

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



**DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA LA REUTILIZACIÓN Y  
TRATAMIENTO DE AGUAS DOMÉSTICAS RESIDUALES DEL  
EDIFICIO "SAN MARTÍN"**

Proyecto de Grado Presentado para la Obtención del Grado de Licenciatura en  
Ingeniería Electromecánica

Por: Azcui Roman Alejandro Williams

Tutor: Ing. Ciro Levy Díaz

---

LA PAZ – BOLIVIA

2021



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA LA REUTILIZACIÓN Y  
TRATAMIENTO DE AGUAS DOMESTICAS RESIDUALES DEL  
EDIFICIO "SAN MARTIN"**

Por

Azcui Roman Alejandro Williams

Revisado y Presentado ante el Tribunal de Grado

Académico

APROBADO: \_\_\_\_\_

Ing. Levy Díaz Ciro

Asesor de Proyecto de Grado

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

## Resumen

El proyecto se enfoca en el diseño del sistema de control para la reutilización y tratamiento de aguas domésticas residuales del edificio "San Martín", donde se aplican los conocimientos de mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas, realizando análisis de las aguas residuales, caudales, pérdidas de fluido en componentes y acoples de tuberías, criterios de selectividad de altura de carga y potencia, para desarrollar el dimensionamiento de los diferentes elementos de la bomba y también el conocimiento de automatización mediante un plc.

El documento consta de tres partes: la primera, estudia su necesidad del tratamiento y reutilización de agua, justificando la demanda, el consumo y el ahorro económico del líquido elemento; la segunda, muestra las características de componentes, materiales y condiciones de funcionamiento de las bombas en paralelo; y la tercera, se aplica los conceptos de diseño, análisis automático de circuitos de control y fuerza mediante un plc , simulación de efectos reales con programas adecuados, manufactura y empleo de sus componentes.

De esta forma teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado al ser un proyecto útil, practico y ventajoso el costo total es de 10073,83 [Bs] precio por el cual la gente que habita el edificio contara con el líquido elemento en horas de la noche donde sucede el corte del suministro por parte de la empresa "EPSAS".

## **DEDICATORIA**

A mi papá: Roberto

A mis hermanos: Andrés, Hans y Karem

A mi Tía: Beatriz

A mis Abuelitas: Carmen y Isabel

Y especialmente a mi mamita: Elena

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la salud, por ponerme al frente tantos casos de los cuales me hicieron reflexionar y darme cuenta de lo afortunado que era simplemente solo por tener otro día más de vida.

A mis padres por ser los principales gestores de la formación académica que culmina, ya que sus consejos, enseñanzas y sustento, han logrado guiarme por el duro camino de la vida.

A mi tribunal por ser parte de la elaboración del proyecto. De modo particular agradezco a mi asesor Ing. Levy Díaz Ciro por el apoyo incondicional más allá de ser mi asesor fue como un gran amigo y por haber llevado este proyecto a su etapa final.

A la carrera de Ingeniería Mecánica-Electromecánica y a la Universidad Mayor de San Andrés por haberme brindado la oportunidad de formarme profesional e íntegramente.

## ÍNDICE GENERAL

<b>1 ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>2</b>
1.1 Introducción.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
1.4 Justificación.....	4
1.4.1 Justificación técnica.....	4
1.4.2 Justificación económica .....	4
1.4.3 Justificación Social .....	5
1.4.4 Justificación Académica .....	5
1.5 Alcances y límites .....	5
1.5.1 Alcances.....	5
1.5.2 Límites.....	5
1.6 Alternativas de solución .....	6
1.6.1 Solución al problema del tratamiento de aguas residuales domesticas....	6
1.6.2 Solución al problema de los dosificadores .....	10
1.6.3 Solución al problema de las bombas hidráulicas .....	11
1.7 Selección a la mejor alternativa.....	15
1.7.1 Selección de dosificadores .....	15
1.7.2 Selección de la Bomba de Agua .....	16
<b>2 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1 Características del agua.....	19
2.1.1 Definición del agua .....	19
2.1.2 Calidad de Agua .....	21
2.1.3 Concepto de agua residual .....	22

2.2	Proceso de bombeo de agua .....	25
2.2.1	Descripción del proceso del bombeo de agua .....	25
2.3	PLC.....	29
<b>3</b>	<b>INGENIERÍA DEL PROYECTO .....</b>	<b>36</b>
3.1	Parámetros de diseño .....	36
3.1.1	Tratamiento de Agua .....	36
3.1.2	Control de proceso .....	36
3.1.3	Bombeo de Agua.....	37
3.2	Diseño y especificación de componentes.....	37
3.2.1	Diseño del sistema de tratamiento de aguas .....	37
3.2.2	Diseño del sub sistema PLC.....	56
3.3	Diseño del sistema de bombeo .....	73
3.3.1	Calculo del sistema para bombeo de agua con una bomba centrifuga. .	74
3.4	Planos.....	92
<b>4</b>	<b>MANUFACTURA.....</b>	<b>93</b>
4.1	Procesos de fabricación .....	93
4.1.1	Metodología de fabricación.....	93
4.1.2	Tiempos de fabricación.....	94
4.2	Procesos de montaje.....	99
4.3	Operación y mantenimiento.....	100
4.3.1	Operación.....	100
4.3.2	Mantenimiento .....	100
<b>5</b>	<b>COSTOS.....</b>	<b>102</b>
5.1	Costos de fabricación.....	102
5.2	Costo de montaje .....	103
5.2.1	Costos de mano de obra de montaje .....	103
5.2.2	Costos de insumos de montaje.....	103
5.2.3	Costo de máquinas herramientas para el montaje .....	104
5.2.4	Costo final de montaje .....	104
5.3	Precio Final .....	105



5.4	Costos de operación y de mantenimiento.....	105
5.4.1	Costo de mano de obra .....	105
5.4.2	Costo energético .....	105
5.4.3	Costo de mantenimiento.....	106
<b>6</b>	<b>EVALUACIÓN .....</b>	<b>107</b>
6.1	Evaluación técnica .....	107
6.1.1	Comparación técnica entre el proceso actual y el proceso alternativo .	107
6.1.2	Comparación técnica en el mercado internacional.....	110
6.2	Evaluación económica .....	110
6.2.1	Utilidad debido a la reutilización de agua.....	110
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>111</b>
7.1	Conclusiones.....	111
7.2	Recomendaciones.....	111
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA / WEB GRAFÍA.....</b>	<b>113</b>
8.1	BIBLIOGRAFÍA .....	113
8.2	WEB GRAFÍA.....	113
<b>9</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>114</b>
9.1	ANEXO A.....	114
9.2	ANEXO B.....	117
9.3	ANEXO C.....	133

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración N° 1 - Tratamiento Primario .....	7
Ilustración N° 2 - Tratamiento Secundario.....	8
Ilustración N° 3 - Tratamiento Terciario .....	9
Ilustración N° 4 - Dosificador Automático .....	10
Ilustración N° 5 - Dosificador Manual .....	11
Ilustración N° 6 - Bomba Periférica.....	12
Ilustración N° 7 - Bomba Centrífuga.....	13
Ilustración N° 8 - Bomba Hidráulica.....	14
Ilustración N° 9 - El Agua .....	19
Ilustración N° 10 - Escasez.....	20
Ilustración N° 11 - Partes de una Bomba .....	26
Ilustración N° 12 - Caracol .....	26
Ilustración N° 13 - Voluta.....	27
Ilustración N° 14 - Turbina .....	28
Ilustración N° 15 - Coraza .....	28
Ilustración N° 16 - Autómatas Programables .....	29
Ilustración N° 17 - Configuración física del plc logo.....	30
Ilustración N° 18 - Diagrama Ladder .....	31
Ilustración N° 19 - Diagrama de bloques .....	32
Ilustración N° 20 - Lista de instrucciones.....	33
Ilustración N° 21 - Texto estructurado.....	34
Ilustración N° 22 - Visualización de estados y Parámetros del plc logo .....	35
Ilustración N° 23 - Ampliación del plc logo .....	35
Ilustración N° 24 - Espacio ocupado por el plc logo .....	36
Ilustración N° 25 - Disposición de Descarga de Aguas Residuales del Edificio.....	42
Ilustración N° 26 - Tanques Tank Burg para elección .....	43
Ilustración N° 27 - Filtro Malla.....	45
Ilustración N° 28 - Floculante.....	46
Ilustración N° 29 - Hidrato de Calcio .....	48
Ilustración N° 30 - Dosificador de Cloro.....	50
Ilustración N° 31 - Mezclador.....	52
Ilustración N° 32 - Etapa Inicial .....	52
Ilustración N° 33 - Cámara de Floculación .....	53
Ilustración N° 34 - Salida de agua y Purga.....	53
Ilustración N° 35 - Cámara de lechos Arena , Antracita y Grava.....	54
Ilustración N° 36 - Cámara de agua tratada.....	56
Ilustración N° 37 - Descripción plc logo .....	57
Ilustración N° 38 - Pulsadores .....	58

Ilustración N° 39 - Presostato .....	59
Ilustración N° 40 - Flotador .....	60
Ilustración N° 41 - Descripción del Ciclo Lógico .....	62
Ilustración N° 42 - Diagrama Escalera .....	63
Ilustración N° 43 - Descripción del Logo RC 230 .....	64
Ilustración N° 44 - Conexión del plc.....	65
Ilustración N° 45 - Dimensionamiento de conductores.....	67
Ilustración N° 46 - Modelos de Interruptores termomagnéticos .....	68
Ilustración N° 47 - Características del Interruptor termomagnético.....	69
Ilustración N° 48 - Calibre del contactor .....	70
Ilustración N° 49 - Características del contactor .....	71
Ilustración N° 50 - Características del relé de sobrecarga.....	72
Ilustración N° 51 - Velocidades de los fluidos.....	75
Ilustración N° 52 - Velocidades de los fluidos.....	78
Ilustración N° 53 - Valor de NPSH teórico.....	90
Ilustración N° 54 - Tipo de Bomba .....	91
Ilustración N° 55 - Potencia de la Bomba .....	92
Ilustración N° 56 - Tratamiento Clásico de las Aguas Residuales.....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 - Ventaja y Desventaja de los Dosificadores.....	15
Tabla N° 2 - Ventajas y Desventajas de las Bombas .....	17
Tabla N° 3 - Disposición de Departamentos .....	38
Tabla N° 4 - Toma de Muestras .....	38
Tabla N° 5 - Análisis Físico - Químico.....	39
Tabla N° 6 - Composición Aguas Residuales Domesticas .....	40
Tabla N° 7 - Características Mecánicas del Material de estructura de soporte.....	44
Tabla N° 8 - Dimensiones .....	44
Tabla N° 9 - Disposiciones.....	45
Tabla N° 10 - Especificaciones.....	46
Tabla N° 11 - Especificaciones.....	48
Tabla N° 12 - Especificaciones.....	50
Tabla N° 13 - Concentraciones Químicas de Tratamiento de Agua .....	51
Tabla N° 14 - Dimensiones de Partículas de retención.....	55
Tabla N° 15 - Datos Técnicos del Flotador.....	60
Tabla N° 16 - Variables de programación.....	61
Tabla N° 17 - Parámetros de Funcionamiento.....	66
Tabla N° 18 - Características del Alimentador.....	68
Tabla N° 19 - Características Específicas .....	71
Tabla N° 20 - Características Específicas .....	73
Tabla N° 21 - Horas de Consumo.....	73
Tabla N° 22 - Consumos de Hora Pico.....	74
Tabla N° 23 - Dimensiones de tubería de acero.....	76
Tabla N° 24 - Dimensiones de tuberías .....	79
Tabla N° 25 - Propiedades del agua .....	81
Tabla N° 26 - Valores de rugosidad de tubos .....	82
Tabla N° 27 - Coeficientes de resistencia.....	84
Tabla N° 28 - Datos generales .....	86
Tabla N° 29 - Selección de Bomba Centrífuga .....	87
Tabla N° 30 - Presión de Vapor de carga.....	88
Tabla N° 31 - Datos Específicos .....	90
Tabla N° 32 - Código de Planos.....	92
Tabla N° 33 - Avance del Taladro Longitudinal .....	99
Tabla N° 34 - Mantenimiento .....	101
Tabla N° 35 - Costo de elementos Especificados .....	102
Tabla N° 36 - Costos de mano de obra de Montaje.....	103
Tabla N° 37 - Costos de Insumos .....	103
Tabla N° 38 - Costos de Maquinas de Herramientas .....	104

Tabla N° 39 - Costos final de Montaje.....	104
Tabla N° 40 - Precio de la Mini planta de tratamiento de Agua .....	105

# CAPÍTULO I

## 1 ASPECTOS GENERALES

### 1.1 Introducción

El agua es uno de los recursos naturales no renovables que en el futuro próximo escaseará en todo el mundo por el calentamiento global del planeta Tierra. Este recurso vital proveniente de fuentes naturales como son los nevados, que se deshuelan por el excesivo calor, constituye el inicio de recorrido del agua que se distribuye en ríos y vertientes, pero que estos también se desvanecen y se extinguen en la distancia.

Una fuente natural de agua es la lluvia, que cae en la época respectiva para abastecer los ríos y los depósitos construidos para almacenar el agua, que es conducido y distribuido a través de una matriz de redes de tubería a una determinada población, este sistema de acopio del agua beneficia a contadas personas que conforman una población concentrada; esta fuente también está en peligro porque cada año baja el nivel de agua almacenada por falta de lluvias.

Otra fuente de agua son las filtraciones naturales que emanan de la superficie terrestre que son en poca cantidad, constituyéndose en vertientes y aguas filtrantes que contiene el líquido hasta cierta época del año, como agua de bebida para consumo humano, siendo esta la forma más extendida en la población rural especialmente en lo ancho y largo del altiplano boliviano, que también actualmente se va reduciendo a muy pocas vertientes.

Como una solución parcial a este problema, se plantea el diseño del sistema de control para la reutilización y tratamiento de aguas domésticas residuales provenientes de la cocina, lavamanos, lavadoras y duchas, que la mayoría de las personas echan a la intemperie por falta de conocimiento acerca del tratamiento de aguas servidas.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El presente proyecto surge a raíz de una visita al edificio “SAN MARTÍN” el cual está ubicado en la ciudad del Alto en la Zona Villa Dolores, cuyas características geográficas dificultan el acceso de agua potable en horas de la noche, es en el momento en el cual se pudo verificar un exagerado consumo de agua y un gran desperdicio de la misma, se evidencia la necesidad urgente de corregir el consumo excesivo y concientizar el desperdicio del líquido elemento.

Por tales razones, es preciso la implementación de una mejora en el consumo y reutilización del líquido elemento; por tanto, es pertinente la automatización y diseño de control especializados en un tratamiento para la reutilización del líquido elemento. En este sentido se plantea la siguiente pregunta: ¿Es posible la automatización y el diseño de un sistema de control para el tratamiento y reutilización de agua? como solución a la problemática de él uso del agua y la concientización de la misma.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Diseñar del sistema de control para el tratamiento y reutilización de aguas domésticas residuales para el edificio “San Martín”.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los parámetros químicos y concentraciones para el tratamiento de aguas residuales respecto a normas bolivianas.
- Realizar el ciclo lógico del sistema de control para el tratamiento de aguas.
- Determinar las protecciones de las bombas y calibre de los conductores eléctricos.
- Calcular la potencia de las bombas según la altura de carga, perdidas en los accesorios.

## **1.4 Justificación**

### **1.4.1 Justificación técnica**

Al realizar la visita al edificio "SAN MARTIN" se pudo observar que carece de un sistema de control automático destinado para el tratamiento y reutilización de aguas para poder tener acceso al líquido elemento en horas de la noche en la cual escasea el agua en la zona de Villa Dolores por la falta de presión en las tuberías principales, de esta forma realizar un ahorro energético dentro del edificio.

Otro motivo muy importante es que se deberá implementar un sistema hidráulico preciso para optimizar el caudal de reabastecimiento con pérdidas en tuberías mínimas para que la reutilización de agua sea provechosa.

Por tal razón se hace necesario una solución, de tal forma que se realice un sistema de control automático en el edificio "SAN MARTIN" con dimensionamiento de tuberías y bombas centrifugas para la correcta reutilización del agua. Para lo cual se contará con: tanque de almacenamiento de aguas residuales, temporizadores, sensores flotadores, equipo de tratamiento de aguas, bombas de agua, cuadro de control, de tal forma que estos cumplan la función de alertar a los trabajadores mediante un plc del ciclo de proceso de reutilización.

### **1.4.2 Justificación económica**

Nos centramos en el uso de la tecnología actual que es la forma mas práctica para realizar el proyecto y ayuda a la facilidad de uso por parte de los propietarios, los cuales a la larga verán un ahorro económico y a la misma vez un uso conciente del líquido elemento que hoy en día es vital para el planeta.

La automatización ha sido uno de los factores más influyentes en el desarrollo del proyecto, pues al limitar parcial o totalmente el agua, el cual es producto del uso exagerado del líquido elemento, nos damos cuenta que se tiene que tener consciencia en el momento del consumo, es en tanto que mediante un analisis estadístico se



comparará el costo del equipo de implementación con el dinero que se paga a las empresas de agua y de esta forma ayudar a la economía de los propietarios.

### **1.4.3 Justificación Social**

El presente documento hace un aporte de una posible solución a la problemática respecto a la escasez del agua en La Paz sabiendo que estamos sobre treinta y tres vertientes naturales las cuales en un futuro empezaran a secarse, es por eso la reutilización y tratamiento del líquido elemento viene a ser una respuesta hacia la gran demanda de la sociedad.

### **1.4.4 Justificación Académica**

El presente tema del proyecto se elige debido a ser un hecho real que me sucede cuando cambio de trabajo y localidad del mismo, los cuales por motivos de distancia toca vivir en la ciudad del Alto donde se evidencia la ausencia de agua en horas de la noche por lo que el hecho ocasiona incomodidades y molestias a los vecinos dentro del edificio "San Martín".

## **1.5 Alcances y límites**

### **1.5.1 Alcances**

El presente proyecto se basa principalmente en facilitar agua reutilizada y tratada químicamente a los departamentos del edificio para que de esta forma se pueda realizar el consumo del mismo una vez que se realice el corte de agua por la empresa "EPSAS" por la falta de presión de la red principal de distribución a horas 22:00PM, realizando el cálculo, diseño de elementos y componentes, tanto electromecánico y eléctrico, de tal manera que estos garanticen la dotación del líquido elemento.

### **1.5.2 Límites**

Los límites del proyecto tienen que ver única y exclusivamente con el diseño en Ingeniería Electromecánica, no abarcando otras especialidades que directa o indirectamente están relacionadas con el presente proyecto.

Además, otro límite esencial del diseño del sistema de bombeo automático es trabajar y elegir componentes que existan en el mercado nacional, a la vez es necesario aplicar fundamentos técnicos para la elaboración del cuadro eléctrico e hidráulico para el sistema de control, de esta forma llevar a cabo un sistema factible para aprovechar la reutilización de agua en el edificio.

## **1.6 Alternativas de solución**

En este apartado se desarrollarán algunas opciones de solución involucradas al diseño del sistema de bombeo automático y la reutilización de agua, orientado para un mejor uso del líquido vital, determinado por los costos para poder llevar a cabo el proyecto.

### **1.6.1 Solución al problema del tratamiento de aguas residuales domesticas**

El tratamiento de aguas es la parte primordial del proyecto, esta función consiste en realizar un análisis físico, químico y bacteriológico, primero en las naturales y luego en las tratadas durante un proceso. Entre los tratamientos se tienen:

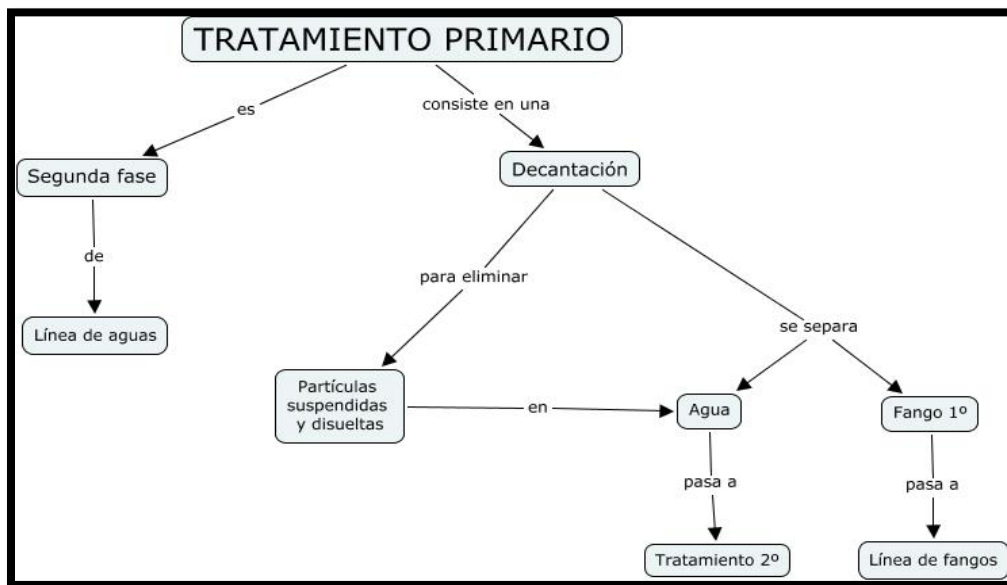
- ✓ Tratamiento de aguas residuales domésticas por absorción.
- ✓ Mini Planta de Tratamiento de aguas residuales domésticas

#### **Tratamiento de aguas residuales domésticas por absorción**

Las aguas residuales provenientes del uso doméstico, como la con dureza temporal y permanente necesitan ser purificadas, para ello existen los siguientes tres procesos que son:

Tratamiento primario de aguas servidas que consiste en la filtración, sedimentación y descomposición bacteriana. Las aguas que llegan se filtran a través de una rejilla metálica para retener los objetos grandes, luego pasan a los depósitos de sedimentación donde la grasa y los aceites se reúnen en la superficie y los sólidos se asientan en el fondo. Estos sólidos forman un sedimento orgánico en su mayoría, que por la acción bacteriana se descompone mientras permanecen en el depósito. En la siguiente ilustración se muestra lo expuesto anteriormente:

Ilustración N° 1 - Tratamiento Primario

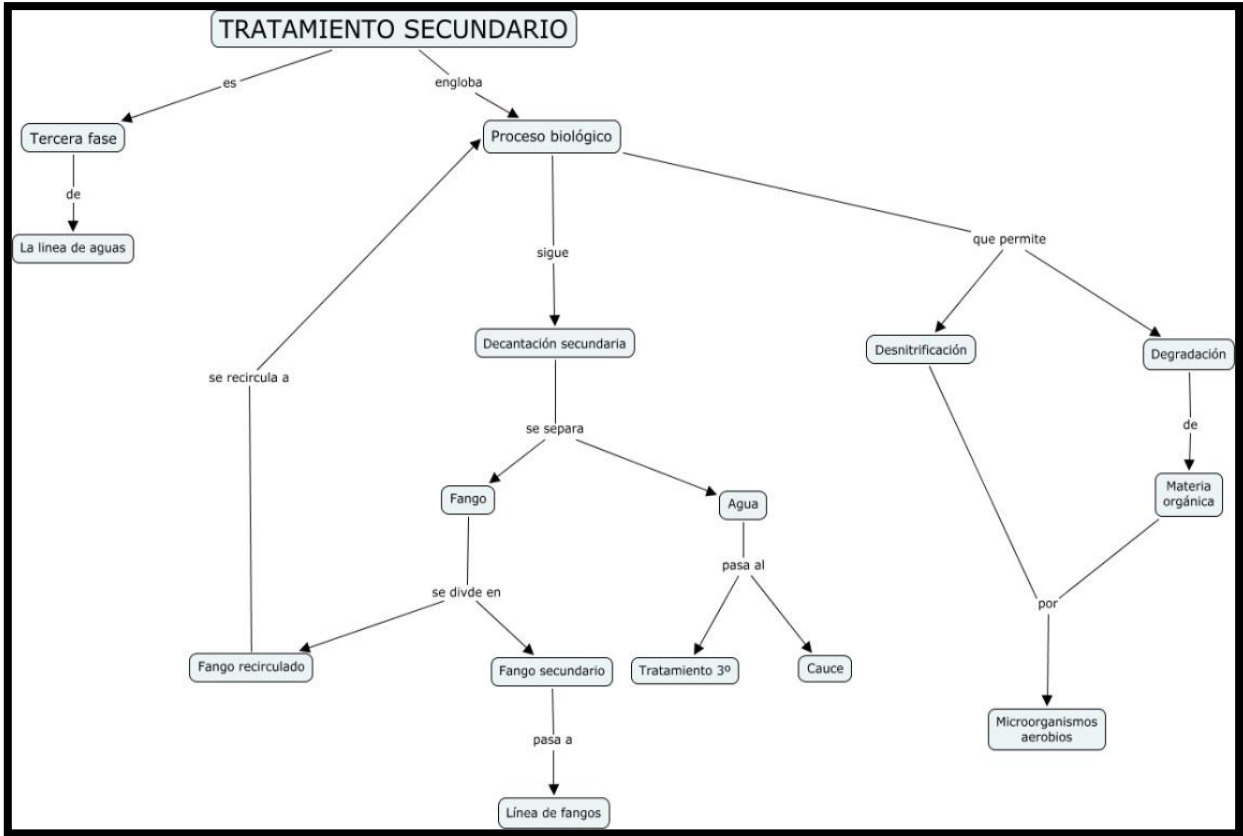


Fuente – <http://tratamientodeaguas.net>

El tratamiento secundario, consiste en la eliminación de materia orgánica por la acción bacteriológica aeróbica o anaeróbica. Los sólidos que no se asientan solos se hacen precipitar agregando sales de aluminio y hierro, por ejemplo,  $Al_2(SO_4)_3$  o  $FeCl_3$  que forman óxidos hidratados en estado coloidal viscoso, capaces de absorber los sólidos que se encuentran en suspensión. El líquido filtrado se esparce sobre la capa de grava cubierta de limo bacteriano, donde se lleva a cabo la descomposición aeróbica, que transforma la sustancia orgánica en inorgánica estable e inodora.

Sin embargo, el avance tecnológico y la creciente industrialización han provocado el origen y aumento de materiales indeseables en las aguas de deshecho, muchos de los mismos tienen resistencia a la acción de biodegradación, que es el tratamiento más utilizado. En otros términos, los compuestos soportan los tratamientos primario y secundario, por lo que es necesario buscar otro tipo de tratamiento. (Ver ilustración N° 2).

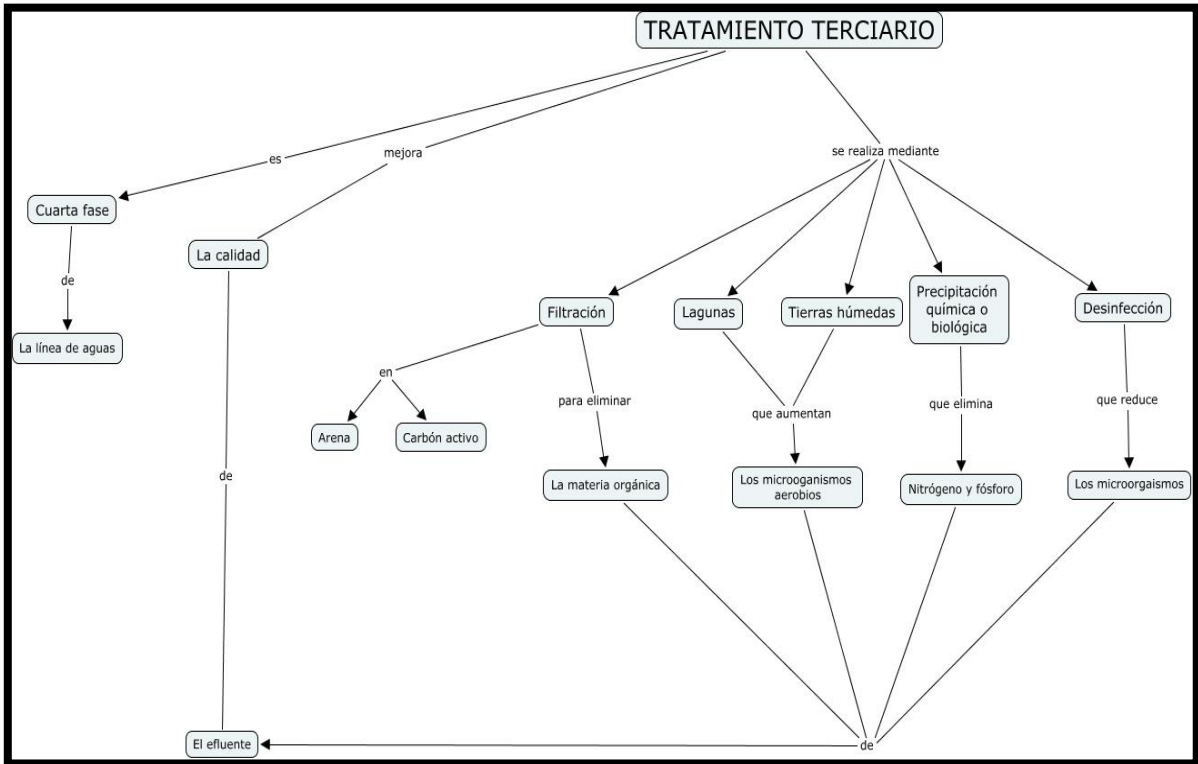
Ilustración N° 2 - Tratamiento Secundario



Fuente – <http://tratamientodeaguas.net>

El tratamiento terciario consiste en la potabilización y procesos para remover sustancias específicas no biodegradables como son los metales pesados y ciertos compuestos orgánicos no deseables. (Ver ilustración 3).

Ilustración N° 3 - Tratamiento Terciario



Fuente – <http://tratamientodeaguas.net>

### Mini Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas

La mini Planta está integrada por procesos de Floculación en Línea que dosifica el reactivo coagulante antes de entrar al tanque reactor. El tanque reactor cuenta internamente con 2 etapas de tratamiento; La primera es el Decantador / Sedimentador. Los lodos generados en el proceso de coagulación rápida van quedando en el fondo del tanque, mientras que el agua clarificada se dispone a ascender y atravesar a la segunda etapa; Esta segunda etapa es el proceso de Micro filtración Ascendente, en donde un sistema de lecho Multicapa (grava, sílice y Carbón Activado), de una granulometría ideal, es el encargado de filtrar y clarificar el agua (Hasta con 1 NTU), así como también por mecanismo de absorción, reducir la concentración de olores y sabores extraños dentro del Agua.

## 1.6.2 Solución al problema de los dosificadores

### Dosificador Automático

El dosificador automático que se instala directo en la tubería de agua, esto permite que funcione sin necesidad de mangueras o conectores adicionales.

Direcciones de uso:

Antes de utilizar el dosificador automático, asegúrese de que se tenga un balance y acondicionamiento apropiados.

La concentración residual aproximada es de 1.0 a 1.5 ppm. (Acorde a las instrucciones del fabricante de químicos).

El compuesto residual debe ser revisado diariamente, ajuste la válvula para agregar más o menos cantidad según sus necesidades.

El compuesto que necesita la alberca es dependiendo del uso, temperatura, luz solar, etc. Al principio deberá revisar los niveles químicos para determinar la carga adecuada, ajustarla correctamente a la válvula de control para dosificar lo requerido para su necesidad (Ver ilustración N° 4)

Ilustración N° 4 - Dosificador Automático



Fuente – <http://carbotecnia.info>

## **Dosificador Manual**

Los dosificadores de tabletas no solo ahorran tiempo, sino que también reducen la manipulación de productos químicos.

Se utilizan tabletas grandes o pequeñas de disolución lenta ya sea de Cloro, Floculante o Hidrato de Calcio para la aglutinación y purificación del agua a tratar.

Ilustración N° 5 - Dosificador Manual



Fuente: <http://carbotecni.info>

### **1.6.3 Solución al problema de las bombas hidráulicas**

#### **Bombas Periféricas**

Las bombas periféricas son muy útiles para uso doméstico e industrial y en su presentación física son de dimensiones pequeñas.



Son de tipo elípticas y ayudan a mejorar la presión de agua y llegan a tener un caudal aproximado entre 86 a 90 [l/min], por lo que es muy común verlas donde hay muy poca presión y puede tener una potencia aproximada de ½ hasta 2[HP].

Respecto al tema de la altura pueden llegar a bombear hasta una altura de 35[m], además que tienen una entrada y salida de 1[plg] de entrada y salida, por lo general de este tipo de bombas son fáciles de instalar y manipular en todo tipo de ambiente en el cual se necesite (Ver ilustración N° 6)

Ilustración N° 6 - Bomba Periférica



Fuente – <http://aguaecosocial.net>

## Bombas Centrifugas

Conocidas como roto dinámicas son recomendadas para uso doméstico, agrícola e industrial, en general este tipo de bomba es una de las más utilizadas para bombear líquidos en general.



Estas bombas son eléctricas y poseen una mayor vida útil a diferencia de las bombas periféricas, ya que pueden llegar a tener un caudal aproximado de 90 [l/min] y un máximo de 156[l/min] por lo que funcionan perfectamente para extraer agua de pozo y regadío en grandes proporciones.

A la misma vez una de sus principales características es que es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor en energía cinética. (Ver ilustración N° 7)

**Ilustración N° 7 - Bomba Centrífuga**



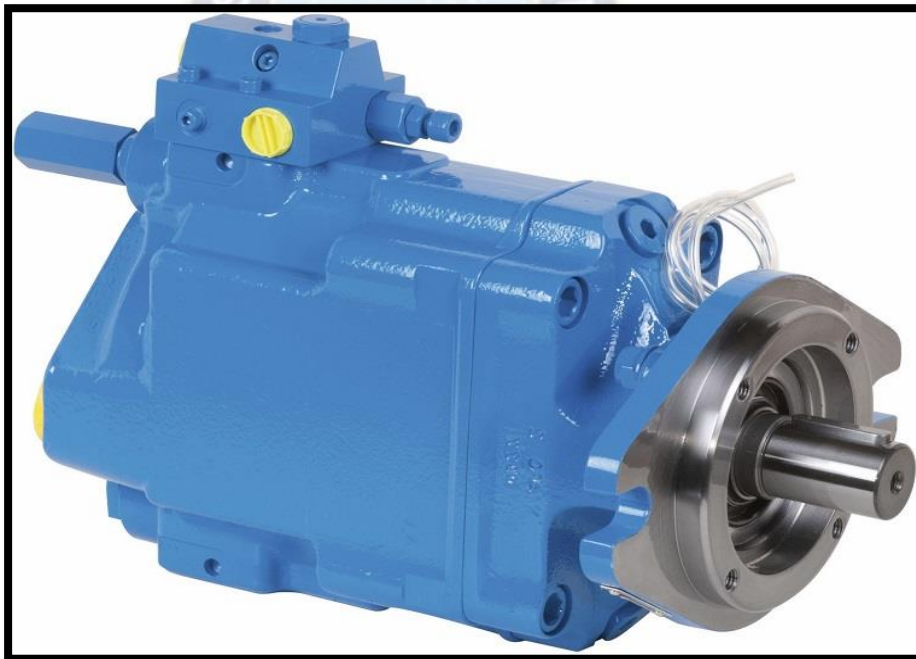
Fuente: <http://aguaecosocial.net>

## Bombas Hidráulicas

Una bomba hidráulica es una maquina capaz de transformar la energía con la que funciona generalmente mecánica o eléctrica en energía del fluido que intenta mover. Dicho de otra forma, suministra el caudal y la presión necesaria para cumplir determinada función.

El funcionamiento de estas bombas se basa en la hidrostática, donde una variación del volumen genera un cambio de la presión. Las bombas hidráulicas constan de cilindros que aspiran líquido mediante unas aspas que al girar generan corriente de succión, luego unos pistones empujan el fluido comprimiéndolo lo necesario para alcanzar la presión y realizar un determinado trabajo. (Ver ilustración N° 8)

Ilustración N° 8 - Bomba Hidráulica



Fuente : <http://aguaecosocial.net>

## 1.7 Selección a la mejor alternativa

Se tiene como objetivo el diseño del sistema de control para la reutilización y tratamiento de aguas domésticas residuales del edificio San Martín, orientado para la accesibilidad al líquido elemento en horarios de corte de suministro en el edificio, determinado por los costos y funcionalidad de espacio. En este sentido y orientado en función a las posibles alternativas de solución, planteadas previamente en el punto 1.5 del presente proyecto, se realizaron las tablas N° 1 y 2 comparando las ventajas y desventajas que ofrecen cada alternativa.

### 1.7.1 Selección de dosificadores

Con la ayuda de la tabla N° 1 se selecciona la mejor opción para el sistema de dosificación.

Tabla N° 1 - Ventaja y Desventaja de los Dosificadores

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>DOSIFICADOR AUTOMÁTICO</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene una capacidad aproximada de 3[kg]</li><li>• Sus válvulas de regulación son de sencilla utilización</li><li>• Funciona por efecto Venturi, que al pasar el agua por el dosificador esta absorbe el compuesto químico.</li><li>• Incluye purga de agua</li><li>• Limpieza rápida y sencilla</li><li>• Reducir los costos.</li><li>• Mayor eficiencia</li></ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran capacidad y mayor autonomía en su uso</li> </ul>
<b>DOSIFICADO MANUAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construidos con material plástico inalterable.</li> <li>• Tiene una capacidad de 4[kg]</li> <li>• Incluye purga de agua</li> <li>• Viene dotado de una válvula anti retorno la cual asegura un correcto flujo de agua impidiendo que invierta su dirección</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exclusivo solo para sólidos</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Entonces en función a las necesidades y requerimientos en el presente proyecto se ve por conveniente la selección de:

- **Dosificador Automático**

Adecuado para los tres compuestos químicos que trataran el agua el momento del ingreso inicial por la tubería. De esta forma realizar un control de flujo químico que entra al agua.

### 1.7.2 Selección de la Bomba de Agua

Con la ayuda de la tabla N° 2 se selecciona la mejor opción para el de bombeo.

Tabla Nº 2 - Ventajas y Desventajas de las Bombas

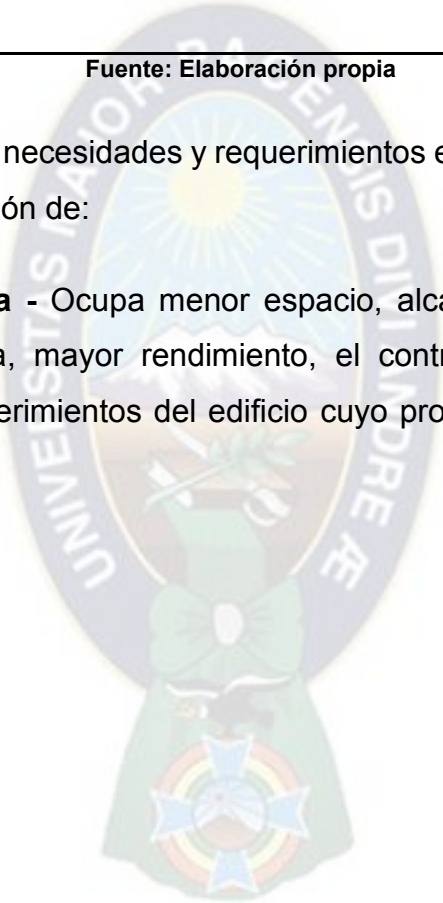
TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p><b>BOMBA PERIFÉRICA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy útiles para uso doméstico con una altura máxima a 35[m]</li> <li>• Pequeñas y fáciles de instalar.</li> <li>• Alta fuerza en el impulsor.</li> <li>• Entradas de tubería son de una pulgada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajan con un caudal limitado entre 86 a 90[l/min].</li> <li>• Necesita presión externa del fluido a la entrada de la bomba.</li> <li>• Turbinas pequeñas.</li> </ul>
<p><b>BOMBAS CENTRÍFUGAS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajan con un caudal según el modelo de hasta 500[m<sup>3</sup>/h].</li> <li>• Trabajan con alturas de hasta 100[m].</li> <li>• Alta fuerza en el impulsor.</li> <li>• Menos costo de mantenimiento.</li> <li>• Mayor flexibilidad en control y versatilidad.</li> <li>• Nivel de ruido bajo.</li> <li>• Fáciles de desmontar en caso de realizar el cambio de algún componente.</li> <li>• Son alrededor del 80% más solicitadas en todo el mercado</li> <li>• Más económicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propenso a entrar en cavitación por una mala regulación de velocidad del fluido en el ingreso de la tubería.</li> </ul>

<b>BOMBAS HIDRÁULICAS</b>	• Capaz de transformar energía mecánica o eléctrica en energía de fluido.	• Necesita trabajar a cierta presión para poder cumplir su función.
	• El control es más preciso.	• Bastante mantenimiento.
	• Extremadamente versátiles.	• Propensas a un desperfecto mecánico interno.
	• Son fáciles de usar.	

Fuente: Elaboración propia

Entonces en función a las necesidades y requerimientos en el presente proyecto se ve por conveniente la selección de:

- **Bomba Centrífuga** - Ocupa menor espacio, alcance necesario de bombeo, potencia necesaria, mayor rendimiento, el control es más preciso y debe satisfacer los requerimientos del edificio cuyo promedio mensual diario es de 3731,7[1].



## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Características del agua

##### 2.1.1 Definición del agua

El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible. (Ver ilustración N° 9)

Ilustración N° 9 - El Agua



Fuente - Definición de agua (<https://definición.de/agua/>)

El agua es el componente que aparece con mayor abundancia en la superficie terrestre (cubre cerca del 71% de la corteza de la Tierra). Forma los océanos, ríos y lluvias, parte constituyente de todos los organismos vivos. La circulación del agua en los ecosistemas se produce a través de un ciclo que consiste en la evaporación o transpiración, la precipitación y el desplazamiento hacia el mar.



La escasez de agua es un problema que tiene lugar en todas partes del planeta. Alrededor de un 20% de la población mundial reside en zonas donde no hay suficiente agua, y otro 10% se acerca a dicha situación. Por otro lado, un 25% debe enfrentar la falta de recursos por parte de su país para realizar el transporte de agua desde los acuíferos y ríos. (Ver ilustración N° 10)

**Ilustración N° 10 - Escasez**



Fuente - Definición de agua (<https://definición.de/agua/>)

Para muchos, la escasez de agua se ha convertido en uno de los puntos a resolver más urgentes del siglo XXI, en parte a causa del consumo desmedido que tuvo lugar durante los cien años anteriores, cuyo ritmo duplicó el de natalidad. Si bien no es correcto decir que la Tierra entera sufre de falta de agua, el número de zonas que carece de este recurso vital crece de manera preocupante.

Como es sabido, la acción de nuestra especie es, en gran parte, responsable de este fenómeno: la cantidad de agua potable presente en el mundo entero es suficiente para abastecernos a todos; sin embargo, dada la irregularidad con la que se distribuye y el enorme desperdicio por parte de un gran porcentaje de la población, su gestión se vuelve insostenible.



### 2.1.2 Calidad de Agua

El presente estudio considera necesario conocer las características del agua residual, para tener una referencia de los parámetros a medir con el tratamiento adsorbente.

La calidad del agua es variable y debe ser controlada a través del tiempo para definir los parámetros a tratar, así como la frecuencia y su profundidad del tratamiento.

La calidad del agua debe ser establecida mediante la determinación de parámetros organolépticos, como ser la coloración, turbiedad; los parámetros físico – químicos, como el potencial de hidrógeno o base, solubilidad, conductividad, transparencia, parámetros microbiológicos, que determinan la presencia de bacterias (coliformes) que en solución o en suspensión desvirtúan la composición original del agua.

La calidad de aguas no tratadas se expresa mediante la caracterización de los elementos, en las fuentes de agua potencialmente utilizables que están constituidas por:

- Aguas superficiales (ríos, riachuelos, lagos, lagunas y represas).
- Aguas subterráneas (vertientes o manantiales, subálvea y profunda).
- Aguas de lluvia.

En los criterios de calidad es importante considerar la selección de la fuente de abastecimiento. Adicionalmente se consideran como parámetros complementarios de calidad: la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), el Oxígeno Disuelto (OD) y la concentración de Cloruros, como indicador indirecto de contaminación fecal 3.

El agua potable para consumo doméstico de acuerdo a la Norma Boliviana 5124, que determina el valor máximo de concentración permitido, definidos en el control de calidad del agua, establece los parámetros que deben estudiar la Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento (EPSAS), que se agrupa por su factibilidad

técnica y económica en los siguientes grupos: Control mínimo, básico, complementario y especial.

### **2.1.3 Concepto de agua residual**

Se llaman aguas residuales de manera general a los líquidos que provienen de las industrias, talleres, cloacas y redes domiciliarias, con muchos contaminantes; son inapropiados para el consumo humano y animal, su paso y permanencia afecta la salud de las personas, cambia la ecología del sitio y con ello pone en riesgo toda forma de vida.

Las composiciones de los caudales de aguas residuales dependen del tipo de sistema de recogida que se emplee, por el mismo puede incluir los siguientes componentes:

- Agua residual doméstica. Procedente de zonas o barrios donde viven personas, existen instalaciones comerciales, públicas y similares.
- Agua residual industrial. Donde predominan los vertidos industriales.
- Aguas pluviales. Resultante de la escorrentía superficial
- Infiltración y aportaciones incontroladas. Agua que entra de manera directa como indirecta en la red de alcantarillado, por juntas defectuosas, fracturas y grietas.

#### **Agua residual doméstica ( ARD )**

Se define como agua residual doméstica al fluido líquido proveniente como remanente del uso en la cocina, lavado de utensilios, alimentos, ropas, etc., que en la mayoría de los hogares se desperdicia, aun afrontando la escasez del líquido.

Es importante diferenciar los desperdicios de uso industrial, por su alto contenido de contaminantes que cada empresa desecha en el proceso de sus productos. El presente estudio tiene un enfoque más centrado en las aguas residuales domésticas, provenientes del preparado de alimentos y otros usos, de los hogares de barrios periurbanos, marginales y de provincia.

## **Composición del agua residual doméstica**

La composición de las aguas residuales se refiere a las cantidades de constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes. En función de las concentraciones de los mismos, el fluido residual se clasifica en concentrado, medio y débil.

## **Los contaminantes de aguas residuales domésticas**

Las aguas residuales de uso doméstico se refieren a los desperdicios del líquido proveniente del lavado de utensilios de cocina, de productos agrícolas utilizados en la preparación de comidas, lavado de ropa, duchas y otros. Los contaminantes del líquido elemento a ser tratado, se agrupan en dos tipos de contaminantes, llamados también impurezas.

### **Impurezas Inorgánicas**

Se refieren a los contaminantes que provienen de metales disueltos como ser el sodio, calcio, magnesio, etc.; a la presencia de gases como el ácido sulfhídrico, oxígeno, nitrógeno; residuos del tratamiento del agua como ser sulfatos, cloruros; son elementos nocivos para la salud como el fósforo, azufre, arsénico.

### **Impurezas Orgánicas**

Son los contaminantes que tienen su origen en la materia orgánica como son los carbohidratos, grasas y aceites. Conforman también este grupo los residuos de tenso activos (detergentes); los componentes de pesticidas, fenoles, que constituyen los productos agroindustriales y los contaminantes biológicos que comprende a las bacterias y virus, causantes de una infinidad de alteraciones en el agua, alimentos y salud de las personas.

## **Tratamiento de aguas residuales**

De manera general el agua que arrojamos de nuestras casas y talleres, llega al fin a los ríos, lagos y pozos. Con ello estamos amenazando la salud de muchas

personas, poniendo en peligro la vida de animales, estropeando la ecología de la región y desperdiciando el líquido elemento. La tecnología actual permite convertir las aguas servidas, en agua pura para volver a beber.

Las aguas residuales provenientes del uso doméstico, con dureza temporal y permanente necesitan ser purificadas, para ello existen los siguientes métodos.

El tratamiento primario de aguas servidas consiste en la filtración, sedimentación y descomposición bacteriana. Las que llegan se filtran a través de una rejilla metálica para retener los objetos grandes, luego pasan a los depósitos de sedimentación donde la grasa y los aceites se reúnen en la superficie y los sólidos se asientan en el fondo. Estos sólidos forman un sedimento orgánico en su mayoría, que por la acción bacteriana se descompone mientras permanecen en el depósito.

El tratamiento secundario, consiste en la eliminación de materia orgánica por la acción bacteriológica aeróbica o anaeróbica. Los sólidos que no se asientan solos se hacen precipitar agregando sales de aluminio y de hierro, por ejemplo,  $Al_2(SO_4)_3$  o  $FeCl_3$  que forman óxidos hidratados en estado coloidal viscosa, capaces de absorber los sólidos que se encuentran en suspensión. El líquido filtrado se esparce sobre la capa de grava cubierta de limo bacteriano, donde se lleva a cabo la descomposición aeróbica, que transforma la sustancia orgánica en sustancias inorgánicas estables e inodoras.

Sin embargo, el avance tecnológico y la creciente industrialización han provocado el origen y aumento de materiales indeseables en las aguas de deshecho, muchos de los mismos tienen resistencia a la acción de biodegradación, que es el tratamiento más utilizado. En otros términos, dichos compuestos soportan los tratamientos primario y secundario, por lo que es necesario buscar otro tipo de tratamiento.

El tratamiento terciario que consiste en la potabilización y procesos para remover sustancias específicas no biodegradables como son los metales pesados y ciertos compuestos orgánicos no deseables.

El método de sedimentación activada, reúne en un solo paso los tratamientos primario y secundario; por medio de estudios extensos se ha demostrado que un buen método para remover numerosos compuestos no biodegradables en soluciones acuosas es la adsorción sobre carbón activado<sup>8</sup>, proceso que es conocido también como el método de adsorción química.

Las normas que regulan los tratamientos secundarios del agua están basadas en las tasas de eliminación de la materia orgánica, sólidos en suspensión y elementos patógenos presentes en el agua residual.

Los métodos analíticos para establecer las características del agua residual están basados en los análisis cuantitativos, referidos a la composición química del agua residual.

## **2.2 Proceso de bombeo de agua**

Para el proceso de bombeo de agua se determinará primeramente la bomba, en base a el caudal, altura de succión, potencia, velocidad de accionamiento y capacidad de aspiración.

### **2.2.1 Descripción del proceso del bombeo de agua**

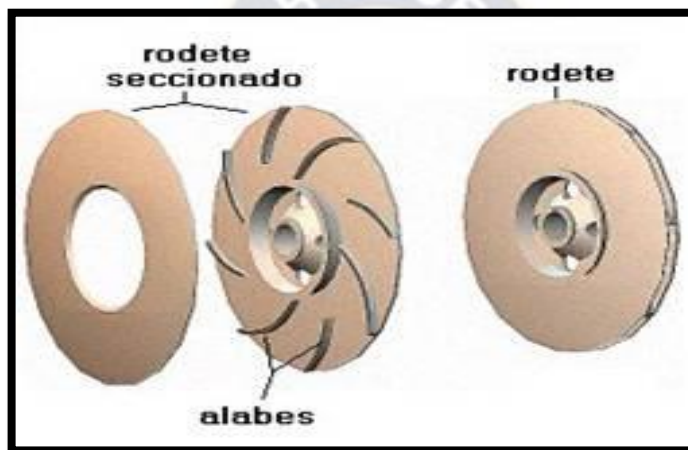
El flujo entra a la bomba a través del centro u ojo del rodete y el fluido gana energía a medida que las paletas del rodete lo transportan hacia afuera en dirección radial. Esta aceleración produce un apreciable aumento de energía de presión y cinética, lo cual es debido a la forma del caracol de la voluta para generar un incremento gradual en el área de flujo de tal manera que la energía cinética a la salida del rodete se convierte en cabeza de presión a la salida. A continuación, se detalla las partes de la bomba centrífuga a detalle para entender gráficamente como se lleva a cabo lo anteriormente mencionado.

#### **Rodete o Impulsor**

Es un elemento móvil que está formado por unas paletas o alabes divergentes unidos a un eje que recibe energía del exterior. Según los alabes vayan sueltos o unidos a uno o dos discos, los rodetes pueden ser:

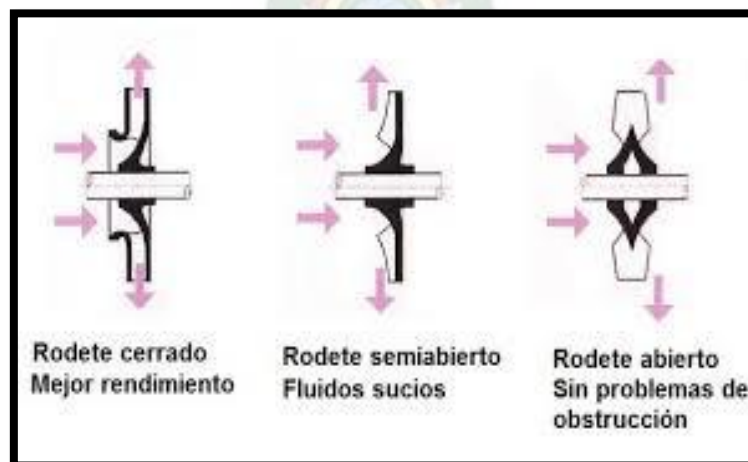
- **Abiertos:** Cuando van sueltos y estos tiene la ventaja de permitir el paso de impurezas, pero tiene poca eficacia.
- **Cerrados:** Cuando van unidos lateralmente a dos discos.
- **Semiabiertas:** Cuando van unidos a un disco. Tienen características intermedias entre los dos tipos anterior (Ver ilustración N° 11 y N° 12)

Ilustración N° 11 - Partes de una Bomba



Fuente: [www.eswikipedia.com](http://www.eswikipedia.com)

Ilustración N° 12 - Caracol



Fuente: [www.eswikipedia.com](http://www.eswikipedia.com)



### **Difusor.**

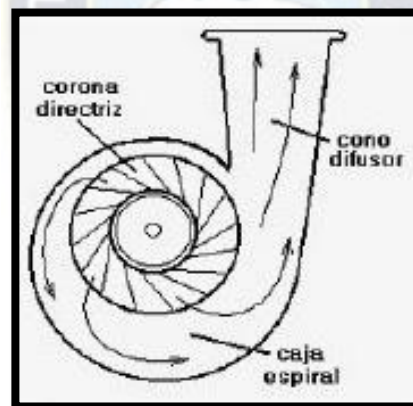
El difusor junto con el rodete, están encerrados en una cámara, llamada carcasa o cuerpo de bomba.

El difusor está formado por unos álabes fijos divergentes que, al incrementarse la sección de la carcasa, la velocidad del agua irá disminuyendo lo que contribuye a transformar la energía cinética en energía de presión, mejorando el rendimiento de la bomba. Según la forma y disposición, las bombas centrífugas son de 2 tipos:

### **Voluta.**

La carcasa tiene forma de caracol, rodeando el rodete de tal forma que el área de flujo de agua aumenta progresivamente hacia la tubería de descarga.

Ilustración N° 13 - Voluta

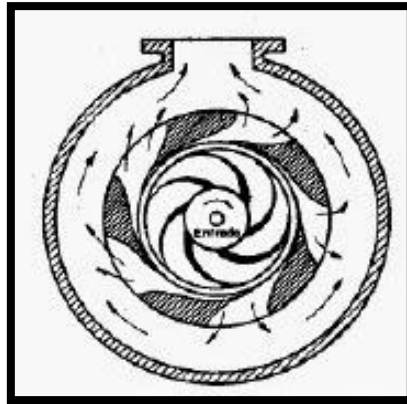


Fuente: [www.eswikipedia.com](http://www.eswikipedia.com)

### **Turbina.**

La carcasa va provista de unos difusores fijos dispuestos de tal forma que el área de flujo se ensancha progresivamente hacia la salida (Ver ilustración N° 14)

Ilustración N° 14 - Turbina



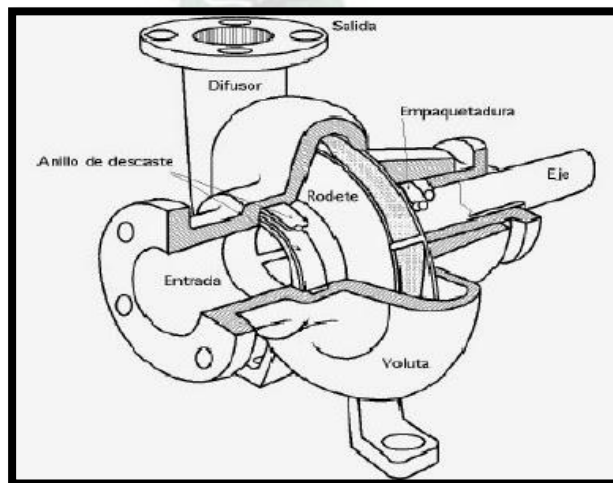
Fuente: [www.eswikipedia.com](http://www.eswikipedia.com)

### Eje.

El eje de la bomba es una pieza en forma de barra de sección circular no uniforme que se fija rígidamente sobre el impulsor y le transmite la fuerza del elemento motor.

Las bombas centrífugas para agua se clasifican atendiendo a la posición del eje en bombas de eje horizontal y bombas de eje vertical. (Ver ilustración N° 15)

Ilustración N° 15 - Coraza



Fuente – [www.eswikipedia.com](http://www.eswikipedia.com)

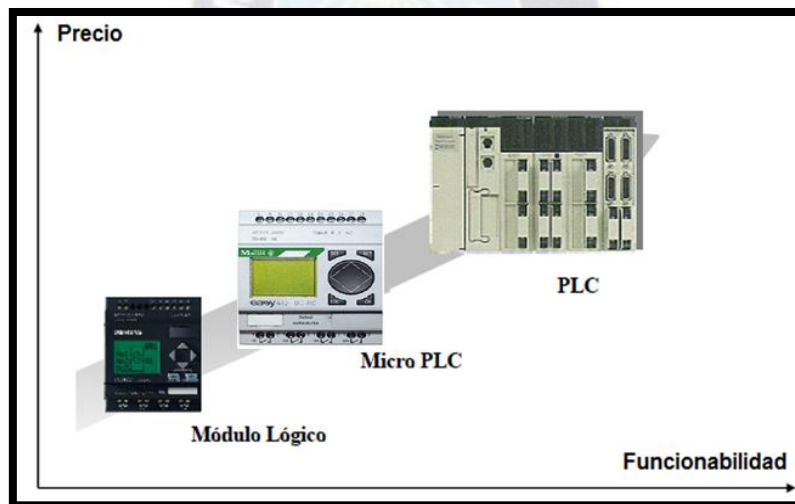


## 2.3 PLC

Un PLC es un equipo electrónico programable diseñado para ser utilizada en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientada en el usuario, para implantar soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuencias, temporizaciones, recuentos y funciones aritméticas, con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas diversos tipos de máquinas o procesos.

Existe diversos tipos de autómatas programables por eso en la ilustración N° 16 se observa una comparación de la funcionabilidad.

Ilustración 16 - Autómatas Programables



Fuente: Sistemas Automatizados "Autómatas Programables (PLC)

Empleamos el micro PLC "logo", que es un módulo de control programable que puede ser utilizado para sustituir sistemas de control compuestos por relés y contactores. Posee funciones lógicas, de temporización, de conteo y de reloj programable.

El "logo" soluciona problemas en los ámbitos domésticos como en instalaciones industriales y de construcción de máquinas y aparatos donde un PLC resulta muy grande y costoso.

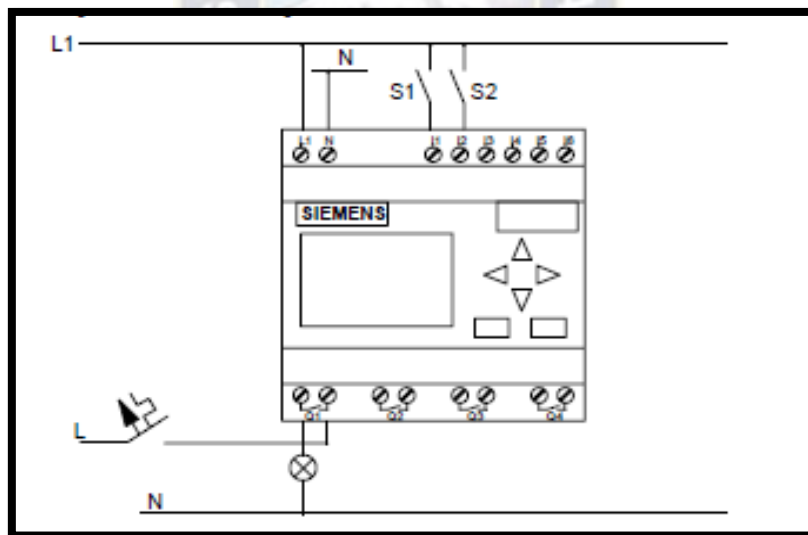
Para la programación se utilizan los esquemas de circuitos que constituyen la base de todas las aplicaciones electrotécnicas. En las aplicaciones convencionales, los aparatos se cablean entre sí. Con el módulo “logo”, en lugar de cablear se utiliza una conexión lógica mediante el simple accionamiento de los pulsadores integrados, brindando para ello todas las comodidades de visualización a través de la pantalla LCD y facilidad en el momento de realizar modificaciones en la lógica de control.

Entre las principales ventajas que presenta el PLC “logo” son las siguientes:

- **Programación:**

Ofrece un fácil uso con el teclado incorporado. Se introduce un esquema de circuito de la aplicación como programa. El cableado es lógico y realizado por medio de los pulsadores integrados (Ver ilustración N° 17)

Ilustración N° 17 - Configuración física del plc logo



Fuente: siemens logo

- **Lenguajes de programación:**

Los lenguajes de programación de PLC se pueden clasificar en dos clases, lenguajes de alto y bajo nivel cada uno con diferentes tipos.

## Lenguajes de alto nivel

En esta categoría se encuentran los lenguajes que son gráficos, ya que estos utilizan una interfaz de símbolos para declarar las instrucciones de control, una de las desventajas de estos lenguajes visuales es que la programación está limitada a los símbolos que se proporcionan.

### a) Diagrama escalera o ladder

Este lenguaje fue uno de los pioneros ya que fue uno de los primeros en ser utilizados, ya que se asemeja mucho a los diagramas con relevadores. Se le llama de escalera porque es muy similar a la estructura de una escalera, ya que contiene dos rieles verticales, y varios rieles horizontales (en este caso serían los escalones).

#### Características principales:

Los 2 rieles verticales son de alimentación (en el caso de VCD uno es voltaje y otra tierra y en VCA son L1 y L2)

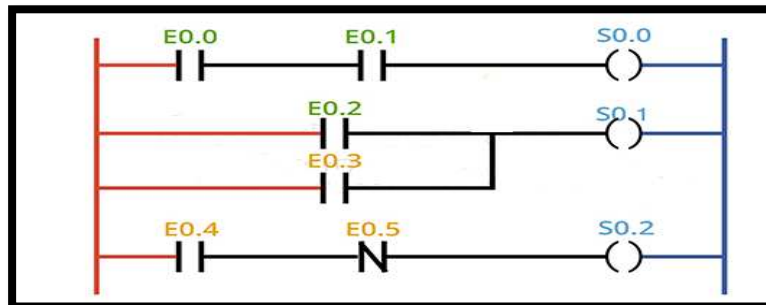
Las instrucciones se colocan del lado izquierdo

Las salidas siempre se colocan del lado derecho.

Se pueden colocar varias instrucciones o varias salidas en paralelo.

El procesador del plc interpreta los datos de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

Ilustración 18 - Diagrama Ladder



Fuente: [www.ingmecafenix.com](http://www.ingmecafenix.com)

## b) Diagrama de bloques

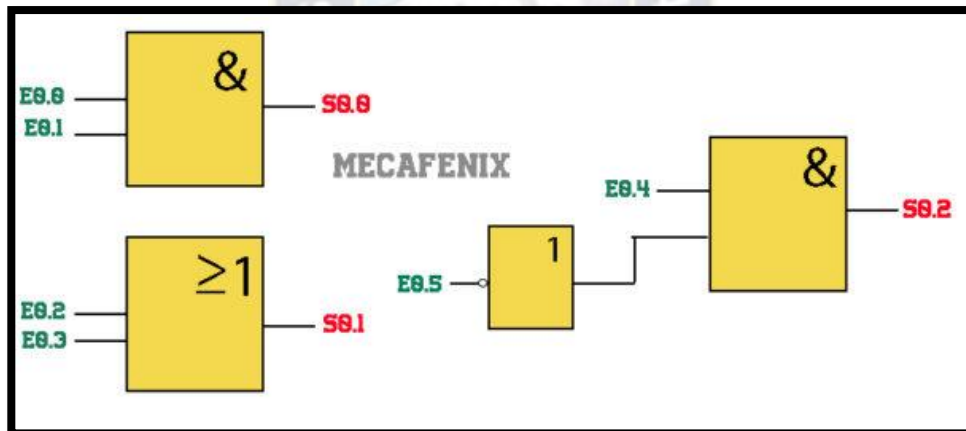
En este tipo de programación se utilizan bloques de símbolo lógicos. Las salidas no se requieren incorporar a una bobina de salida, porque la salida está asignada en las salidas de los bloques lógicos. Estos diagramas en su mayoría son preferidos por personas acostumbrados a trabajar con circuitos de compuertas lógicas, ya que la simbología utilizada es equivalente.

Características principales:

Las salidas de los bloques no se conectarán entre sí.

La evaluación de una red se termina antes de iniciar la siguiente.

Ilustración 19 - Diagrama de bloques



Fuente: [www.ingmecafenix.com](http://www.ingmecafenix.com)

## Lenguajes de bajo nivel

En este tipo se encuentran los lenguajes de programación a través de texto, utilizando cadenas de caracteres para indicar las instrucciones de control.

### c) Lista de instrucciones

Este tipo de lenguaje es el más antiguo y es la base para todos los lenguajes de programación que existen, este lenguaje es el precursor del diagrama escalera ya que este se utilizaba cuando las computadoras aun no tenían capacidad gráfica. Todos los lenguajes son traducidos a lista de instrucciones.

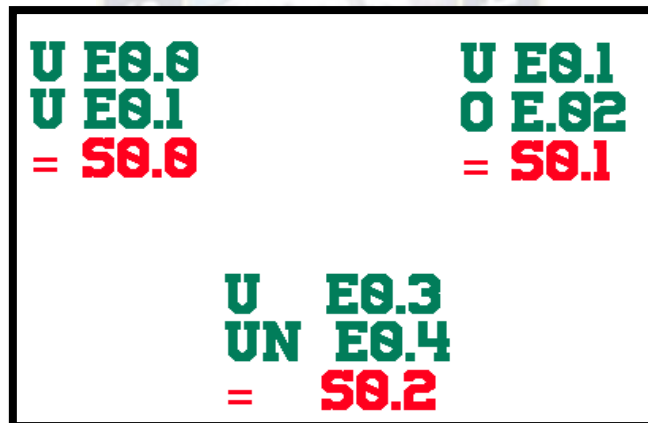
#### Características principales:

Todos los lenguajes pueden ser traducidos a lista de instrucciones, pero no al revés.

La programación es más compacta.

Este lenguaje es el más completo de todos.

Ilustración 20 - Lista de instrucciones



Fuente: [www.ingmecafenix.com](http://www.ingmecafenix.com)

### d) Texto estructurado

El texto estructurado se compone de una serie de instrucciones que se pueden ejecutar, como sucede con los lenguajes superiores, de forma condicionada. Este lenguaje es muy similar al lenguaje C y sobre todo a PASCAL

("IF..THEN..ELSE") o en bucles secuenciales (WHILE..DO).

### Características principales:

Soporta instrucciones aritméticas complejas.

Soporta ciclos de iteración (repeat – until, while – do)

Ilustración 21 - Texto estructurado

```
IF ((E8.8 == TRUE) && (E8.1 == TRUE))
{
S8.8 = TRUE;
}
ELSE S8.8 = FALSE;

IF ((E8.2 == TRUE) || (E8.3 == TRUE))
{
S0.1 = TRUE;
}
ELSE S8.1 = FALSE;

IF ((E8.4 == TRUE) && (E8.5 == FALSE))
{
S8.2 = TRUE;
}
ELSE S8.2 = FALSE;
```

Fuente: [www.ingmecafenix.com](http://www.ingmecafenix.com)

- **Visualización de estados y parámetros:**

La pantalla LCD brinda la posibilidad de visualizar el estado de entradas y salidas (activadas o desactivadas), los parámetros de las funciones ajustados, como ser tiempo, valores de comparación, valor de conteo, valores reales analógicos. (Ver ilustración N° 18)

Ilustración N° 22 - Visualización de estados y Parámetros del plc logo



Fuente: Siemens logo

- **Flexibilidad de ampliación:**

Las ampliaciones son sencillas con Siemens Logo en forma centralizada y descentralizada mente, una ampliación de entradas y salidas sin necesidad de configuración de equipos. (Ver ilustración N° 19)

Ilustración N° 23 - Ampliación del plc logo

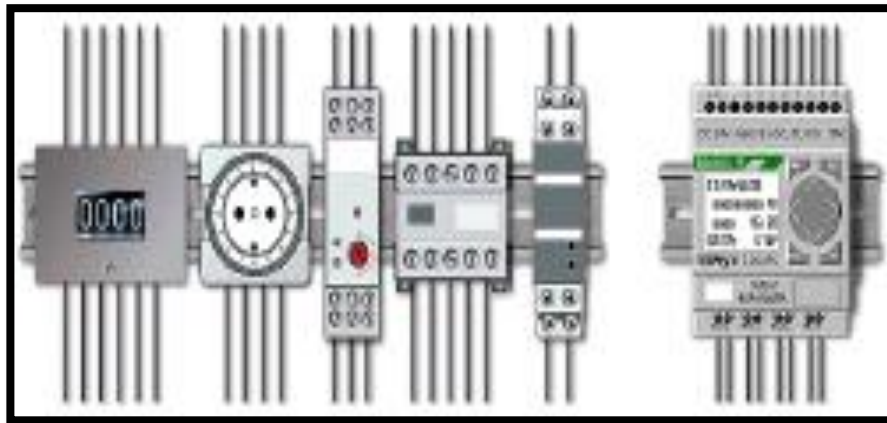


Fuente: Siemens logo

- **Ahorro de espacio:**

Para el “logo” existe espacio en todas partes, al reemplazar a una serie de equipos la diferencia se nota, tanto en espacio como en dinero. El clip de 45 mm resulta adecuado tanto para la utilización en armarios de distribución como de maniobra de máquinas. (Ver ilustración N° 24)

Ilustración N° 24 - Espacio ocupado por el plc logo



Fuente: Siemens logo



## CAPÍTULO III

### 3 INGENIERÍA DEL PROYECTO

#### 3.1 Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño del sistema de control para la reutilización y tratamiento de aguas obedecen a requerimientos indispensables por parte de los propietarios del edificio San Martín y deben satisfacer todas las funciones que cumplen cada uno de los componentes referidos a cada proceso.

##### 3.1.1 Tratamiento de Agua

Para realizar el tratamiento de agua previamente se toma muestras de la tubería secundaria de descarga la cual comprende la unión de los desagües de lavamanos, lavaplatos, duchas, lavadoras, tomando en cuenta las horas picos en los cuales es la mayor demanda de consumo en el edificio.

##### 3.1.2 Control de proceso

La parte del equipo que controla tiempos de ejecución de cada proceso en función a cada sistema, se denomina de automatización, por lo tanto está compuesto por:

- Circuito de control
- PLC

El circuito de control contará con un panel constituido por los parámetros de contorno más importante son:

- ✓ La sincronización que debe existir entre los diferentes sistemas del tratamiento y bombeo de agua.

- ✓ La forma de proceder a el manejo es a través del PLC y los bombas centrífugas comprendido por el tratamiento y el consumo de agua.
- ✓ El circuito hidráulico presentara dos bombas centrífugas en serie y válvulas a lo largo del proceso de carga y descarga de agua, también por sensores de proximidad o boyas que mandaran la señal al PLC.

### **3.1.3 Bombeo de Agua**

Se manifiesta después del respectivo tratamiento de aguas pasa a una determinada velocidad en la tubería de succión para entrar a la bomba que de esta manera se realizan cálculos hidráulicos para que la bomba no entre en cavitación.

A la salida de las bombas se realiza una evaluación analizando las pérdidas que tiene el fluido en la tubería de descarga la cual ésta unida a los diferentes componentes de acople y codos que direcciona al fluido directamente al tanque de almacenamiento el cual está ubicado en la azotea del edificio San Martín.

## **3.2 Diseño y especificación de componentes**

### **3.2.1 Diseño del sistema de tratamiento de aguas**

#### **Cálculo y diseño de la planta de tratamiento de agua**

El proyecto va a ser destinado para personas del edificio mencionado, primero se deberá establecer el número de habitantes que tiene en total, un cuarto doble y tres sencillos de un total de cinco personas por departamento, de cinco pisos (planta baja) el edificio está destinado para veinticinco habitantes en total y al nivel socioeconómico que afrontan ( Ver tabla N° 3)

**Tabla N° 3 - Disposición de Departamentos**

<b>DISPOSICIÓN POR DEPARTAMENTOS</b>	
<b>Primer Departamento</b>	Padre - Madre - Hijo de 1 año
<b>Segundo Departamento</b>	Padre - Madre - Hijo de 18 años -Hijo de 8 años e Hija de 2 años
<b>Tercer Departamento</b>	Madre - Hijo de 22 años - Hijo de 28 años
<b>Cuarto Departamento</b>	Padre - Madre - Hijo de 2 años Hijo de 17 años Hijo de 25 años
<b>Quinto Departamento</b>	Abuela - Madre - Hijo de 11 años – Bebé 6 meses

**Fuente: Elaboración Propia**

### **Toma de Muestras -**

Para realizar el tratamiento de aguas previamente se hizo la toma de muestras de la red de desagüe secundario en las que están las redes de tuberías conectadas de los sumideros de lavamanos, duchas, lavaplatos y lavadoras

La toma de muestras se las realiza mediante horarios fijos en donde el consumo de agua se supone es el más alto en el día, ya que son horarios específicos de mayor uso del líquido vital, que son explicados en la tabla N° 4:

**Tabla 4 - Toma de Muestras**

<b>HORAS</b>	<b>LUNES</b>	<b>MARTES</b>	<b>MIÉRCOLES</b>	<b>JUEVES</b>	<b>VIERNES</b>
<b>06:30 - 08:00</b>	1309,29 [l]	1100,5 [l]	960,7 [l]	1390,7 [l]	1305,7 [l]
<b>11:00 - 12:00</b>	290,8 [l]	187,2 [l]	285,0 [l]	178,2 [l]	365,2 [l]
<b>13:00 - 14:30</b>	428,2 [l]	420,1 [l]	360,4 [l]	390,6 [l]	510,2 [l]
<b>18:00 - 19:30</b>	1346,95 [l]	950,7 [l]	230,5 [l]	1240,0 [l]	1550,6 [l]
<b>TOTAL</b>	<b>3375,24 [l]</b>	<b>2658,5 [l]</b>	<b>1836,6 [l]</b>	<b>3199,5 [l]</b>	<b>3731,7 [l]</b>

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al siguiente cuadro podemos apreciar que el consumo más elevado de registro son los días lunes y viernes, el cual se puede tomar como parámetro para el tratamiento de agua, será de mucha utilidad para poder calcular la cantidad de concentración necesaria de floculante, hidróxido de calcio y cloro.

El tipo de fluido del cual se realizará el respectivo tratamiento de aguas, se la lleva a ser un análisis físico – químico en el laboratorio del instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés y nos da como resultado la cuantificación de contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas del edificio San Martín como se ve en la tabla N° 5:

Tabla N° 5 - Análisis Físico - Químico

Análisis Químicos		
Nro	Parámetro	Resultado
1	pH	8,5
2	Aceites y Grasas	52,60 [mg/l]
3	Sodio	185,40[mg/l]
4	Sulfatos	236,53[mg/l]
5	Cloruros	112,46[mg/l]
Análisis Físicos		
1	Color	17,00 UCV
2	Sabor y Olor	
3	Turbiedad	5,8 UNT
Análisis Microbiológico		
1	Coliformes Totales	$9,5 \times 10^{-02}$ U.F.C/100 ml

Fuente: Instituto Nacional de laboratorios de Salud "INLASA"

De acuerdo a la tabla N° 6 bajo la norma NB 512 del reglamento nacional para el control de la calidad de agua para el consumo humano y requisitos de agua

potable, la composición típica que deben tener las aguas residuales domesticas son las siguientes:

**Tabla N° 6 - Composición Aguas Residuales Domesticas**

Requisitos físicos y organolépticos			
Características	Valor máximo aceptable	Observaciones	
Color (**)	15 UCV	UCV = Unidad de color verdadero (y no presentar variaciones anormales) – UCV en unidades de platino cobalto	
Sabor y olor (*)	-----	Deben ser aceptables	
Turbiedad (**)	5 UNT	UNT = unidades nefelométricas de turbiedad	
Sólidos disueltos totales (**)	1 000 mg/l (***)	Valor superior influye en la aceptabilidad	
Requisitos químicos			
Características	Valor máximo aceptable	Observaciones	
Dureza total	500,0 mg/l CaCO <sub>3</sub>		
pH <sup>(*)</sup>	9,0	Limite inferior 6,5	
<b>Compuestos inorgánicos:</b>			
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	250,0 mg/l (*)	Valor mayor origina corrosión que se refleja en la aceptabilidad por el sabor.
Sodio	Na	200,0 mg/l (**)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	400,0 mg/l (**)	
(*) Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere el valor máximo aceptable (véanse guías OPS/OMS).			
(**) Valores superiores pueden influir en la apariencia, el sabor, el olor o perjudicar otros usos del agua (véanse guías)			
Requisitos microbiológicos			
Parámetros	Valor máximo aceptable	Método de ensayo	Norma técnica/ Observaciones
Coliformes totales	<1 UFC/100 ml	Membrana filtrante	NB 31003
<b>NOTA</b>			
Se determina "ausencia" por no contar con una unidad representativa de medición.			
<1 UFC/100 ml = ausencia del parámetro en la muestra analizada.			

**Fuente:** NB 512 del reglamento nacional para el control de la calidad de agua para el consumo humano y requisitos de agua potable

De acuerdo a la comparación de las tablas N° 5 y N° 6 podemos decir que los parámetros de concentración del análisis Físico – Químico está en un nivel de concordancia aceptable para lo cual también cumplen con los requerimientos de la norma NB 512 que rige en Bolivia respecto al tratamiento de aguas.

### Diseño del tratamiento de aguas

El diseño se realiza a partir del consumo máximo de agua que en nuestro caso llegaría a ser el día viernes con un volumen de 3731,7 [l] y además con el análisis de cuantificación de los contaminantes presentes en el agua residual doméstica antes de ser tratada.

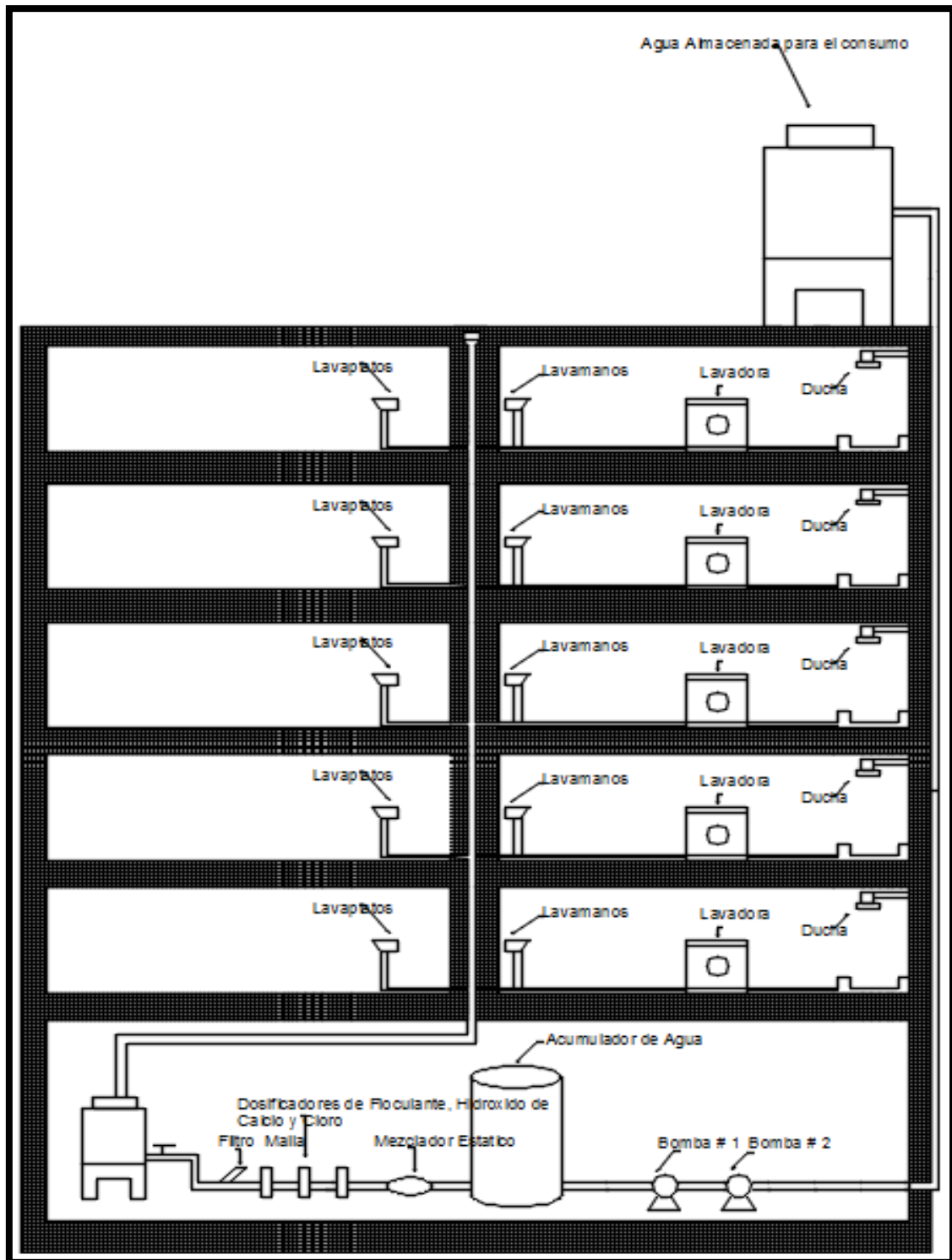
En el siguiente esquema se puede apreciar cómo se inicia el ciclo de paso del agua desde su almacenamiento, pasando por los dosificadores los cuales estabilizaran

el agua hasta mandarla a el tanque el cual posee crepínas y varias capas de arcilla, antracita los cuales serán los encargados de filtrar el agua y sacar las impurezas que pueda tener el agua.

Para luego realizar la distribución a las bombas y de esta forma poder abastecer con agua tratada al edificio San Martin (Ver ilustración N° 25)



Ilustración N° 25 - Disposición de Descarga de Aguas Residuales del Edificio



Fuente: Elaboración Propia



## Tanque de Almacenamiento -

El tanque de almacenamiento es instalado para recibir el agua residual doméstica la cual estará sujeta a una llave de paso manual para que se pueda controlar el flujo y la cantidad que se desea tratar. Se tomarán los siguientes criterios respecto al tipo de tanque de almacenamiento sabiendo que el volumen de descarga es 3731,7 [l]:

Ilustración N° 26 - Tanques Tank Burg para elección

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS*															
CAPACIDAD (L)	300	450	650	900	1000**	1200	1500**	2000	2500	3000	3500	5000	10000	20000	25000
ALTURA (mm)	730	930	1210	1200	1220	1290	1250	1530	1935	1700	1880	2030	2610	3234	3829
DIÁMETRO (mm)	850	850	930	1040	-	1200	-	1400	1400	1750	1750	2000	2320	2957	2957
ANCHO (mm)	-	-	-	-	1100	-	1150	-	-	-	-	-	-	-	-
LARGO (mm)	-	-	-	-	1200	-	1600	-	-	-	-	-	-	-	-

\* VOLÚMENES Y DIMENSIONES NOMINALES (±2%) \*\* TANQUES HORIZONTALES TIPO CISTERNA




Fuente: <https://www.plaxburg.com/folletos.php>



## Estructura de Soporte de los Dosificadores -

La estructura de soporte estará conformada por angulares los cuales darán la estabilización de los dosificadores de Floculante, Hidróxido de Calcio y Cloro, el tipo de angular que se usara está dado por la tabla N° 7:

Tabla N° 7 - Características Mecánicas del Material de estructura de soporte

Descripción	Norma ASTM	Ancho y Punto de fluencia	Punto Ruptura Y Espesor
	A-36	3 [cm] 2300 [Kg/cm <sup>2</sup> ]	3[mm] 3600 [Kg/cm <sup>2</sup> ]

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 8 - Dimensiones

Dimensiones	Medida [mm]	Material
Alto	550	Acero inoxidable SAE 304
Ancho	750	
Profundidad	450	

Fuente: El

aboración propia

## Filtro Malla

El filtro Malla es una carcasa que aloja en su interior un cartucho con una malla de diferentes diámetros u orificios, este tipo de malla puede ser metálica o plástica. Al ingreso del agua residual este filtro malla retiene residuos sólidos mayores a 50 micras como se ve en la ilustración N° 27.

Ilustración N° 27 - Filtro Malla



Fuente: <http://todofiltros.bo>

La tabla N° 9 especifica con mayor detalle el Filtro Malla:

Tabla N° 9 - Disposiciones

		Filtro	Disco	Cartucho Tamaño malla	Presión atm	Descarga m <sup>3</sup> /h
1 ¼"	Filtro completo	X		125	6	8
	Cartucho de sustitución (micras)	X	X	125	6	6
1 ½"	Filtro completo	X		125	8	14
	Cartucho de sustitución (micras)	X	X	125	8	14
		X		250		
2"	Filtro completo	X		125	8	25
	Cartucho de sustitución (micras)	X	X	125	8	20
		X		250		

Fuente: <http://todofiltros.bo>

- **Dosificador de Floculante (Sulfato de Aluminio)**

La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de él floculante aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua facilitando de esta forma la decantación. (Ver ilustración N° 28)

Ilustración N° 28 - Floculante



Fuente: <http://todofiltros.bo>

Para su aplicación de la cantidad de floculante se hace la mención que bajo la Norma Boliviana 512 “Requisitos de Agua Potable” para el tratamiento de aguas en Bolivia nos da la siguiente dosis permitida como se ve en la tabla N° 10:

Tabla N° 10 – Especificaciones

NOMBRE	DENSIDAD	MASA	CANTIDAD DE VOLUMEN POR 1[m <sup>3</sup> ]
Floculante (Sulfato de Aluminio)	1,29[g/ml]	10[g]	77,5[ml]

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los datos de la tabla N° 10 y la cantidad de volumen que se desea tratar, calculamos la cantidad de volumen de floculante que estará presente:

$$Vol_{floculante} = \frac{Vol_{floculante\ teorico} * Vol_{total\ de\ agua\ a\ tratar}}{Vol_{agua\ teorico\ a\ tratar}} \quad (FM - 1)$$

$$Vol_{floculante} = \frac{77,5 [ml] * 3731700 [mL]}{1x10^6 [ml]}$$

$$\boxed{Vol_{floculante} = 289,2 [ml]}$$

Ahora se determinará la concentración porcentual volumen/volumen por parte del soluto que sería el floculante y la disolución que es el agua a tratar en el paso por el dosificador de floculante:

$$\%V/V = \frac{Vol_{floculante} * 100\%}{Volumen\ Solución} \quad (FM - 2)$$

$$\%V/V = \frac{289,2 [ml] * 100\%}{1000 [ml]}$$

$$\boxed{\% \frac{V}{V} = 28,9\%}$$

- **Dosificador de Hidrato de Calcio**

El Hidrato de calcio es una sustancia química la cual tiene como característica en el tratamiento de agua de controla el PH, precipita metales tóxicos y reduce los sólidos en suspensión, estabiliza los lodos del agua tratante, elimina los malos olores y destruye los agentes patógenos higienizándolo. (Ver ilustración N° 29)

Ilustración N° 29 - Hidrato de Calcio



Fuente: <http://todofiltros.bo>

Para su aplicación de la cantidad de hidrato de calcio se hace la mención que bajo la norma 512 del tratamiento de aguas en Bolivia nos da la siguiente dosis permitida mostrada en la tabla N° 11:

Tabla N° 11 - Especificaciones

NOMBRE	DENSIDAD	MASA	CANTIDAD DE VOLUMEN POR 1[m <sup>3</sup> ]
Hidrato de Calcio	2,2[g/ml]	14[g]	63,6[ml]

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los datos de la tabla N° 11 y la cantidad de volumen que se desea tratar, calculamos la cantidad de volumen de hidrato de calcio que estará presente:

$$Vol_{hidrato\ de\ calcio} = \frac{Vol_{hidrato\ de\ calcio\ teorico} * Vol_{total\ de\ agua\ a\ tratar}}{Vol_{agua\ teorico\ a\ tratar}} \quad (FM - 3)$$

$$Vol_{hidrato\ de\ calcio} = \frac{63,6 [ml] * 3731700[mL]}{1x10^6[ml]}$$

$$\boxed{Vol_{floculante} = 237,3[ml]}$$

Ahora se determinará la concentración porcentual volumen/volumen por parte del soluto que sería el hidrato de calcio y la disolución que es el agua a tratar en el paso por el dosificador de hidrato de calcio:

$$\%V/V = \frac{Vol_{hidrato\ de\ calcio} 100\%}{Volumen\ Solución} \quad (FM - 4)$$

$$\%V/V = \frac{237,3 [ml] * 100\%}{1000[ml]}$$

$$\boxed{\% \frac{V}{V} = 23,7\%}$$

- **Dosificador de Cloro**

El cloro líquido es una sustancia química que tiene como característica de desinfectar el agua y alarga la vida útil después de su almacenamiento una vez tratado químicamente. (Ver ilustración N° 30)

Ilustración N° 30 - Dosificador de Cloro



Fuente: <http://todofiltros.bo>

Tabla N° 12 - Especificaciones

NOMBRE	DENSIDAD	MASA	CANTIDAD DE VOLUMEN POR 1[m <sup>3</sup> ]
Cloro	1,56[g/ml]	20[g]	128,2[ml]

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los datos de la tabla N° 12 y la cantidad de volumen que se desea tratar, calculamos la cantidad de volumen de cloro que estará presente:

$$Vol_{cloro} = \frac{Vol_{cloro} * Vol_{total\ de\ agua\ a\ tratar}}{Vol_{agua\ teorico\ a\ tratar}} \quad (FM - 5)$$

$$Vol_{cloro} = \frac{128,2 [ml] * 3731700[mL]}{1x10^6[ml]}$$

$$\boxed{Vol_{cloro} = 478,4[ml]}$$

Ahora se determinará la concentración porcentual volumen/volumen por parte del soluto que sería el cloro y la disolución que es el agua a tratar en el paso por el dosificador de cloro:

$$\%V/V = \frac{Vol_{floculante} * 100\%}{Volumen Solución} \quad (FM - 6)$$

$$\%V/V = \frac{478,4 [ml] * 100\%}{1000[ml]}$$

$$\boxed{\% \frac{V}{V} = 47,8\%}$$

Entonces las concentraciones químicas necesarias para realizar el respectivo tratamiento de agua es como se muestra en la tabla N° 13:

**Tabla N° 13 Concentraciones Químicas de Tratamiento de Agua**

CONCENTRACIONES QUÍMICAS	
FLOCULANTE	%V/V = 23,7
HIDRATO DE CALCIO	%V/V = 28,9
COLORO	%V/V = 47,8

Fuente: Elaboración Propia

- **Mezclador Estático**

El mezclador estático tiene como función de esparcir los aditivos mencionados anteriormente en todo el flujo de agua y acelera la función de cada una de las sustancias presentes en el dosificador de floculante, hidrato de calcio y cloro. A



continuación se puede apreciar en la siguiente ilustración N° 31 el trabajo que realiza el dispositivo.

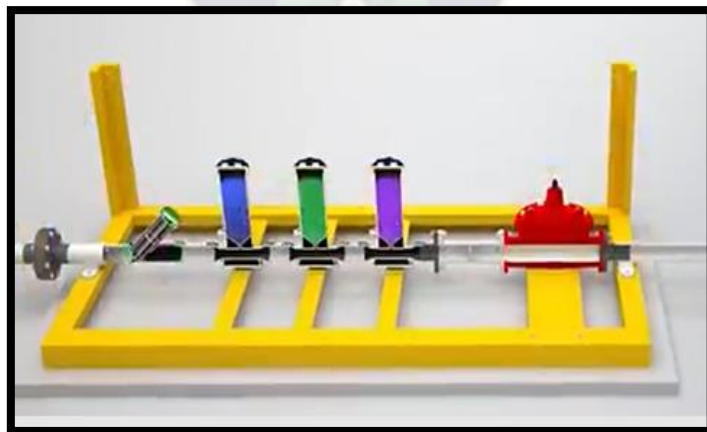
Ilustración N° 31 - Mezclador



Fuente: <http://mezcladoresz.com>

En resumen la primera etapa del tratamiento de agua simplemente realiza la adición química de diferentes compuestos para estabilizar, neutralizar y eliminar la materia que pasa a través del agua como se muestra en la siguiente ilustración N° 32.

Ilustración N° 32 - Etapa Inicial

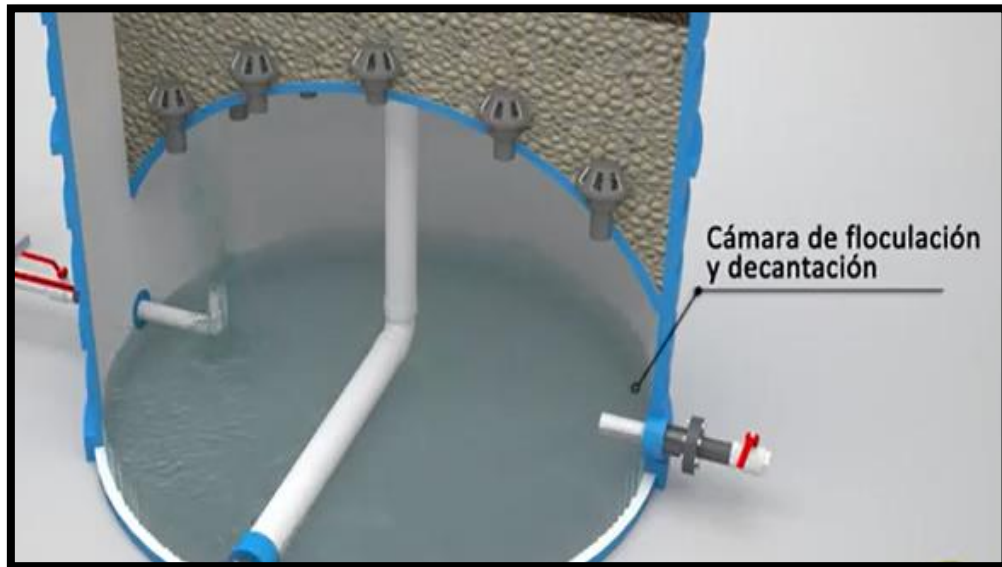


Fuente: [TratamientosdeAguas.com](http://TratamientosdeAguas.com)

- **Cámara de Floculación y Decantación**

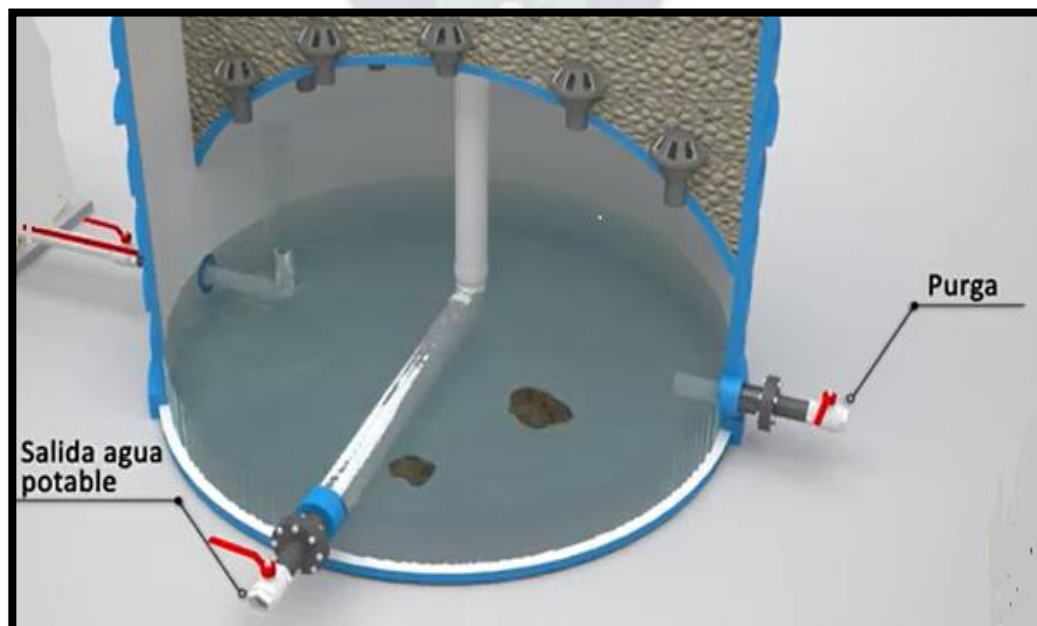
El agua ingresa a la primera de las tres cámaras del tanque del tratamiento del agua, aquí se puede apreciar como los residuos sólidos se asientan y también las partículas obtenidas por la floculación del agua. (Ver ilustración N° 33 y N° 34)

Ilustración N° 33 - Cámara de Floculación



Fuente: <http://lechosquímicos.com>

Ilustración N° 34 - Salida de agua y Purga



A

Fuente: <http://lechosquímicos.com>

- **Cámara de filtrado por lecho de Sílica y Grava**

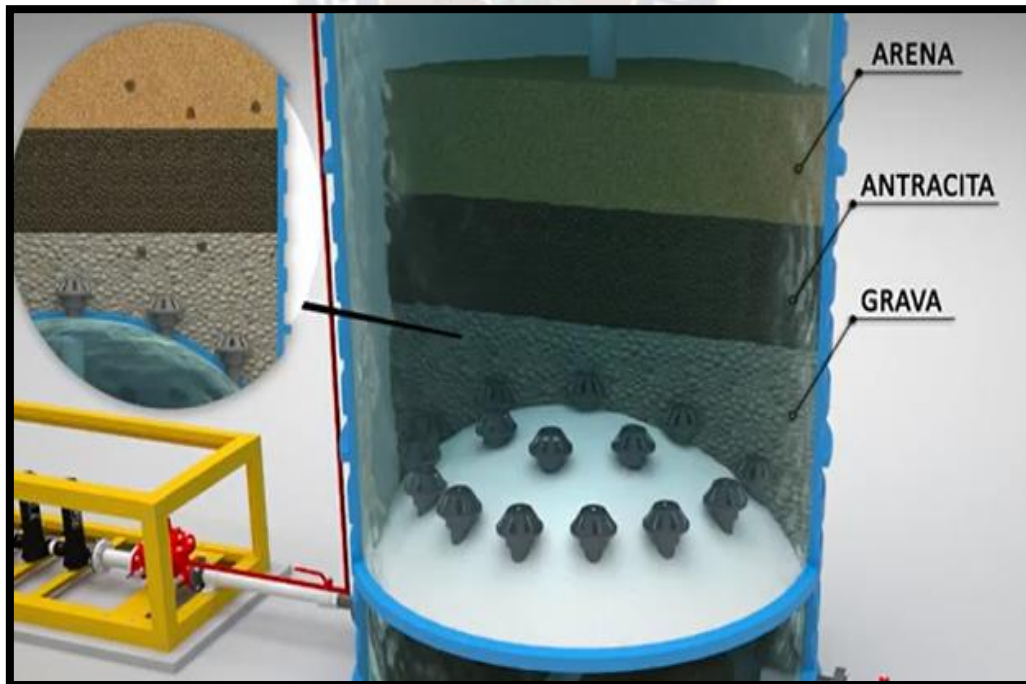
El agua entra a esta segunda cámara de filtrado de lecho de Sílica y Grava el agua ingresa a través de las crepinas y los residuos sólidos que no se decantaron en la primera cámara aquí son detenidos por las tres capas que son:

Grava: Este compuesto se utiliza como un medio filtrante de materia orgánica y se suministra en diferentes granulometrías para poder realizar una filtración por arena óptima.

Antracita: Es un compuesto el cual se clasifica hidráulicamente para reducir la materia inorgánica y cenizas, de manera que sean mínimas las partículas.

Arena: La arena sílica se utiliza como medio granular filtrante (Ver ilustración N° 35).

Ilustración N° 35 - Cámara de lechos Arena , Antracita y Grava



Fuente: <http://todofiltros.bo>

La siguiente tabla indica los tiempos de decantación de las diferentes partículas en función a sus dimensiones y densidades:

**Tabla N° 14 - Dimensiones de Partículas de retención**

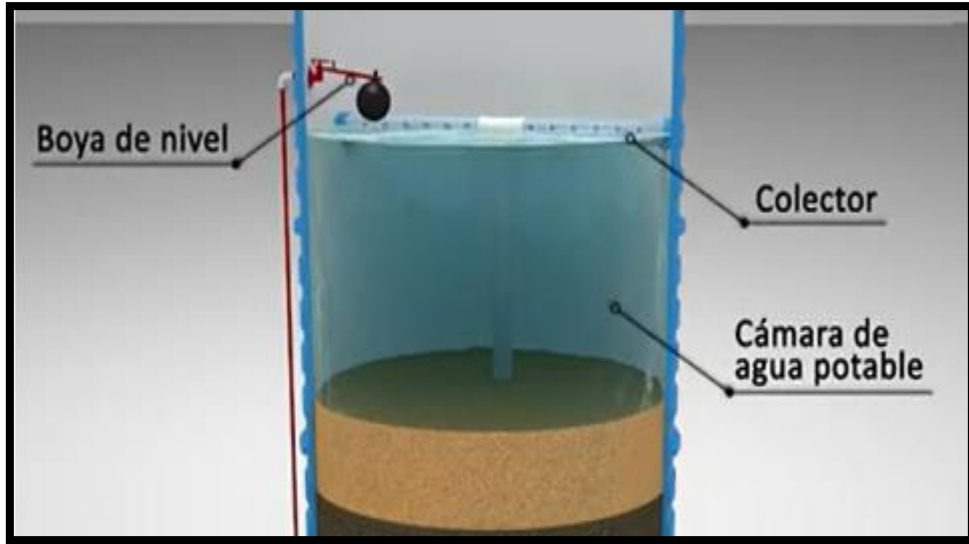
Tipo de Partículas	Diámetro (mm)	Tiempo de Caída	
		Densidad 2.65	Densidad 1.1
Grava	10	0.013 s.	0.2 s.
Arena Gruesa	1.0	1.266 s.	20.9 s.
Arena fina	0.1	126.66 s.	34.83 min.
Lodo fino	0.01	3.52 h.	58 h.
Bacterias	0.001	14.65 d.	249.1 d.
Coloides	0.0001	4.12 a.	66.59 d.

Fuente: <http://particulassolucion.com>

- **Cámara de Agua Potable**

Es donde aquí se concentra el agua potable donde se va llenando hasta un sensor flotador el cual cuando baja la altura fluido por la ausencia el motor para, pero si es que llena el tanque hasta el nivel de descarga, para posteriormente entregar el fluido. (Ver ilustración N° 36)

Ilustración N° 36 - Cámara de agua tratada



Fuente: <http://todofiltros.bo>

### 3.2.2 Diseño del sub sistema PLC.

#### Requisitos para la automatización de la bomba

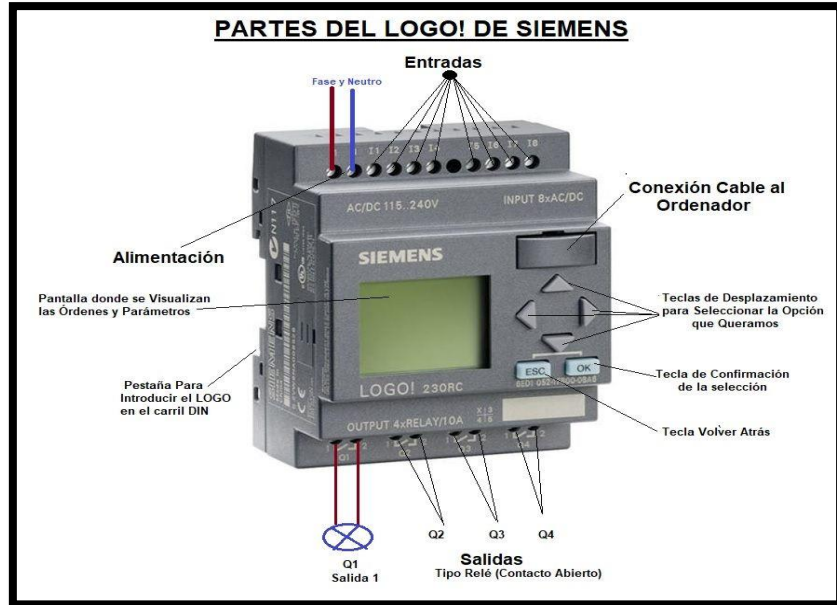
- Deberá haber disponibilidad de agua en cualquier momento, en caso necesario el control debe conmutar automáticamente al abastecimiento de agua potable.
- Si es insuficiente el contenido en el depósito de agua, no debe poder conectarse la bomba (protección de desagüe).

#### Selección del PLC.

La selección del equipo está de acuerdo a las entradas y salidas que se desea controlar. En el presente proyecto del bombeo hidráulico se elige el modelo Siemens 230RC debido a que es un plc sumamente versátil, confiable y de fácil manejo.

Este plc nos facilita en gran magnitud la automatización del sistema de tratamiento y reutilización de aguas que a continuación se muestra en la ilustración N° 37:

## Ilustración N° 37 - Descripción plc logo



Fuente: <http://siemeslogo.com>

## Componentes de operación en la automatización

### Pulsador.-

Un pulsador permite abrir o cerrar el circuito solo mientras estemos actuando sobre él. Cuando dejamos de presionar vuelve a su posición inicial. (Ver ilustración 34)

### Pulsador normalmente abierto (NA):

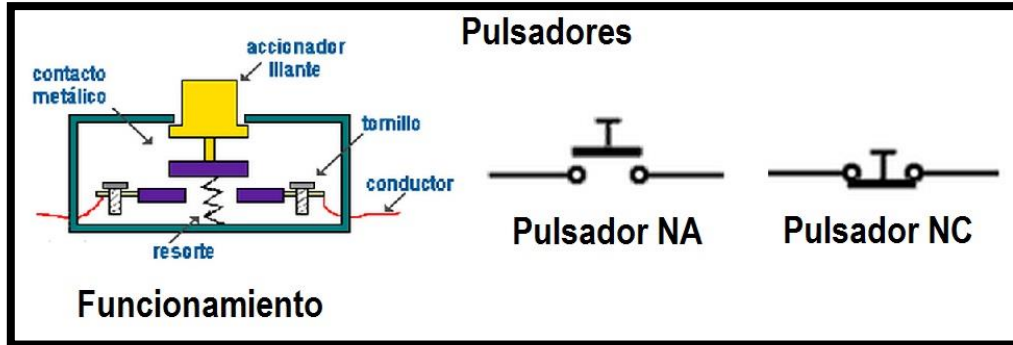
En el estado de reposo el circuito está abierto, y se cierra cuándo se presiona.

### Pulsador normalmente cerrado (NC):

El estado de reposo el circuito permanece cerrado, y se abre cuándo se presiona.



Ilustración N° 38 - Pulsadores



Fuente: [www.abc.com.py](http://www.abc.com.py)

### Presostato.-

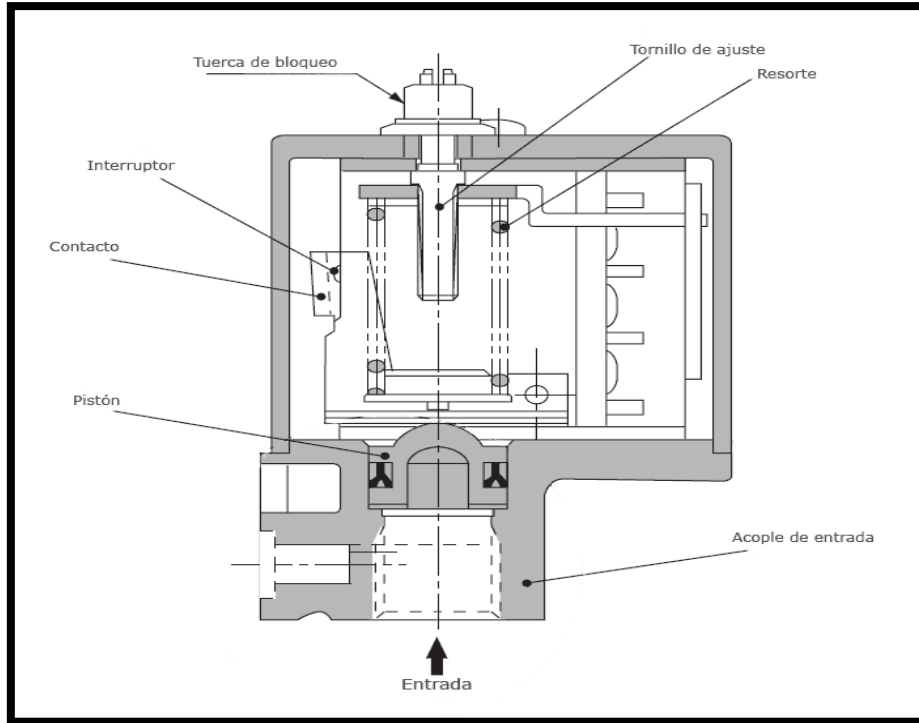
También conocido como interruptor de presión, es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja, un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

Un tornillo permite ajustar la sensibilidad de disparo del presostato al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte. Usualmente tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado.

No deben ser confundidos con los transductores de presión (medidores de presión); mientras estos últimos entregan una señal variable con base al rango de presión, los presostatos entregan una señal apagado/encendido únicamente como se muestra en la ilustración N° 39.

Ilustración N° 39 - Presostato



Fuente: <http://presostatos.tar.com>

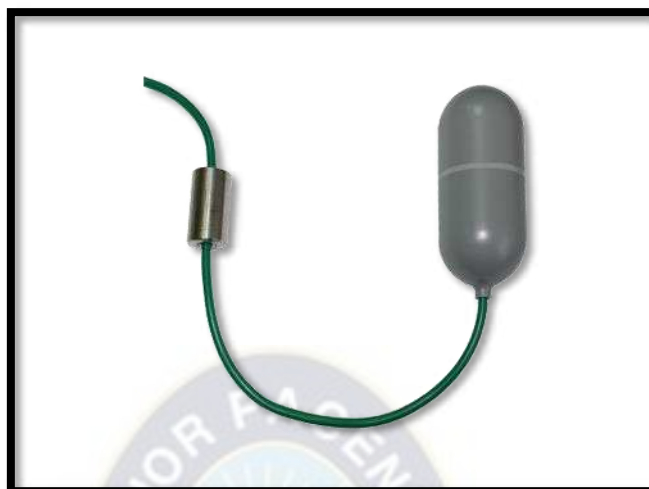
### Flotador.-

Se emplean para el control de nivel en procesos de llenado y vaciado de depósitos y recipientes en los que se utilicen aguas limpias o residuales sin formación de cortezas. Con contrapeso y bola de accionamiento del micro ruptor en Inoxidable.

Cuando el nivel del líquido llega a la altura del interruptor, éste cambia de posición un cierto ángulo, con lo que la bola de accionamiento de su interior se desplaza y el micro ruptor abre o cierra el circuito eléctrico correspondiente. En cuanto el líquido sobrepasa la altura del interruptor, éste flota en la superficie permitiendo su desplazamiento hacia el siguiente nivel a controlar, dependiendo esto de la correcta colocación del contrapeso como se muestra en la ilustración N°40.



Ilustración N° 40 - Flotador



Fuente: valvulasth.bo

Tabla N° 15 - Datos Técnicos del Flotador

<b>Denominación</b>	Interruptor automático de flotador
<b>Tipo</b>	T-15 E ...
<b>Densidad producto</b>	A partir de 0.76 kg/l
<b>Presión máxima</b>	+3 bar
<b>Tensión máx. contacto</b>	250 V AC
<b>Función del contacto</b>	1 NA + 1 NC
<b>Poder de ruptura</b>	8 A / 250 V AC (carga resistiva) Para cargas inductivas o capacitivas reducir al 50%
<b>Temperatura de trabajo</b>	-10 °C ... +60 °C
<b>Protección</b>	IP68 según DIN EN60529
<b>Peso flotador</b>	0.15 kg
<b>Peso contrapeso</b>	0.26 kg
<b>Longitud de cable</b>	2 metros cable
<b>Materiales</b>	
<b>Flotador</b>	Poliestireno

<b>Cable</b>	PVC con doble aislamiento
<b>Contrapeso</b>	Inox AISI 303 (Bajo demanda de Poliestireno antichoque)
<b>Bola accionamiento</b>	Inox. AISI 304

Fuente: <http://accesorioshidráulicos.com>

### Diseño del programa de control

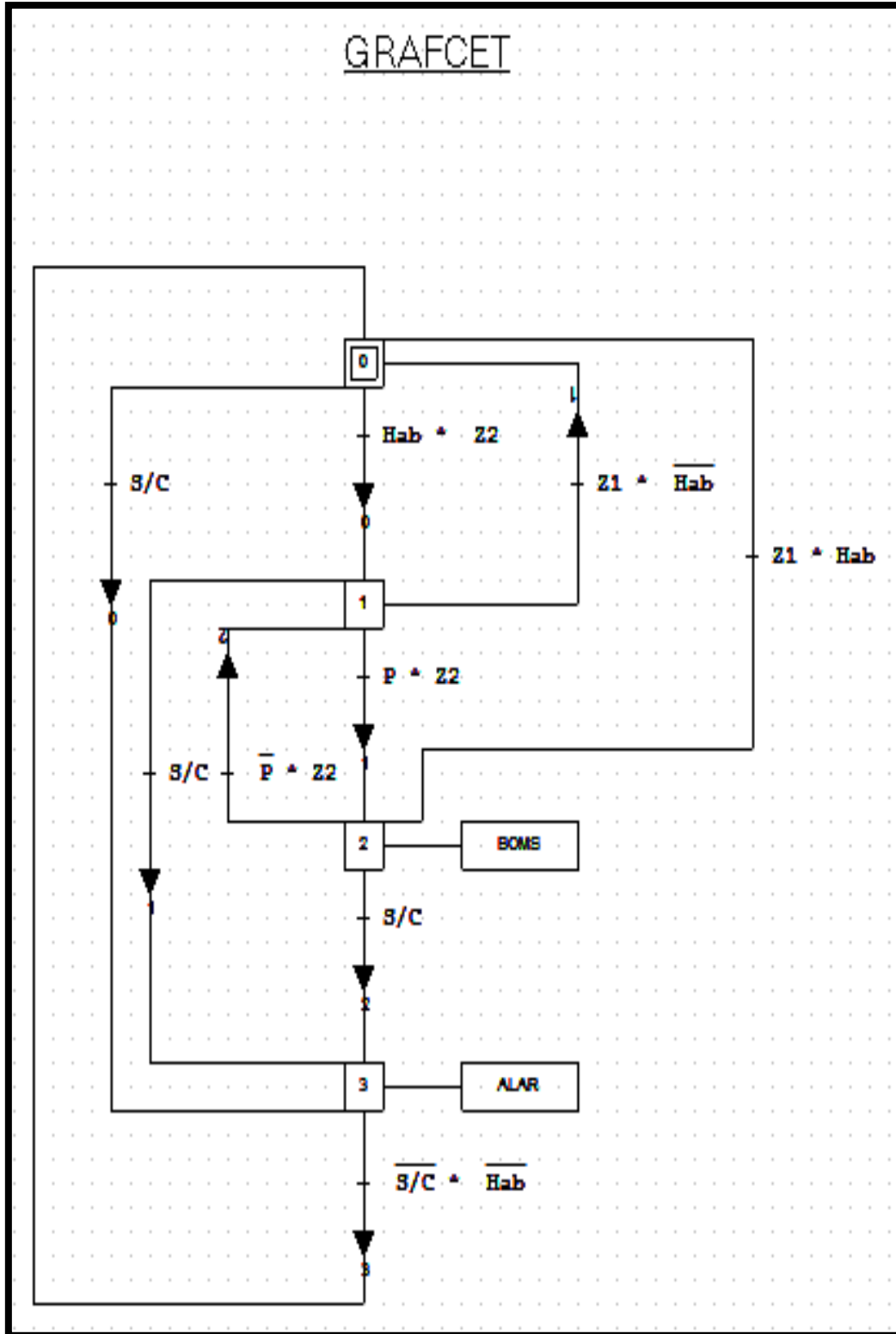
En la tabla N° 16 se muestra las principales variables de programación, en la ilustración N° 41 se muestra el diagrama de flujo y el programa de control, de funcionamiento del PLC :

Tabla N° 16 - Variables de programación

	PLC	Proyecto	Componente
<b>Entradas</b>	I0.0	Hab	Pulsador de Habilitación
	I0.1	Z1	Sensor Flotador NC
	I0.2	Z2	Sensor Flotador NA
	I0.3	-	
	I0.4	-	
	I0.5	P	Presostato
	I0.6	F1	Contacto Térmico NA Bomba #1
	I0.7	F2	Contacto Térmico NA Bomba #2
<b>Salidas</b>	Q0.0	KM1	Bobina del Contactor # 1
	Q0.2	KM2	Bobina del Contactor # 2

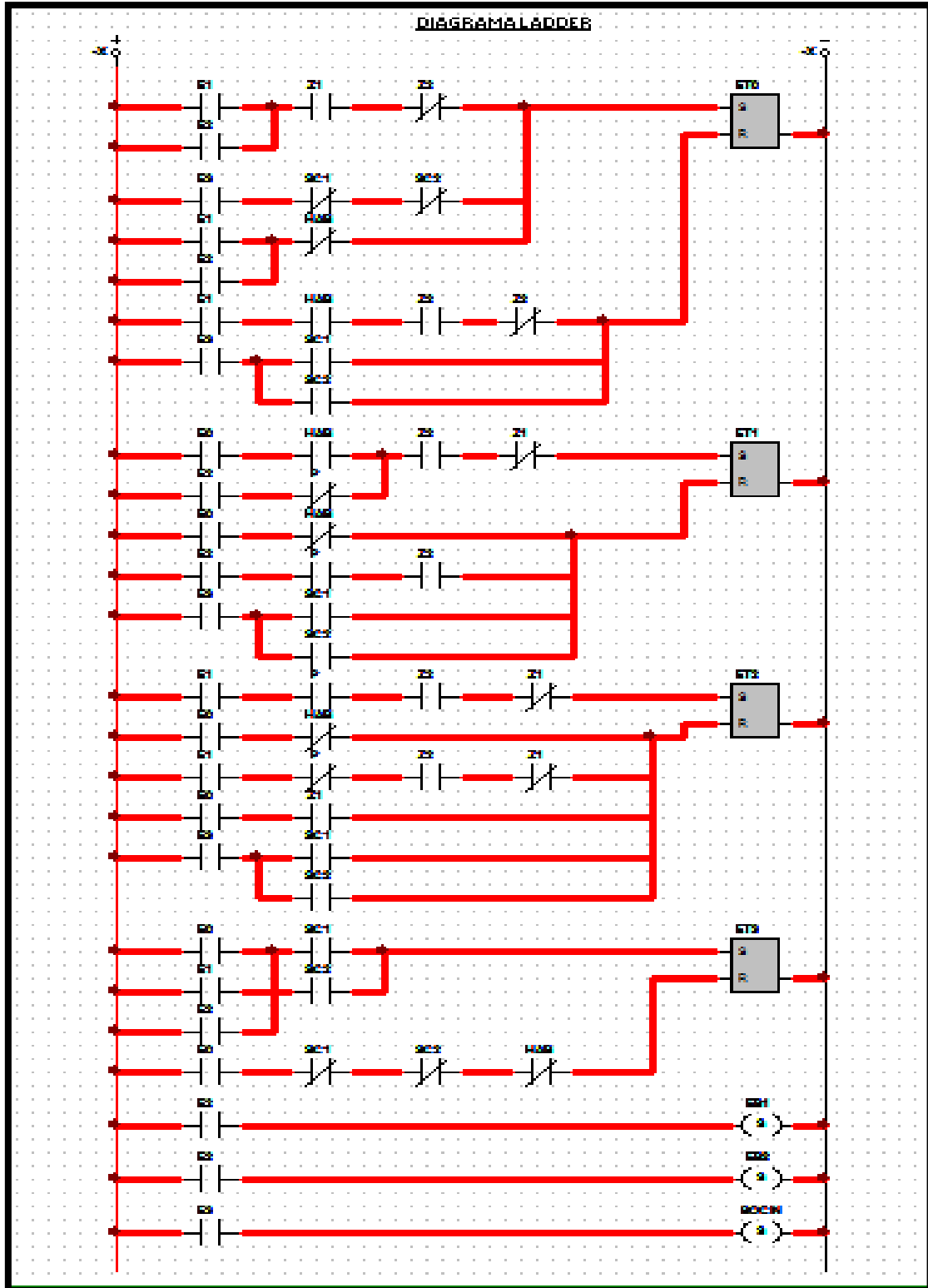
Fuente: Elaboración propia

Ilustración N° 41 - Descripción del Ciclo Lógico



Fuente: Elaboración propia

Ilustración N° 42 - Diagrama Escalera



Fuente: Diagrama Escalera Elaboración propia

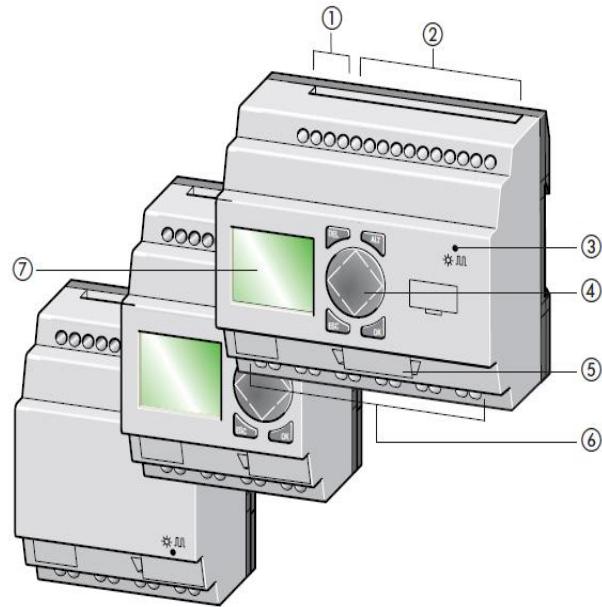
## Instalación del PLC

### Descripción

En la ilustración N° 39 se muestra la descripción y las características principales del PLC.

Ilustración N° 43 - Descripción del Logo RC 230

N°	Descripción de panel frontal
1	Fuente de alimentación
2	Entradas
3	LEDs de estado operativo
4	Teclado
5	Memoria o conexión PC
6	Salidas
7	Pantalla



Fuente: Siemens Logo

- **Fijación**

Para el montaje se necesitan tornillos de cabeza ranurada además de clips de fijación que pueden colocarse en la parte posterior de EASY.

- **Selección de conexión de cables**

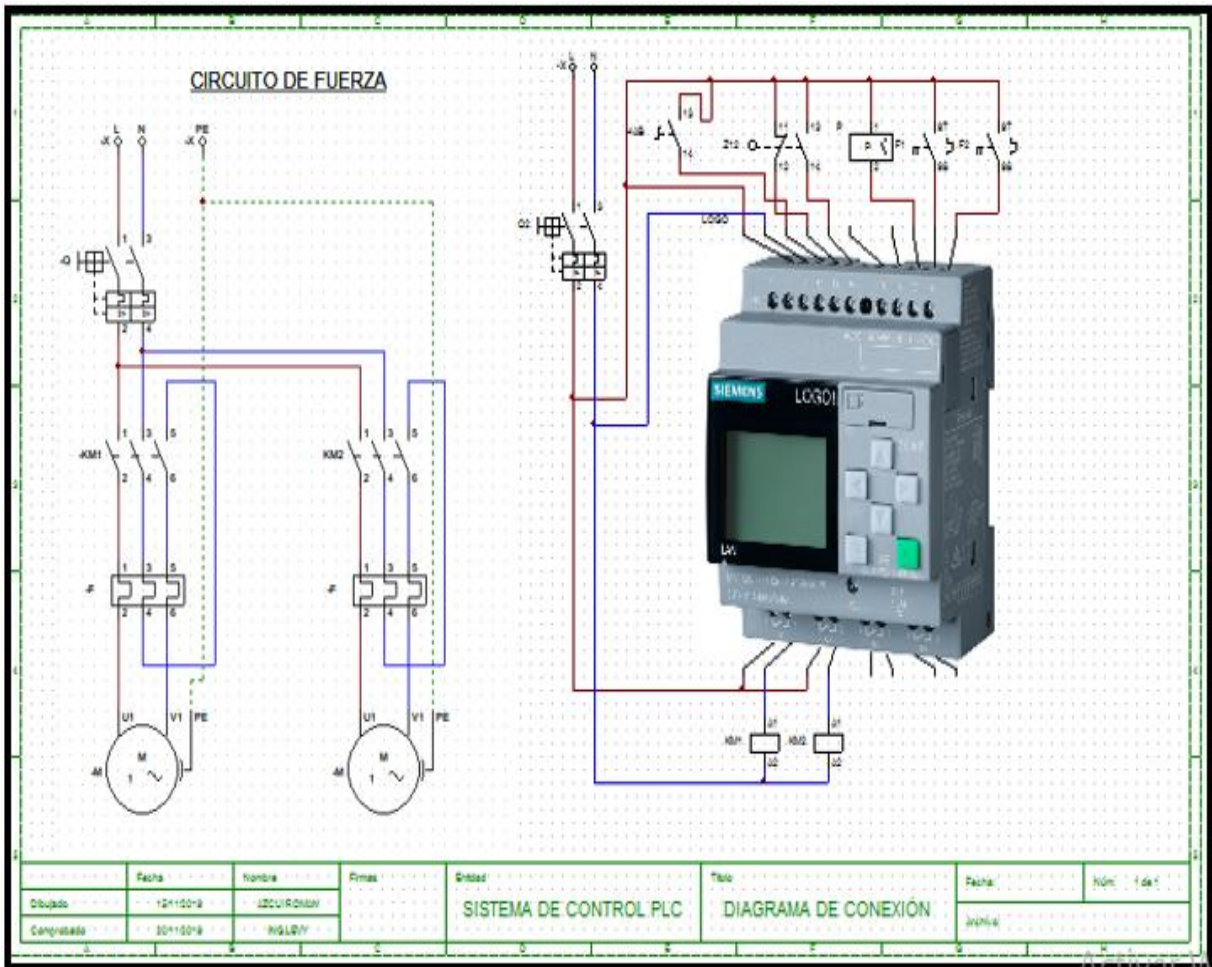
Para las entradas y salidas se utilizarán conductores: flexible con terminal: 0.2 a 2.5 [mm<sup>2</sup>] o 26-14 AWG.

- **Alimentación**

Durante la conexión de la alimentación funcionan con 230 Vac al momento de realizar la instalación.

En la ilustración N° 44 se muestra el esquema de cableado de entrada y salida PLC de la máquina.

Ilustración N° 44 - Conexión del plc



Fuente: CADESIMU Elaboración propia

### Seleccionamiento de interruptores automáticos, contactores y relés de sobrecarga para el circuito de fuerza

Para la selección de los distintos dispositivos de protección del circuito de fuerza se tomarán en cuenta los siguientes datos del motor NK – 32 – 160.1, entonces:

Tabla N° 17 - Parámetros de Funcionamiento

Nro	Parámetro	Datos
1	Potencia	1,1127 [kW]
2	Factor de Potencia	cosø =0,84
3	Tensión	220[V]

Fuente: Elaboración Propia

Hallando la corriente de carga:

$$I_{carga} = \frac{P_{motor}}{V \cos \phi} \quad (FM - 7)$$

$$I_{carga} = \frac{1112,73[W]}{(0,84)(220[V])}$$

$$I_{carga} = 6,02[A]$$

Hallando el valor del alimentador bajo el criterio de la máxima corriente admisible:

$$I_{alimentador} = 1,25 * I_{MG} + F_s \sum_{i=1}^n I \quad (FM - 8)$$

$I_{MG}$  = Corriente del motor más grande

La (FM – 8) nos permite determinar la corriente de dimensionamiento del alimentador, asumiendo según NB777 el factor de simultaneidad "Fs" igual a uno debido a que la otra bomba se acciona simultáneamente.

$$I_{alimentador} = 1,25(6,02[A]) + (1)(6,02[A])$$

$$I_{alimentador} = 13,54[A]$$

Según tablas el valor del conductor de alimentación se observa en la ilustración N° 45:

Ilustración N° 45 - Dimensionamiento de conductores

<b>Intensidad de Corriente Nominal</b>					
Conductores aislados con PVC (Tipo TW)					
Valores establecidos para cable en ducto, temperatura ambiente a 25° C					
CALIBRE AWG			MILIMÉTRICO		
Calibre AWG	Sección del Conductor (mm <sup>2</sup> )	Capacidad de Corriente (Amperios)	Calibre Milimétrico	Sección del Conductor (mm <sup>2</sup> )	Capacidad de Corriente (Amperios)
18	0.82	10			
16	1.27	13	1	1.0	11
14	2.05	18	15	1.5	15
12	3.26	25	25	2.5	20
10	5.17	34	4	4.0	26
8	8.32	50	6	6.0	36
6	13.38	62	10	10.0	51
4	21.12	81	15	15.0	71
2	33.54	110	25	25	90
			35	35	114

Fuente: Catalogo línea eléctrica "Tigre Plasmar"



El conductor hallado según la anterior ilustración N° 45 es:



**Tabla 18 - Características del Alimentador**

DATOS DEL ALIMENTADOR	
CAPACIDAD DE CORRIENTE	I = 18[A]
SECCIÓN DEL CONDUCTOR	S = 2,05[mm]
CALIBRE AWG	Nº 14

Fuente: Elaboración Propia

Calculando el interruptor termomagnético en la siguiente ilustración N°46:

**Ilustración 46 - Modelos de Interruptores termomagnéticos**

DISYUNTORES TERMOMAGNETICOS (Código de Pedido)			
Disyuntores termomagnéticos de 6KA			
Disyuntores termomagnéticos	Tipo	Código de pedido	Descripción
	NB1-63 1P C1	0104010202-1001754	Disyuntor termomagnético, 1P, 6kA, 1A
	NB1-63 1P C2	0104010202-1001755	Disyuntor termomagnético, 1P, 6kA, 2A
	NB1-63 1P C4	0104010202-1001756	Disyuntor termomagnético, 1P, 6kA, 4A
	NB1-63 1P C6	0104010202-1001757	Disyuntor termomagnético, 1P, 6kA, 6A
	NB1-63 1P C10	0104010202-1001758	Disyuntor termomagnético, 1P, 6kA, 10A
	NB1-63 1P C16	0104010202-1001759	Disyuntor termomagnético, 1P, 6kA, 16A
	NB1-63 1P C20	0104010202-1001760	Disyuntor termomagnético, 1P, 6kA, 20A
	NB1-63 1P C25	0104010202-1001761	Disyuntor termomagnético, 1P, 6kA, 25A
	NB1-63 1P C32	0104010202-1001762	Disyuntor termomagnético, 1P, 6kA, 32A
	NB1-63 1P C40	0104010202-1001763	Disyuntor termomagnético, 1P, 6kA, 40A
	NB1-63 1P C50	0104010202-1001764	Disyuntor termomagnético, 1P, 6kA, 50A
	NB1-63 1P C63	0104010202-1001765	Disyuntor termomagnético, 1P, 6kA, 63A
	NB1-63 2P C 6	0104010202-1001773	Disyuntor termomagnético, 2P, 6kA, 6A
	NB1-63 2P C10	0104010202-1001774	Disyuntor termomagnético, 2P, 6kA, 10A
	NB1-63 2P C16	0104010202-1001775	Disyuntor termomagnético, 2P, 6kA, 16A
	<b>NB1-63 2P C20</b>	<b>0104010202-1001776</b>	<b>Disyuntor termomagnético, 2P, 6kA, 20A</b>
	NB1-63 2P C25	0104010202-1001777	Disyuntor termomagnético, 2P, 6kA, 25A
	NB1-63 2P C32	0104010202-1001778	Disyuntor termomagnético, 2P, 6kA, 32A
	NB1-63 2P C40	0104010202-1001779	Disyuntor termomagnético, 2P, 6kA, 40A
	NB1-63 2P C50	0104010202-1001780	Disyuntor termomagnético, 2P, 6kA, 50A
	NB1-63 2P C63	0104010202-1001781	Disyuntor termomagnético, 2P, 6kA, 63A

Fuente: Catalogo línea eléctrica "CHINT"

Ilustración 47 - Características del Interruptor termomagnético

CARACTERISTICAS TECNICAS					
NORMA		IEC60898- 1	IEC60947-2	UL 1077	UL 1077
Corriente nominal In	A	1,2,4,6,10,16,20,25,32,40,50,63		1,2,4,6,10,16,20,25,32,40,50,63	
Polos		1P, 2P, 3P			1P, 2P
Tensión nominal Ue	V	230/400	240/415	277/480	110/125
Frecuencia nominal	Hz	AC 50/60			DC
Poder de corte	KA	6/10	6	5	10
Clase de limitación de energía		3			
Impulso de tensión máxima nominal (1.2/50) Uimp	V	4000			
Curvas de desconexión		C			7-14In
Vida eléctrica		4.000			
Vida mecánica		20.000			
Montaje		Sobre carril Din EN60715 (35mm) mediante garras de fijación rápida			
Conexión		Entrada lado superior y salida lado inferior o viceversa			

Fuente: Catalogo línea eléctrica "CHINT"

Verificando la selección:

- a. La tensión nominal del interruptor termomagnético sea mayor o igual a la tensión de red

$$V_n = V_{red} \quad (\text{FM} - 9)$$

$$230[V] \geq 220[V]$$

- b. La corriente nominal del dispositivo de protección "In" debe ser mayor o igual a la corriente máxima que circula en el circuito de fuerza.

$$I_f \leq 1,45I_n \quad (\text{FM} - 10)$$

$$I_f = \text{Corriente de funcionamiento}$$

$$I_n = \text{Corriente nominal del interruptor termomagnético}$$

Calculando nos da:

$$18[A] \leq 1,45(20[A])$$

$$18[A] \leq 29[A]$$

Calculando el contactor a usar en el circuito de fuerza mediante la categoría de empleo hacemos uso de la siguiente fórmula matemática para hallar el tamaño del dispositivo y sus características:

$$I_{carga} = \frac{P_{motor}}{V \cos \phi} \quad (\text{FM} - 11)$$

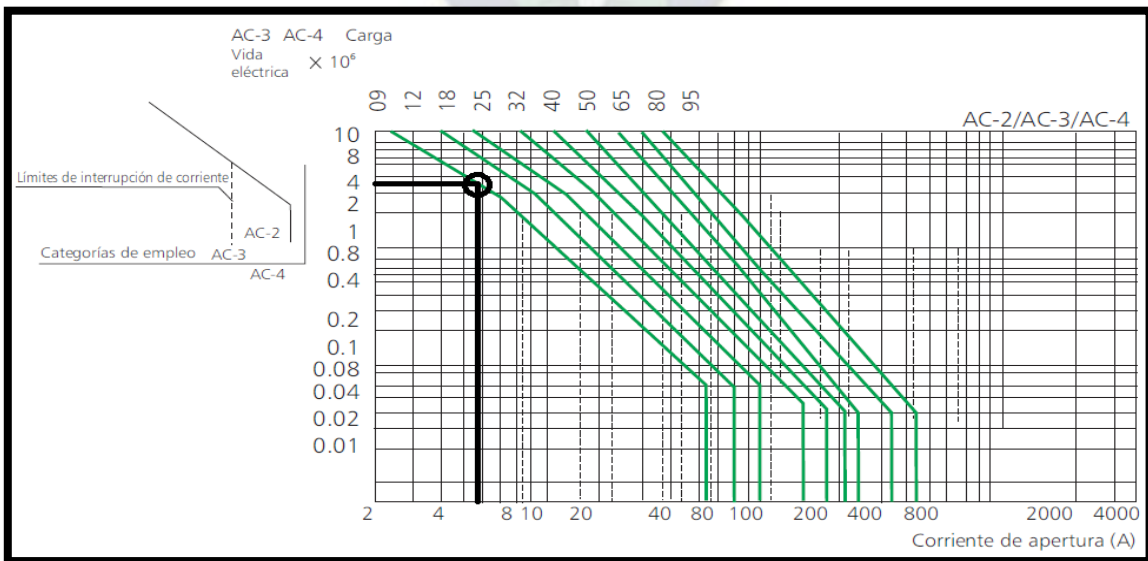
$$I_{carga} = \frac{1112,73[W]}{(0,84)(220[V])}$$

$$I_{carga} = 6,02[A]$$

Asumiendo que la corriente de carga viene siendo igual a la corriente de apertura:

$$I_{carga} = I_{apertura}$$


**Ilustración 48 - Calibre del contactor**



Fuente: Catalogo línea eléctrica "CHINT"

La ilustración nos da a conocer que el contactor a utilizar es de tamaño 9 para cuatro millones de operaciones respecto al tiempo de vida mecánica, ahora la ilustración N° 49 nos dará a conocer las características del mismo

**Ilustración 49 - Características del contactor**

Contactores				
3. Características técnicas				
3.1 Contactores NC1				
★ Bobina de Corriente Alterna				
Características	Modelo	NC1-09	NC1-12	
Tamaños		Tamaño 1 (3E 4P)		
				
Corriente térmica nominal (A) AC-1			20	20
Corriente de servicio nominal (A)	380/400V	AC-3	9	12
		AC-4	3,5	5
	660/690V	AC-3	6,6	8,9
		AC-4	1,5	2
Tensión de aislamiento nominal (Vca)			690	690
Potencia del motor de jaula, trifásico en categoría AC-3	kW	220/230V AC	2,2	3
		380/400V AC	4	5,5
		660/690V AC	5,5	7,5
	CV	200V AC	3	5
		240V AC	3	5
		460V AC	5	7,5
Ciclos de trabajo (operaciones/hora)	Eléctrico	AC-3	1,200	1,200
		AC-4	300	300
	Mecánico	3,600	3,600	
Vida eléctrica ( $\times 10^4$ operaciones)		AC-3	1,000	1,000
		AC-4	200	200
Vida mecánica ( $\times 10^6$ operaciones)			10	10

Fuente: Catalogo línea eléctrica "CHINT"

El contactor a usar según catálogos será:

**Tabla 19 - Características Específicas**

CÓDIGO CONTACTOR	CORRIENTE DE SERVICIO	VIDA MECÁNICA
NC1 - 09	$I_s = 9[A]$	$10 \cdot 10^6$ Operaciones

Fuente: Elaboración Propia

Calculando el relé de sobre carga a usar en el circuito de fuerza, hacemos uso de la siguiente fórmula matemática para hallar el tamaño del dispositivo y sus características:




$$I_{carga} = \frac{P_{motor}}{V \cos\phi} \quad (\text{FM} - 12)$$

$$I_{carga} = \frac{1112,73[W]}{(0,84)(220[V])}$$

$$I_{carga} = 6,02[A]$$

50: Mediante la corriente de carga hallamos el relé a usar mediante la ilustración N°

Ilustración 50 - Características del relé de sobrecarga

Contactores, Relés, Arrancadores				
Contactores				
4.3 Montaje con relés térmicos de sobrecarga				
Modelo de contactor	Modelo	Relés térmicos de sobrecarga		
		Corriente nominal (A)	Calibre de fusible recomendado	
			aM	gG
NC1-09 NC1-12 NC1-18	 NR2-11.5	0.1-0.16	0.25	2
		0.16-0.25	0.5	2
		0.25-0.4	1	2
		0.4-0.63	1	2
		0.63-1	2	4
		1-1.6	2	4
NC1-09 NC1-12 NC1-18	 NR2-11.5	1.25-2	4	6
		1.6-2.5	4	6
		2.5-4	6	10
		4-6	8	16
		5.5-8	12	20
		7-10	12	20
NC1-09 NC1-12 NC1-18 NC1-25 NC1-32	 NR2-25	9-13	16	25
		0.1-0.16	0.25	2
		0.16-0.25	0.5	2
		0.25-0.4	1	2
		0.4-0.63	1	2
		0.63-1	2	4
		1-1.6	2	4
		1.25-2	4	6
		1.6-2.5	4	6
		2.5-4	6	10
		4-6	8	16
		5.5-8	12	20
7-10	12	20		
9-13	16	25		

Fuente: Catalogo línea eléctrica "CHINT"

El relé de sobrecarga a usar según catálogos será:

**Tabla 20 - Características Específicas**

CÓDIGO DEL RELÉ	CORRIENTE NOMINAL	MODELO DEL CONTACTOR
NR2 – 11.5	$I_n = 5,5 - 8 [A]$	NC1 - 09

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3 Diseño del sistema de bombeo

En inicio se deberá establecer el número de habitantes que tiene el edificio, luego se tomara en cuenta como referencia de diseño el día con mayor cantidad de consumo, a continuación se muestra la tabla N° 21 para verificar las horas de consumo:

**Tabla N° 21 - Horas de Consumo**

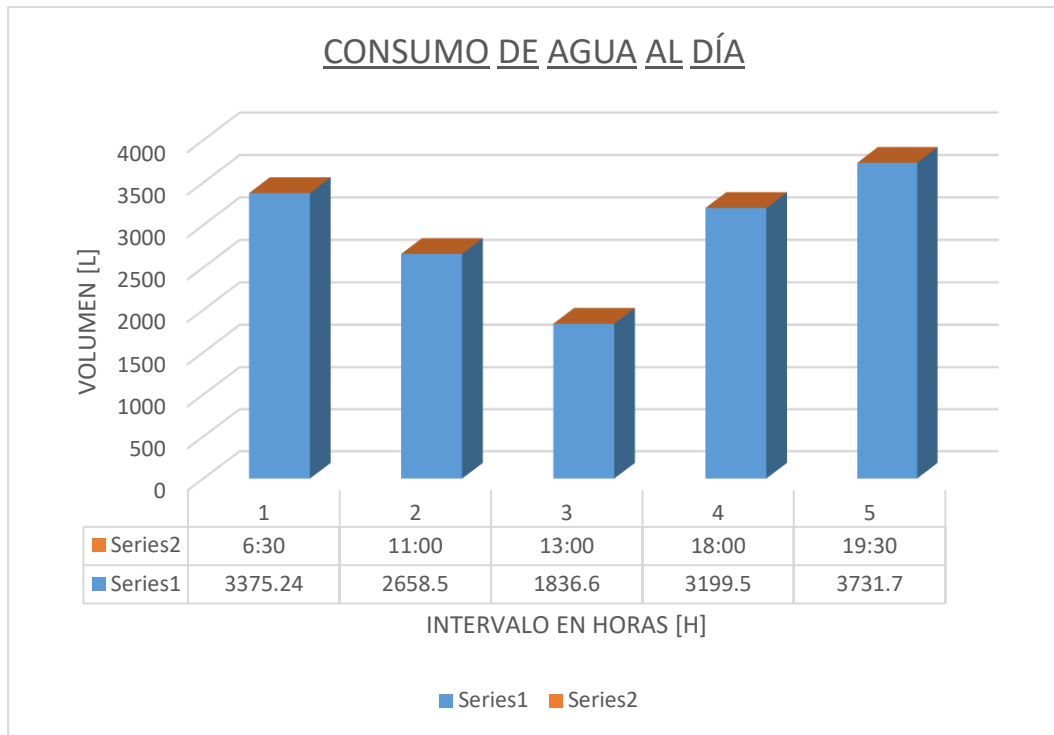
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:30 - 08:00	1309,29 [l]	1100,5 [l]	960,7 [l]	1390,7 [l]	1305,7 [l]
11:00 - 12:00	290,8 [l]	187,2 [l]	285,0 [l]	178,2 [l]	365,2 [l]
13:00 - 14:30	428,2 [l]	420,1 [l]	360,4 [l]	390,6 [l]	510,2 [l]
18:00 - 19:30	1346,95 [l]	950,7 [l]	230,5 [l]	1240,0 [l]	1550,6 [l]
<b>TOTAL</b>	<b>3375,24 [l]</b>	<b>2658,5 [l]</b>	<b>1836,6 [l]</b>	<b>3199,5 [l]</b>	<b>3731,7 [l]</b>

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N° 22 es un indicativo del consumo de agua en intervalos de horas de las tomas de muestra de las aguas residuales:



Tabla Nº 22 - Consumos de Hora Pico



Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.1 Cálculo del sistema para bombeo de agua con una bomba centrífuga.

Para el cálculo del bombeo del sistema de agua con una bomba centrífuga asumimos primeramente lo siguiente:

$$Q = \text{Habitantes} \times \text{Consumo} = 25 \text{ habitantes} \times 3731,7 \frac{l}{\text{habitantes} \times \text{día}}$$

$$Q = \text{Habitantes} \times \text{Consumo} = 93292,5 \left[ \frac{l}{\text{día}} \right]$$

$$Q = 93292,5 \left[ \frac{l}{\text{día}} \right] \times \left[ \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} \right]$$

$$Q = 3887,2 \left[ \frac{l}{h} \right] = 3,89 \left[ \frac{m^3}{h} \right]$$

De acuerdo a la siguiente disposición se hará el cálculo hidráulico evaluando todas las características de bombeo y de esta forma realizar la mejor elección de la bomba centrífuga para la dotación de agua:

- **Tubería de Succión:**

$$Q = 3,89 \left[ \frac{m^3}{h} \right]$$

Se sabe que:

$$Q = V * A \quad (\text{FM} - 9)$$

Si:

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \quad (\text{FM} - 10)$$

Ecuación (FM – 9) en (FM - 10):

$$Q = V * \pi \frac{D^2}{4} \quad (\text{FM} - 11)$$

$$D = \sqrt{4Q/\pi V} \quad (\text{FM} - 12)$$

Por norma asumimos una velocidad promedio para la tubería de succión de:

**Ilustración N° 51 - Velocidades de los fluidos**

		Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30

Fuente: NB – 689 diseño del sistema de agua



Asumimos el valor de la velocidad a la entrada de la bomba que será:

$$V = 0,5[m/s]$$

Remplazando en la (FM – 12):

$$D = \sqrt{4(3,89[\frac{m^3}{h}] * \frac{1[h]}{3600[s]})/\pi(0,5[\frac{m}{s}]^2)}$$

Se obtiene:

$$D = 0,052 [m] = 52,44 [mm]$$

De acuerdo a la siguiente tabla de dimensiones de tubería se adecuará al inmediato superior:

Tabla N° 23 - Dimensiones de tubería de acero

F - DIMENSIONES DE TUBERÍAS DE PVC						
TABLA F.1 Cédula 40.						
Tamaño nominal de tubería [pulg]	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior	
	[pulg]	[mm]	[pulg]	[mm]	[pulg]	[mm]
⅛	0,405	10,3	0,068	1,73	0,264	6,8
¼	0,540	13,7	0,088	2,24	0,364	9,2
⅜	0,675	17,1	0,091	2,31	0,493	12,5
½	0,840	21,3	0,109	2,77	0,622	15,8
¾	1,050	26,7	0,113	2,87	0,824	20,9
1	1,315	33,4	0,133	3,38	1,049	26,6
1¼	1,660	42,2	0,140	3,56	1,380	35,1
1½	1,900	48,3	0,145	3,68	1,610	40,9
2	2,375	60,3	0,154	3,91	2,067	52,5
2½	2,875	73,0	0,203	5,16	2,469	62,7
3	3,500	88,9	0,216	5,49	3,068	77,9
3½	4,000	101,6	0,226	5,74	3,548	90,1

4	4,500	114,3	0,237	6,02	4,026	102,3
5	5,563	141,3	0,258	6,55	5,047	128,2
6	6,625	168,3	0,280	7,11	6,065	154,1
8	8,625	219,1	0,322	8,18	7,981	202,7
10	10,750	273,1	0,365	9,27	10,020	254,5

Fuente: "Válvulas, accesorios y tuberías" – Crane- Mc Graw Hill

Nuestro diámetro comercial según la tabla será:

$$D = 52,5 \text{ [mm]} = 2 \text{ [plg]}$$

- Tubería de Descarga:

$$Q = 3,89 \left[ \frac{m^3}{h} \right]$$

Se sabe que:

$$Q = V * A \text{ (FM - 13)}$$

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \text{ (FM - 14)}$$

(FM – 14) en (FM - 13):

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

$$D = \sqrt{4Q/\pi V} \text{ (FM - 15)}$$

Por norma asumimos una velocidad promedio para la tubería de succión de:

Ilustración N° 52 - Velocidades de los fluidos

Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías.			
Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30

Fuente: NB 689 diseño de sistemas de agua potable

Asumimos el valor de la velocidad a la entrada de la bomba que será:

$$V = 1,5[m/s]$$

Remplazando en la ecuación (3):

$$D = \sqrt{4(3,89[\frac{m^3}{h}] * \frac{1[h]}{3600[s]})/\pi(1,5[\frac{m}{s}]^2)}$$

Se obtiene:

$$D = 0,030 [m] = 30,33 [mm]$$

De acuerdo a la siguiente tabla de dimensiones de tubería se adecuará al inmediato superior:

Tabla N° 24 - Dimensiones de tuberías

F - DIMENSIONES DE TUBERIAS DE PVC						
TABLA F.1 Cédula 40.						
Tamaño nominal de tubería [pulg]	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior	
	[pulg]	[mm]	[pulg]	[mm]	[pulg]	[mm]
⅛	0,405	10,3	0,068	1,73	0,264	6,8
¼	0,540	13,7	0,088	2,24	0,364	9,2
⅜	0,675	17,1	0,091	2,31	0,493	12,5
½	0,840	21,3	0,109	2,77	0,622	15,8
¾	1,050	26,7	0,113	2,87	0,824	20,9
1	1,315	33,4	0,133	3,38	1,049	26,6
1¼	1,660	42,2	0,140	3,56	1,380	35,1
1½	1,900	48,3	0,145	3,68	1,610	40,9
2	2,375	60,3	0,154	3,91	2,067	52,5
2½	2,875	73,0	0,203	5,16	2,469	62,7
3	3,500	88,9	0,216	5,49	3,068	77,9
3½	4,000	101,6	0,226	5,74	3,548	90,1
4	4,500	114,3	0,237	6,02	4,026	102,3
5	5,563	141,3	0,258	6,55	5,047	128,2
6	6,625	168,3	0,280	7,11	6,065	154,1
8	8,625	219,1	0,322	8,18	7,981	202,7
10	10,750	273,1	0,365	9,27	10,020	254,5

Fuente: "Válvulas, accesorios y tuberías" – Crane- Mc Graw Hill

Nuestro diámetro comercial según la tabla será:

$$D = 35,1 [mm] = 1 \frac{1}{4} [plg]$$

Volviendo a remplazar los valores con el diámetro de la tubería de descarga se hallará la velocidad corregida remplazando valores en (FM - 13):

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

$$V = \frac{(3,89[\frac{m^3}{h}] * \frac{1[h]}{3600[s]})}{\pi \frac{(35,1[mm] * \frac{1[cm]}{10[mm]} * \frac{1[m]}{100[cm]})^2}{4}}$$

$$V_{corregida} = 1,12[\frac{m}{s}]$$

Hallando el número de Reynolds para poder predecir el tipo de flujo que se llevara cabo dentro de la tubería de succión, entonces:

$$N_R = \frac{VD\rho}{\eta} \quad (\text{FM} - 16)$$

De acuerdo a la siguiente tabla se tendrá:

Tabla N° 25 - Propiedades del agua

A Propiedades del agua				
Temperatura	Peso específico	Densidad	Viscosidad dinámica	Viscosidad cinemática
[°C]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\eta$ [Pa*s]	$\nu$ [m <sup>2</sup> /s]
0	9,81	1000	$1,75 \times 10^{-3}$	$1,75 \times 10^{-6}$
5	9,81	1000	$1,52 \times 10^{-3}$	$1,52 \times 10^{-6}$
10	9,81	1000	$1,30 \times 10^{-3}$	$1,30 \times 10^{-6}$
15	9,81	1000	$1,15 \times 10^{-3}$	$1,15 \times 10^{-6}$
20	9,79	998	$1,02 \times 10^{-3}$	$1,02 \times 10^{-6}$
25	9,78	997	$8,91 \times 10^{-4}$	$8,94 \times 10^{-7}$
30	9,77	996	$8,00 \times 10^{-4}$	$8,03 \times 10^{-7}$
35	9,75	994	$7,18 \times 10^{-4}$	$7,22 \times 10^{-7}$
40	9,73	992	$6,51 \times 10^{-4}$	$6,56 \times 10^{-7}$
45	9,71	990	$5,94 \times 10^{-4}$	$6,00 \times 10^{-7}$
50	9,69	988	$5,41 \times 10^{-4}$	$5,48 \times 10^{-7}$
55	9,67	986	$4,98 \times 10^{-4}$	$5,05 \times 10^{-7}$
60	9,65	984	$4,60 \times 10^{-4}$	$4,67 \times 10^{-7}$
65	9,62	981	$4,31 \times 10^{-4}$	$4,39 \times 10^{-7}$
70	9,59	978	$4,02 \times 10^{-4}$	$4,11 \times 10^{-7}$
75	9,56	975	$3,73 \times 10^{-4}$	$3,83 \times 10^{-7}$
80	9,53	971	$3,50 \times 10^{-4}$	$3,60 \times 10^{-7}$
100	9,40	958	$2,82 \times 10^{-4}$	$2,94 \times 10^{-7}$

Fuente: "Válvulas, accesorios y tuberías" – Crane- Mc Graw Hill

Reemplazando en (FM - 16) se tendrá:

$$N_R = \frac{VD\rho}{\eta} \quad (\text{FM} - 16)$$

$$N_R = \frac{(1,12 \left[ \frac{m}{s} \right]) (35,1 [mm] * \frac{1 [cm]}{10 [mm]} * \frac{1 [m]}{100 [cm]}) (1000 \left[ \frac{kg}{m^3} \right])}{(1,30 * 10^{-3} [Pa * s])}$$

$$N_R = 30240$$

Lo cual indica que:

$$30240 > 4000$$

Flujo Turbulento

Hallando el factor de fricción para poder hallar las perdidas en la tubería, al ser flujo turbulento:

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 \left( \frac{D_{salida}}{\varepsilon} \right) + \frac{5,74}{N_R^{0,9}}} \right) \right]^2} \quad (\text{FM} - 17)$$

Hallado el valor de la rugosidad relativa para la tubería de plástico mediante la siguiente tabla N° será:

Tabla N° 26 - Valores de rugosidad de tubos

TABLA 8.2 - VALORES DE DISEÑO DE RUGOSIDAD DE TUBOS		
Material	Rugosidad $\varepsilon$ [m]	Rugosidad $\varepsilon$ [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	$1,8 \times 10^{-3}$	$6,0 \times 10^{-3}$

Fuente: "Válvulas, accesorios y tuberías" - Crane - Mc Graw Hill

Remplazando los valores se tendrá:

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log\left( \frac{1}{3,7 \left( \frac{35,1[mm] * \frac{1[cm]}{10[mm]} * \frac{1[m]}{100[cm]}}{3 * 10^{-7}[m]} \right) + \frac{5,74}{30240^{0,9}}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0,0268$$

Bajo la ecuación de Darcy hallando las pérdidas de agua en la tubería se tendrá:

$$h_L = f \left( \frac{L}{D} \right) \frac{v^2}{2g} \quad (\text{FM -18})$$

Mediante la disposición de la distribución de las tuberías y accesorios remplazando datos se tendrá:

$$h_L = (0,0268) \left( \frac{38[m]}{35,1[mm] * \frac{1[cm]}{10[mm]} * \frac{1[m]}{100[cm]}} \right) \frac{(1,12[\frac{m}{s}])^2}{2(9,8[\frac{m}{s^2}])}$$

$$h_L = 1,85[m]$$

Para la pérdida de agua por accesorios será:

$$h_L = 7h_{codos} + h_{valv\ pie} + h_{valv\ verificación} + h_{valv\ compuerta} \quad (\text{FM -19})$$



$$h_L = \frac{V^2}{2g} (7k_{\text{codos}} + k_{\text{válv de pie}} + k_{\text{válv verificación}} + k_{\text{válv compuerta}})$$

Por tablas remplazando los valores tendremos:

**Tabla N° 27 - Coeficientes de resistencia**

TABLA 10.4 - Coeficientes de resistencia para válvulas y acoplamientos	
Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería Le/D
Válvula de globo - abierta por completo	340
Válvula de ángulo - abierta por completo	150
Válvula de compuerta - abierta por completo	8
$\frac{3}{4}$ abierta	35
$\frac{1}{2}$ abierta	160
$\frac{1}{4}$ 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
Te estándar - con flujo en el ramal	60

Fuente: "Válvulas, accesorios y tuberías" – Crane- Mc Graw Hill

$$h_L = \frac{\left(1,12 \left[\frac{m}{s}\right]\right)^2}{2 \left(9,8 \left[\frac{m}{s^2}\right]\right)} (7(30) + 75 + 150 + 8)$$

$$h_L = 28,35[m]$$

La altura total de pérdidas será:

$$H_{LB} = h_{TUBERIA} + h_{ACCESORIOS} \quad (FM - 20)$$

$$H_{LB} = 1,85[m] + 28,35[m]$$

$$H_{LB} = 30,20[m]$$

Se sabe que desde el nivel del eje de la bomba hasta el diámetro de la última tubería viene siendo la altura útil, entonces:

$$H_{TEOBOMB} = H_{UTIL} + H_{LB} \quad (FM - 21)$$

$$H_{TEOBOMB} = 36[m] + 30,20[m]$$

$$H_{TEOBOMB} = 66,20[m]$$

- Potencia de la Bomba:

$$P_{BOMBA} = \frac{H_{TEOBOMB} \cdot \rho \cdot g \cdot Q}{\eta} \quad (FM - 22)$$

Remplazando los valores y asumiendo una eficiencia igual al 70%, se tendrá:

$$P_{BOMBA} = \frac{(66,20[m]) * \left(1000 \left[\frac{kg}{m^3}\right]\right) * \left(9,8 \left[\frac{m}{s^2}\right]\right) * \left(3,89 \left[\frac{m^3}{h}\right]\right) * \left[\frac{1h}{3600s}\right]}{0,7}$$

$$P_{BOMBA} = 1001,46[W] = 1,00[kW]$$

La potencia del motor que impulsa a la bomba será:

$$P_{MOTOR} = \frac{P_{BOMBA}}{0,9} \text{ (FM -23)}$$

$$P_{MOTOR} = \frac{1001,458[kW]}{0,9}$$

$$P_{MOTOR} = 1,1127[Kw]$$

Según los datos generales:

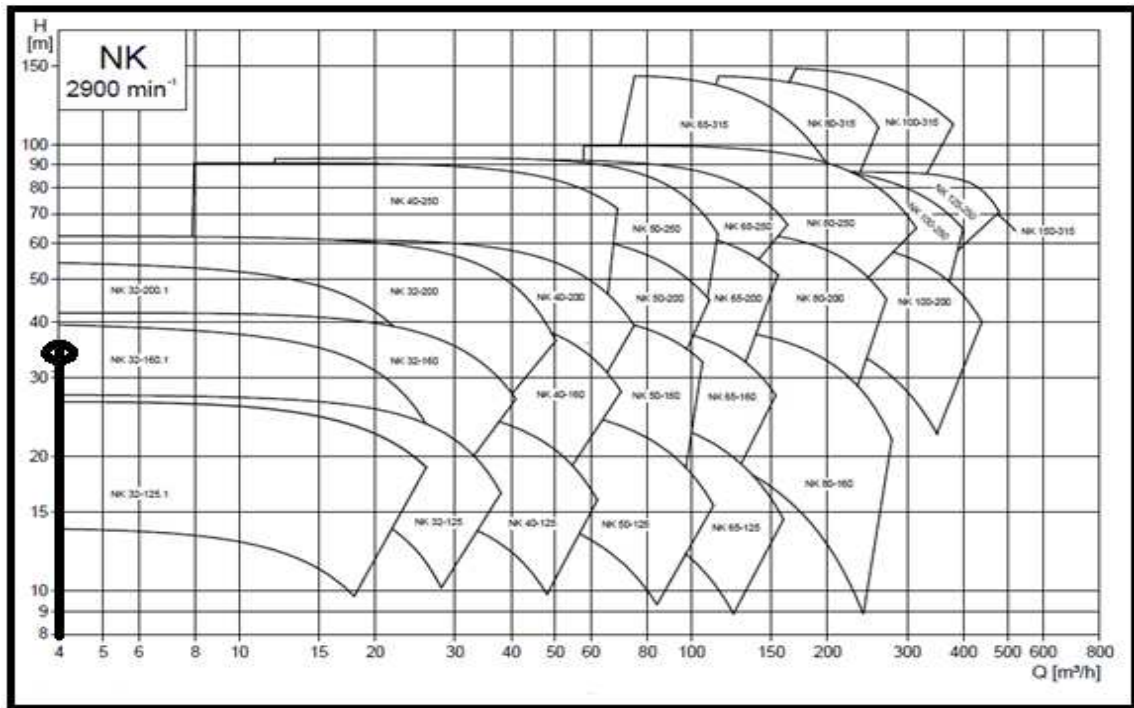
**Tabla 28 - Datos generales**

DATOS GENERALES	
CAUDAL	Q = 3,89 [m <sup>3</sup> /h]
ALTURA DE BOMBEO	h = 37 [m]

**Fuente: Elaboración Propia**

Mediante la tabla N° 29 la bomba que elegiremos según los anteriores datos será:

Tabla N° 29 - Selección de Bomba Centrífuga



Fuente: Catálogo Grundfos (Bombas Axiales)

La bomba centrífuga a usar según el anterior catalogo será: NK 32- 160.1

Determinación del NSPH del sistema de bombeo:

Se sabe que:

$$NSPH = h_{sp} + h_s - h_f - h_{vp} \quad (FM - 24)$$

Siendo que:

$$h_{vp} = \frac{P_{vp}}{\phi} \quad (FM - 25)$$

De tablas obtenemos los siguientes valores:

Tabla N° 30 - Presión de Vapor de carga

Temperatura [°C]	Presión de vapor [kPa]	Peso específico [kN/m <sup>3</sup> ]	Carga de presión de vapor [m]
0	0,6105	9,806	0,06226
5	0,8722	9,807	0,08894
10	1,228	9,804	0,12530
20	2,338	9,789	0,2388
30	4,243	9,765	0,4345
40	7,376	9,731	0,7580
50	12,33	9,690	1,2720
60	19,92	9,642	2,0660
70	31,16	9,589	3,2500
80	47,34	9,530	4,9670
90	70,10	9,467	7,4050
100	101,3	9,399	10,780

Fuente: "Válvulas, accesorios y tuberías" – Crane- Mc Graw Hill

Remplazando en (FM - 25) se tiene:

$$h_{vp} = \frac{(1,228 \text{ [kpa]})}{(9,804 \text{ [} \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\text{]})}$$

$$\boxed{h_{vp} = 0,125 \text{ [m]}}$$

De igual forma calculamos la relación de la presión del líquido en el tanque respecto al peso específico:

$$h_{sp} = \frac{P_{sp}}{\varphi} \text{ (FM - 26)}$$

La presión a la que está el líquido es la presión sobre el nivel del mar:

$$h_{vp} = \frac{(0,671 \text{ [kpa]})}{(1000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3})}$$

$$h_{vp} = 0,00067 \text{ [m]}$$

Remplazando los valores obtenidos en (FM - 24):

$$NSPH = h_{sp} + h_s - h_f - h_{vp}$$

$$NSPH = 0,00067 \text{ [m]} + 34 \text{ [m]} - 30,29 \text{ [m]} - 0,125 \text{ [m]}$$

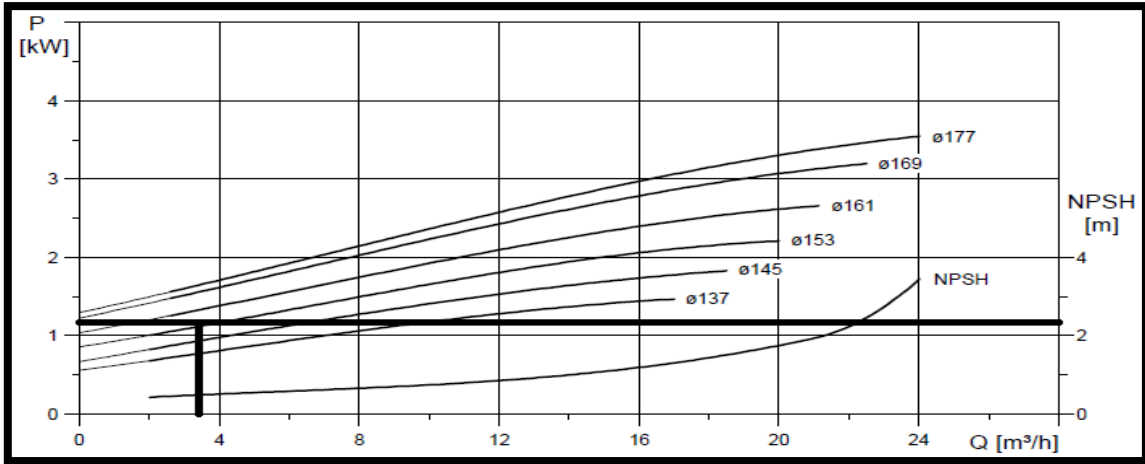
$$NSPH = 3,58 \text{ [m]}$$

Realizando el cálculo para comprobar si la bomba entra o no en cavitación deberá cumplir la siguiente fórmula matemática:

$$NSPH_{REAL} > 1,10 NSPH_{TEORICA} \quad (\text{FM} - 27)$$

Hallando mediante la ilustración N° la  $NSPH_T$  ( Altura neta positiva de succión teórica):

Ilustración 53 - Valor de NPSH teórico



Fuente: Catálogo Grundfos (Bombas Axiales)

Según la intersección entre la potencia y el caudal pudimos hallar el valor teórico de la altura neta positiva de succión el cual es 2,4[m], reemplazando en (FM – 27):

$$NPSH_{REAL} > 1,10NPSH_{TEORICA}$$

$$3,58[m] > 1,10 * (2,4[m])$$

$$3,58[m] > 2,64[m]$$

Lo cual muestra que la bomba no entra en cavitación y todos los cálculos son correctos.

Seleccionando la bomba que tendrá los datos de la tabla N° 31:

Tabla 31 - Datos Específicos

DATOS GENERALES	
CAUDAL	Q = 3,89 [m³/h]
ALTURA DE BOMBEO	H = 37 [m]
POTENCIA DEL MOTOR	P = 1,1127 [Kw]
ALTURA NETA POSITIVA DE SUCCIÓN	NPSH = 3,58[m]

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 54 - Tipo de Bomba

Datos técnicos

NK 32-160.1, 2 polos  
Bombas estándar

Dimensiones y pesos

Tipo de bomba		2900 rpm (motores de 2 polos)																				
		Común			Con acoplamiento estándar							Con acoplamiento espaciador										
		[mm]			[mm]							[mm]										
		a	a <sub>2</sub>	h <sub>2</sub>	l <sup>1</sup>	h	h <sub>3</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	d	Gama estándar Peso neto [kg]	Gama alta Peso neto [kg]	l <sup>1</sup>	h	h <sub>3</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	d
32-160.1	1,1	80	60	160	715/765	65	197	800	540	360	320	75	78	817/867	65	197	800	540	360	320	77	80
	1,5				775/775							81	84	877/877							83	86
	2,2				1775/815							89	93	877/917							91	95
	3,0				839/876							93	102	941/978							95	104
	4,0				876/876							102	108	978/978							104	110
	5,5				915/915							80	212	1000							660	450

<sup>1</sup> Algunos modelos de la columna están indicados con dos dimensiones l.  
La primera se refiere a la gama estándar de motores y la segunda a la gama alta de motores.

Fuente: Catálogo Grundfos (Bombas Axiales)



Ilustración N° 55 - Potencia de la Bomba

Datos eléctricos, gama alta								
Tipo de bomba	Tipo de motor	P <sub>2</sub> [kW]	I <sub>1/1</sub> [A] 230Δ/400Y	I <sub>1/1</sub> [A] 400Δ	Datos comunes			
					Factor de potencia Cos φ	η max [%]	n [min <sup>-1</sup> ]	I <sub>arranque</sub> I <sub>1/1</sub>
32-160.1	MG90SA-D	1,1	4,10/2,35	2,35	0,87-0,82	84,0	2890-2910	7,4-8,0
	MG90SB-D	1,5	5,45/3,15	3,15	0,87-0,82	85,5	2890-2910	8,5-9,3
	MG90LC-D	2,2	7,70/4,45	4,45	0,89-0,87	87,5	2890-2910	8,5-9,5
	MG112MB-D	3,0	10,40/5,95	5,95	0,88-0,85	88,0	2910-2930	9,7-10,7
	MG112MC-D	4,0	13,80/8,00	8,00	0,88-0,84	89,0	2910-2930	11,2-12,3
	MG132SC-D	5,5	19,40/11,20	11,20	0,88-0,84	90,0	2910-2930	10,7-11,7

Fuente: Catálogo Grundfos (Bombas Axiales)

### 3.4 Planos

Los gráficos se aprecian en el anexo B, fueron realizados mediante el programa computacional Autocad Autodesk 2016. La norma utilizada para la elaboración de los de los planos, es la norma DIN (Norma Alemana).

La codificación que se usa en los planos es aumentó un detalle son las letras IME que tiene como significado la institución académica (Ingeniería Mecánica Y Electromecánica). (Ver tabla N° 32)

Tabla N° 32 -Código de Planos

N°	Descripción	Plano
1	Bomba Centrifuga	IME-SA-TA-T-01
2	Acople codo 90 <sup>a</sup>	IME-SA-TA-TT-02
3	Válvula tipo compuerta	IME-SA-TA-ST-03
4	Mezclador Estático	IME-SA-TA-BT-04
5	Cuadro de Control	IME-SA-TA-CAA-05

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV

### 4 MANUFACTURA

#### 4.1 Procesos de fabricación

Para poder realizar la construcción de la mini planta de tratamiento de aguas, se debe saber que un proceso de fabricación, también denominado manufactura o producción, es el conjunto de operaciones necesarias para transformar las materias primas en piezas o productos terminados.

Los principales procesos de manufactura para la construcción de la mini planta son:

- Soldadura de piezas con arco eléctrico
- Corte de material con amoladora
- Taladrado de piezas, con taladro manual y de banco.
- Plegado de piezas.

#### 4.1.1 Metodología de fabricación

Para describir los procesos de fabricación es necesario desarrollar las fórmulas principales y practicas necesarias, seguir la metodología donde se tenga toda la información necesaria para la fabricación de piezas, esta es una “Hoja de proceso y costo”, que se encuentra en el Anexo C y contiene la siguiente información:

##### **Información de los datos generales**

- Identificación del proyecto desarrollado en la hoja.
- Identificación del responsable del proyecto.
- Identificación de la pieza o elemento que se fabricara.

##### **Información técnica general**

- Plano correspondiente a la pieza.
- Material empleado en la fabricación de la pieza.

- Número de piezas a fabricar.

### Información del proceso

- Dimensiones generales de la pieza.
- Descripción de las tareas a cumplir en la fabricación.
- Tiempos de preparación previa a ejecución.
- Tiempo de maquinado o si es en forma natural.
- Tiempos totales de todas las piezas debido a cada proceso.
- Tiempo total por pieza.
- Identificación de las herramientas y máquinas utilizadas.

#### 4.1.2 Tiempos de fabricación

Para el cálculo de fabricación se tomaron en cuenta los siguientes tiempos:

#### Tiempo total de fabricación

Los tiempos de fabricación para una pieza pueden ser calculados mediante fórmulas matemáticas, y/o también determinadas experimentalmente en taller. Esto dependerá de la pieza a fabricar.

El tiempo total de trabajo se define con la aplicación de la ecuación:

$$T_{tt} = T_{fa} + T_{mo}$$

Dónde:

$$T_{tt} = \textit{Tiempo de trabajo [s]}$$

$$T_{fa} = \textit{Tiempo de fabricación [s]}$$

$$T_{mo} = \textit{Tiempo de montaje [s]}$$

El tiempo de fabricación con la aplicación de la ecuación:

$$T_{fa} = T_{pre} + T_{ej}$$

Dónde:

$T_{pre} = \text{Tiempo de preparación [s]}$

$T_{ej} = \text{Tiempo de ejecución [s]}$

- **Tiempo de preparación.**

El tiempo de preparación se refiere al tiempo empleado previo al mecanizado y maquinado, es decir, el tiempo empleado en el afilado de la herramienta, lubricado de la máquina, tiempos muertos, etc.

- **Tiempo de ejecución.**

El tiempo de ejecución es el empleado en el respectivo mecanizado de la parte o elemento, con la aplicación de la ecuación:

$$T_{ej} = T_{ma} + T_m$$

Dónde:

$T_{ma} = \text{Tiempo manual o adicional a la ejecución [s]}$

$T_m = \text{Tiempo de maquinado o principal [s]}$

- **Tiempo manual o adicional a la ejecución.**

Es el tiempo empleado en el montaje y fijación de la pieza, en el montaje y centrado de la herramienta y las diferentes mediciones y verificaciones, su valor será obtenido en base a experiencias en taller.

- **Tiempo maquinado o principal.**

El tiempo de maquinado o principal, es referido al utilizado esencialmente por las máquinas herramientas, es decir el tiempo principal de corte.

### **Tiempo principal de soldadura con arco eléctrico.**

El tiempo de soldadura depende de la cantidad del peso del electrodo depositado en el cordón con la aplicación de la ecuación :

$$T = \frac{35 * 10^6 P}{6 d^{1.5} Y}$$

Dónde:

$T =$  Tiempo principal de soldadura en arco electrico [min]

$P =$  Peso del electrodo depositado [kg]

$d =$  Diámetro del electrodo(alma del electrodo) [mm]

$Y =$  peso especifico del electrodo [kg/m<sup>3</sup>]

El peso del electrodo depositado está en función de los diferentes tipos de preparación de las piezas a soldar, del espesor de las piezas a soldar, y de los ángulos de biselado con la aplicación de la ecuación:

$$P = \frac{C e^2 L}{1000}$$

Dónde:

$P =$  Peso del metal de aportacion [kg]

$e =$  Espesor de la pieza a soldar [mm]

$C =$  Constante que está en función del método de preparación del chaflán

La cantidad de electrodos se cuantifica de la siguiente manera:

- 1 kg de electrodos inox 308L de diámetro 2,5 mm contiene 49 unidades.
- 1 kg de electrodos E6013 de diámetro 2,5 mm contiene 50 unidades.

Un electrodo “grosso” de diámetro igual a 3,2 mm y largo igual a 30 cm, suministra 24 cm de longitud de soldadura, valor cuantificado experimentalmente que puede variar de acuerdo a las condiciones de trabajo.

La soldadura al arco voltaico es un procedimiento de soldadura a fusión, donde la aportación de calor tiene lugar por medio de un arco voltaico, que alcanza temperaturas muy elevadas (de 3500 a 15000) °C según el procedimiento de soldadura

empleado. La influencia de las altas temperaturas puede originar deformaciones y perforaciones en las piezas a soldar. En el caso de la soldadura de planchas metálicas, es posible soldar de forma continua (formación continua del cordón sin interrupciones) planchas de espesor igual 1/16" (1,5 mm) con electrodos delgados (diámetro del electrodo igual a 2,5 mm).

Para la fabricación de la alimentadora y dosificadora de queso, es necesario soldar planchas de 1 mm de espesor (AISI 304). La unión de las planchas se las realizará con arco voltaico, la formación del cordón se la realiza en forma interrumpida (punto a punto). Se unen las piezas inicialmente con un punto de soldadura, el siguiente punto de soldadura se ejecuta después de un intervalo de tiempo que da lugar al enfriamiento de la zona soldada, y así sucesivamente. El objetivo del procedimiento descrito es la de evitar la deformación de las planchas delgadas.

El tiempo de soldadura principal para el método "punto a punto" explicado anteriormente, se obtiene con medición experimental. Las mediciones realizadas se detallan a continuación.

**a) Material a soldar:**

Planchas de acero inoxidable AISI 304 de 1 mm y 0.5 mm de espesor.

**b) Electrodo para la soldadura:**

Electrodo revestido delgado (diámetro de 2,5 mm) de acero inoxidable AISI 308L.

**c) Tiempo de soldadura:**

Se han empleado 2 minutos para soldar 100 mm de longitud. (Unión plana sin bisel). El tiempo promedio para la ejecución de un punto de soldadura fue de 1,5 segundos.

**d) Consumo de electrodo:**

Un electrodo "delgado" de diámetro igual a 2,5 mm y longitud de 30 cm, proporciona 15 cm de soldadura.

## **Amolado**

El proceso de amolado permite obtener un mejor acabado en las piezas fabricadas, como también preparar algunas superficies como ser biseles de soldadura,



bordes en donde existe concentración de esfuerzo. Para obtener un rendimiento favorable, se recomienda que la velocidad periférica sea entre 22-25 [m/s] para el esmerilado manual y 25-30 [m/s] para el esmerilado automático.

Por lo anteriormente mencionado se puede calcular el tiempo principal con la aplicación de la ecuación :

$$t_p = \frac{l i}{n s} \text{ (Esmerilado cilíndrico)}$$

$$t_p = \frac{l i}{n s} \text{ (Esmerilado cilíndrico)}$$

Dónde:

$t_p$  = *Tiempo principal de esmerilado [min]*

$l$  = *Longitud de la pieza [mm]*

$i$  = *Número de cortes*

$n$  = *Número de revoluciones [pieza/min]*

$s$  = *Avance que depende del material y ejecución [mm/(rev.pieza)]*

$v$  = *Velocidad de avance de la mesa [m/min]*

### **Tiempo principal de taladrado**

El tiempo principal de taladrado con la aplicación de la ecuación :

$$T = \frac{L}{S n}$$

Dónde:

$T$  = *Tiempo de taladrado [s]*

$L$  = *Longitud de perforación [mm]*

Para el avance longitudinal de rotación con ayuda de la tabla N° 33

Tabla 33 - Avance del Taladro Longitudinal

Taladrado tipo de material	Avance longitudinal de rotación [mm/rev]
Angular AISI 304	0,007
Hierro fundido	0,5 d / 50
Acero dulce y duro	0,5 d / 100

Fuente: Elaboración propia

Para la elección de la velocidad de rotación depende de la resistencia del material a trabajar, y la resistencia de la broca. Se puede determinar con la aplicación de la ecuación:

$$n = \frac{1000 v}{\pi d}$$

Dónde:

$v =$  Velocidad de corte [m/min]

$d =$  Diámetro de la broca [mm]

#### 4.2 Procesos de montaje

El proceso de montaje se refiere al ensamble de todas y cada una de las piezas y elementos que componen la mini planta de tratamiento de aguas, para así tener agua tratada para el uso en horario de cortes de del líquido vital. El montaje y la respectiva unión de las piezas se realizarán mediante procedimientos, tradicionales y muy conocidos, como son:

- Unión por soldadura.
- Unión atornillada.
- Unión remachada.



### **4.3 Operación y mantenimiento**

#### **4.3.1 Operación**

Se define como los pasos sistemáticos del proceso de maniobra y manipulación de la mini planta de tratamiento de aguas residuales.

La seguridad en la operación de la mini planta de tratamiento de aguas residuales, sin duda es uno de los aspectos más críticos de diseño por lo que en el presente apartado se hará especial hincapié en las medidas de seguridad a tomar para el uso correcto de cada paso de la mini planta para todos los usuarios.

#### **Normas básicas para los operadores**

Los operadores de la máquina alimentadora y dosificadora de queso, deben cumplir una serie de normas básicas para proteger su integridad física y hacer el correcto uso de la máquina. De este modo, se destacan los siguientes puntos, que hacen referencia a los usuarios.

- Antes de usar la mini planta, asegurarse de que los propietarios comprendan cómo utilizar de forma segura el equipo.
- Antes de iniciar la secuencia de trabajo comprobar que el programa corresponde a la secuencia del proceso y este cargado correctamente al PLC.
- Revisar y apretar todos los pernos y tuercas.
- Compruébese que no haya vibración excesiva.
- Después de un periodo de funcionamiento continuo debe efectuarse una revisión completa.
- Las patas de la estructura de la máquina deben ubicarse en una superficie sólida para prevenir que la pata resbale y así evitar un posible accidente.

#### **4.3.2 Mantenimiento**

Con el mantenimiento se desea asegurar que todo elemento componente de la mini planta de tratamiento de aguas, continúe desempeñando las funciones deseadas, por tal motivo se presenta una programación de mantenimiento.

**Tabla N° 34 - Mantenimiento**

<b>Plazo</b>	<b>Parte de la Planta</b>	<b>Inspección</b>
Rutinario (cada día)	Planta	Verificar que esté limpio y no presente cualquier suciedad.
	Dosificadores	Verificar que esté totalmente limpio ya que estará en contacto directo con el producto.
	Motores	Verificar que los mismos estén en su correcto estado también que después de cada proceso se debe inspeccionar los mismos.
	Salida del agua tratante	Verificar que esté limpio y que no haya fuga en las tuberías de descarga y acoples.
Mensual	Componentes Mecánicos	Inspeccionar todo los componentes mecánicos y dispositivos de presión para la operación, mediante control manual , revisar el funcionamiento del equipo.
	Plc	Desmontar las conexiones del plc para verificar el estado de borneras de conexión de actuadores.
	Capas de Filtrado	Recambio de capas de grava, antracita.
	Tanque de Almacenamiento	Desmontar de la máquina para así poder realizar una limpieza general
	Dosificadores	Revisar que no sufran desgastes

**Fuente: Elaboración Prop**

## CAPÍTULO V

### 5 COSTOS

En los costos se analizarán todos los que intervienen en el proyecto, tanto los elementos de fabricación, materiales mecánicos - electrónicos, los insumos, los valor.

#### 5.1 Costos de fabricación

Los costos de los materiales son de los elementos especificados del proyecto, valores que fueron obtenidos en algunos puestos de comercio existentes en la ciudad.

Tabla N° 35 - Costo de elementos Especificados

Descripción	Unidad	Cantidad c/u	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
Bomba Centrífuga	Pieza	c/u	820.00	1640.00
Perno M14 x 30 mm	Pieza	4/u	2.20	8.80
Perno M16 x 25 mm	Pieza	2/u	3.50	7.00
Tuerca M14	Pieza	6/u	2.10	12.60
Tuerca M16	Pieza	2/u	2.30	4.60
Dosificador Químico	Pieza	c/u	120.00	360.00
Perno M14 x 30 mm	Pieza	c/u	2.20	2.20
Relé de Sobrecarga	Pieza	2/u	50	100.00
PLC	Pieza	c/u	1200.00	1200.00
Pulsador de habilitación	Pieza	c/u	35.00	35.00
Sensor de Nivel NA - NC	Pieza	c/u	110	110.00
Presostato	Pieza	c/u	80.00	80.00
Contactores	Pieza	c/u	90.00	180.00
Tubería (25 metros)	Pieza	c/u	10.00	250.00
Mezclador Estático	Pieza	c/u	150.00	150.00
Cámara de almacenamiento	Pieza	c/u	3200.00	3200.00
Lecho de capas	Pieza	c/u	20.00	60.00
<b>Precio total de elementos especificados</b>				<b>7410,2</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Costo de montaje

El costo de montaje se divide en: costo de mano de obra de montaje, costo de insumos de montaje y costo de máquinas herramientas de montaje.

### 5.2.1 Costos de mano de obra de montaje

El costo de mano de obra en el proceso de montaje se calcula en función de la duración que presenta, que aproximadamente es de 2 días (16 horas). Estos costos fueron calculados en base a salarios promedios registrados en el mercado local. Considerando la remuneración de tres ítems de trabajadores, el costo de los recursos humanos se aprecia en la tabla N° 36.

Tabla N° 36 - Costos de mano de obra de Montaje

Detalle	Cantidad (horas)	Sueldo (Bs/hora)	Costo (Bs)
Técnico Mecánico (Tmec)	16	13.80	220.80
Técnico Eléctrico (Telt)	16	12.50	200.00
<b>Precio total de mano de obra</b>			<b>420.80</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2 Costos de insumos de montaje

Los suministros necesarios para el montaje de la mini planta de tratamiento de agua será:

Tabla N° 37 - Costos de Insumos

N°	Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Precio total (Bs)
1	Electrodo AWG E6013	kg	10	0.80	8.00
2	Electrodo E308L	kg	20	4.50	90.00
5	Disco de corte 9 plg	Pieza	1	20.00	20.00
6	Broca HSS	Pieza	5	10.00	50.00
7	Remaches	Pieza	20	0.80	16.00
					184.00

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3 Costo de máquinas herramientas para el montaje

Los equipos que se utilizaran en este proceso se detallan en la siguiente tabla, considerando un funcionamiento en el lapso de 2 días (8 horas productivas). El costo de las máquinas herramientas, está en función de los equipos más utilizados; es por eso que los tiempos de uso serán variantes en los equipos.

Tabla N° 38 - Costos de Maquinas de Herramientas

Máquina-instrumento-herramienta	Cantidad (horas)	Costo (Bs/hora)	Costo total(Bs)
Equipo de arco eléctrico	4	28.00	112.00
Amoladora para corte	2	14.00	28.00
Esmeriladora	2	7.00	14.00
Taladro de banco	1	6.00	6.00
Herramientas de medida y trazado	10	2.00	20.00
Sierra mecánica	3	2.00	6.00
<b>Precio total de máquina herramienta</b>			<b>186.00</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.4 Costo final de montaje

Entonces el costo final de montaje se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla N° 39 - Costos final de Montaje

N°	Detalle	Costo(Bs)
1	Costo de mano de obra de montaje	420.60
2	Costo de insumos de montaje	184.00
3	Costo de máquinas herramientas para el montaje	186.00
<b>Costo total de montaje</b>		<b>790.60</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.3 Precio Final

El precio de la mini planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, se aprecia en la tabla N° 40, en donde se incluye el margen de utilidad y costos imprevistos.

Tabla N° 40 - Precio de la Mini planta de tratamiento de Agua

N°	Detalle	Total (Bs)
1	Costo neto	8059.10
2	Margen de utilidad (15% sobre el costo neto)	1208.86
3	Costos de imprevistos(10% Sobre el costo neto)	805.91
<b>Costo total</b>		<b>10073.87</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.4 Costos de operación y de mantenimiento

Los costos de operación de la máquina se dividen en costo de mano de obra, costo energético y costo de mantenimiento

#### 5.4.1 Costo de mano de obra

Para la operación de la máquina es necesario la participación de un operario con salario mínimo nacional de:

1 Operario            2122.00 [Bs/mes]    →        70,73 [Bs/día]

#### 5.4.2 Costo energético

El consumo energético de la máquina está dado por la cantidad de agua consumida en la limpieza de la máquina y el gasto de energía eléctrica se cuenta con los dos servicios con costos de 2.4 [Bs/m<sup>3</sup>] y 0.75 [Bs/(Kw-h)] respectivamente. Entonces en el alimentado y dosificado de la máquina se consumirá:

Consumo de agua    145.00 [Bs/mes]    →        4.80 [Bs/día]

Consumo eléctrico    320.00 [Bs/mes]    →        10.60 [Bs/día]

### 5.4.3 Costo de mantenimiento

El costo de mantenimiento será obtenido respecto a los recambios de los elementos siguientes: lechos de filtración y cilindros dosificadores.

El costo de mantenimiento estará dado por los costos de los elementos que se recambian siendo estos los siguientes:

3 lechos de filtración	360.00 [Bs/año]	→	1.20 [Bs/día]
3 cilindros dosificadores	587.00 [Bs/ año]	→	2.00 [Bs/día]





## Capítulo VI

### 6 EVALUACIÓN

Para realizar la evaluación técnica y económica se describirán aspectos comparativos entre lo presente-futuro y la oferta internacional nacional respectivamente.

#### 6.1 Evaluación técnica

Se realiza una comparación técnica entre la forma actual de tratamiento de aguas las cuales primeramente se precisa tres etapas de análisis de depuración de aguas.

El tratamiento actual el cual es un análisis compacto y fácil de usar en el momento de realizar una reutilización de aguas residuales.

##### 6.1.1 Comparación técnica entre el proceso actual y el proceso alternativo

###### Proceso actual:

###### **Etapas primarias**

El objetivo de este tratamiento es la eliminación de los sólidos en suspensión. Este se realiza por medio de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por sustancias químicas. El agua residual es depositada en grandes estanques decantadores y queda retenida allí de 1 a 2 horas.

Se le agregan compuestos químicos como aluminio, polielectrolitos floculantes y sales de hierro para completar el proceso. Además, se logra la precipitación del fósforo, los sólidos en estado de coloides en un 70% o en suspensión muy finos. Este proceso es desarrollado a través del uso de maquinaria hidráulica, por lo que se le reconoce como tratamiento mecánico.

###### **Etapas secundarias**



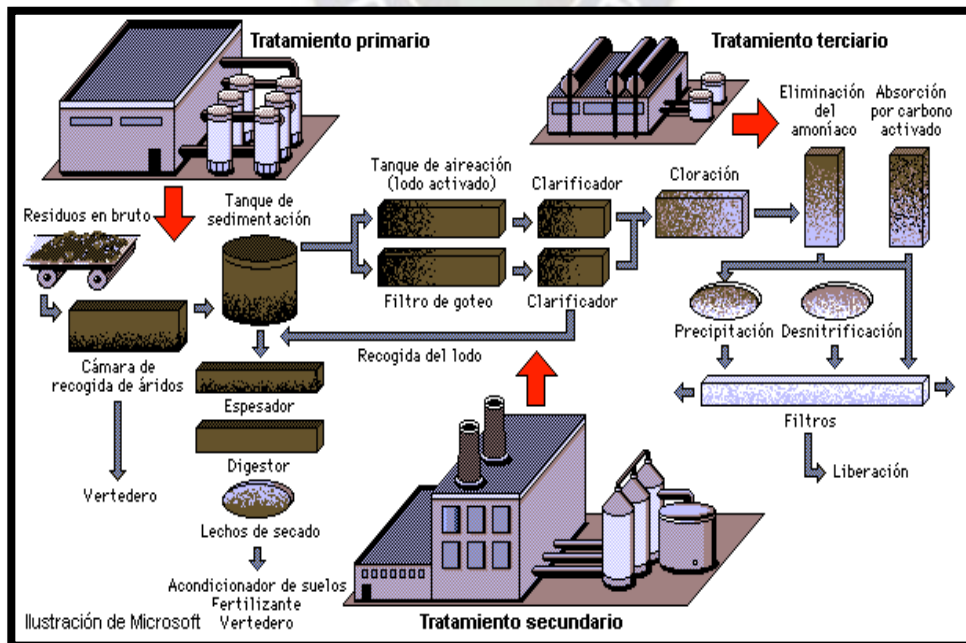
Los objetivos principales de esta etapa es eliminar la materia orgánica en estado coloidal y en disolución a través de un proceso de oxidación de naturaleza biológica. También, la degradación de sustancias del contenido biológico presente en el agua residual causado por desechos humanos.

Dentro de esta etapa se encuentra los procesos aeróbicos y anaeróbicos y físico-químico como la floculación. Estos disminuyen gran parte de la demanda biológica de oxígeno y remueven las cantidades extras de sólidos sedimentales.

### Etapa terciaria

Esta es la etapa final del tratamiento de aguas residuales. En ella se realizan una serie de procesos, entre ellos la eliminación de agentes patógenos como bacterias fecales y de los nutrientes. Estos procesos aumentan a estándares requeridos la calidad del agua para ser descargada en mares, ríos, lagos y demás cuencas hidrográficas.

Ilustración 56 -Tratamiento Clásico de las Aguas Residuales



Fuente: [www.tratamientosquímicos.com](http://www.tratamientosquímicos.com)

### **Proceso alternativo:**

Con el sistema de reutilización de la mini planta de tratamiento de aguas llega a obtener las siguientes ventajas técnicas:

- ◆ 1. Desarenador Fondo Plano
- ◆ 2. Dosificador en línea de Flocculante
- ◆ 3. Dosificador para ajuste de pH
- ◆ 4. Dosificador Precipitante químico
- ◆ 5. Mezclador estático
- ◆ 6. Válvula Flotadora Piloteada
- ◆ 7. Válvula Reguladora de presión
- ◆ 8. Compartimiento para sedimentación
- ◆ 9. Falso Fondo con boquillas (Crepíneas)
- ◆ 10. Lecho Filtrante (Lecho Mixto)
- ◆ 11. Cámara de agua Clarificada
- ◆ 12. Clorador en Línea (Desinfección)

La mini planta de tratamiento de aguas está integrada por procesos de Flocculación en Línea que dosifica el reactivo coagulante antes de entrar al tanque reactor. El tanque reactor cuenta internamente con 2 etapas de tratamiento; La primera es el Decantador / Sedimentador. Los lodos generados en el proceso de coagulación rápida van quedando en el fondo del tanque, mientras que el agua clarificada se dispone a ascender y atravesar a la segunda etapa; Esta segunda etapa es el proceso de Micro filtración Ascendente, en donde un sistema de lecho Multicapa (grava, sílice y Carbón Activado), de una granulometría ideal, es el encargado de filtrar y clarificar el

agua, así como también por mecanismo de absorción, reducir la concentración de olores y sabores extraños dentro del Agua.

### **6.1.2 Comparación técnica en el mercado internacional**

Para realizar una evaluación técnica comparativa no se tiene en específico en el mercado internacional una mini planta la cual sea automatizada, solo plantas de tratamiento de aguas en aplicaciones agrícolas pero sin un análisis de energía eléctrica por la cual se determinara que el diseño de la mini planta de tratamiento de aguas automatizada no puede tener una comparación debido al ser un prototipo de una nueva planta.

## **6.2 Evaluación económica**

Para realizar el análisis se tomará en cuenta los siguientes criterios utilidad neta debido a la automatización del proceso y comparación del precio una vez adquirida la máquina.

### **6.2.1 Utilidad debido a la reutilización de agua**

La utilidad del nuevo sistema de reutilización del agua se lo ve principalmente de la diferencia entre el consumo de agua el cual será:

Consumo Mensual por metros cúbicos      182.50 [Bs/mes]    6.08 [Bs/día]

Consumo Mensual con agua reutilizable      84.20 [Bs/mes]    2.80 [Bs/día]

(Asumiendo almacenamiento de 3731,5[L]).

Se realiza la diferencia de costo monetario dentro de la evaluación y se puede evidenciar que se ahorran 98.2 [Bs], lo cual es beneficio para los habitantes del edificio.

## Capítulo VII

### 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 Conclusiones

El desarrollo del diseño y reutilización nos lleva a concluir lo siguiente:

- Se diseñó el sistema de control automático de acuerdo al requerimiento de los propietarios del edificio San Martín.
- Se determinaron los parámetros químicos mediante normas bolivianas NB 512 y NB 689 obteniéndose un pH del agua residual tratada de 8,5 valor menor y aceptable para consumo humano al requerido por norma.
- Se realizó el ciclo lógico del sistema de control para el tratamiento correcto de reutilización de agua.
- Se determinó el calibre de los alimentadores de acuerdo a la norma boliviana NB – 777 de AWG # 12 y dispositivos de protección con ayuda de los catálogos de la empresa “CHINT” disponibles en el mercado.
- Se calculó satisfactoriamente el tipo de flujo del sistema, altura útil de 34[m], altura de pérdidas por los accesorios de 30,29[m] y potencia del motor eléctrico de 1,11[kW].

#### 7.2 Recomendaciones

A continuación se mencionan algunas recomendaciones generales, que se deben tomar en cuenta:

- Los componentes especificados en el presente diseño se deben cumplir para garantizar un correcto funcionamiento.
- La capacitación adecuada hacia los propietarios del edificio es necesaria, tanto en los campos de operación, mantenimiento y programación, garantizando el continuo y eficaz funcionamiento.

- Se recomienda un tiempo de funcionamiento de prueba y ajuste de la mini planta antes de que se integre al sistema continuo de abastecimiento
- La infraestructura donde se montará el sistema debe tener un adecuado flujo de aire, para evitar el acumulamiento de partículas de polvo perjudiciales para el producto.



## Capítulo VIII

### 8 BIBLIOGRAFÍA / WEB GRAFÍA

#### 8.1 BIBLIOGRAFÍA

- [1] IRVING SHAMES. Hall A.R., Mecánica de Fluidos, 2da Edición
- [2] YUNUS CENGEL. "Fundamentos y Aplicaciones en Mecánica de Fluidos"
- [3] CLAUDIO MATAIX, Eduard. "Máquinas Hidráulicas"
- [4] CRANE, "Válvulas, accesorios y tuberías"
- [5] JORGE IBARZ, "Química General"
- [7] IMCA Manual de Construcción en Acero
- [8] JOSÉ LUIS VILLANUEVA. "Aplicaciones a CADESIMU"
- [9] HEINRICH Gérling "Alrededor de las Maquinas-Herramientas"

#### 8.2 WEB GRAFÍA

- <http://www.-Análisis de Aguas Residuales.pdf>
- <http://www.audion.com/es/productos dosificación/6-de-volumen-.html>
- [http://www.Bolivia\\_Industria y Empresa](http://www.Bolivia_Industria y Empresa)
- <http://www.audion.com/es/productosdosificación/6-de-volumen>
- [http://www.globalpackchile.cl/eq\\_dosificadores\\_liquidados](http://www.globalpackchile.cl/eq_dosificadores_liquidados)
- <http://www.fblhemann.de>
- <http://www.carle-montanari.com>
- <http://www.rotex.com>
  
- <http://www.weg.com.br> Motores WEG
- [http://www.scribd.com/doc/5699593/calculo\\_de\\_rodamientos.pdf](http://www.scribd.com/doc/5699593/calculo_de_rodamientos.pdf)

**9 ANEXOS**

**9.1 ANEXO A**

**CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DE  
MATERIALES**





# Medios granulares

## Antracita mineral

Nuestra antracita se selecciona cuidadosamente de un yacimiento del que se obtiene un material con alto porcentaje de carbón. Esto significa una mayor resistencia mecánica del producto, que, en la operación, minimiza las pérdidas por rompimiento o erosión.

La antracita se clasifica hidráulicamente para reducir materia inorgánica y cenizas, de manera que se minimiza la cantidad de compuestos extraíbles.

Finalmente se realiza un triple cribado para asegurar un buen control en el rango de tamaño de partícula especificado para el proceso de filtración.

Debido a su densidad única, nuestra antracita puede utilizarse en filtros multimedia. Con una gravedad específica (que en lenguaje técnico de los productores de carbón activado se denomina "densidad de partícula") de alrededor de 1.69, esta permanece por encima de medios granulares más pesados después del retrolavado, y con esto se logra mantener una capa de prefiltración.

En filtros multimedia, además de la función de prefiltrar, la antracita permite flujos de servicio más altos y tiempos de filtración más largos entre retrolavados, respecto a los filtros en los que únicamente se utiliza un medio filtrante, y que típicamente es arena sílica.

### Propiedades físicas

Negro		Condiciones de operación	
Color	Negro	Altura de cama	24-36 in. (10-18 in. En filtros multimedia)
Densidad aparente (Aprox.)	0.83 g/cm <sup>3</sup>	Altura libre para expansión de cama (Min.)	50% de altura de cama
Gravedad específica (o densidad de partícula) (Aprox.)	1.69 g/cm <sup>3</sup>	Carga hidráulica de servicio (Máx.)	10 gpm/ft <sup>2</sup>
Dureza escala Moh (Min.)	3.0	Carga hidráulica de retrolavado	Antracita #1: 12-18 gpm/ft <sup>2</sup> Antracita #1 1/2: 15-18 gpm/ft <sup>2</sup> Antracita #2: combinar con aire
Tamaño efectivo de partícula	Antracita #1: 0.60-0.80 mm Antracita #1 1/2: 0.85-0.95 mm Antracita #2: 1.96-4.76 mm	Expansión de cama al retrolavar	25-40% de altura de cama
Coefficiente de uniformidad (Máx.)	Antracita #1: 1.7 Antracita #1 1/2: 1.7 Antracita #2: 1.7		
Tamaño de malla	Antracita #1: 14 x 30 Antracita #1 1/2: 10 x 20 Antracita #2: 4 x 12		
Solubilidad en ácido	<1.5%		
Solubilidad caustica	<1.5%		





## Arena sílica



La arena de sílice se produce por trituración de piedra o arena de sílice de textura abierta, cribada a distribución de grano necesaria. La arena de sílice es producido por trituración de molienda y lavado del sílice de alta calidad.

La arena sílica se utiliza como un medio granular filtrante en el tratamiento del agua potable y residual.

Características físicas: arena de granulo duro.

El tamaño de grano de las partículas es variable, es cribable y principalmente de color marrón a gris.

Se produce en números de malla 20x30.

### Análisis químico

Especificaciones	Composición
SiO <sub>2</sub>	79%
FE <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.20%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.10%
Pérdida por calcinación	3.6%

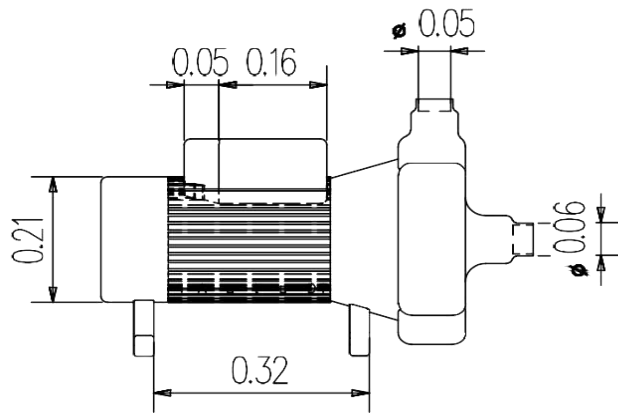
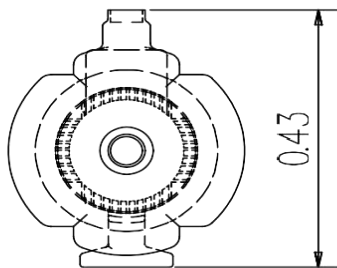
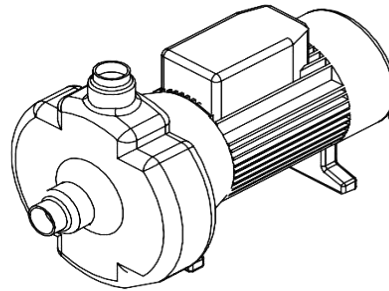
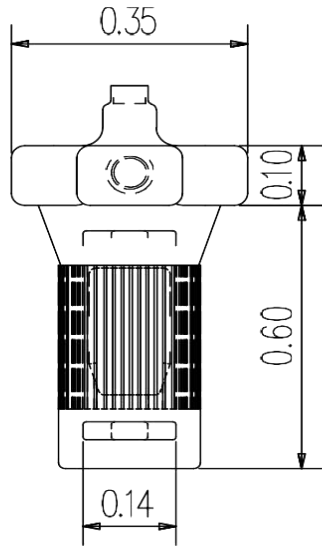
### Cono pirométrico

Especificaciones	Composición
Mineral	Sílice
Humedad (%)	0.03
Densidad [g / cm <sup>3</sup> ]	1.60

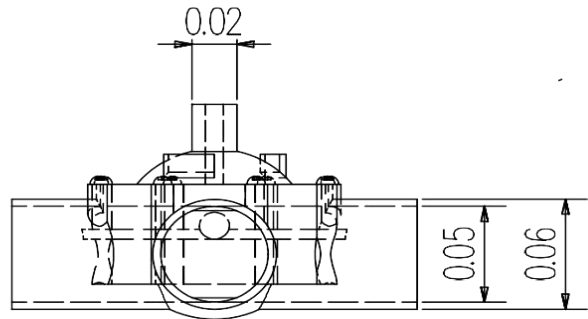
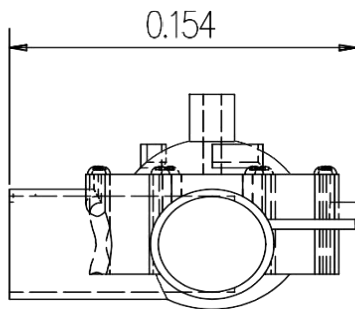
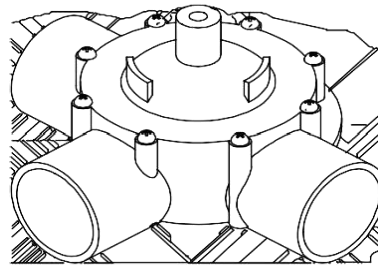
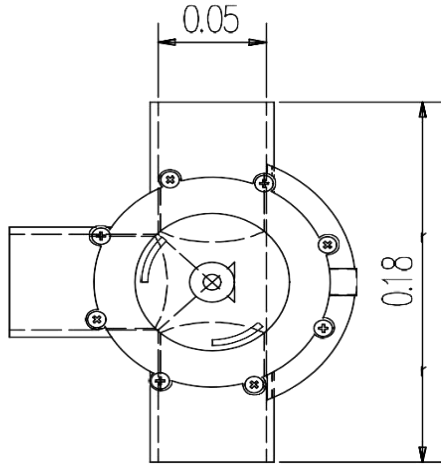
Presentación: Sacos de 50 kg.

**9.2 ANEXO B**

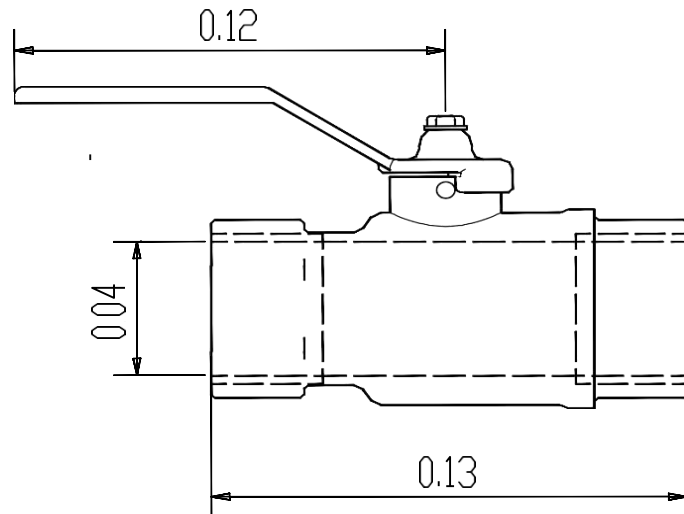
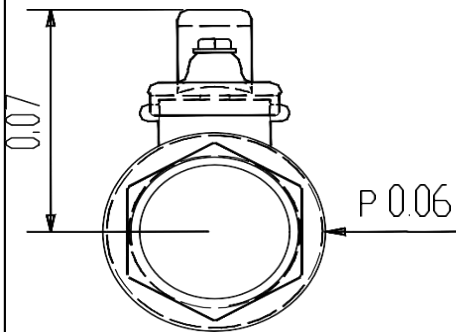
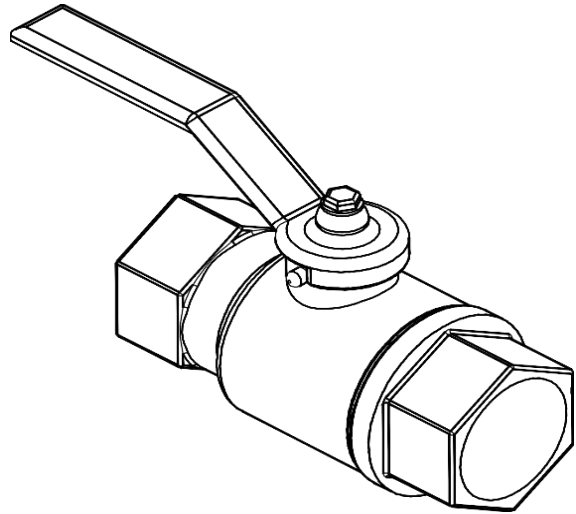
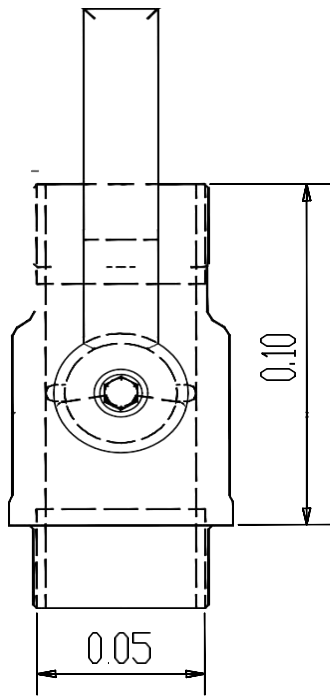
**MANUAL TECNICO**



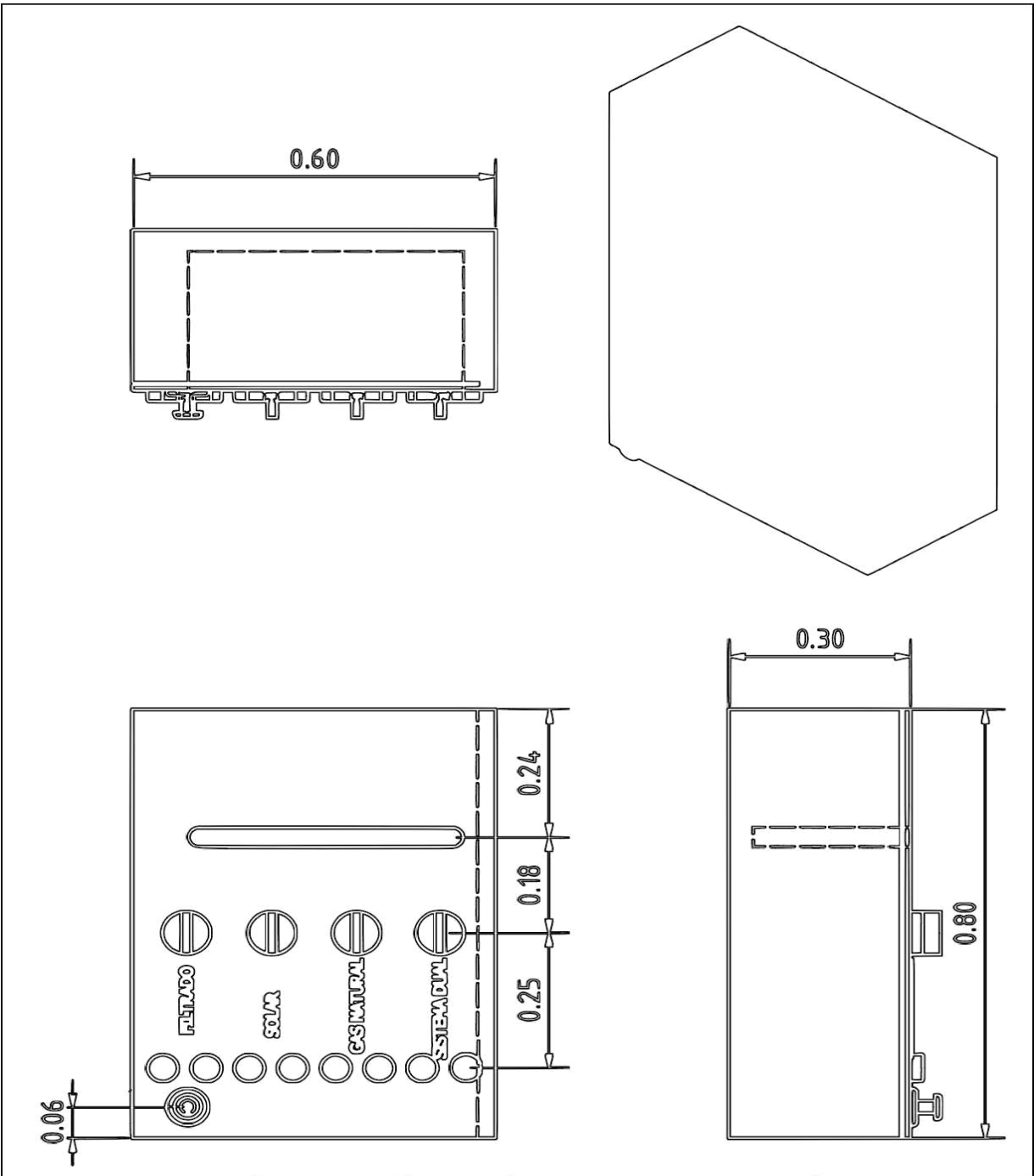
				Facultad de Ingeniería		U.M.S.A.	
				Ing. Mecánica Electromecánica			
				TÍTULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA LA REUTILIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL EDIFICIO SAN MARTIN			
				FECHA	NOMBRE		
				CREADO 06/08/19	AZCUI WILLIAMS		
				REVISADO 06/08/19	Ing. CIRO LEVY		
				APROB. 06/08/19	Ing. CIRO LEVY		
				Nº DE HOJA			
				PTAR - ELM - 01			
FABR	CALIDAD	FIRMA	PESO :	Materia : Varios		Escala 1 : 10	
				BOMBA CENTRIFUGA		A4 Hoja 2	



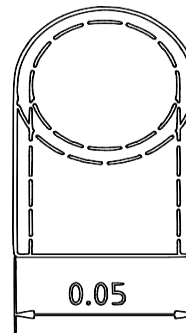
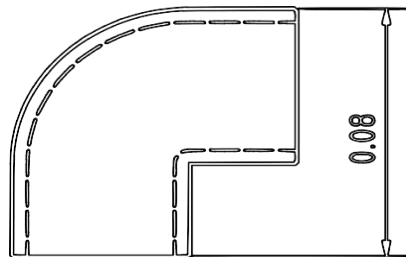
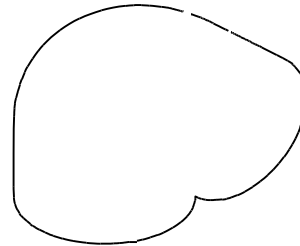
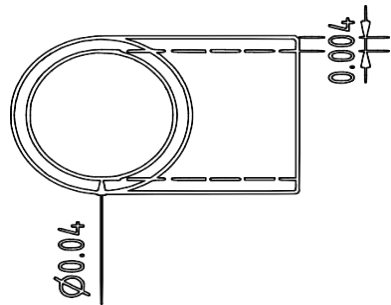
				Facultad de Ingeniería		U.M.S.A.	
				Ing. Mecánica Electromecánica			
				TÍTULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA LA REUTILIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL EDIFICIO SAN MARTIN			
				NOMBRE			
				FECHA			
				CREADO	06/08/19	AZCUI WILLIAMS	
				REVISADO	06/08/19	Ing. CIRIO LEVY	
				APROB.	06/08/19	Ing. CIRIO LEVY	
				Nº DE HOJA			
				PTAR - ELM - 02			
FABR		CALIDAD		FIRMA		PESO :	
						Materia : Varios	
						Escala 1 : 10	
						MEZCLADOR	
						A4	
						Hoja 2	



				Facultad de Ingeniería		U.M.S.A.	
				Ing. Mecánica Electromecánica			
				TÍTULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA LA REUTILIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL EDIFICIO SAN MARTIN			
				FECHA		NOMBRE	
				CREADO	06/08/19	AZCUI WILLIAMS	
				REVISADO	06/08/19	Ing. CIRO LEVY	
				APROB.	06/08/19	Ing. CIRO LEVY	
				Nº DE HOJA			
				PTAR - ELM - 03			
FABR CALIDAD		FIRMA		PESO :		Materia : Varios	
						Escala 1 : 10	
						VALVULA COMPUERTA	
						A4	
						Hoja 2	



				Facultad de Ingeniería		U.M.S.A.	
				Ing. Mecánica		Electromecánica	
			FECHA	NOMBRE		TÍTULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA LA REUTILIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL EDIFICIO SAN MARTÍN	
		CREADO	06/08/19	AZCUI WILLIAMS			
		REVISADO	06/08/19	Ing. CIRO LEVY			
		APROB.	06/08/19	Ing. CIRO LEVY			
		Nº DE HOJA		CONTROL		A4	
		PTAR - ELM - 04				Hoja 2	
FABR	CALIDAD	FIRMA	PESO :		Materia : Varios	Escala 1 : 10	



			Facultad de Ingeniería		U.M.S.A.
			Ing. Mecánica Electromecánica		
			FECHA	NOMBRE	TÍTULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA LA REUTILIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL EDIFICIO SAN MARTIN
			CREADO 06/03/19	AZCUI WILLIAMS	
			REVISADO 06/03/19	Ing. CIRO LEVY	
			APROB. 06/03/19	Ing. CIRO LEVY	
			Nº DE HOJA		A4
			PTAR - ELM - 05		
FABR	CALIDAD	FIRMA	PESO :	Materia : Varios	Escala 1 : 10



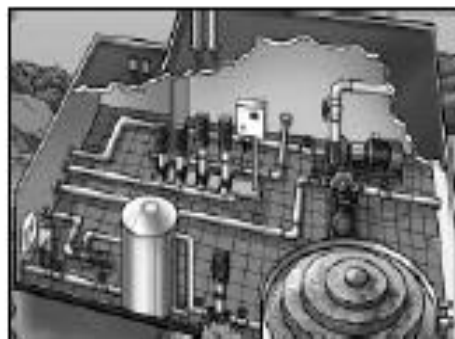
# Datos generales

NK

## Aplicaciones

La serie NK es una gama de bombas para múltiples usos, adecuada para una variedad de distintas aplicaciones que requieren un suministro seguro y económico.

A continuación se mencionan algunos ejemplos generales de aplicaciones:



## Suministro de agua

- Filtrado y trasiego en instalaciones de suministro de agua
- Distribución de instalaciones de suministro de agua
- Aumento de presión en tuberías
- Aumento de presión en edificios altos, hoteles, etc.
- Aumento de presión para suministro de agua en la industria
- Suministro público de agua
- Instalaciones de natación



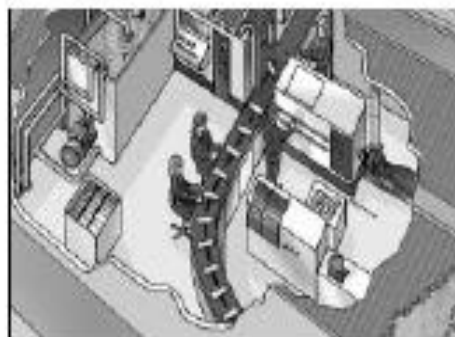
## Edificación

### Aumento de presión en ..

- sistemas de lavado y limpieza,
- sistemas de baldeo,
- túneles de lavado de vehículos,
- sistemas contra incendios.

### Trasiego de líquidos en..

- sistemas de refrigeración y aire acondicionado (refrigerantes),
- alimentación de calderas y sistemas de condensación,
- piscifactorías,
- sistemas de calefacción,
- plantas de calefacción de distritos.



## Riego

- Riego de campos (inundación)
- Riego por aspersores
- Riego por goteo.

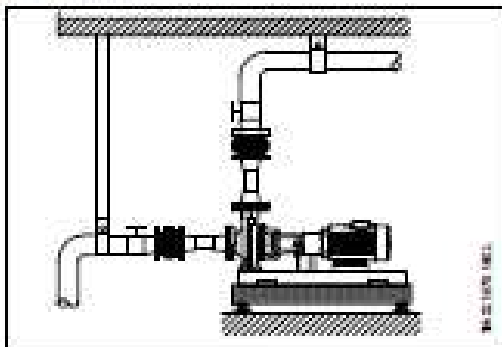


## Instalación

La bomba debe instalarse en un sitio seco y bien ventilado, pero sin heladas. Debe haber espacio libre adecuado para poder sacar la bomba o motor para inspección o reparación.

### Tuberías:

Las tuberías deben estar sujetas adecuadamente lo más cerca posible de la bomba, tanto en la aspiración como en la descarga. Las tuberías deben estar alineadas contra las bridas de la bomba sin tensiones, ya que éstas dañarían la bomba.



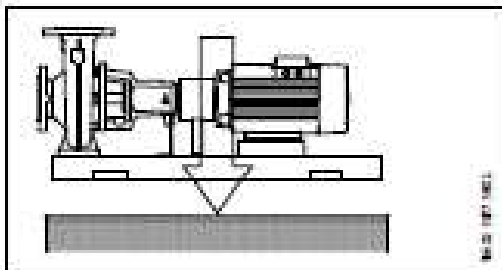
## Cimentación y amortiguador de vibraciones

Con el fin de conseguir un funcionamiento óptimo y reducir los ruidos y vibraciones al mínimo, puede ser necesario pensar en amortiguar las vibraciones de la bomba en ciertos casos. Esto debe normalmente considerarse cuando se trata de bombas con motores de más de 7,5 kW. No obstante, motores más pequeños pueden también originar ruidos y vibraciones no aceptables.

Los ruidos y las vibraciones se generan por los giros del motor y bomba y por el caudal en las tuberías y conexiones. El efecto en el entorno es subjetivo y depende de la instalación correcta y el estado del resto del sistema.

### Cimentación

La bomba debe colocarse sobre una cimentación plana y rígida. Una solera de hormigón o un pedestal sería la solución óptima.



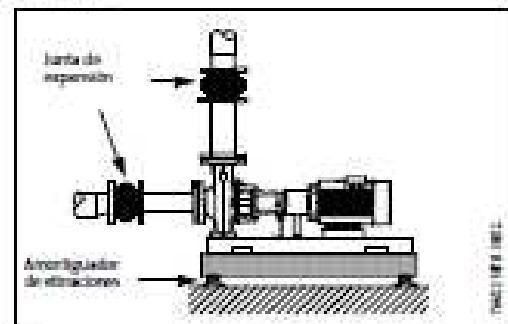
Como regla básica, el peso de una solera de hormigón debe ser 1,5 x el peso de la bomba para absorber las vibraciones.

La cimentación debe ser 100 mm más larga que la bancada en los cuatro lados.

Para evitar que las vibraciones se transfieran al edificio o tuberías se recomienda instalar amortiguadores de vibraciones calculados correctamente y juntas de expansión.

La selección de amortiguador de vibraciones difiere de una instalación a otra. Un amortiguador inadecuado puede en algunos casos aumentar el nivel de vibraciones. Por lo tanto, el proveedor debe dimensionar los amortiguadores de vibraciones.

Si la bomba se instala en una cimentación con amortiguadores de vibraciones deben montarse juntas de expansión a ambos lados de la bomba. Esto es muy importante para garantizar que la bomba no "cuelga" de las bridas.



### Alineación

Cuando se suministra una unidad completa que ha sido montada en fábrica, las mitades del acoplamiento han sido alineadas adecuadamente mediante un calzo insertado por debajo de las superficies de montaje de la bomba y motor, según necesidad.

La alineación de bomba/motor puede alterarse durante el transporte, por lo que siempre debe comprobarse después de la instalación de la bomba.

Si es necesario corregirla debido a desplazamiento radial o angular, colocar/retirar calzos por debajo de las patas de la bomba o del motor para alinear.

Tener cuidado de alinear adecuadamente, ya que una alineación correcta aumentará considerablemente la vida útil del acoplamiento, cojinetes del eje y cierres.

Es importante comprobar la alineación final cuando la bomba haya alcanzado su temperatura de trabajo en condiciones de funcionamiento normales.

# Datos generales

NK

## Selección de motores

La potencia necesaria para alcanzar el punto de trabajo requerido puede encontrarse por medio del diagrama de potencias debajo de las curvas características.

Buscar la curva de potencia que corresponda al valor OH requerido (o interpolar entre las curvas).

Al decidir el tamaño del motor, añadir un margen de seguridad según ISO 5199.

Para decidir el tamaño del motor, seleccionar  $P_2$  más próximo por encima de la potencia necesaria y seleccionar el siguiente tamaño de motor.

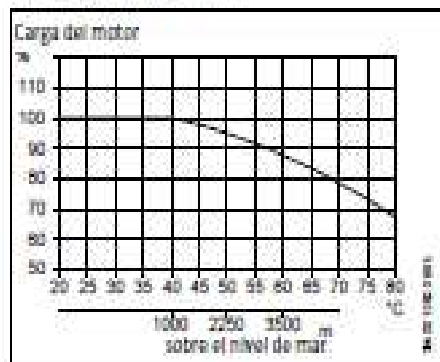
### Márgenes de seguridad según ISO 5199

Hasta potencia del eje de motor necesaria (kW)	Utilizar motor con $P_2$ (kW)	Hasta potencia del eje de motor necesaria (kW)	Utilizar motor con $P_2$ (kW)
12,7	15,5	25,9	31,1
26,6	31,1	51,8	62,2
22,1	26,6	9,3	11,1
14,1	16,9	6,3	7,5
12,0	13,2	3,2	4
10,0	12,0	2,7	3
9,1	10	1,7	2,1
6,8	7,5	1,2	1,5
4,9	5,5	0,61	0,7
4,0	4,5	0,55	0,65
3,1	3,7	0,40	0,51
2,6	3,0	0,27	0,33
1,9	2,2	0,26	0,31

### Temperatura ambiente

-30°C a +40°C

Debido a la baja densidad y, por consiguiente, al bajo efecto de refrigeración del aire, el funcionamiento a una temperatura ambiente superior a 40°C, o a una altitud de 1000 m sobre el nivel de mar, requiere una reducción de la carga nominal del motor.



## Resumen de motores

Las siguientes tablas muestran los motores disponibles para las bombas NK.

Tal como se indica puede elegirse entre una gama alta con motores de rendimiento 1 y una gama estándar con motores de rendimiento 2.

Rendimiento 1 es la clase de rendimiento más alta según las clases de rendimiento CEMEP.

La gama estándar y la gama alta tienen en común las siguientes ventajas:

- PTC a partir de 3,0 kW
- Posibilidad de reanquearse a partir del tamaño 160
- Tamaños mayores de cojinetes comparados con la mayoría de motores estándar
- IP55
- Clase B de temperatura (máx. 80°C) y clase F del sistema de aislamiento (temperatura permitida 105°C).

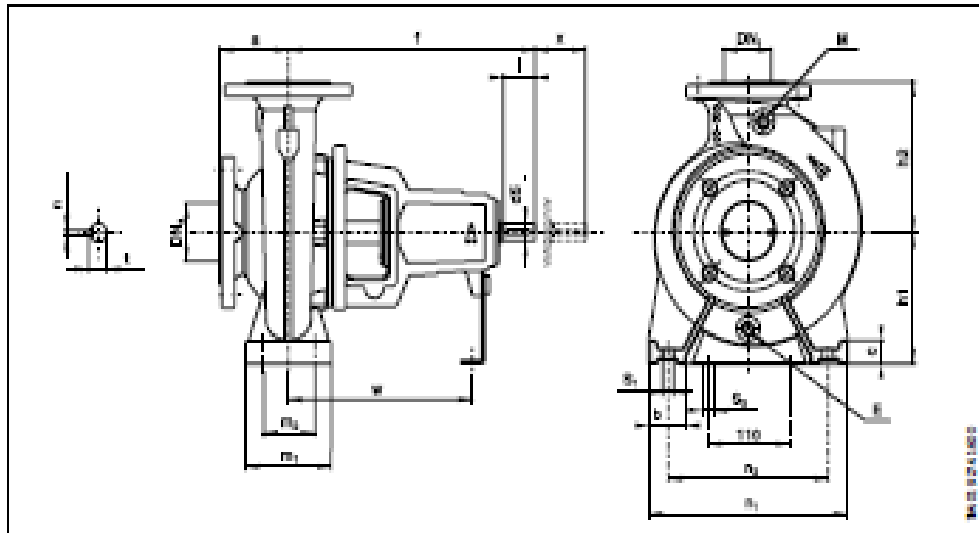
La gama estándar está dentro de la definición de CEMEP (1,1 kW a 90 kW, 2 y 4 polos) en la clase de rendimiento 2 (clase media).

En general la gama alta tiene mayor rendimiento del motor y está dentro de la definición de la clase de rendimiento 1 de CEMEP (clase más alta). A consecuencia del mayor rendimiento, los motores de la gama alta tienen menos pérdidas y comparado con la gama estándar en general, un motor de la gama alta tiene:

- Duración prolongada del aislamiento
- Nivel de ruido considerablemente inferior (ventiladores más pequeños gracias a la menor necesidad de refrigeración)
- Más alta temperatura ambiente permitida, hasta 60°C
- Costes de funcionamiento más bajos
- Menos calor en los alrededores
- Menor impacto medioambiental

Ambas gamas están fabricadas según IEC 34, IEC 72 y la Directiva de Maquinaria.

## Dimensiones y pesos de las bombas



E	Tapón purga
M	Torneo membránico

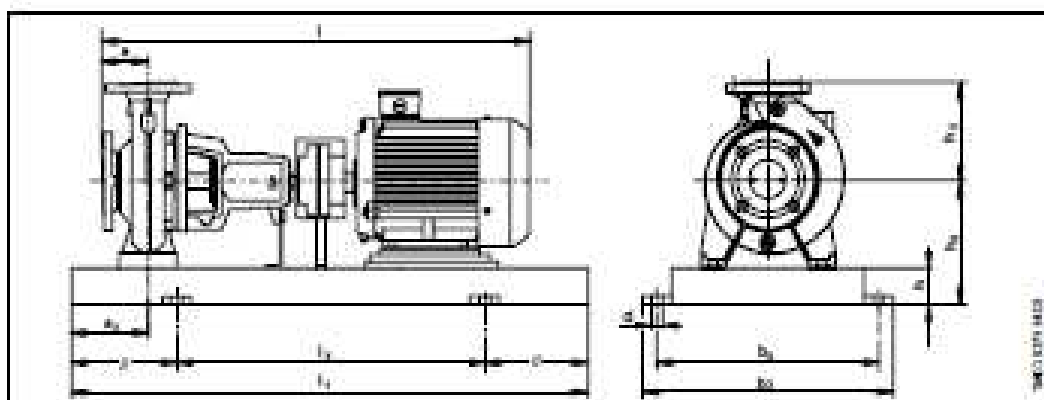
Tipo	Dimensiones [mm]						Pales soporte [mm]										Eje [mm]						Peso [kg]
	DN <sub>1</sub>	DN <sub>2</sub>	a	f	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	w	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>	c	DE	l	x	t	n			
NK 11-125.1					112	140					140	140				14					34		
NK 11-125																					34		
NK 11-160.1	50	12	80	160	112	160	50	100	70		140	140	160	M12	M12	14	24	50	100	27	8	37	
NK 11-160																					37		
NK 11-200.1					160	180															47		
NK 11-200																					47		
NK 40-125			80		112	140					200	160									34		
NK 40-160	65	40		160	112	160	50	100	70		240	180	160	M12	M12	18	24	50	100	27	8	39	
NK 40-200			100		160	180					265	212									49		
NK 40-250					180	225	65	125	95		320	250				19					64		
NK 50-125					112	160					240	180									34		
NK 50-160	65	50		160	160	180	50	100	70		265	212	160	M12	M12	18	24	50	100	27	8	40	
NK 50-200			100			200															55		
NK 50-250					180	225	65	125	95		320	250				19					67		
NK 65-125					160	180					240	180									41		
NK 65-160			100	160	200	200	65	125	95		240	212	160	M12		19	24	50	100	27	8	46	
NK 65-200	80	65			180	225					320	250		M12						55			
NK 65-250				400	300	350					360	280	140	M16		23	32	80	140	37	10	69	
NK 65-350*			125		225	280	80	160	120		400	325									117		
NK 80-160				160	225	280	65	125	95		320	250	160	M12		19	24	50		27	8	55	
NK 80-200					180	250					345	280									71		
NK 80-250	100	80	125		300	380					400	325	140	M16		23	32	80	140	37	10	91	
NK 80-350*				400	250	325	80	160	120		400	325									123		
NK 100-200			125		300	380					360	280									81		
NK 100-250	125	100		400	225	280	80	160	120		400	325	140	M16	M12	24	32	80	140	37	10	101	
NK 100-350*			140		250	325					400	325				23					130		
NK 125-250**	150	125	140	400	250	325	80	160	120		400	325	140	M16	M12	23	32	80	140	37	10	118	
NK 150-300	200	150	160	400	280	400	100	200	150	150	450	340	140	M20	M12	27	32	80	140	37	10	130	

\* Solo 4 poles

\*\* Solo 4 y 6 poles

# Datos técnicos

NK 32-125.1, 2 polos  
Bombas estándar



## Dimensiones y pesos

Tipo de bomba	Motor (kW)	2000 rpm (motores de 2 polos)																									
		Común		Con acoplamiento estándar									Con acoplamiento expansor														
		[mm]		[mm]									[mm]														
a	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	g <sup>1</sup>	h	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>	h <sub>5</sub>	h <sub>6</sub>	h <sub>7</sub>	h <sub>8</sub>	h <sub>9</sub>	h <sub>10</sub>	h <sub>11</sub>	h <sub>12</sub>	h <sub>13</sub>	h <sub>14</sub>	h <sub>15</sub>	h <sub>16</sub>	h <sub>17</sub>	h <sub>18</sub>	h <sub>19</sub>	h <sub>20</sub>			
32-125.1	1,1			111/115																							
	1,5			115/115																							
	2,2	60	60	140	117/115	61	117																				
	3,0				118/115																						
4,0				118/115																							

1 Algunos modelos de la columna están indicados con dos dimensiones.  
La primera se refiere a la gama estándar de motores y la segunda a la gama alta de motores.

## Datos eléctricos, gama alta

Tipo de bomba	Tipo de motor	P <sub>2</sub> [kW]	I <sub>N</sub> [A] 230V/400V	I <sub>sc</sub> [A] 400V	Datos comunes			
					Factor de potencia Cos φ	η max [%]	n [min <sup>-1</sup> ]	$\frac{h_{arranque}}{h_{1-2}}$
32-125.1	MGR80-D	1,1	4,10/2,35	2,35	0,87-0,82	66,0	2690-2650	1,4-4,0
	MGR80-C	1,5	4,25/2,35	2,35	0,87-0,82	65,0	2690-2650	1,5-4,0
	MGR80-B	2,2	4,70/2,45	2,45	0,88-0,82	67,0	2690-2650	1,5-4,0
	MGR80-A	3,0	5,00/2,45	2,45	0,88-0,85	68,0	2690-2650	1,5-4,0
	MGR80-E	4,0	5,60/2,50	2,50	0,88-0,84	68,0	2690-2650	1,5-4,0

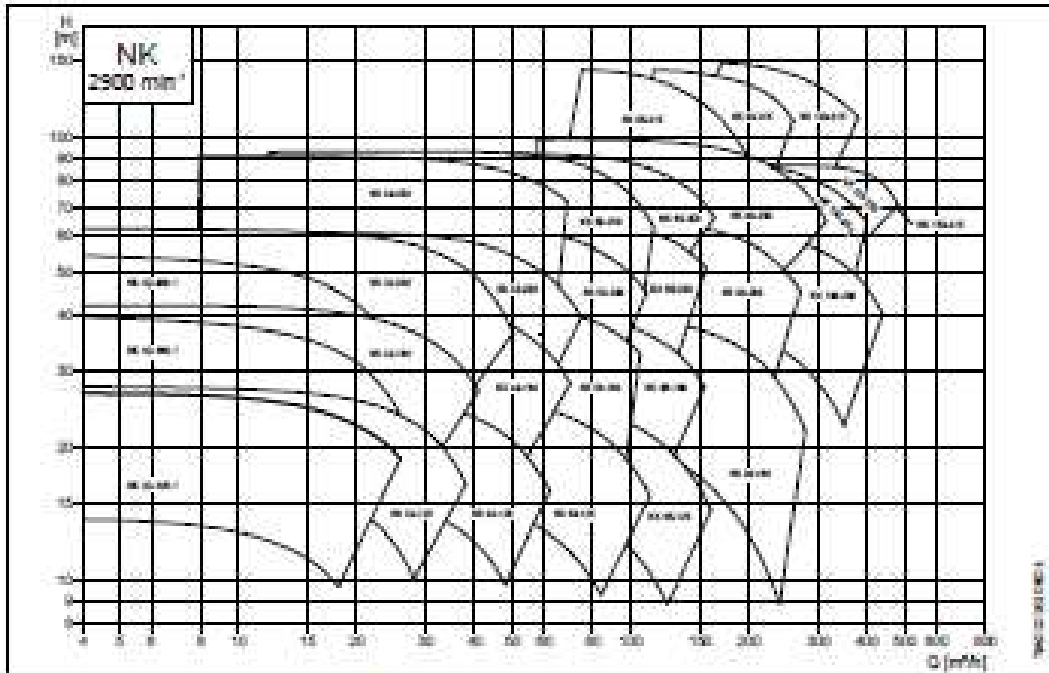
## Datos eléctricos, gama estándar

Tipo de bomba	Tipo de motor	P <sub>2</sub> [kW]	I <sub>N</sub> [A] 230V/400V	I <sub>sc</sub> [A] 400V	Datos comunes			
					Factor de potencia Cos φ	η max [%]	n [min <sup>-1</sup> ]	$\frac{h_{arranque}}{h_{1-2}}$
32-125.1	MGR80-C	1,1	4,10/2,35	2,40	0,87-0,75	65,0	2660-2650	1,4-4,0
	MGR80-B	1,5	4,40/2,40	2,40	0,87-0,74	62,0	2660-2650	1,4-4,0
	MGR80-A	2,2	4,70/2,45	2,45	0,87-0,72	68,0	2660-2650	1,5-4,0
	MGR80-B-C	3,0	5,00/2,45	2,45	0,88-0,82	65,0	2660-2650	1,4-4,0
	MGR80-B-C	4,0	5,60/2,50	2,50	0,90-0,87	65,0	2660-2650	1,4-4,0

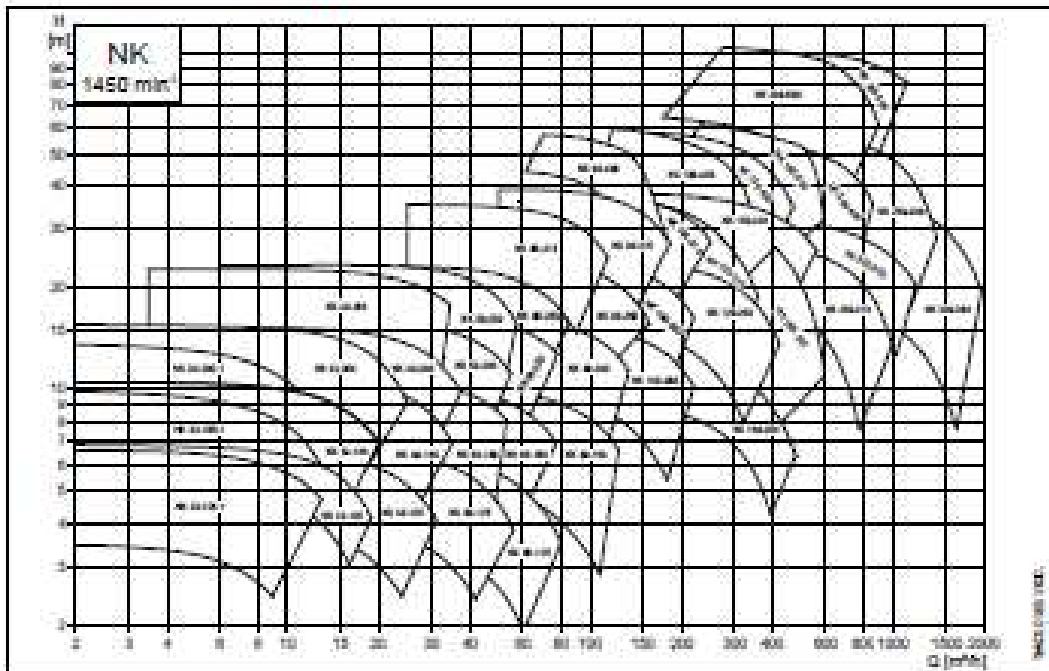
# Datos generales

NK

## Gama de trabajo, 2900 min<sup>-1</sup>



## Gama de trabajo, 1450 min<sup>-1</sup>



# 1 Presentación de LOGO!

¿Qué es LOGO! ? –

LOGO! es el nuevo módulo lógico universal de Siemens.

LOGO! lleva integrados

- Control
- Unidad de operación y visualización
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de programa y cable de PC
- Ciertas funciones usuales en la práctica, p.ej. para activación/desactivación temporizada y relé de impulsos
- Reloj (LOGO! 230RC, LOGO! 230RCL, LOGO! 24RC)
- Determinadas entradas y salidas según el tipo del equipo

Mediante LOGO! se solucionan cometidos en la técnica de instalaciones en edificios (p.ej. alumbrado de escaleras, luz exterior, toldos, persianas, alumbrado de escaparates, etc.) y en la construcción de máquinas y aparatos (p.ej. controles de puertas, instalaciones de ventilación, bombas de aguas residuales, etc.)

¿Qué tipos de equipo existen?

Se prevén las siguientes variantes de LOGO! tanto para 24 V como para 230 V:

- Variante estándar con 6 entradas y 4 salidas, integrada en 72 x 90 x 55 mm
- Variante ".L" con 12 entradas y 8 salidas, así como funciones ampliadas, integrada en 126 x 90 x 55 mm
- Variante ".LB11" con 12 entradas y 8 salidas, así como funciones ampliadas y conexión de bus adicional de interfaz AS, a través del que hay disponibles en el sistema bus otras 4 entradas y otras 4 salidas. Todo ello integrado en 126 x 90 x 55 mm.

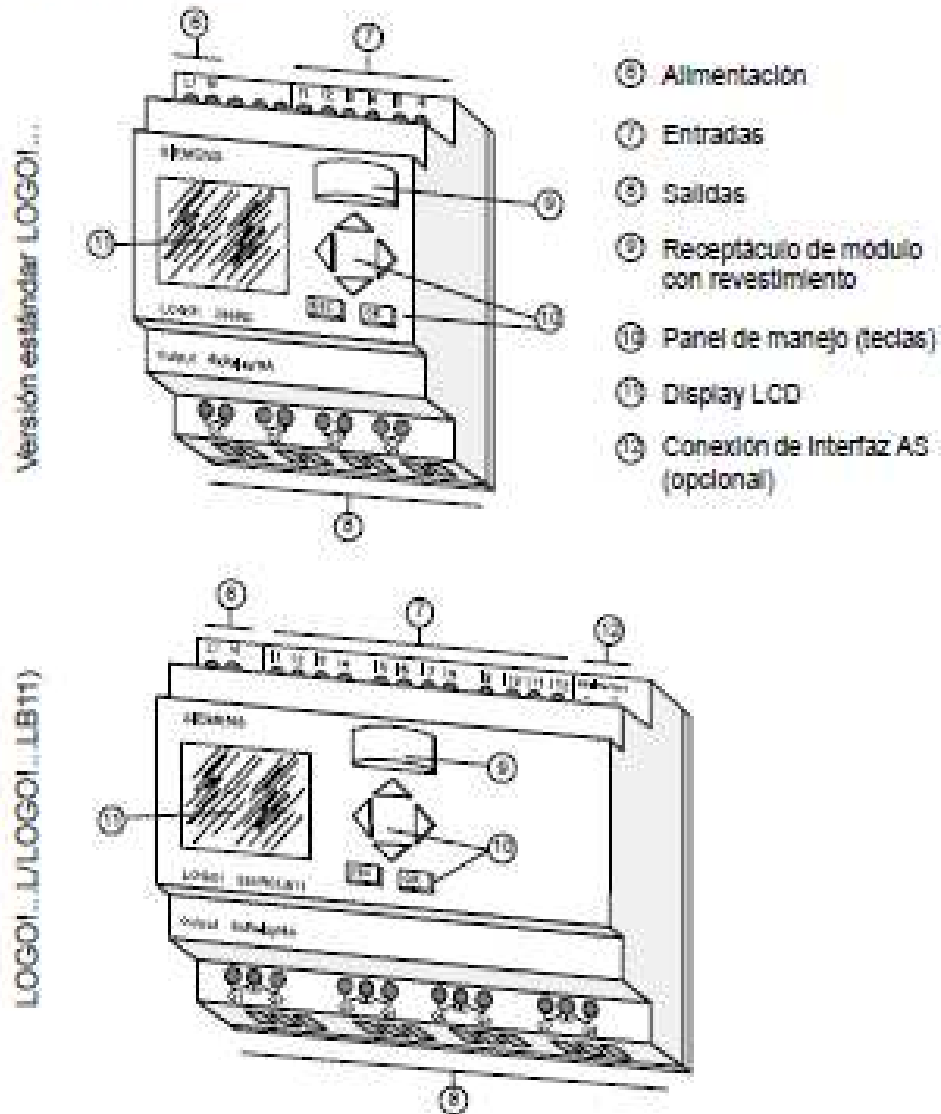
**Ud. tiene la elección**

Las distintas variantes permiten la adaptación sumamente flexible a su aplicación especial.

## Presentación de LOGO!

LOGO! le ofrece soluciones que abarcan desde la pequeña instalación doméstica, pasando por cometidos de automatización pequeños, hasta las aplicaciones de gran envergadura con implementación del sistema bus de interfaz AS.

### Estructura de LOGO!





## Bornes de LOGO!

### Nota



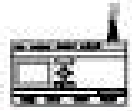
El término inglés para borne es Connector. Más adelante hallará Ud. la abreviatura CO al programar circuitos en LOGO!.

Se entiende por borne a todas las conexiones y estados que encuentran aplicación en LOGO!.

Las entradas y las salidas pueden tener el estado '0' o el estado '1'. Como es sabido, el estado '0' significa que la entrada no lleva aplicada tensión y el estado '1' que hay aplicada tensión.

Hemos previsto los bornes hi, lo y x para facilitar la entrada de la programación. 'hi' (high) lleva asignado fijamente el estado '1' y 'lo' (low) el estado '0'.

Si no se desea cablear la entrada de un bloque, debe utilizarse el borne 'x'. En la página siguiente se explica qué significa exactamente un bloque. LOGO! conoce los bornes siguientes:

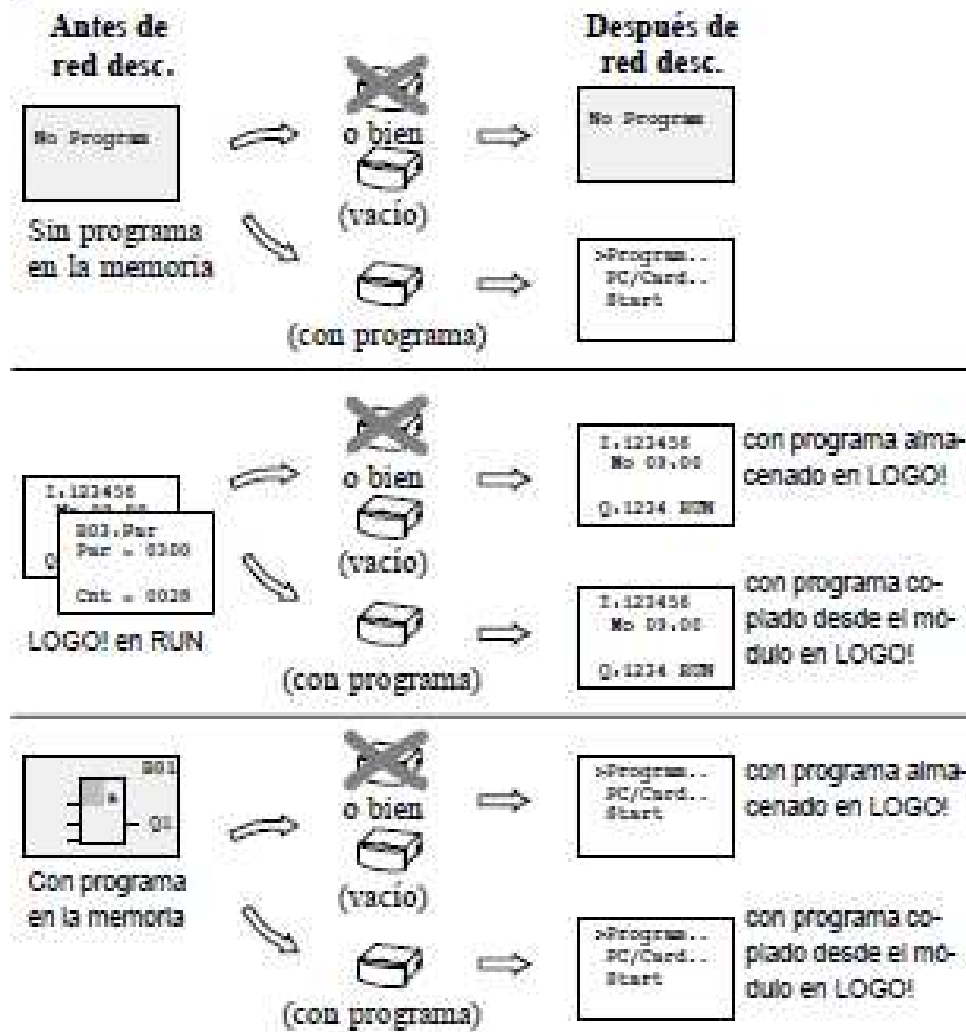
Bornes			
Entradas	I1 a I6	I1 a I12	I1 a I12, así como Ia1 a Ia4 (interfaz AS)
Salidas	Q1 a Q4	Q1 a Q8	Q1 a Q8, así como Qa1 a Qa4 (interfaz AS)
lo	Señal con nivel '0' (desc.)		
hi	Señal con nivel '1' (con.)		
x	Terminal existente no utilizado		

## 2.3 Conectar LOGO!/reposición de la red

LOGO! no cuenta con interruptor de red. La reacción de LOGO! a la conexión varía según:

- si hay almacenado un programa en LOGO!,
- si hay insertado un módulo de programa
- el estado en que se hallaba LOGO! antes de desconectarse la red.

A continuación se describe la reacción de LOGO! durante las situaciones posibles:



**9.3 ANEXO C**

**HOJA DE PROCESOS Y COSTOS**

HOJA DE PROCESOS Y COSTOS										
PROYECTO				SISTEMA		ELEMENTO	Nº PLANO			
DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA LA REUTILIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DEL EDIFICIO SAN MARTÍN				PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS		SOPORTES DE DOSIFICADORES, FILTRO MALLA, MEZCLADOR	SCTAR - 1			
							CANTIDAD			
							1			
UMSA INGENIERÍA				RESPONSABLE		SUPERVISOR				
				AZCUI ROMAN ALEJANDRO WILLIAMS		ING.CIRO LEVY		DIMENSIONES		
				30x3x2000 [mm]						
PROCESO	DESCRIPCIÓN			MAQUINA HERRAMIENTAS		TIEMPO DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE EJECUCIÓN	TIEMPO POR PROCESO	COSTO MANO DE OBRA	COSTO DE HERRAMIENTA
1	TRAZAR Y RAYAR PIEZA			HERRAMIENTAS DE TRAZADO		1	5	6	0,876	0,18
2	TRAZAR Y MARCAR PUNTOS			REGLA,ESCUADRA,COMPAS		2	10	12	1,75	0,6
3	CORTAR LA PIEZA			PLEGADORA MANUAL		10	10	20	4,6	10,6
4	PLEGAR LA PIEZA			PRENSA		2	10	12	2,45	0,36
5	SOLDAR LA PIEZA			ARCO ELÉCTRICO		5	10	15	3,56	7,05
6	LIMPIAR PIEZA			AMOLADORA		2	10	12	1,75	3,38
INSUMOS				TOTALIZACIÓN COSTOS						
Nº	CONSUMO	UNIDAD	COST/UNI	CANTIDAD	COSTO INSUMO				POR PIEZA	TOT. PIEZAS
1	BROCA HSS	PIEZA	10	0,1	1	COSTO MANO DE OBRA			15,2	15,2

2	OXIGENO	LITRO	0,07	80	5,6	COSTO MATERIAL	23	23
3	CARBURO	KG	8	0,3	2,4	COSTO MAQUINA Y HERRAMIENTA	22,1	22,1
4	DISCO DE AMOLAR	PIEZA	20	0,1	2	COSTO INSUMOS	11	11
5						<b>COSTO TOTAL</b>		61,3
	<b>COSTO INSUMO</b>				11			

**Correo electrónico** : [williamsazcui@hotmail.com](mailto:williamsazcui@hotmail.com)

**Teléfono:** 2281525

**Celular:** 79560464