rango del dial (del 25 al 75 %).

La presión máxima está limitada por la conexión final.

No todos los rangos de dial y conexiones finales están disponibles para todos los modelos.

#### Modelos S, B, y M

Rango de la esfera, bar (escala primaria: bar; escala secundaria: psi)		
Minima	Máxima	Indicador
Vacío -1 bar	0	BC0
	0,6	BC.6
	1,5	BC1.5
	3	BC3
	9	BC9
0	1	BG1
	1,8	BG1.8
	2,5	BG2.5
	4	BG4
	6	BG6
	10	BG10
	16	BG16
	25	BG25
	40	BG40
	60	BG60
	100	BG100
	160	BG160
	250	BG250
	400	BG400
	600	BG600
1000	BG1000	

#### Modelos S, B, y M

Rango de la esfera, MPa (escala primaria: MPa; sin escala secundaria)		
Minima	Máxima	Indicador
Vacío -0,1 MPa	0	MC0
	0,06	MC.06
	0,15	MC.15
	0,30	MC.3
	0,50	MC.5
	0,90	MC.9
0	1,5	MC1.5
	0,1	MG.1
	0,16	MG.16
	0,25	MG.25
	0,40	MG.4
	0,60	MG.6
	1	MG1
	1,6	MG1.6
	2,5	MG2.5
	4	MG4
	6	MG6
	10	MG10
	16	MG16
	25	MG25
	40	MG40
60	MG60	
100	MG100	

**Gráfica 4.28:** Rango de la esfera indicadora

**Fuente:** <https://www.swagelok.com/WebCatalogs/pdf>

## 4.9 CONTROL ON/OFF PARA ENCENDIDO Y APAGADO DEL SISTEMA

Switch eléctrico doble tiro, provisto de 2 polos x 60Amperios, que le permite activar o suspender el paso del fluido eléctrico. Elaborado con materiales de gran calidad y seguridad. Muy utilizado en los hogares, especialmente para conectar las cocinas, también en talleres, fábricas, entre otros.

En la tabla 4.19 se puede observar las características de Switch que se utiliza en el sistema.

Característica	Especificación	Amperaje (A)
Switch de cuchillas	Doble tiro, 2 polos	60

**Tabla 4.19:** Switch Eléctrico

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

En la gráfica 4.29 podemos observar el Switch eléctrico empleado para el control ON/OFF del sistema.



**Gráfica 4.29:** Switch eléctrico doble tiro

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

## **4.10 OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA**

### **Generalidades**

El objetivo del sistema de filtración tiene como finalidad obtener agua apta para la reutilización en la mezcla del hormigón y demostrar que cumple con la norma técnica ASTM C 1602 (Anexo A) y proveer de una guía en el uso del agua no potable o reciclada.

Los aspectos más importantes que hemos tomado en consideración para la construcción de este proyecto son los siguientes:

- El tipo de agua que encontramos en las cisternas de la Hormigonera J.C.V.
- La calidad de agua que se desea obtener.
- Elementos utilizados en el sistema de filtración del agua.
- El generador de presión e impulsor necesario para el trabajo.

### **4.10.1 Características y Parámetros de Funcionamiento**

Para un correcto funcionamiento y un trabajo deseado del sistema de filtración se ha considerado las aplicaciones más importantes por las que se la ha fabricado.

Entre las principales podemos mencionar:

- Filtración de agua para disminuir el contenido de cloro.
- Disminuir las cantidades de sulfatos como  $SO_4$
- Obtener agua con bajo contenido de álcalis.
- Disminuir el porcentaje de sólidos en suspensión en el agua

Con los parámetros mencionados obtenemos agua que pueda ser reutilizada en la mezcla de hormigón.

#### **4.10.2 Parámetros de Funcionamiento**

Los parámetros de funcionamiento que se debe tomar en consideración en el sistema de filtración de agua son los siguientes:

##### **1.- Caudal**

El caudal con el que se trabaja se puede observar en el capítulo 4, sección 4.1.

##### **2.- Presión**

- Presión neta de trabajo necesaria para que el fluido pueda circular a través de los elementos filtrantes y alcance la altura necesaria para su depósito.

#### **4.10.3 Cuadro de Parámetros de Funcionamiento**

Se detallan los parámetros de funcionamiento que se generan mediante el arranque y puesta en marcha de la bomba que forma parte del sistema.

En la tabla 4.20 se observan los valores de las presiones con la que arranca el sistema y servirán de ayuda para detectar si el sistema trabaja con normalidad.

Manómetros	Presión (PSI.)
Manómetro 1 entrada a filtro#1	38
Manómetro 2 entrada a filtro#2	40
Manómetro 3 salida de filtro #2	10

**Tabla 4.20:** Cuadro de presiones al arranque del sistema.

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

#### **4.11 Construcción del sistema de filtración**

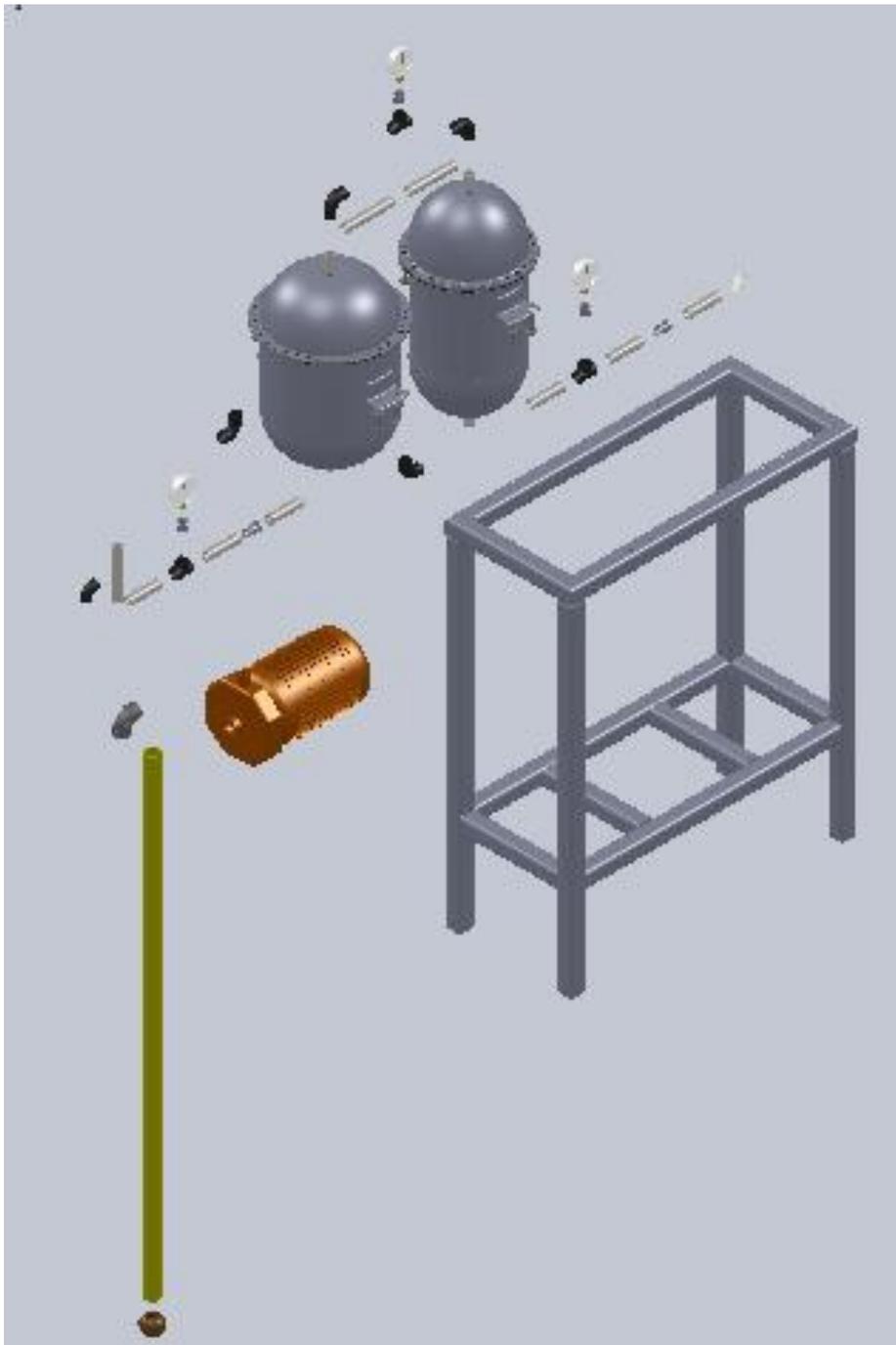
En esta sección se presentan algunos diagramas y esquemas mediante los cuales se explica detalladamente cada una de las fases y procesos de construcción involucrados tanto en la construcción como en el montaje de la unidad de filtración.

Cabe destacar que además de poseer el conocimiento para la fabricación de los elementos que conforman el sistema de filtración es necesario considerar y ubicar talleres donde se puedan fabricar estos elementos.

##### **➤ Etapas de construcción**

En la construcción del sistema de filtración de agua para la hormigonera JCV, cuneta con las siguientes etapas de construcción, las cuales deben tener una secuencia lógica para disminuir el tiempo de fabricación.

- I. Compra de materia prima.
- II. Almacenamiento de materia prima. (En un lugar libre de humedad para evitar problemas de corrosión y deterioro de material)
- III. Trazado sobre materia prima.
- IV. Inicio de procesos de construcción.
- V. Acabados
- VI. Inspección
- VII. Pruebas de campo.



**Gráfica 4.30:** Vista explosionada del sistema de filtración.

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

➤ **Elementos necesarios para la construcción del sistema de filtración**

Los materiales a utilizar son:

- Flexómetro de 3 metros de longitud (En pulgadas y milímetros)
- Moladora con discos de corte y desbaste.
- Arco de sierra de 300mm con sierras diente fino y grueso (24 y 18 dientes /pulgada respectivamente)
- Juego de limas
- Soldadora SMAW o MIG.
- Compresor y soplete
- Pintura y solvente (thinner)
- Escuadra
- Tiza o marcador permanente.
- Franela o Guaipe.
- Lija.
- Grata.
- Cíncel
- Taladro manual
- Brocas de 6, 8, 10, 13 mm
- Divisor universal
- Taladro de pedestal
- Baroladora
- Embutidora
- Terraaja de  $\frac{3}{4}$  , 1” ,con rosca NPT
- Oxicorte/plasma
- Martillo
- Sacabocados,
- Llaves mixtas, de tubo de 18” y de pico.

➤ **Procesos tecnológicos.**

Los procesos necesarios para la construcción del sistema de filtración son enumerados en la tabla 4.21 mostrada a continuación:

Procesos Tecnológicos	
Procesos	Descripción
1	Corte de material
2	Amolado
3	Soldado
4	Taladrado
5	Barolado
6	Embutido
7	Pintado

Tabla 4.21: **Procesos tecnológicos**

Fuente: **Galarza Daniel-Valenzuela Julio**

➤ **Materiales necesarios**

La materia prima para la construcción del sistema de filtración como se especificó en la sección anterior en su mayoría es acero A36, además de tubería galvanizada, PVC y caucho.

La Tabla 4.22 muestra detalladamente el uso de estos materiales en la construcción del sistema de filtración.

**MATERIA PRIMA UTILIZADA EN EL SISTEMA**

<b>Materia prima</b>	<b>Ubicación</b>
Plancha de acero A36	Filtros de 10 y 12"
Caucho	Sellos anti filtrantes
Tubo estructural cuadrado de 40*40mm	Estructura
Tubería Galvanizada	Succión de la bomba
Tubería de PVC	Descarga del sistema

**Tabla 4.22:** Materia prima

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

➤ **Piezas a construir**

En la tabla 4.23 se presentan los elementos que constituyen el sistema de filtración detallando los procedimientos de fabricación.

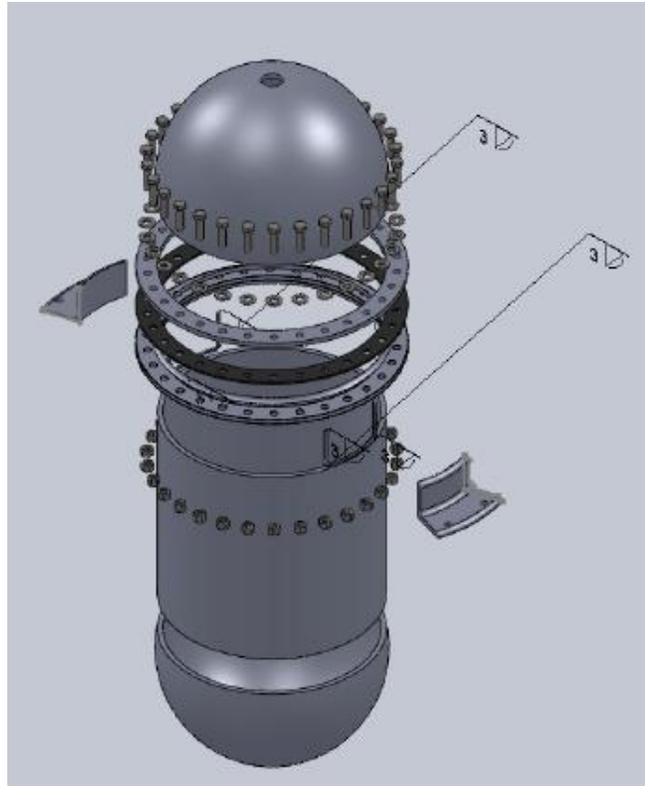
Elementos del sistema	Proceso	Materiales/ herramientas
Estructura	<b>Trazado:</b> Sobre materia prima <b>Corte:</b> Se realiza el corte del tubo estructural de acuerdo a las especificaciones de los planos	Acero A36, oxicorte, Moladora, arco de cierra Tiza, marcador permanente
	<b>Amolado:</b> Eliminación de rebabas	Moladora
	<b>Soldadura:</b> Se conjugan los tubos estructurales según lo indican los planos	Suelda SMAW
	<b>Perforaciones:</b> Agujeros de sujeción de los filtros.	Taladro, brocas
	<b>Limpieza:</b> Eliminación de escorias producto de la soldadura, y rebabas	Moladora, Cinzel, avellanador
	<b>Pintura:</b> Se pinta todo la estructura con anticorrosivo (fondo) y pintura	Compresor, brochas, pintura
Filtros	<b>Trazado:</b> Sobre materia prima <b>Corte:</b> se cortan la plancha de acuerdo a las especificaciones de los planos, ángulos de sujeción y bridas (anillos para la unión entre los filtros y cascos) etc.	Acero A36 Oxicorte o plasma Tiza, Marcador
	<b>Barolado:</b> Obtener la forma cilíndrica de los filtros según planos	Baroladora
	<b>Embutido:</b> Dar la forma a los cascos del filtro según planos	Prensa
	<b>Perforaciones:</b> En bridas y ángulos de sujeción.	Divisor universal, taladro de pedestal, brocas
	<b>Limpieza:</b> Eliminación de escorias rebabas y filos cortantes	Moladora, avellanador
	<b>Soldadura:</b> Se conjugan los elementos previamente fabricados según lo indican los planos	Suelda SMAW

Elementos del sistema	Procesos	Materiales/ herramientas
	<b>Limpieza:</b> Eliminación de escorias rebabas y filos cortantes	Moladora, Cinzel
	<b>Pintura:</b> Se pinta todo la estructura con anticorrosivo (fondo) y pintura	Compresor, brochas, pintura, soplete
Tubería	<b>Corte:</b> de tuberías a medidas según planos	Arco de cierra Tubería Galvanizada y de PVC
	<b>Roscado:</b> En los extremos de la tubería según planos	Terraja, aceite
	<b>Limpieza:</b> Eliminación de rebabas y filos cortantes	Moladora, lima
Sellos anti filtrantes	<b>Corte:</b> De arandelas según plano	Tijeras, caucho
	<b>Perforaciones:</b> agujeros según planos	Sacabocados ,martillo

**Tabla 4.23:** Elementos a construir

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

La totalidad de elementos a construir se detallan en las gráficas 4.27 y 4.28



**Gráfica 4.31:** Vista explosionada del tanque de filtración.

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

Ahora bien se puede resumir todos los procesos de fabricación en la tabla 4.24:

Diagrama de flujo construcción			Tipo de actividad				
	Actividad	Descripción	■	➔	◆	▲	t(min)
1	Estructura	Transporte de material		x			240
2		Trazado	x				10
3		Corte	x				20
4		Eliminación de rebabas	x				3
5		Soldadura	x				180
6		Eliminación de escoria	x				5
7		Perforaciones	x				40
8		Eliminación de aristas y filos cortantes	x				5
9		Pintura	x				50
10		Inspección				x	x

Diagrama de flujo construcción			Tipo de actividad					
	Actividad	Descripción					t(min)	
11	<b>Filtros</b>	Transporte de material		x			240	
12		Trazado	x				10	
13		Corte	x				20	
14		Eliminación de rebabas	x				5	
15		Barolado	x				180	
16		Embutido	x				200	
17		Perforaciones	x				90	
18		Soldadura	x				360	
19		Eliminación de escoria	x				60	
20		Perforaciones	x				240	
21		Eliminación de aristas y filos cortantes	x				40	
22		Pintura	x				40	
23		Inspección				x	x	10
24		<b>Tubería</b>	Transporte de material		x			20
25	Trazado		x				10	
26	Corte		x				20	
27	Eliminación de rebabas		x				10	
28	Roscado		x				30	
29	Inspección					x	x	5
30	<b>Tanques de captación.</b>	Transporte de material		x			180	
31		Corte	x				180	
32		Soldadura	x				30	
33		Eliminación de escoria	x				5	
34		Eliminación de aristas y filos cortantes	x				5	
35		Pintura	x				50	
36		Inspección				x	x	10
Total de tiempo							2613	
Total de horas							43,55	
Tiempo en días de trabajo							5,44375	

**Tabla 4.24:** Diagrama de flujo de construcción.

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

Se determina que la todo el sistema de filtración de agua será fabricado en el transcurso de una semana laboral.

➤ **Montaje**

El siguiente diagrama de flujo muestra detalladamente los pasos a seguir para ensamblar las piezas del sistema de filtración prefabricadas con anterioridad teniendo así:

Diagrama de flujo montaje			Tipo de actividad				t(min)
Actividad	Descripción	Actividad realizada					
0	Obras civiles	Construir un canal para que el agua sea direccionada a las cisternas	x				480
1	Puesta a punto de la estructura	Verificar que la estructura donde se soportan los filtros no tenga ningún defecto de fabricación			x		5
2	Montaje de medios filtrantes	Colocar y fijar los medios filtrantes dentro de los filtros	x				20
3	Cerrar los filtros	Unir los cascos al cuerpo de los filtros mediante pernos	x				40
4	Montaje de los filtros	fijar los filtros a la estructura mediante pernos	x				30
5	Tubería	Colocar teflón y permatex en los extremos de la tubería para eliminar fugas una vez que el sistema empiece a funcionar	x				20
6	Tubería	Unir los pedazos de tubería a los accesorios según gráfica	x				40
7	Manómetros	Colocar los monómetros en la posición indicada según planos	x				
8	Bomba hidráulica	Montar la bomba y unir tanto la parte de la succión como de la descarga según grafico	x				60

Diagrama de flujo montaje			Tipo de actividad					
Actividad	Descripción	Actividad realizada					t(min)	
9	Conexión eléctrica	Instalar la caja eléctrica y conectar el motor (v= 100)	x				30	
10	Verificación de conexiones en tuberías y conexiones eléctricas	Verificar que todas la uniones de tuberías estén perfectamente ajustadas y las conexiones eléctricas bien aisladas y apretadas			x		15	
11	Pintura	Eliminar fallas producidas por el montaje en la capa de pintura previamente realizada	x				40	
12	Instalación de protección	Montar una reja alrededor del sistema para delimitar la manipulación del sistema	x				10	
13	Señalización	Colocar marcas del sentido de flujo del agua y señalar los riesgos presentes en el equipo	x				10	
14	Inspección final	Verificar que todo el sistema se encuentre a punto para encender la planta			x		20	
							tiempo total min	820
							tiempo total horas	13,667
							tiempo total días de trabajo	2

**Tabla 4.25:** Diagrama de flujo de Montaje

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

## **CAPÍTULO 5**

### **COSTOS DEL PROYECTO**

#### **Introducción**

En el presente capítulo, se realiza un estudio detallado donde se analiza los costos de cada uno de los elementos (tanques, tuberías, filtros, válvulas, manómetros, bomba, etc.).

El objetivo de este análisis, es determinar la cantidad de recursos económicos a emplearse en el diseño, la construcción y la puesta en funcionamiento del sistema para la reutilización de agua en la HORMIGONERA J.C.VALENZUELA CIA. LTDA.

Para este fin se parte de un análisis que toma en cuenta costos directos y costos indirectos. Dentro de estos costos se toma en cuenta materia prima, insumos, costos de mecanizado, costos de montaje, mano de obra y otros.

La empresa al contar con un taller donde realiza mantenimiento de su patio de vehículos, maquinaria, etc.; nos proporcionó de planchas de acero para la fabricación de los filtros, de tubo cuadrado que se utilizaron en la estructura, electrodos para soldar los elementos que son necesarios.

Por esta razón los costos que implican la construcción del sistema, se dividen de la siguiente manera.

#### **5.1 CÁLCULO DE COSTOS**

A continuación se detallan los costos involucrados en el proyecto.

- Materiales e insumos
- Costos insumos eléctricos
- Insumos consumibles
- Insumos indirectos
- Válvulas y manómetros
- Tuberías y accesorios de acoplamiento

- Mecanizado
- Costo de Análisis de agua
- Costos De Diseño E Ingeniería Del Sistema
- Costo Total del Proyecto

### 5.1.1 Costos de materiales e insumos.

Los costos de materiales e insumos, son los que se generan de la compra de la materia prima y elementos normalizados que se necesita para la fabricación de elementos del sistema, se puede ver detalladamente en la tabla 5.1.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
1	Pernos 1/4 * 1plg	Unidad	76	0,06	4,56
2	tuerca 1/4	Unidad	84	0,02	1,68
3	arandela 1/4	Unidad	84	0,02	1,68
4	Tubo cuadrado (30*30*1)mm	Metros	20	8,00	160,00
5	Tornillos 1/4*2 1/2	Unidad	8	0,06	0,48
6	Electrodos E 6011	Kilo	1	2,50	2,50
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>170,90</b>
				<b>IVA 12%</b>	<b>20,58</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>191,48</b>

**Tabla 5.1:** Costos de materiales e insumos

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 5.1.2 Costos de insumos eléctricos.

Estos costos, son los que se genera del uso de materiales eléctricos, y de los componentes del sistema de control, con lo que se incluye bomba centrifuga.

Estos elementos están detallados en la tabla 5.2.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
1	Alambre gemelo	metros	10	1,40	14,00
2	Bomba centrifuga 1 HP	unidad	1	155,76	155,76
3	Switch cuchilla 2 Polos	unidad	1	2,38	2,38
SUBTOTAL					172,14
IVA 12%					20,65
TOTAL					192,79

**Tabla 5.2:** Costos de insumos eléctricos

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 5.1.3 Costo de insumos consumibles

Estos costos, son los que generan los materiales filtrantes y que en un cierto tiempo se los deberá reemplazar para que el sistema funcione correctamente.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
1	Carbón Activado	Kg	25	75,00	75,00
2	Filtro de algodón	Unidad	1	5,00	5,00
3	Grava	Kg	5	2,50	12,50
4	Arena	Kg	2	2,50	5,00
5	Papel Victoria	Unidad	1	3,00	3,00
6	Silicona	Unidad	1	1,75	1,75
SUBTOTAL					102,25
IVA 12%					12,27
TOTAL					114,52

**Tabla 5.3:** Costos de insumos consumibles

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 5.1.4 Costos de insumos indirectos

Estos costos, son los que se generan del uso de materiales suplementarios, en la construcción de los componentes del sistema.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
1	Teflón	Unidad	2	0,22	0,44
2	Permatex	Unidad	1	1,34	1,34
3	Sintético Amarillo	Galón	3/4.	6,70	20,10
4	Fondo Uniprimex	Galón	1/4.	8,00	8,00
5	Thinner	Litros	2	1,50	3,00
6	lija	Unidad	2	0,30	0,60
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>33,48</b>
				<b>IVA 12%</b>	<b>4,01</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>37,49</b>

**Tabla 5.4:** Costos de insumos indirectos

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 5.1.5 Costos de válvulas y manómetros

Estos costos, son los que se generan del uso de materiales que nos ayudan a controlar presiones generadas en el sistema como son manómetros y válvulas de descarga.

La válvula de pie nos ayuda a que sólidos no pasen a través de la tubería y lleguen a la bomba.

En la tabla 5.5 se detallan los costos de válvulas y de manómetros.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
1	Manómetro 0-60 PSI	unidad	2	14,50	29,00
2	Manómetro 0-100 PSI	unidad	1	14,50	14,50
3	Bushing 3/4*1/4	unidad	3	1,58	4,74
4	Válvula de descarga	unidad	2	6,25	12,50
5	Neplos Bussin 1/4 *1/4	unidad	2	2,46	4,92
6	Válvula de pie 1 ¼	unidad	1	20,86	20,86
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>86,52</b>
				<b>IVA 12%</b>	<b>10,38</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>96,90</b>

**Tabla 5.5:** Costos de válvulas y manómetros

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 5.1.6 Costos de tubería y accesorios de acoplamiento

Este costo, tiene que ver con el valor respecto a la tubería utilizada en la circulación de agua en el sistema.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
1	Neplo 3/4 * 15	Unidad	2	1,00	2,00
2	Neplo 3/4 * 8	Unidad	2	0,62	1,24
3	universal ¾	Unidad	1	0,60	0,60
4	check 3/4 llave	Unidad	3	11,16	33,48
5	Codos 90° 3/4	Unidad	5	0,62	3,10
6	tubo 3/4	Metros	6	2,50	15,00
				SUBTOTAL	55,42
				IVA 12%	6,65
				TOTAL	62,07

**Tabla 5.6:** Costos de tuberías y accesorios de acoplamiento

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 5.1.7 Costos de mecanizado

Este costo, tiene que ver con el valor respecto a la mano de obra directa empleada en las maquinas herramientas para la fabricación de piezas del sistema. (Ver tabla 5.7)

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
1	Estructura	1	75,00	75,00
2	Barolado plancha ¼	2	35,00	70,00
3	Tapa de fondo	4	95,00	380,00
4	Taladrado	76	0,14	76,00
5	Suelda de tanques	2	50,00	100,00
			SUBTOTAL	701,00
			IVA 12%	84,12
			TOTAL	785,12

**Tabla 5.7:** Costos de mecanizados

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 5.1.8 Costo de Análisis de agua

Este costo, tiene que ver con el valor respecto a los análisis de agua para controlar la calidad de agua que obtenemos del sistema.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
1	Análisis físicoquímicos 1	unidad	1	55,50	55,60
2	Análisis físicoquímicos 2	unidad	1	55,60	55,60
				SUBTOTAL	111,20
				IVA 12%	13,34
				TOTAL	124,54

**Tabla 5.8:** Costos de análisis de agua

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 5.1.9 Costos De Diseño E Ingeniería Del Sistema

El valor del diseño del proyecto bordea el 40% del total del proyecto equivalente a 1.634,95 U.S.D.; como se indica a continuación en la tabla 5.9:

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
1	Diseño, estudio, cálculos, ingeniería del proyecto	USD	1	653,98	653,98
				SUBTOTAL	653,98
				IVA 12%	0,00
				TOTAL	653,98

**Tabla 5.9:** Costos de diseño e ingeniería del sistema

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 5.1.10 Costo Total del Proyecto

Es el costo total empleado para la fabricación del sistema de filtración.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Materiales e Insumos	USD	191,48	191,48
2	Insumos eléctricos	USD	192,79	192,79
3	Insumos consumibles	USD	144,52	144,52
4	Insumos indirectos	USD	37,50	37,50
5	Válvulas y manómetros	USD	96,90	96,90
6	Tuberías y conexiones	USD	62,07	62,07
7	Mecanizado	USD	785,12	785,12
8	Análisis de agua	USD	124,54	124,54
9	Costos de Ingeniería	USD	464,83	653,98
			SUBTOTAL	2.288,93
			IVA 12%	0,00
			TOTAL	2.288,93

**Tabla 5.10:** Costos total del proyecto

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

Análisis de retorno económico del proyecto se lo explica en el siguiente capítulo de análisis de resultados.

Tomando en cuenta que el valor que se invierta en el proyecto, tiene total justificación en comparación a la multa que la empresa acataría si no implementa el sistema de reutilización de agua.

## CAPÍTULO 6

### PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### Introducción

Durante el proceso de construcción y más aún en el montaje se realizan pruebas preliminares en las cuales, se puede verificar si todas las piezas tienen un funcionamiento satisfactorio, y aquellas que presenten fallas o errores dimensionales pueden ser corregidas, a fin de que no se vea afectada la funcionalidad de la máquina, por lo tanto al identificar estos errores a tiempo se garantizan que al momento de realizar las pruebas de campo definitivas se obtengan buenos resultados.

Las pruebas se deben realizar con carga y una observación visual en vacío. Estas pruebas deben evaluar los siguientes aspectos:

- Ensamble: sistemas hidráulico, eléctrico, acabados del sistema.
- Control de pruebas fisicoquímicas del agua.
- Verificación visual de la calidad del agua.
- Rendimiento.

#### 6.1 INSPECCIÓN MONTAJE DEL SISTEMA

##### 1. Ensamblaje:

- Verificar ubicación correcta de cada elemento de los diferentes sistemas.  
Satisfactorio: Todos los elementos están en su respectivo sitio.  
No satisfactorio: Existe elementos que no estén en su sitio, elementos no asegurados.
- Instalaciones eléctricas:  
Satisfactorio: Las instalaciones eléctricas están conectadas y aisladas adecuadamente.  
No satisfactorio: Existe cables descubiertos, riesgo de cortocircuito.
- Acabados del sistemas:

Satisfactoria: El sistema tiene acabados sin aristas agudas, buen acabado superficial.

No satisfactoria: Acabados que puedan causar lesiones físicas.

### VERIFICACIÓN DE COMPONENTES

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA PROTOCOLO DE PRUEBAS			
1.- Datos Generales			
EQUIPO:		Sistema de Filtración	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN		Galarza Daniel Valenzuela Julio	
LUGAR DE LA PRUEBA		Hormigonera J.C.Valenzuela	
2.- VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES GENERALES			
PARÁMETRO	RESULTADO	SE ACEPTA	NO SE ACEPTA
Alto	120 cm	x	
Largo	91 cm	x	
Ancho	40,5 cm	x	
3.- MONTAJE DEL EQUIPO			
Elemento	Calidad		
	Buena	Regular	Mala
Bomba	X		
Filtro #1	X		
Filtro #2	X		
Tubería y Accesorios	X		
Manómetros	X		
Válvula de pie	X		

**Tabla 6.1:** Verificación de Componentes

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

## **6.2 PRUEBAS CON CARGA**

### **1. Control de pruebas fisicoquímicas del agua**

Como indica la ordenanza 213 de medio ambiente que rige en el Distrito Metropolitano de Quito, las empresas que funcionan en estos predios están obligadas a cumplir auditoría ambiental, la cual la realiza la entidad de seguimiento y esta encargada de verificar que el agua que se desperdicia en las empresas se la vuelva a reutilizar y de que la empresa presente análisis fisicoquímicas de estas aguas trimestralmente.

### **2. Verificación Visual de la calidad del agua**

Satisfactorio: El agua que se obtiene, tiene mejor calidad visual y además se encuentra dentro de los parámetros de la norma C1602

No satisfactoria: El agua que se obtiene, es de mala calidad y parecida a la que se encuentra en la cisterna de la empresa.

Para controlar estos parámetros podremos ayudarnos con la tabla 6.2.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA PROTOCOLO DE PRUEBAS			
1.- DATOS GENERALES			
EQUIPO:		Sistema de Filtración	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN		Galarza Daniel Valenzuela Julio	
LUGAR DE LA PRUEBA		Hormigonera J.C.Valenzuela	
2.- CALIDAD DEL AGUA			
Tiempo (Semana)	Calidad		
	Buena	Regular	Mala
1	X		
2	X		
3	X		
4	X		
3.-CALIDAD FISICO-QUÍMICO			
Meses	Calidad		
	Buena	Regular	Mala
1	X		
2	X		
3	X		

**Tabla 6.2:** Calidad del Agua

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 3. Rendimiento

#### Verificar el rendimiento del sistema de filtración

Satisfactorio: El sistema produce un mínimo de 10 galones de agua filtrada en un minuto.

No satisfactorio: Si no cumple lo mencionado anteriormente.

### **Verificar presiones de manómetro (ingreso a filtros)**

Satisfactorio: Las medidas en los manómetros no deben sobrepasar los 40 PSI

No satisfactorio: Si no cumple lo mencionado anteriormente.

### **Verificar presión de manómetro de salida**

Satisfactorio: Las medida de este manómetro no debe bajar de 10 PSI

No satisfactorio: Si no cumple lo mencionado anteriormente.

Nos ayudamos con las tablas 6.3 Y 6.4.

Cuando el sistema no cumpla con algún parámetro de rendimiento, esto quiere decir que los filtros se encuentran sucios y se debe proceder al mantenimiento adecuado para permitir que el sistema funcione correctamente.

Nos podemos ayudar guiándonos con la tabla 6.3 y 6.4.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA				
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				
PROTOCOLO DE PRUEBAS				
1.- Datos Generales				
EQUIPO:		Sistema de Filtración		
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN		Galarza Daniel Valenzuela Julio		
LUGAR DE LA PRUEBA		Hormigonera J.C.Valenzuela		
CONTROL DE PRESIONES				
Semana	Presión	Manómetro 1	Manómetro 2	Manómetro 3
1	PSI	36,4	38,2	10,3
2	PSI	35,7	37,6	12,5
3	PSI	36,2	38,4	13

**Tabla 6.3:** Verificación de Presiones

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	
PROTOCOLO DE PRUEBAS	
1.- Datos Generales	
EQUIPO:	Sistema de Filtración
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	Galarza Daniel Valenzuela Julio
LUGAR DE LA PRUEBA	Hormigonera J.C.Valenzuela
2.- CONTROL DE CAUDAL	
SEMANA	CAUDAL (galones/min)
1	10,1
2	9,8
3	9,9
4	10,3

**Tabla 6.4:** Verificación de Caudal

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

### 6.3 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

La inversión que se empleo para la construcción del sistema de filtración de agua se recupera de una manera tal que, si la entidad de seguimiento visita las instalaciones de la hormigonera y observa que el agua no se la filtra y no se la utiliza nuevamente en los procesos de producción, la empresa puede atenerse a una multa que rodea los nueve mil dólares americanos, hasta el cierre de actividades, por incumplir lo estipulado en la ordenanza 213 de medio ambiente.

Por esta razón el costo-beneficio, que se realizó en la construcción del sistema se ve plenamente justificado y su inversión recuperada rápidamente, apenas se pone en funcionamiento el sistema y el agua desperdiciada en el proceso de la elaboración del hormigón se la vuelve a reutilizar.

Por otra parte a la semana el sistema permitirá que se reutilice un aproximado de 28.800 litros y en dólares quiere decir \$28,80. Teniendo así al mes un total de \$115,20 y este ahorro de dinero se lo podrá emplear para su propio mantenimiento sin implicar que la empresa tenga otro egreso económico en el arreglo del sistema

#### **6.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS FINALES**

Para saber que si nuestro objetivo de filtrar el agua contaminada y alcanzar agua que este dentro de los parámetros de la norma ASTM C 1602, se realizan los estudios del agua filtrada y con esto podemos demostrar que el sistema funciona en su totalidad.

Para esto consideramos dos factores importantes que son:

- Las características del agua de la cisterna sin tratar.
- Los parámetros obtenidos después de la filtración del agua.

#### **6.5 TIPOS DE ANÁLISIS REALIZADOS**

Para determinar la calidad del agua se realizan el siguiente análisis.

- Análisis fisicoquímicos

##### **6.5.1 Datos de análisis obtenidos del agua de las cisternas de la hormigonera.**

Los análisis de agua se realizaron en el laboratorio de química de la Universidad Central del Ecuador, se puede observar un extracto de estos resultados en la gráfica 6.1.

Los resultados obtenidos se los puede ver de forma más detallada en el Anexo D.

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
pH <sup>(1)</sup>		PNE/DPEC/A/SM 4500-H* B	8,82
Sólidos totales disueltos*	mg/l	APHA 2540 C	398
Sulfatos*	mg/l	APHA 4500-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> E	60
Cloro Libre Residual*	mgCl <sub>2</sub> /l	APHA 4500-Cl G	0,83
TPH*	mg/l	EPA 418.1 mod	66,1

**Nota.-** Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

**Nota.-** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

**Nota.-** Los resultados marcados con (■\*) no forman parte del alcance de acreditación del Laboratorio del DPEC y fueron suministrados por LAB. FIGEMPA (UCE), que no está acreditado para realizar dichas actividades

**Observaciones:** (1) Incertidumbre asociada a la medida de pH, U= ±0,07unidades de pH (K=2)

**Gráfica 6.1:** Análisis Químico de agua de cisternas

**Fuente:** Laboratorios de Universidad Central del Ecuador

### 6.5.2 Datos de análisis obtenidos mediante la filtración del sistema

Los análisis de agua se realizaron en el laboratorio de química de la Universidad Central del Ecuador, en la gráfica 6.2 se observa los resultados obtenidos. En forma más detallada podemos observar en el Anexo I

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
pH <sup>(1)</sup>		PNE/DPEC/A/SM 4500-H* B	6,85
Sólidos totales disueltos*	mg/l	PNE/DPEC/A/SM 2540 C	96
Sulfatos*	mg/l	APHA 4500-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> E	20
Cloro Libre Residual*	mgCl <sub>2</sub> /l	APHA 4500-Cl G	0,06
TPH*	mg/l	EPA 418.1 mod	< 0,15

**Nota.-** Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

**Nota.-** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

**Nota.-** Los resultados marcados con (■\*) no forman parte del alcance de acreditación del Laboratorio del DPEC y fueron suministrados por El OSP (UCE), que no está acreditado para realizar dichas actividades

**Observaciones:** (1) Incertidumbre asociada a la medida de pH, U= ±0,07unidades de pH (K=2)

**Condiciones Ambientales.-** Humedad: 50%; Temperatura: 18,6°C

**Gráfica 6.2:** Análisis Químico de agua del sistema.

**Fuente:** Laboratorios de Universidad Central del Ecuador

### 6.5.3 Comparación entre resultados de agua obtenidos mediante análisis químicos

Con los resultados obtenidos mediante análisis químicos, se realiza una comparación entre estas para saber que si nuestro objetivo se está cumpliendo.

A continuación se observa un cuadro donde se toma en cuenta los parámetros más importantes que el agua debe tener para ser utilizada en la elaboración del hormigón:

<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CISTERNA</b>	<b>SISTEMA</b>
<b>pH</b>		<b>8,82</b>	<b>6,85</b>
<b>Sólidos totales disueltos</b>	<b>mg/l</b>	<b>398,00</b>	<b>96,00</b>
<b>Sulfatos</b>	<b>mg/l</b>	<b>60,00</b>	<b>20,00</b>
<b>Cloro libre</b>	<b>mgCl<sub>2</sub>/l</b>	<b>0,83</b>	<b>0,06</b>
<b>Hidrocarburos totales</b>	<b>mg/l</b>	<b>66,1</b>	<b>&lt;0,15</b>

**Tabla 6.5:** Cuadro de resultado de análisis químicos

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

Como se puede observar existe una disminución (mg/l) en cada uno de los parámetros, al filtrar el agua por el sistema.

## **6.6 CONCLUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS**

Al verificar los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua filtrada mediante el sistema y comparándolos con la norma ASTM C 1602 obtenemos que:

<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>SISTEMA</b>	<b>ASTM</b>
<b>pH</b>		<b>6,85</b>	<b>Entre 5 y 8</b>
<b>Sólidos totales disueltos</b>	<b>mg/l</b>	<b>96</b>	<b>15,000</b>
<b>Sulfatos</b>	<b>mg/l</b>	<b>20</b>	<b>3,000</b>
<b>Cloro libre</b>	<b>mgCl<sub>2</sub>/l</b>	<b>0,06</b>	<b>1,000</b>
<b>Hidrocarburos totales</b>	<b>mg/l</b>	<b>&lt;0,15</b>	<b>No deben apreciarse</b>

**Tabla 6.6:** Comparación entre análisis fisicoquímico de agua del sistema con norma ASTM C 1602

**Fuente:** Galarza Daniel-Valenzuela Julio

- pH: Se encuentra dentro de los parámetros de la norma mayor que 5 y menor que 8.
- Sulfatos: Al pasar por el sistema obtenemos 20 mg/l, lo que mejora las propiedades del hormigón, ya que al existir bastante cantidad de ion sulfato el volumen del hormigón aumenta lo que produce su destrucción.
- Cloruros: Se disminuye a 0,06 mg/l., lo que nos indica que estamos en los límites aceptables. El cloro actúa como un agente oxidante al entrar en contacto con el hierro en las construcciones.
- Sólidos en suspensión: los medios filtrantes atrapan en una gran mayoría las partículas del agua de las cisternas y se observa una notable reducción a 96 mg/l.
- Hidrocarburos totales: el porcentaje que se tiene en las cisternas son de 66,1 mg/l, lo que nos indica que con esta agua no se podrá trabajar en la elaboración de hormigón. Pero con la ayuda de un correcto diseño del sistema de filtración se logra disminuir a un valor  $<0,15$  los hidrocarburos existentes.

Por tanto se concluye que el sistema ejecuta correctamente el proceso de filtración de agua; por lo que se cumple con los objetivos inicialmente propuestos para la presente investigación y el agua obtenida puede ser utilizada sin ningún riesgo en la elaboración del hormigón premezclado.

## CONCLUSIONES

- La necesidad de filtrar el agua antes de reutilizarla en la fabricación del hormigón se debe a que esta tiene que cumplir con ciertas características para estar dentro de las normas de la resistencia del hormigón vigentes en nuestro país.
- Las condiciones más críticas para el diseño de la unidad de filtración se relacionan directamente con sus requerimientos operacionales tales como caudal, presión, tamaño de las partículas en suspensión, calidad del agua a la salida del proceso de filtrado.
- El sistema diseñado y construido permite separar las impurezas con las que se mezcla el agua, al momento de realizar la limpieza de los vehículos dentro de la hormigonera, mediante un sistema de filtración en serie, con un caudal de procesamiento de agua que permite cumplir satisfactoriamente el objetivo planteado al iniciar el presente estudio.
- El agua captada en las cisternas permite que los sólidos en suspensión sedimenten debido a su densidad, esto permite que la bomba no los absorba evitando que sufra daños.
- Para la construcción del equipo se realizó un análisis previo del agua acumulada en las cisternas de captación, este análisis reflejó que el agua no es apta para la fabricación del hormigón por contener las siguientes características: pH= 8.82, sólidos totales disueltos= 389 mg/l, sulfatos= 60 mg/l, cloro libre residual 0,83 mgCl<sub>2</sub>/l, TPH= 66,1 mg/l, estos valores bajaron totalmente cuando el agua fue tratada mediante el sistema de filtración diseñado.
- Se obtiene agua que cumple los parámetros de la norma ASME C 1602 que trata sobre la especificación estándar para la mezcla utilizada en la producción de hormigón, logrando una reducción del 23% en el pH, sólidos disueltos 76%, de sulfatos 67%, de cloro libre residual 92%, del TPH 99%.
- Los métodos de separación de partículas sólidas en suspensión en agua, actualmente consiste en la utilización de filtros mecánicos de malla, de pantalla de tela o de cartucho, dispuestos en varias etapas de forma consecutiva.

- Mediante cálculos se determinó que en sistemas hidráulicos en los cuales los tramos de tubería son relativamente pequeños las pérdidas menores (pérdidas en los accesorios), juegan un papel muy importante ya que son comparables con las pérdidas mayores (pérdidas en tuberías).
- El tipo de bomba seleccionada para la impulsión del agua fue tomada en cuenta en base al tipo de fluido, el cual por la aplicación puede incluir sólidos disueltos y además permite manejar el caudal requerido para el sistema diseñado, por lo tanto la bomba adecuada es del tipo centrífuga, con rodete abierto y de una potencia de 1 hp.
- Debido a que entre los planes de la empresa se contempla una remodelación de sus instalaciones, se diseñó el sistema de forma tal que sea completamente desarmable, por lo tanto todos los accesorios y tuberías que forman parte de sistema tienen rosca normalizada NPT, de esta forma el desmontaje de cualquier accesorio es fácil y a su vez este tipo de rosca evita fugas dentro del sistema.
- El sistema de filtración construido está dentro del alcance económico de todas las empresas que se dedican a fabricar hormigón ya sean estas pequeñas, medianas o grandes, ya que no tiene un costo excesivo y además su inversión queda totalmente justificada y recuperada desde que la máquina se pone en funcionamiento, debido a que el Distrito Metropolitano de Quito, no permiten que el agua utilizada dentro un proceso industrial sea eliminada sin un previo tratamiento de la misma y de no acatar esta resolución la empresa puede ser multada fuertemente incluso con la clausura de la misma.

## **RECOMENDACIONES.**

- En caso de requerir construir el equipo los costos estimados están basados en las fechas de elaboración de esta tesis.
- Pintar la estructura con anti corrosivo una vez terminado el proceso de soldadura, es de gran importancia ya que de esta forma se evitarán procesos de corrosión en la misma, y además colocar chova en las bases de la estructura da una protección adicional contra la corrosión a las patas de la estructura prolongando su vida útil.
- Es importante revisar las presiones que indican los manómetros periódicamente (15 días), con la finalidad de determinar cuándo es necesario realizar un mantenimiento a los medios filtrantes, o a su vez realizar un lavado a chorro en cada uno de los filtros para eliminar las impurezas atrapadas por los mismos.
- Se recomienda una inspección periódica al sistema como son las presiones que se tiene en los manómetros, el caudal que se está obteniendo y revisando la cantidad de lodo sedimentado que se encuentra en la cisterna.
- Por ser un sistema en el cual las tuberías y accesorios son roscados en un 90%, no está de más mencionar que se debe verificar de una manera general que las conexiones a filtros, entre tuberías y accesorios se encuentren bien selladas para evitar que se den fugas al momento de la operación.
- Es imperativo revisar los manuales de operación e instalación de la bomba hidráulica para obtener así un funcionamiento óptimo de la misma, además mediante el manual se puede llegar a dar un correcto mantenimiento ya sea correctivo o preventivo.
- Cuando se realice el mantenimiento al equipo poner mucha atención en los sellos mecánicos, verificando que se encuentren en buen estado ya que, como el sistema maneja un fluido con cemento (abrasivo) estos son propensos a dañarse.

- Tener un cuidado muy especial con el lodo que se encuentra sedimentado en la cisterna ya que si este obstruye el paso de agua por la válvula de pie podría ocasionar que la bomba sufra una avería.
- Dejar un espacio más o menos de 0,50 metros, entre el piso de la cisterna y la válvula de pie, para que esta succione solamente líquido y no el lodo que se encuentra sedimentado.
- Todas las empresas que desperdician agua dentro de sus procesos de producción, deben implementar un equipo de filtración de agua, ya que, de esta manera ayudan al medio ambiente, cuidando así nuestro planeta.
- En un futuro implementar un sistema de verificación de nivel de líquido en la cisterna que impida que la bomba se encienda si no existe fluido en la cisterna.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ✓ **CHANG**, Raymond; Química Vol. I; Editorial Mc Graw Hill; Primera Edición; Colombia 2009.
- ✓ **FÉLIX**, Willy, Descripción hidráulica de la batería de filtros de la planta de Atarjea. Lima-Perú 2005, Anexos.
- ✓ **JACK**, B, Mecánica de Fluidos e Hidráulica, Editorial Mc Graw Hill, Tercera Edición, España 1994.
- ✓ **JIMÉNEZ MONTOYA**, P, Hormigón Armado, Editorial Gustavo Gili, Barcelona-España. 1974.
- ✓ **MATAIX. C**; Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas ,2da edición, Editorial Alfaomega, México, 2005.
- ✓ **MOTT**, Robert, Mecánica de Fluidos, Cuarta Edición, Editorial Pearson Educación, México 2006.
- ✓ **PHILLIPS**, John; Química: Conceptos y Aplicaciones; Editorial Mc Graw Hill; Segunda Edición, México 2007.
- ✓ **ROMERO**, J; Purificación del Agua; Primera Edición; Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería; Colombia 2000.
- ✓ **SHIGLEY**, Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va Edición, Editorial Mc Graw Hill, México 2008.
- ✓ **TIMOSHENKO. S., James. Gere**, Resistencia de materiales, 5ta Edición, Paraninfo, España 2006
- ✓ INEN, Código de Dibujo Técnico –Mecánico; Quito-Ecuador, 1989.
- ✓ <<Courselementaire de technologie du béton>>, por autores varios. Editado por el Centre de Formation de Technologie du Béton de Bélgica, 1971.
- ✓ Constante experimental y adimensional, Ref. Libro de José Arboleda CEPIS.
- ✓ Goulds, INC., CATALOGO 3656/3756 M LGroup.
- ✓ **MANUAL DE PEPE HORMIGÓN INECYC.**
- ✓ **MANUAL DE TRATAMIENTOS DE AGUAS**, MEXICO,LIMUSA, 1991.

## DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- ✓ [www.accuaproduct.com/filtros\\_de\\_agua.html](http://www.accuaproduct.com/filtros_de_agua.html)
- ✓ [www.archivo.uc3m.es/bitstream/10016/10795/1/PFC\\_Alfredo\\_Rodriguez\\_deViente.pdf](http://www.archivo.uc3m.es/bitstream/10016/10795/1/PFC_Alfredo_Rodriguez_deViente.pdf)
- ✓ [www.arqhys.com/construccion/tuberias-accesorios.html](http://www.arqhys.com/construccion/tuberias-accesorios.html)
- ✓ [www.botanical-online.com/aguacontaminantes.htm](http://www.botanical-online.com/aguacontaminantes.htm)
- ✓ [www.constructorcivil.org](http://www.constructorcivil.org)
- ✓ [www.dipac.com.ec](http://www.dipac.com.ec)
- ✓ [www.drinking-water.org/html/es/ImageView/00000293.html](http://www.drinking-water.org/html/es/ImageView/00000293.html)
- ✓ [www.elaguapotable.com/tratamiento\\_del\\_agua.htm](http://www.elaguapotable.com/tratamiento_del_agua.htm)
- ✓ [www.emas.co.cl/categorias/arquitectura/El%20agua%20en%20el%20hormigon](http://www.emas.co.cl/categorias/arquitectura/El%20agua%20en%20el%20hormigon)
- ✓ [www.emetreshache.com/pdf/notastecnicas/sep\\_2008.pdf](http://www.emetreshache.com/pdf/notastecnicas/sep_2008.pdf)
- ✓ [www.fresnovalves.com/pdf/Media%20Book%20Spanish.pdf](http://www.fresnovalves.com/pdf/Media%20Book%20Spanish.pdf)
- ✓ [www.imgres?q=filtros+de+cartucho&hl=es](http://www.imgres?q=filtros+de+cartucho&hl=es)
- ✓ [www.itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/2277/1/trabajo%20LLL.pdf](http://www.itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/2277/1/trabajo%20LLL.pdf)
- ✓ [www.juliorcorrea.files.wordpress.com/2007/09/recipientes-y-tubos.pdf](http://www.juliorcorrea.files.wordpress.com/2007/09/recipientes-y-tubos.pdf)
- ✓ [www.lenntech.es/turbidez.htm#ixzz22nY6aKd7](http://www.lenntech.es/turbidez.htm#ixzz22nY6aKd7)
- ✓ [www.maquinariapro.com/materiales/tuberias-pvc.html](http://www.maquinariapro.com/materiales/tuberias-pvc.html)
- ✓ [www.members.tripo.com/arturobola/turbi.htm](http://www.members.tripo.com/arturobola/turbi.htm)
- ✓ [www.ocwus.us.es/arquitectura-e-ingenieria/operaciones\\_basicas/contenidos1/tema6/pagina\\_01.htm/skinless\\_view](http://www.ocwus.us.es/arquitectura-e-ingenieria/operaciones_basicas/contenidos1/tema6/pagina_01.htm/skinless_view)
- ✓ [www.spanish.alibaba.com/product-gs/hydrocyclone-sand-separators-526413372.html](http://www.spanish.alibaba.com/product-gs/hydrocyclone-sand-separators-526413372.html)
- ✓ [www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm](http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm)
- ✓ [www.truper.com/pdf/manuales/boac.pdf](http://www.truper.com/pdf/manuales/boac.pdf)
- ✓ [www.wikipedia.org/wiki/Permeabilidad](http://www.wikipedia.org/wiki/Permeabilidad)
- ✓ [www.wikipedia.org/wiki/Agua\\_\(hormig%C3%B3n\)](http://www.wikipedia.org/wiki/Agua_(hormig%C3%B3n))
- ✓ [www.youtube.com/watch?v=guy7Gfslo1c](http://www.youtube.com/watch?v=guy7Gfslo1c) Filtro de purificación de agua E.P.N.ECUADOR.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

### **Acidez**

La capacidad cuantitativa del agua de neutralizar una base, expresada en equivalente de carbonato de calcio en PPM o del mg/l. El número de los átomos de hidrógeno que están presente determina esto. Es medido generalmente por medio de una valoración con una solución de hidróxido sódico estándar.

### **Agua ácida**

Agua que contiene una cantidad de sustancias ácidas que hacen al pH estar por debajo de 7.0.

### **Agua dura**

Agua que contiene una gran cantidad número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes en el agua.

### **Alcalinidad**

La capacidad ácido neutralizante de una solución. La alcalinidad indica la cantidad de cambio que ocurrirá en el pH con la adición de cantidades moderadas de ácido.

### **Bacteriológico**

Virus que infecta exclusivamente a las bacterias.

### **Carbón activado**

Este posiblemente es el medio más comúnmente usado para la adsorción, producido por calentamiento de sustancias carbonosas o bases de celulosa en ausencia de aire.

Tiene una estructura muy porosa y se utiliza comúnmente para quitar la materia orgánica y los gases disueltos en el agua.

### **Carbonatos**

Compuestos químicos relacionados con el dióxido de carbono.

### **Coloides**

Material de muy pequeño tamaño, en el rango de  $10^{-5}$  a  $10^{-7}$  de diámetro.

### **Consistencia**

Cualidad de la materia que resiste sin romperse ni deformarse fácilmente.

### **Corindón**

Óxido aluminico cristalizado de gran dureza entre cuyas variedades se encuentran el rubí y el zafiro.

**DQO (Demanda Química de Oxígeno)**

Cantidad de oxígeno (medido en mg/l) que es consumido en la oxidación de materia orgánica, usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales, un valor DQO elevado indica un agua con muchas sustancias oxidables.

**Hidrociclón**

Son dispositivos en los que gracias a un flujo vertical se consigue separar hasta el 98% de las partículas mayores de 100 micras, más pesadas que el agua. El hidrociclón no sirve para eliminar partículas de naturaleza orgánica como bacterias, algas y materia orgánica dispersa ya que presentan una densidad específica menor a los sólidos en suspensión.

**Impermeable**

No penetrable fácilmente por el agua.

**Membrana**

Delgada barrera que permite a algunos sólidos o líquidos pasar a través de ella. Las membranas son usadas generalmente para la separación de sustancias.

**Micra**

Es una unidad de longitud utilizada para medir cuerpos muy pequeños. Una micra es igual a 0.0001 cm. o, lo que es lo mismo, una millonésima de metro.

**Neutralización**

La adición de sustancias para neutralizar el agua, tal que no sea ácida ni tampoco básica.

**Permeabilidad**

La habilidad de un fluido para pasar a través de un medio bajo presión.

**pH**

El valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presente. Es medido en una escala desde 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indica que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica.

**SDT**

Sólidos disueltos totales. El peso por unidad de volumen de agua de sólidos suspendidos en un medio de filtro después de la filtración o evaporación.

**Sedimento**

Material sólido que se origina sobre todo de rocas desintegradas y es transportado, suspendido o depositado por el agua.

**Sedimentación**

Asentamiento de partículas sólidas en un sistema líquido debido a la gravedad.

**Sólidos disueltos**

Materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración.

**Sólidos suspendidos**

Partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución.

**Sólidos totales**

Todos los sólidos en el agua residual o aguas de desecho, incluyendo sólidos suspendidos y sólidos filtrables.

**Turbidez**

Medida de la no transparencia del agua debida a la presencia de materia orgánica suspendida.

## ANEXOS

## ANEXO A

### TABLA DE LAS PROPIEDADES DEL AGUA PARA HACER HORMIGÓN

NORMA ASTM C 1602

## PROPIEDADES DEL AGUA

### ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR PARA MEZCLA DE AGUA UTILIZADA EN LA PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN

En la normativa vigente a nivel mundial, para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa y armado, se especifica que, cuando no se disponga de antecedentes de utilización o en caso de duda, deberán analizarse las aguas, y salvo comprobación de que no alteran perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón, deberán rechazarse todas las que contengan Hidratos de Carbono, un pH menor a 5 o no cumplan con los límites indicados en la tabla siguiente:

CONCENTRACIONES EN AGUA DE MEZCLA	LÍMITES (Máx)
Cloruros, como Cl	
- Para hormigón pretensado	500 miligramos/litro
- Para hormigón armado o con elementos metálicos embebidos	1.000 miligramos/litro
Sulfatos, como $SO_4$	3.000 miligramos/litro
Álcalis, como $(Na_2O + 0,658K_2O)$	600 miligramos/litro
Total de sólidos (por masa)	50.000 miligramos/litro

**Fuente:** El manual de Pepe Hormigón INECYC

ANEXO B

TABLA DE LAS DIMENSIONES DE

TUBERIA CEDULA 40

## DIMENSIONES DE TUBERÍA CEDULA 40

**F Dimensiones de tuberías de acero**

**TABLA F.1 Cédula 40.**

Tamaño nom. de tubería (pulg)	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Flujo de área	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pies)	(mm)	(pies <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
¼	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660 × 10 <sup>-5</sup>
¼	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717 × 10 <sup>-5</sup>
⅜	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236 × 10 <sup>-4</sup>
½	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960 × 10 <sup>-4</sup>
¾	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437 × 10 <sup>-4</sup>
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574 × 10 <sup>-4</sup>
1¼	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653 × 10 <sup>-4</sup>
1½	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314 × 10 <sup>-3</sup>
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168 × 10 <sup>-3</sup>
2½	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090 × 10 <sup>-3</sup>
3	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768 × 10 <sup>-3</sup>
3½	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381 × 10 <sup>-3</sup>
4	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213 × 10 <sup>-3</sup>
5	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291 × 10 <sup>-2</sup>
6	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864 × 10 <sup>-2</sup>
8	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226 × 10 <sup>-2</sup>
10	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090 × 10 <sup>-2</sup>
12	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219 × 10 <sup>-2</sup>
14	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729 × 10 <sup>-2</sup>
16	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594

**Fuente:** MOTT, Robert, Mecánica de Fluidos, Cuarta Edición.

ANEXO C

TABLA DE FACTORES DE CONVERSIÓN

DE UNIDADES

## FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

Para convertir	a	Multiplicar por
<b><u>Longitud</u></b>		
pulgada	milímetro (mm)	25,4
pulgada	metro (m)	0,0254
pie (ft)	metro (m)	0,3048
yarda (yd)	metro (m)	0,9144
<b><u>Área</u></b>		
pie cuadrado (sq ft)	metro cuadrado (m <sup>2</sup> )	0,09290
pulgada cuadrado (sq in)	milímetro cuadrado (mm <sup>2</sup> )	645,2
pulgada cuadrada (sq in)	metro cuadrado (m <sup>2</sup> )	0,0006452
yarda cuadrada (sq yd)	metro cuadrado (m <sup>2</sup> )	0,8361
<b><u>Volumen</u></b>		
pulgada cúbica (cu in)	metro cúbico (m <sup>3</sup> )	0,00001639
pie cúbico (cu ft)	metro cúbico (m <sup>3</sup> )	0,02832
yarda cúbica (cu yd)	metro cúbico (m <sup>3</sup> )	0,7646
galón (gal) Canadá *	litro (l)	4,546
galón (gal) Canadá *	metro cúbico (m <sup>3</sup> )	0,004546
galón (gal) Estados Unidos *	litro (l)	3,785
galón (gal) Estados Unidos *	metro cúbico (m <sup>3</sup> )	0,003785

**\*Nota: un galón estadounidense equivale a 0,8321 de un galón canadiense**

<b><u>Fuerza</u></b>		
kilopontio (kip)	kilogramo (kgf)	453,6
kilopontio (kip)	newton (N)	4448,0
libra (pound (lb))	kilogramo (kgf)	0,4536
libra (pound (lb))	newton (N)	4,448
<b><u>Presión o Tensión</u></b>		
kilopontios/pulgada cuadrada (kips/square inch (ksi))	megapascal (MPa)	6,895
libra/pie cuadrado (Pound/square foot (psf))	kilopascal (kPa)	0,04788
libra/pulgada cuadrada (pound/square inch)(psi)	kilopascal (kPa)	6,895
libra/pulgada cuadrada (pound/square inch (psi))	megapascal (MPa)	0,006895
libra/pie cuadrado (pound/square foot (psf))	kilogramo/metro cuadrado (kgf/m <sup>2</sup> )	4,882

**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/55154581/Factores-de-Conversion>

## ANEXO D

# INFORME DE ANALISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA DE CISTERNA

# INFORME DE ANÁLISIS DEL AGUA

## Análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos de agua de cisterna.

	<b>UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA</b> DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN	
<b>INFORME DE RESULTADOS</b> <b>AGUAS</b>		
		Informe No: 12-05-17-A-1 Fecha: 2012-05-30
<b>Referencia:</b>	<b>OT: 12-05-17-A</b>	
<b>Empresa:</b>	<b>HORMIGONERA JC VALENZUELA</b>	
<b>Atención:</b>	Sr. Julio Valenzuela	
<b>Dirección:</b>	Av. Occidental y José Carrión	
<b>Tipo de ensayos:</b>	Análisis físicoquímicos	
<b>Tipo de muestra:</b>	Agua	
<b>Identificación de la muestra:</b>	Muestra de agua de cisterna	
<b>Descripción de la Muestra:</b>	Sin descripción específica	
<b>Muestra tomada por:</b>	Cliente	
<b>Fecha de ingreso de muestra:</b>	17-05-2012	
<b>Código de la muestra:</b>	OE-12-05-17-A-1	
<b>Fecha de realización de ensayos:</b>	17-05-2012/24-05-2012	

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
pH <sup>(1)</sup>		PNE/DPEC/A/SM 4500-H <sup>+</sup> B	8,82
Sólidos totales disueltos*	mg/l	APHA 2540 C	398
Sulfatos*	mg/l	APHA 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E	60
Cloro Libre Residual*	mgCl <sub>2</sub> /l	APHA 4500-Cl G	0,83
TPH*	mg/l	EPA 418.1 mod	66,1

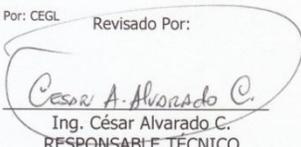
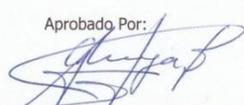
**Nota.-** Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

**Nota.-** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

**Nota.-** Los resultados marcados con (■\*) no forman parte del alcance de acreditación del Laboratorio del DPEC y fueron suministrados por LAB. FIGEMPA (UCE), que no está acreditado para realizar dichas actividades

**Observaciones:** (1) Incertidumbre asociada a la medida de pH, U= ±0,07 unidades de pH (K=2)

Realizado Por: CEGL	Revisado Por:	
 Ing. César Alvarado.C. RESPONSABLE TÉCNICO		Aprobado Por:  Ing. Gilberto Moya D., Dpl DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676 E-mail: dpec@iuce.edu.ec  
QUITO - ECUADOR

MC2201-A01-5 Hoja 1 de 1

# INFORME DE ANÁLISIS DEL AGUA

## Factura de pago de análisis de agua



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**  
 UNIVERSITARIA - MARISCAL SUCRE  
 Francisco Viteri s/n y Gato Sobral • Telf.: 2904-794 / 2544-631 • Fax: 2529-676  
 diq@iquce.edu.ec • Quito - Ecuador

R.U.C. 1768152720001  
 "OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"

**FACTURA**  
 S001-001- N° 000001584

AUT. S.R.I. 1109915444

SECTOR PUBLICO

CLIENTE: CONSTRUCTORA J.C. VALENZUELA DIRECCIÓN: El Condado Av. Occidental y José María Carrión CIUDAD: Quito TELF.: 2354662 PROVINCIA: Pichincha RUC O CI: 1791771338001	FECHA: 17 de Mayo del 2012 CODIGO: FORMA DE PAGO:
--	---

REFERENCIA	DESCRIPCION	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
	OT-12-05-17-A; Análisis en agua			
	pH	1	5,00	5,00
	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	1	5,00	5,00
	SULFATOS	1	7,00	7,00
	CLORO LIBRE	1	8,00	8,00
	HIDROCARBUROS TOTALES	1	30,00	30,00
SUBTOTAL				55,00
VALOR CON TARIFA 0%				
12%				
I.V.A. ....%				6,60
TOTAL				61,60

CANCELADO 17 MAY 2012



SON: SESENTA UN DOLARES CON 60/100

DIRECTOR 	ELABORADO POR: LOURDES CELIZ S.		RECIBI CONFORME: NOMBRE:  FIRMA: C.I.:
---	------------------------------------	--	--

CHEQUE: \_\_\_\_\_ BANCO: \_\_\_\_\_

Héctor Alfonso Carvajal Villalva RUC: 170030922001 • Imprenta y Papelería "Calón" • Aut. 1218 Salazar E13-79 y Concha • Telf.: 2523-882 • IMP. 01 / AGOSTO / 2011 del 0001101 al 0001700 • VALIDO HASTA 01 / AGOSTO / 2012  
 ORIGINAL: Adjuvente • COPIA VERDE: Emisor • COPIA AMARILLA: Sin Valor Tributario

## ANEXO E

ORDENANZA MUNICIPAL 213 CAPÍTULO VII PARA  
LA PROTECCIÓN DE LAS CUENCAS  
HIDROGRÁFICAS QUE ABASTECEN AL MUNICIPIO  
DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

# **ORDENANZA MUNICIPAL 213**

## **SECCIÓN I**

### **PRINCIPIOS GENERALES**

Art. II.383.- **ÁMBITO DE APLICACIÓN.**- Cuencas altas y medias de las fuentes hídricas superficiales, áreas de recarga de acuíferos y subcuentas y micro cuencas que abastecen de agua al Distrito Metropolitano de Quito.

Art. II.383.1.- **FINALIDAD.**- Esta ordenanza establece normas y acciones para la protección, conservación, recuperación, revalorización de las cuencas hidrográficas que abastecen de agua al Distrito Metropolitano de Quito, para procurar el suministro del recurso en cantidad, calidad y acceso en los diferentes usos (doméstico, industrial, agrícola, recreación y ecológico).

## **SECCIÓN II**

### **DE LAS MEDIDAS DE CONTROL Y PREVENCIÓN PARA LA PROTECCIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA**

Art. II.383.2.- **USO EFICIENTE DEL AGUA.**- Todos los usuarios del agua, y las entidades municipales, deben impulsar el uso eficiente del recurso hídrico.

La Empresa Metropolitana de Agua Potable y Alcantarillado de Quito EMAAP-Q, desarrollará de manera inmediata un plan a diez años para la reducción de pérdidas

causadas por fugas, agua no contabilizada, conexiones ilegales, y la optimización del abastecimiento ciudadano.

Con la participación de las entidades competentes al interior y fuera del Distrito, Consejo Nacional de Recursos Hídricos a través de la Agencia de Quito, y el Consejo Consultivo de Aguas, se realizará un Plan Director de gestión integrada de los Recursos Hídricos para la optimización de sus usos; agua y saneamiento ambiental, agrícola, industrial, energético y recreacional, que respete los ecosistemas.

Todas las acciones que se ejecutan en diferentes instancias deben estar enmarcadas en el Plan Maestro de Gestión Ambiental, Plan de Manejo de la Calidad del Agua y el Plan Director de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. En la construcción del Plan Director, el FONAG deberá realizar consensos y acuerdos con todas las instituciones y organizaciones vinculadas con la gestión del recurso fuera del Distrito Metropolitano de Quito, previamente a su aprobación por el Concejo Metropolitano de Quito.

Art. II.383.3.- DESCONTAMINACIÓN DE LOS RÍOS.- La EMAAP-Q ejecutará el Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado para la descontaminación y tratamiento de descargas de agua del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, descargas de origen doméstico y no doméstico.

La Dirección Metropolitana de Medio Ambiente velará por el cumplimiento de las disposiciones establecidas en las respectivas Ordenanzas sobre descargas de agua de origen no doméstico.

La EMAAP-Q velará por el cumplimiento de las disposiciones establecidas en las respectivas Ordenanzas sobre descargas de agua de origen doméstico.

Art. II.383.4.- PROTECCIÓN DE CUENCAS.- Para el manejo integrado de las cuencas hidrográficas se buscará y propiciarán alianzas con usuarios, y en general con todos los actores de la sociedad ligados a la gestión del agua, en la búsqueda de decisiones basadas en la corresponsabilidad y el consenso.

La protección y rehabilitación de las fuentes y cursos de agua se fundamentarán en programas de intervención a largo plazo, que busquen la rehabilitación y preservación del ambiente, en especial de los medios bióticos y abióticos ligados a la captación, almacenamiento y transporte de agua.

Art. II.383.5.- GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.- Se impulsarán espacios de gestión de los recursos hídricos basados en la participación ciudadana, con representación pública y privada, que de manera democrática transparente y técnica, busquen optimizar su gestión.

Art. II.383.6.- CULTURA DE CONSERVACIÓN DEL AGUA.- Se impulsará programas de educación, capacitación y formación en gestión integrada de los recursos hídricos que generen cambios conductuales en la sociedad, en búsqueda de una cultura responsable en el manejo del recurso.

## ANEXO F

### INFORMES DE RESISTENCIA DE CILINDROS

**INFORME DE LABORATORIO DE HORMIGONES**  
**ENSAYO DE CILINDROS A LA COMPRESION**  
**NORMA ASTM C-39**

Pomasqui, miércoles, 23 de enero de 2013

Informe No.  
Registro Lab2013

**DATOS DEL CLIENTE**

NOMBRE: Hormigón elaborado con Agua del Sistema de filtración  
DIRECCION:  
PROYECTO:  
FISCALIZADOR: Galarza Daniel,  
Valenzuela Julio

**DATOS DE LAS MUESTRAS**

Identificación de Cilindros	Muestra tomada en	Aditivo empleado	Elemento fundido	Fechas de:	
				Moldeo	Ensayo
1	17-dic	Planta	SETMIX RM	17-dic-2012	24-dic-2012
2	17-dic	Planta	SETMIX RM	17-dic-2012	24-dic-2012
3	17-dic	Planta	SETMIX RM	17-dic-2012	31-dic-2012
4	17-dic	Planta	SETMIX RM	17-dic-2012	31-dic-2012
5	17-dic	Planta	SETMIX RM	17-dic-2012	14-ene-2013
6	17-dic	Planta	SETMIX RM	17-dic-2012	14-ene-2013

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

Identificación de Cilindros	Edad días	Diámetro cm	Carga total KN	Resistencia a compresión		Resistencia promedio
				Kg/cm2	%	
1	17-dic	7	15,10	274,00	156,02	74,29%
2	17-dic	7	15,10	276,60	157,50	75,00%
3	17-dic	14	15,10	305,60	174,01	82,86%
4	17-dic	14	15,10	308,70	175,78	83,70%
5	17-dic	28	15,10	390,50	222,36	105,88%
6	17-dic	28	15,10	383,10	218,14	103,88%

OBSERVACIONES:

$f'c = 210,00$  Kg/cm2  
ADITIVO COLOCADO EN PLANTA. MUESTRAS ENSAYADAS CON ADITIVO.

C.C. ARCHIVO LABORATORIO.

APROBADO:

ING. JORGE RODRIGUEZ G.

**INFORME DE LABORATORIO DE HORMIGONES**  
**ENSAYO DE CILINDROS A LA COMPRESION**  
**NORMA ASTM C-39**

Pomasqui, miércoles, 23 de enero de 2013

**DATOS DEL CLIENTE**

NOMBRE: Cilindros realizados con agua de cisterna de la hormigonera  
 DIRECCION:  
 PROYECTO:  
 FISCALIZADOR: Galarza Daniel,  
 Valenzuela Julio

**DATOS DE LAS MUESTRAS**

Identificación de Cilindros	Muestra tomada en	Aditivo empleado	Elemento fundido	Fechas de:	
				Moldeo	Ensayo
1	17-dic	Planta	SETMIX RM	17-dic-2012	31-dic-2012
	17-dic	Planta	SETMIX RM	17-dic-2012	31-dic-2012

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

Identificación de Cilindros	Edad días	Diámetro cm	Carga total KN	Resistencia a compresión		Resistencia promedio
				Kg/cm2	%	
1	17-dic	14	15,10	224,8	63,82%	63,92%
	17-dic	14	15,10	226	64,16%	

OBSERVACIONES:  $f'_{c} = 210,00$  Kg/cm2  
 ADITIVO COLOCADO EN PLANTA. MUESTRAS ENSAYADAS CON ADITIVO.

C.C. ARCHIVO LABORATORIO.

APROBADO:



ING. JORGE RODRIGUEZ G.

**INFORME DE LABORATORIO DE HORMIGONES**  
**ENSAYO DE CILINDROS A LA COMPRESION**  
**NORMA ASTM C-39**

Pomasqui, jueves 17 de enero 2013

Informe No.  
Lab2012

**DATOS DEL CLIENTE**

NOMBRE: ARQ. HECTOR TIPAN  
 DIRECCION:  
 OBRA:

**DATOS DE LAS MUESTRAS**

Identificación de Cilindros	Muestra tomada en	Aditivo empleado	Elemento fundido	Fechas de:		
				Moldeo	Ensayo	
5	05-dic	Planta	SETMIX RM	LOSA	05-dic	02-enero-2013
6	05-dic	Planta	SETMIX RM	LOSA	05-dic	02-enero-2013

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

Identificación de Cilindros	Edad días	Diámetro cm	Carga total Kg	Resistencia a compresión		Resistencia promedio
				Kg/cm2	%	
5	05-dic	28	15,10	40000,00	223,37	106,36%
6	05-dic	28	15,15	40500,00	224,67	106,98%

**OBSERVACIONES:**  $f'_{c} = 210,00$  Kg/cm<sup>2</sup>  
 ADITIVO COLOCADO EN PLANTA. MUESTRAS ENSAYADAS CON ADITIVO.

C.C. ARCHIVO LABORATORIO.

APROBADO:

ING. JORGE RODRIGUEZ G.

ANEXO G  
CARBÓN ACTIVADO

## CARBÓN ACTIVADO

### Principales aplicaciones del carbón activado en tratamientos de agua de acuerdo con su origen

TIPO DE CARBÓN ACTIVADO DE ACUERDO CON SU ORIGEN	PRINCIPAL APLICACIÓN EN TRATAMIENTO DE AGUA.	OBSERVACIONES
Vegetal (madera de pino)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua residual con colores intensos y/o con cantidades sustanciales de grasas, aceites y otros compuestos de alto P.M.</li> <li>- Potabilización de agua superficial con alto contenido de materia orgánica natural.</li> </ul>	<p>Se requiere un carbón activado macro poroso, ya que los contaminantes mencionados tienen un tamaño molecular relativamente grande.</p> <p>Usado en la industria textil, de alimentos y de petróleo. Como este carbón activado es poco duro, normalmente se aplica como polvo.</p>
Mineral lignítico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua residual cuyos contaminantes sean muy diversos, como las de procedencia municipal.</li> </ul>	<p>Este carbón activado tiene poros de muy diversos tamaños, por lo que es el adecuado cuando los contaminantes sean de una gran gama de tamaños moleculares.</p> <p>La dureza de este carbón es relativamente baja.</p>
Mineral bituminoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua residual en la que predominen contaminantes de P.M. intermedio.</li> <li>- Potabilización de agua superficial o con un ligero color producido con algas.</li> </ul>	<p>La mayoría de los poros de este carbón activado están en el rango bajo de la meso porosidad.</p> <p>Es menos duro que el de concha de coco, pero más adecuado cuando hay una alta proporción de contaminantes no volátiles</p>
Concha de coco	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potabilización de agua de pozo.</li> <li>- Eliminación de olor, sabor y compuestos volátiles en agua superficial.</li> <li>- Agua residual contaminada con solventes volátiles o con otras moléculas de bajo peso molecular.</li> <li>- Decloración.</li> </ul>	<p>Es el carbón con mas proporción de micro poros, por lo tanto es el más adecuado para retener moléculas pequeñas.</p> <p>Es el carbón utilizado cuando solamente se requiere declorar, ya que es el más duro y resistente a la abrasión.</p>

**Fuente:** <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20980/Capitulo1.pdf>

## CARBÓN ACTIVADO

### Rangos típicos de tamaño de carbon activado granular para distintas aplicaciones

APLICACIÓN	GRANULOMETRÍAS
Tratamiento de agua y de líquidos en general, a nivel industrial y municipal.	8x30, 12x40, 14x30, 14x40
Purificadores de agua caseros.	12x40, 14x40, 20x50
Acondicionamiento de aire, purificación de gases (como CO <sub>2</sub> , He, acetileno), recuperación de vapores de solventes, campanas para cocinas.	4x6, 4x8, 4x10
Mascarillas de gases.	12x20
Recuperación de oro.	6x12, 6x16, 8x16, 10x20
Boquillas de cigarrillos.	8x14, 12x20, 20x50

**Fuente:** <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20980/Capitulo1.pdf>

# CARBÓN ACTIVADO

## Factura de pago

### JUAN FERNANDO VILLACRESES SALMON

Dirección: Av. Occidental s/n y Legarda  
Teléfonos: 2260 991 / 098 545 325  
E-mail: juanfer@q.ecua.net.ec  
Quito - Ecuador

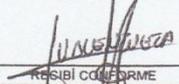
FACTURA COMERCIAL S 001-001 0001591

R.U.C. 1709032575001  
Aut. SRI: 1110633825

Cliente: CONSTRUCTORA JCV Fecha de Elaboración: 16 - OCTUBRE - 2012

Dirección: AVDA OCCIDENTAL N70-384 Fecha de Pago: 16 - OCTUBRE - 2012

Teléfono: Ciudad: QUITO R.U.C.: 1791771338001

DESCRIPCIÓN	VALOR
1 SACO DE CARBON ACTIVADO DE 25 Kilogramos	75,00
FAVOR PAGAR CON CHEQUE CRUZADO A NOMBRE DE JUAN FERNANDO VILLACRESES	
ELABORADO POR 	SUBTOTAL \$ 75,00
RESIBI CONFORME 	I.V.A. 0% \$
	I.V.A. 12% \$ 9,00
	V. TOTAL \$ 84,00

TOP GRAFIC, COLOMA SILVA ZOILA ROSALBA RUC. 0200024180001 AUT. 7670 / IMP. 24-01-2012 / No. 0001541 AL 0001640  
VALIDO HASTA: 24-01-2013 ORIGINAL: ADQUIRIENTE • 1era. COPIA: EMISOR • 2da. COPIA: SIN VALOR TRIBUTARIO

## ANEXO H

### CATALOGO DE BOMBAS CENTRIFUGAS

## BOMBA TRUPER 1HP

### Especificaciones

1 ½ HP y 2 HP

- > Impulsor de latón
- > Recomendadas para uso doméstico



ESPECIFICACIONES	BOAC-1	BOAC-1 1/2	BOAC-2
Potencia:	1 HP	1 1/2 HP	2 HP
Tensión:	120 V / 60 Hz	120 V / 60 Hz	120 V / 60 Hz
Velocidad:	3,450 rpm	3,450 rpm	3,450 rpm
Flujo máximo:	116 L/min	130 L/min	165 L/min
Altura máxima:	36 m	42 m	42 m
Máxima profundidad:	8 m	8 m	8 m
Ø Entrada / salida:	1 NPT	1 NPT	1 1/2 NPT

Fuente: [www.truper.com/CatVigente/22.php](http://www.truper.com/CatVigente/22.php)

# BOMBA TRUPER 1HP

## Factura de pago

AUTOIMPRESORES  
AUTORIZACION S.R.I. 1110650908  
DEL 27/ENE/2012  
Valido hasta el 27/ENE/2013  
COMERCIAL KYWI S.A.  
RUC 1790041220001  
CONTRIBUYENTE ESPECIAL-RESOL. SRI 5368

Matriz : AV. 10 DE AGOSTO N24-59 Y LUIS  
CORDERO  
Telf: 023987900 QUITO

AGENCIA 15 (MEGAKYWI)  
Sucursal : ELDY ALFARO N52-468 Y PASAJE  
GUILLERMO MENSI  
Telf: 022403594 022403591 QUITO

ORIGINAL ADQUIRIENTE

F A C T U R A 015-007-000185727 S-150

Sr(s). CONSTRUCTORA JC VALENZUELA  
Cliente: 888885-000000  
Ruc : 1791771338001  
Direc : POMASQUI PASAJE I Y BOLIVAR  
Telf. : 0002354662 QUITO

Fecha de Emision : 21/NOV/2012  
Vend: P.CERON

---

BOMBA CENTRIFUGA 1HP TRUPER 120V 11			
188468	\$155,758929	1	\$155,76
SWITCH CUCHILLA 2 POLOS X 60A			
306452	\$2,383929	1	\$2,38

---

SUBTOTAL	\$158,14
DESCUENTO Tarifa 12	\$0,00
DESCUENTO Tarifa 0	\$0,00
TOTAL SIN IVA	\$158,14

---

Vta.tarifa 12	\$158,14
Vta.tarifa 0	\$0,00
Total Vta.Neta	\$158,14
+ IVA Tar. 12	\$18,98
+ IVA Tar. 0	\$0,00
TOTAL A PAGAR	\$177,12

ANEXO I

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA TOMADA  
DEL SISTEMA.

# ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE AGUA DEL SISTEMA



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



## INFORME DE RESULTADOS AGUAS

Informe No: 12-10-27-A-1  
 Fecha: 2012-11-13

**Referencia:** OT: 12-10-27-A  
**Empresa:** HORMIGONERA JC VALENZUELA  
**Atención:** Sr. Julio Valenzuela  
**Dirección:** Av. Occidental y José Carrión  
**Tipo de ensayos:** Análisis fisicoquímicos  
**Tipo de muestra:** Agua  
**Identificación de la muestra:** Muestra de agua de cisterna (26-10-2012)  
**Descripción de la Muestra:** Sin descripción específica  
**Muestra tomada por:** Cliente  
**Fecha de ingreso de muestra:** 26-10-2012  
**Código de la muestra:** OE-12-10-27-A-1  
**Fecha de realización de ensayos:** 26-10-2012/06-11-2012

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO
pH <sup>(1)</sup>		PNE/DPEC/A/SM 4500-H <sup>+</sup> B	6,85
Sólidos totales disueltos*	mg/l	PNE/DPEC/A/SM 2540 C	96
Sulfatos*	mg/l	APHA 4500-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> E	20
Cloro Libre Residual*	mgCl <sub>2</sub> /l	APHA 4500-Cl G	0,06
TPH*	mg/l	EPA 418.1 mod	< 0,15

**Nota.-** Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 06-010

**Nota.-** Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE  
**Nota.-** Los resultados marcados con (■\*) no forman parte del alcance de acreditación del Laboratorio del DPEC y fueron suministrados por El OSP (UCE), que no está acreditado para realizar dichas actividades

**Observaciones:** (1) Incertidumbre asociada a la medida de pH, U = ±0,07 unidades de pH (K=2)  
**Condiciones Ambientales.-** Humedad: 50%; Temperatura: 18,6°C

Realizado Por: C EGL

Revisado Por:

Ing. César Alvarado C.  
 RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado Por:

Ing. Gilberto Moya D., Dpl  
 DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

# ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE AGUA DEL SISTEMA

## Factura de pago



### UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

UNIVERSITARIA - MARISCAL SUCRE  
Francisco Viteri s/n y Gato Sobral • Telf.: 2904-794 / 2544-631 • Fax: 2529-676  
diq@lquce.edu.ec • Quito - Ecuador

R.U.C. 1768152720001

## FACTURA

S001-001- Nº 000002016

AUT. S.R.I. 1111347620

SECTOR PUBLICO

CLIENTE: CONSTRUCTORA J.C. VALENZUELA CIA. LTDA. DIRECCIÓN: Calle D Nº171 y de los Aceitunos CIUDAD: Quito PROVINCIA: Pichincha	TELF.: 097749145 RUC O CI: 179177133800	FECHA: 26 de Noviembre del 2012 CODIGO: FORMA DE PAGO
--	--	---

REFERENCIA	DESCRIPCION	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
	OT-12-10-27-A Análisis físico químicos en agua			
	pH	1	5,00	5,00
	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	1	5,00	5,00
	SULFATOS	1	7,00	7,00
	CLORO LIBRE RESIDUAL	1	8,00	8,00
	HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)	1	30,00	30,00
<p>CANCELADO 26 NOV 2012</p>  <p>SON: SESENTA Y UN DOLARES CON 60/100</p>				
			SUBTOTAL	55,00
			VALOR CON TARIFA 0%	
			I.V.A. ....12%....%	6,60
			TOTAL	61,60
DIRECTOR 		ELABORADO POR: LOURDES CELIZ S.		RECIBI CONFORME: NOMBRE: FIRMA: C.I:
CHEQUE: _____		BANCO: _____		

## ANEXO J

### FACTURAS DE COMPRAS DE MATERIALES Y ACCESORIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.

**CASTILLO HERMANOS S.A.**



**castillo**  
HERMANOS

**PRINCIPAL**  
Panam. Norte Km. 5 1/2 #13135 y De los Cerezos  
Fono/Fax: 2475-785/6/7 2477-214  
Celular: 097-101-208

**SUCURSAL 1**  
Av. América N22-148 y Ramirez Dávalos  
Fono/Fax: 2227-270 2523-064 2520-586

**SUCURSAL 2**  
Av. Maldonado #10145 y Cusubamba  
Fono/Fax: 2684-560 2684-561

**SUCURSAL 3**  
Acuña E1-51 y Juan Agama  
Fono/Fax: 3238-641 3238-643 3238-644

**SUCURSAL 4**  
B. Vicente Maldonado 549-163 y Calle C  
Fono/Fax: 2695-700 2699-542 2699-706

Email: [ventas@castillohermanos.com](mailto:ventas@castillohermanos.com)  
Quito-Ecuador

**CONTRIBUYENTE ESPECIAL**

Resolución N° 194

N.E.001-001-1093591

RUC 1790155102001

Autorización: 1111507366

Válido para su emisión hasta 13/AGOSTO/2013

**FACTURA S-001-001-00 0154460**

Fecha: Quito, Miércoles, 10/Oct/2012

Condiciones de Pago: CONTADO

**Cliente:** CONSTRUCTORA J.C. VALENZUELA CIA.LTDA.

POMASQUI PASAJE 1 # 520 Y BOLIVAR(QUITO)

1791771338001 2354662

001-001-0154460

mpmax - Luis Fernando Zúñiga Saa - RUC 1708459837001 - Av. L. 1552 - Del 148301 al 168300 - 13/08/2012 - Tel: 3 82 82 80

Guía de Remisión	Cantidad	Artículo	% Descto	Precio Unitario	TOTAL
	76.00	(800050)PERNO HEX AC. GR.8 UNC 1/4X1"	0.00	0.060	4.56
	76.00	(700400)TUERCA AC. GR.5 UNC 1/4"	0.00	0.020	1.52
	76.00	(801550)ARANDELA PLANA SAE (TIPO EUROPEO) 1/4"	0.00	0.020	1.52
<b>Subtotal</b>	<b>7.60</b>				
		<b>Descuento</b>			
		<b>10.7143%</b>			
		<b>0.81</b>			
		<b>V. Imponible</b>			
		<b>6.79</b>			
		<b>12.00%</b>			
		<b>0.81</b>			
		<b>I.V.A.</b>			
		<b>7.60</b>			
		<b>TOTAL US\$</b>			
		<b>7.60</b>			

DECLARO HABER RECIBIDO A ENTERA SATISFACCION Y SIN LUGAR A RECLAMO POSTERIOR TODA LA MERCADERIA DETALLADA EN ESTA FACTURA, LA MISMA QUE COMO COMPRADOR RECONOZCO EXPRESAMENTE, SUJETANDOME YO O MI EMPLEADOR, SEGUN EL CASO, A LAS CONDICIONES Y PLAZOS QUE CONSTAN EN LA MISMA. ACEPTO PAGAR EL MAXIMO DE INTERES CORRESPONDIENTE EN CASO DE RETRASO POR LA MORA, LA QUE EMPEZARA AL VENCERSE EL PLAZO MENCIONADO.

CLIENTE

ORIGINAL-CLIENTE / COPIA-EMISOR

CASTILLO HERMANOS  
 10 OCT. 2012  
 CANCELADO



R.U.C. 1717094328001

**FACTURA** 001-001-  
**0004993**

Collaguazo Criollo Wilmer

Dir.: Av. Manuel Córdova Galarza Local 6 Pomasqui  
Telf.: 2350-417 / 088354532 • Quito - Ecuador

Aut. S.R.I. 1111509901

FECHA DE AUTORIZACIÓN: 13 / AGOSTO / 2012

Cliente: J.C. GUERRERO CONSTRUCTORA  
 Dirección: AV. OCCIDENTAL N70-384 y JOSE CARRIÓN  
 Telf.: 3820 832  
 C.I. ó RUC.: 1791771338001

DIA	FECHA MES	AÑO
<u>12</u>	<u>10</u>	<u>2012</u>

Cantidad	DESCRIPCION	VALOR / UNIT.	VALOR TOTAL
<u>2/4</u>	<u>SINTE AMARILLO</u>	<u>6.70</u>	<u>13.40</u>
<u>1/4</u>	<u>FONDO UNIPRIARAL</u>		<u>8.00</u>
<u>1</u>	<u>LITRO THER</u>		<u>1.50</u>
<u>2</u>	<u>LIJOS</u>		<u>0.60</u>
<u>1/4</u>	<u>AMARILLO SINTE</u>		<u>6.70</u>
<u>1</u>	<u>CT THER</u>		<u>1.50</u>

**PINTUCOLOR**  
Los colores de hoy  
**CANCELADO**  
R.U.C.: 1717094328001

FORMA DE PAGO Contado  Crédito

Debo y pagaré incondicionalmente a la orden de WILMER COLLAGUAZO (PINTUCOLOR), el valor total expresado en este documento más los impuestos legales respectivos y el interés legal del ..... en caso de mora, más todos los gastos que ocasione su cobro siendo suficiente prueba de ello la mera aseración del acreedor.  
 Renuncio domicilio y me someto a los jueces competentes de la Ciudad de Quito y al trámite sumario ejecutivo verbal a elección de WILMER COLLAGUAZO (PINTUCOLOR) O SUS CESIONARIOS.  
 Acepto que WILMER COLLAGUAZO (PINTUCOLOR), Ceda y transfiera a cualquier momento los derechos que emanan del presente documento sin que sea necesaria notificación alguna ni nueva aceptación de mi parte.  
 Suscribo el presente pagaré de conformidad con todos sus términos y doy mi visto bueno de conformidad con la ley.

SUBTOTAL:	<u>28.30</u>
IVA %	<u>3.40</u>
IVA 0 %	
TOTAL USD	<u>31.70</u>

[Firma]  
Firma Cliente

[Firma]  
Firma Autorizada

Soria Guerrero Guillermo Alberto, Imprenta San Antonio R.U.C. 1712734506001 Telf.: 2294548 Autor. 4490 Desde 004901 al 005800  
 Fecha de Caducidad: 13 / AGOSTO / 2013 • ORIGINAL = ADQUIRENTE / COPIA = EMISOR



# AUTOREPUESTO CONTINENTAL



COLLAGUASO LASSO JOSE ROSALINO

SISTEMAS DE AIRE - MANGUERAS HIDRAULICAS - REPUESTOS

BENDIX EATON NTN DAYCO FLOSSER  
BOMBAS VALVULAS RULIMANES MANGUERAS LAMPARAS

Dirección: SAN JOSE DEL CONDADO OE4453 Y SAGALITA  
JUNTO AL GRUPO SANANGO

Teléfonos: CLARO: 097551069 / MOVI: 092707757  
QUITO - ECUADOR

R.U.C. 1716260334001  
**FACTURA 001-001**

**No. 0001979**

AUT. SRI # 1111523487  
Válida su emisión hasta: 15/Agosto/2013

Cliente: Hormigonera y Constructora JCV  
 Dirección: Bu. Occidental N-70-284 y Jose Maria Carrion  
 Telf: 3810-287  
 RUC / CI: 1991771338002

DIA	FECHA	AÑO
11	OCT	2012

CANT.	DESCRIPCION	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
2	VALVULAS DESGARGA	6,25	12,50
2	NEPOS BUSHIN 19x14	2,46	4,92
<b>CANCELADO</b>			
ORIGINAL: CLIENTE COPIA: EMISOR		SUBTOTAL	17,42
SON:		IVA 0%	—
		IVA 12%	2,10
		TOTAL \$	19,52

Firma Autorizada

Firma Cliente

**MANGUERAS "EL CONDADO"**  
**CESPEDES VILLEGAS BYRON EDUARDO**

MANGUERAS REFORZADAS: AGUA, LUZ, JARDIN, ANILLADA  
 AUTOMOTRIZ Y SUS ACCESORIOS  
 PRODUCTOS PLASTIGAMA, COBRE, PERNOS, VALVULAS, ETC.  
 Av. Antonio José de Sucre Oe4-200 y la Sirena (El Condado)  
 Telefax: 2490-393 Cels.: 084 255-858

R.U.C. 1801067370001

**FACTURA**

SERIE - 001 - 001 -

**Nº 0003798**

AUT. S.R.I. 1110773362

FECHA AUT. 28 / Febrero / 2012

Cliente: J. E. Valenzuela - Constructora

Dirección: \_\_\_\_\_ Telf.: 3820-832

Fecha: Quito, 12 de octubre 2011 R.U.C./C.I.: 1791771338001

CANT.	DESCRIPCION	V. UNIT.	V. TOTAL
2	Meplos de 3/4 x 15 Hg	1,00	2,00
1	Meplo de 3/4 x 8 Hg	0,62	1,24
1	Universal de 3/4 Moic	0,60	0,60
3	Llaves check de 3/4 Itol	11,16	33,48
2	Cobos de 3/4 x 90 Hg	0,62	1,24
1	Permutox	1,34	1,34
2	teflonos	0,22	0,44
<b>CANCELADO</b>			

Válido para su emisión hasta el 28 / Febrero / 2013

SUBTOTAL 12%	40,34
SUBTOTAL 0%	—
SUBTOTAL	40,34
I.V.A. 12%	4,84
<b>TOTAL</b>	<b>45,18</b>

  
 FIRMA AUTORIZADA

  
 CLIENTE

Acosta Veloz Yolanda-Piedad / IMPORTECMO, Telf. 2530-036 / 087444359, RUC. 1708715014001 Autorización No. 10560, del 3401 al 3900 x 2 (Q)  
 Original: ADQUIRENTE / Rosada: EMISOR



# ECUACOMEX

ECUATORIANA DE COMERCIO CIA. LTDA.  
SIRVIENDO A LA INDUSTRIA ECUATORIANA  
IMPORTACION Y EXPORTACION

FC00029268

RUC. 1790342867001

Av. La Prensa N 43-240 (788) y Av. El Inca  
Telfs.: 2441 070 / 2441 071 / 2441 072 / 2451 165  
Fax: (593-2) 2441 074  
www.ecuacomex.com  
Email: ventas@ecuacomex.com  
Quito - Ecuador

## FACTURA

Nº 001-001-00 **0029268**

No. AUTORIZACION: 1110625558

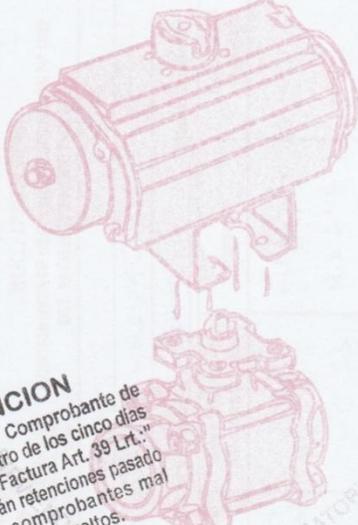
Fecha de Autorización: 23 / 01 / 2012

Fecha de Emisión: Quito, 10/10/2012

Cliente: J.C. VALENZUELA CONSTRUCTORA CIA. LTDA. R.U.C. 6 C.I. 1791771338001

Dirección: AV. OCCIDENTAL N70-384 EJOSE MARIA CARRION Telf. 3-820-832

Guía de Remisión: \_\_\_\_\_ OF

CODIGO	CANT.	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR DE VENTA
7.174	3.00	BUSHING 3/4 X 1/4 HN TH	1.58	4.74
49.230	3.00	TEE 3/4 X 150 HN TH	1.50	4.50
30.307	2.00	MANOMETRO 0-60 ESF 2 1/2, 1/4 INF	14.50	29.00
30.316	1.00	MANOMETRO 0-100 PSI D.2.5 SECO MARSH	14.50	14.50
				
<p><b>ATENCION</b> Emitir y enviar Comprobante de Retención dentro de los cinco días de emitida la Factura Art. 39 Lrt. No se recibirán retenciones pasado ese tiempo comprobantes mal emitidos serán devueltos.</p> <p style="text-align: right;"><b>SALIDA LA MERCADERIA DEL ALMACEN NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES</b></p>				
CINCUENTA Y NUEVE CON 07/100				
			SUBTOTAL	52.74
			DESCUENTO	0.00
			IVA 2 %	6.33

ANEXO K

FOTOS DEL SISTEMA

## CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA EN EL TALLER



## SISTEMA EN HORMIGONERA J.C.V

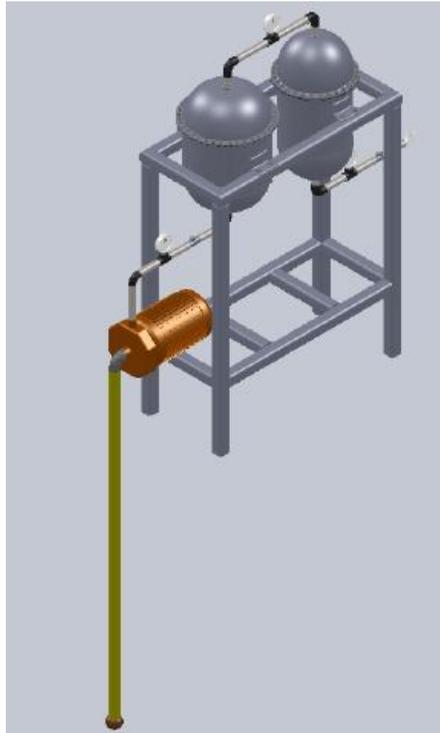


ANEXO L

MANUAL DE MANTENIMIENTO

## MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE FILTRACIÓN DE AGUA DE LA HORMIGONERA J.C.VALENZUELA

Este manual está destinado para dar a conocer al usuario la funcionalidad y características de los filtros.



### Especificaciones técnicas

Potencia de la bomba hp	1
Tubería de succión	1 1/4
Tubería utilizada en el sistema	3/4
Manómetros	0-100 PSI
Voltaje de bomba	110 V
Voltaje del sistema de control	110 V

## **MEDIDAS DE SEGURIDAD**

1. Evitar que el sistema eléctrico tenga contacto con líquidos para evitar daños en el mismo o choques eléctricos a los operarios.
2. Limpiar los vidrios de los manómetros para poder tener una mejor visión.
3. No dejar el sistema funcionando sin supervisión.
4. Evitar el contacto de niños con el equipo durante su funcionamiento.
5. No encender la bomba si la cisterna se encuentra con niveles bajos de líquido.
6. Si el sistema sufre daños, en caso de desperfecto comunicarse con su proveedor.

## **MANTENIMIENTO**

1. Cambiar los materiales filtrantes cuando del sistema ya no obtengamos agua adecuada para la elaboración del hormigón, se puede dar cuenta que el sistema necesita mantenimiento cuando, las presiones aumentan, caudal bajo y cuando se realice análisis físicos-químicos y se obtenga fuera de los parámetros de la norma para la elaboración de hormigón.
2. Limpiar periódicamente las cisternas para evitar acumulación de sólidos en estas. Se recomienda una limpieza mensual para retirar las partículas sedimentadas.
3. Limpiar la válvula de pie para que no sufra daños y permita un trabajo correcto cuando el sistema este trabajando.
4. Limpiar el sistema en su exterior y evitar que se acumule suciedad y de un mal aspecto. Se la puede realizar después de un día de trabajo.
5. Proteger el sistema de control evitando la humedad del ambiente.

## **MANUAL DE FUNCIONAMIENTO**

Para un correcto funcionamiento del SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DEL AGUA EN LA MEZCLA DEL HORMIGÓN se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Verificar que la tubería este con agua antes de encender la bomba.
- b) Verificar la cantidad de agua en el sistema.
- c) Encender el equipo y verificar presiones.
- d) En caso de atascamiento de bomba parar el equipo mediante el Switch eléctrico.
- e) Si las horas de trabajo son mayores a las establecidas verificar que la bomba no sufra daños.
- f) Verificar que las conexiones eléctricas estén adecuadas.
- g) Verificar que las tuberías estén conectadas correctamente.
- h) Apagar el equipo totalmente si esta fuera de funcionamiento.

En el siguiente cuadro permite establecer condiciones recomendables de mantenimiento para que el sistema presente un buen aspecto y lo más importante para que no sufra un daño severo que pueda dejar fuera de funcionamiento al equipo.



ANEXO M

PLANOS DEL SISTEMA