



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA**

TEMA:

**“Automatización de un sistema de bombeo para un centro de operaciones de industrias cárnicas en Guayaquil para el tratamiento de agua residuales para su uso en los servicios generales.”**

AUTOR:

PONCE DOMENECH, LEÓNIDAS VALDEMAR

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO

TUTOR:

ING. RICARDO XAVIER ECHEVERRÍA PARRA

Guayaquil, Ecuador

Septiembre del 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Ponce Domenech, Leónidas Valdemar** como requerimiento para la obtención del título de INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO.

TUTOR

---

ING. Ricardo Xavier Echeverría Parra

DIRECTOR DE CARRERA

---

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando Mgs.

Guayaquil, a los 16 días del mes de Septiembre del año 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

YO, PONCE DOMENECH LEONIDAS VALDEMAR

**DECLARO QUE:**

El trabajo de titulación “**Automatización de un sistema de bombeo para un centro de operaciones de industrias cárnicas en Guayaquil para el tratamiento de agua residuales para su uso en los servicios generales.**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2019

EL AUTOR

---

PONCE DOMENECH LEÓNIDAS VALDEMAR



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA

### AUTORIZACIÓN

Yo, Ponce Domenech Leonidas Valdemar

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Automatización de un sistema de bombeo para un centro de operaciones de industrias cárnicas en Guayaquil para el tratamiento de agua residuales para su uso en los servicios generales”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

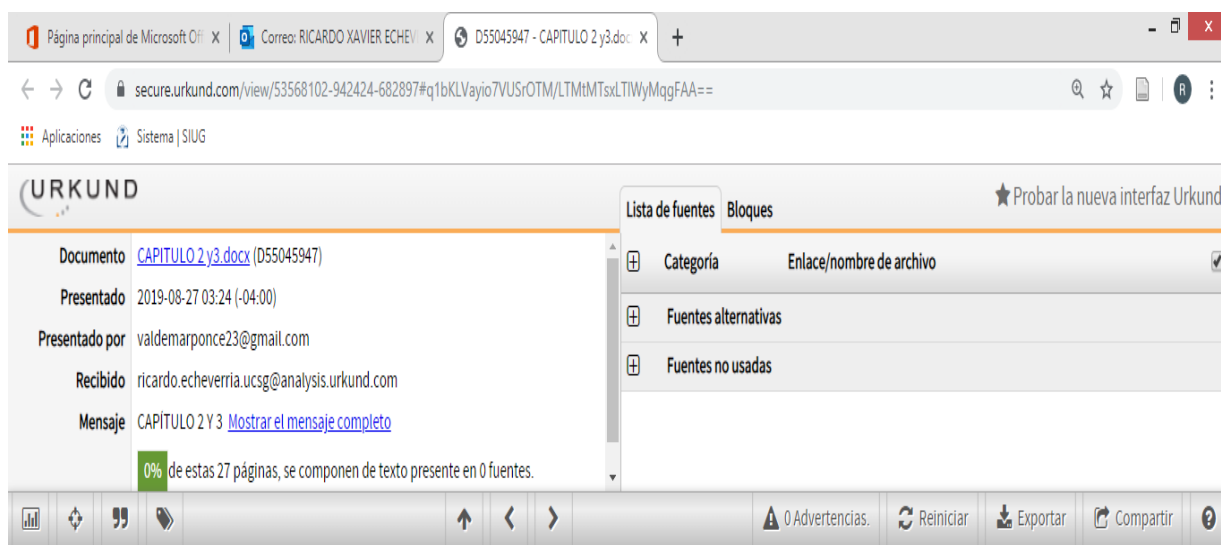
Guayaquil, a los 16 días del mes de Septiembre del año 2019

EL AUTOR

---

PONCE DOMENECH LEÓNIDAS VALDEMAR

## REPORTE DE URKUND



The screenshot shows a web browser window with the URL `secure.orkund.com/view/53568102-942424-682897#q1bKLvayio7VUSrOTM/LTMtMTsxLTIWyMqgFAA==`. The page title is "URKUND". The main content area displays document information:

Documento	<a href="#">CAPITULO 2 y3.docx</a> (D55045947)
Presentado	2019-08-27 03:24 (-04:00)
Presentado por	valdemarponce23@gmail.com
Recibido	ricardo.echeverria.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	CAPITULO 2 Y 3 <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>

Below the document information, a green bar indicates: "0% de estas 27 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes." To the right, there is a sidebar titled "Lista de fuentes" with a "Bloques" tab. The sidebar contains a table with columns "Categoría" and "Enlace/nombre de archivo". The categories listed are "Fuentes alternativas" and "Fuentes no usadas". At the bottom of the page, there is a navigation bar with icons for "0 Advertencias", "Reiniciar", "Exportar", and "Compartir".

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICO-MECANICO

TEMA: **“Automatización de un sistema de bombeo para un Centro de Operaciones de Industrias Cárnicas en Guayaquil para el tratamiento de aguas residuales para su uso en los servicios generales”**

AUTOR: Leónidas Valdemar, Ponce Doménech

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO  
ELECTRICO-MECANICO

TUTOR: Echeverría Parra, Ricardo Xavier

Guayaquil, Ecuador 27 de agosto del 2019

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICO-MECANICO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Ponce Domenech Leonidas Valdemar, como requerimiento para la obtención del Título de INGENIERO EN ELECTRICO-MECANICO

TUTOR: Ing. Ricardo Echeverría Parra Msc.

Atentamente

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme el tiempo, la sabiduría, inteligencia y el coraje para terminar mi proyecto de titulación.

A mí querida madre Mercy por estar conmigo siempre en mis pensamientos.

A mi familia que con mucho esfuerzo me apoyo incondicionalmente durante las largas horas del desarrollo de la misma y pusieron su corazón, esperanza para ayudarme a continuar mi formación académica.

A mis docentes que compartieron todas y cada una de sus experiencias y conocimientos para lograr formar hacer de mí un excelente profesional que estará al servicio de mi familia y la Patria.

EL AUTOR

PONCE DOMENECH LEONIDAS VALDEMAR

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por su infinito amor, y por su haber escuchado mis plegarias día a día, las mismas que realice de forma constante y perseverante, agradeciendo y pidiendo por alcanzar este logro académico.

A mi familia, que estuvo constante, siempre dándome su apoyo incondicional alentándome a seguir adelante, a mi esposa por esperarme esas noches de desvelo, de estudio y dedicación, a mis hijas que les robe su preciado tiempo dedicándolo a mis estudios.

A la vida, por darme la grandiosa oportunidad de estudiar en una institución tan prestigiosa.

EL AUTOR

PONCE DOMENECH LEONIDAS VALDEMAR



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

Ing. Romero Paz, Manuel de Jesús Mgs.  
DECANO

---

Ing. Philco Asqui, Luis Orlando Mgs.  
COORDINADOR DE TITULACIÓN

---

Ing. Alvarado Bustamante, Jimmy Salvador Mgs.  
OPONENTE



## INDICE

DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
INDICE.....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INDICE DE TABLAS .....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
CAPÍTULO I.....	2
Generalidades.....	2
Introducción.....	2
1.1 Justificación .....	4
1.2 Planteamiento del Problema.....	4
1.3 Objetivos del Problema de Investigación .....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivos Específicos .....	4
1.4 Hipótesis.....	4
1.5 Metodología de Investigación .....	5
CAPITULO II.....	6
MARCO TEÓRICO .....	6
2.1 Planta de tratamiento de aguas residuales.....	6
2.2 Modelo de plantas .....	7
2.3 Estudio del impacto ambiental del tratamiento de aguas residuales	8
2.4 Reutilización de agua en plantas industriales .....	9
2.4.1 Partes de un sistema de reutilización de agua.....	10
2.5 Contactores .....	20
2.5.1 Principio de operación de un contactor .....	20
2.5.2 Supresión de arco en contactores.....	21
2.5.3 Categorización de contactores.....	22
2.6 Sensores.....	23
2.6.1 Sensores para una planta de tratamiento de aguas residuales	24
2.7 Guardamotores.....	29
2.8 Bombas.....	30
2.8.1 Bombas Centrifugas.....	30
2.8.2 Bomba de desplazamiento positivo.....	33
2.9 Presostato.....	40
2.10 Boyas .....	42

2.11	Normativa Ambiental .....	43
2.12	Controlador Lógico Programable- PLC.....	44
2.12.1	Antecedentes del PLC .....	46
2.12.2	Generalidades de un PLC.....	46
2.12.3	Tipo de lenguaje de programación.....	47
CAPITULO III.....		50
CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO .....		50
3.1	Planta de tratamiento de aguas residuales en Guayaquil.....	50
3.2	Diagnóstico del sistema actual .....	52
3.3	Propuesta de automatización. ....	54
3.4	Sistema propuesto para reutilizar las aguas residuales.....	59
3.5	Ubicación del sistema de bombeo en planta de tratamiento.....	64
3.6	Descripción de equipos utilizados para el proyecto .....	65
3.7	Sincronización de equipos por medio de LOGO PLC SIEMENS....	76
3.7.1	Presostato de tubería (I1).....	77
3.7.2	Bomba de agua recuperada-Nivel Alto (I2) .....	77
3.7.3	Bomba de agua recuperada-Nivel Bajo (I3) .....	77
3.7.4	Bomba de agua de vertedero-Nivel Alto (I4) .....	78
3.7.5	Bomba de agua de vertedero-Nivel Bajo (I5) .....	78
3.7.6	Bomba de agua recuperada (Q1).....	78
3.7.7	Bomba de agua de vertedero (Q2).....	78
3.7.8	Detalle del estudio económico técnico de los equipos .....	79
CAPITULO IV.....		80
4. 1	Presentación de Resultados .....	80
4. 2	Operabilidad del beneficio del proyecto.....	83
4. 3	CONCLUSIONES .....	84
4. 4	RECOMENDACIONES.....	85
BIBLIOGRAFÍA.....		86
GLOSARIO .....		91
ANEXO No. 1.....		92
ANEXO No. 2.....		93
ANEXO No. 3.....		94
ANEXO No. 4.....		95
ANEXO No. 5.....		96
ANEXO No. 6.....		97

## INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1	Proceso de una planta de tratamiento de aguas residuales....	6
Figura No. 2	Partes del preliminar .....	10
Figura No. 3	Tratamiento primario .....	11
Figura No. 4	Esquema de un DAF .....	13
Figura No. 5	Esquema de tanque de sedimentación .....	14
Figura No. 6	Fases del tratamiento secundario .....	15
Figura No. 7	Difusores de aire para tratamiento secundario.....	16
Figura No. 8	Bomba para planta de tratamiento de aguas residuales .....	18
Figura No. 9	Fases de proceso de tratamiento de aguas residuales .....	18
Figura No. 10	Esquema de bombas dosificadas.....	19
Figura No. 11	Ejemplo de contactores energizados y desenergizados .....	21
Figura No. 12	Contactador de supresión de arco .....	22
Figura No. 13	Distribución electrónica del sensor de turbidez .....	29
Figura No. 14	Tipo de impulsores en bombas centrífugas.....	31
Figura No. 15	Diseño exterior de una voluta.....	32
Figura No. 16	Diseño exterior de una bomba difusa.....	32
Figura No. 17	Tipos de bombas de desplazamiento positivo.....	35
Figura No. 18	Partes de un presostato .....	41
Figura No. 19	Funcionamiento de boya para el control de nivel de líquidos	43
Figura No. 20	Partes de un PLC.....	45
Figura No. 21	Ejemplo de programación tipo escalera .....	47
Figura No. 22	Ejemplo de FBD .....	48
Figura No. 23	Ejemplo de texto estructurado.....	48
Figura No. 24	Ejemplo de lista de instrucción .....	49
Figura No. 25	Ejemplo de programación en bloques .....	49
Figura No. 26	Ubicación geográfica de Planta Industrial Cárnica .....	50
Figura No. 27	Tablero de control de fuerza sistema de bombeo antiguo...	52
Figura No. 28	Diagrama de flujo PTAR I.....	55
Figura No. 29	Flujo del sistema de reutilización de aguas residuales.....	58
Figura No. 30	Diagrama de Fuerza de las bombas .....	59
Figura No. 31	Circuito de Control automático de las bombas .....	61
Figura No. 32	Ubicación de los equipos del nuevo sistema de bombeo....	64

Figura No. 33	Bomba para servicios generales .....	65
Figura No. 34	Bomba para vertedero.....	66
Figura No. 35	Tablero de control del sistema de bombeo automatizado ...	67
Figura No. 36	Tablero de control para sistema de bombeo automatizado.	68
Figura No. 37	Breaker principal del sistema de control.....	69
Figura No. 38	Breaker principal del sistema de control.....	70
Figura No. 39	Guardamotor, Schneider Electric GV2ME16 .....	70
Figura No. 40	Breaker de control.....	71
Figura No. 41	Dispositivo de protección para arranque de motor 2HP .....	72
Figura No. 42	Relé de protección para bomba de 10 HP .....	72
Figura No. 43	Relé de protección .....	73
Figura No. 44	Presostato para bomba de 10HP .....	74
Figura No. 45	Bomba para servicios generales .....	74
Figura No. 46	Tablero de control de fuerza para el sistema de bombeo ...	75
Figura No. 47	Contactador y Breaker para bomba principal .....	75
Figura No. 48	Boya de la cisterna de recuperación de aguas residuales ..	76
Figura No. 49	Programa Sistema de bombeo automatizado Logo Soft .....	79

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Lenguajes de programación.....	47
Tabla 3.1 Elementos encontrados en el levantamiento inicial .....	53
Tabla 3.2 Dispositivos encontrados en el levantamiento inicial .....	54
Tabla 3.3 Equipos encontrados en el levantamiento inicial .....	56
Tabla 3.4 Elementos del circuito de fuerza del sistema de bombeo .....	60
Tabla 3.5 Elementos de circuito de control del sistema de bombeo .....	62
Tabla 3.6 Placa de Valores de la bomba 10 HP .....	63
Tabla 3.7 Placa de Valores de la bomba de 2 HP .....	63
Tabla 3.8 Lista de materiales eléctricos.....	79
Tabla 4.1 Datos registrados del mes de Mayo.....	81
Tabla 4.2 Datos registrados del mes de Junio .....	82
Tabla 4.3 Presupuesto estimado del Proyecto.....	83

## RESUMEN

En el presente trabajo se tiene como objetivo principal la automatización del sistema de bombeo de aguas residuales, desde un vertedero en la planta del Centro de Industrias Cárnicas en Guayaquil a sus diferentes procesos de servicios generales, con la finalidad de aportar con este nuevo diseño para una óptima solución y así mejorar los niveles de ahorro en el consumo de agua. En el capítulo uno se detalla las diferentes metodologías que se utilizaron como son: de campo, analítica y documental, realizando un levantamiento de información donde se pudo constatar que los sistemas tenían problemas en la parte eléctrica y también mecánica, para lo cual se propuso realizar una automatización del sistema de bombeo mediante un equipo programado que controlará los niveles determinados tal cual se planteó en los objetivos a cumplir justificando el proyecto y el planteamiento del problema. En el capítulo dos establecemos todo el marco teórico necesario para este proyecto explicando claramente todas las definiciones correspondientes al tema a tratar en esta tesis abarcando conceptos eléctricos, mecánicos y programación de PLC. En el capítulo tres se desarrolla todo el proceso de automatizado del sistema de bombeo, finalmente como conclusión se realizó un estudio técnico económico para la aplicación de este proyecto, resaltando que para la vida útil del proyecto se minimizan los daños operativos recomendando un mantenimiento preventivo-correctivo para garantizar su permanencia.

Palabras claves: **AUTOMATIZACIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO-CORRECTIVO, PROCESOS, TECNICO, PROYECTO.**

## **ABSTRACT**

The main objective of this work is the automation of the wastewater pumping system, from a landfill in the plant of the Center of Meat Industries in Guayaquil to its different general service processes, in order to contribute with this new design to an optimal solution and thus improve the levels of savings in water consumption. Chapter one details the different methodologies that were used such as: field, analytical and documentary, carrying out a survey of information where it was possible to verify that the systems had problems in the electrical and also mechanical part, for which it was proposed to perform an automation of the pumping system by means of a programmed team that will control the determined levels as it was raised in the objectives to be fulfilled justifying the project and the problem statement. In chapter two we establish all the theoretical framework necessary for this project clearly explaining all the definitions corresponding to the subject to be treated in this thesis covering electrical, mechanical and PLC programming concepts. In chapter three the entire process of automated pumping system is developed, finally as a conclusion an economic technical study was carried out for the application of this project, highlighting that for the life of the project the operational damages are minimized by recommending preventive maintenance- corrective to guarantee its permanence.

Key words: AUTOMATION, PREVENTIVE-CORRECTIVE MAINTENANCE, PROCESSES, TECHNICIAN, PROJECT.

# **CAPÍTULO I**

## **Generalidades**

### **Introducción**

Con el avance hoy en día de la tecnología y de los procesos que se pueden implementar para la automatización de bombeo en una planta industrial y los diferentes tratamientos que se utilizan en estas, se tiene como práctica diaria el uso del agua residual salida de los vertederos luego de todo el proceso de producción de la planta. Como consecuencia de esta actividad, una gran cantidad de aguas residuales sin un correcto tratamiento son bombeadas hacia los ríos, océanos y arroyos en la actualidad, creando uno de los efectos más negativos para los ecosistemas del mundo entero dando como resultado un alto grado de contaminación.

En nuestro país la industria junto con organizaciones encargadas de la preservación del medio ambiente, se han puesto de acuerdo para ir disminuyendo los efectos de la contaminación y que está no continúe. Aunque la naturaleza de por sí tiene una capacidad innata para hacer frente a pequeñas cantidades de desechos de agua y contaminación, esta se vería abrumada si no tratáramos los miles de millones de galones de aguas que son vertidos diariamente sin un correcto sistema de tratamiento de las mismas.

El objetivo principal es implementar este tipo de automatización en las plantas de tratamiento para reducir los contaminantes de las aguas desechadas a un nivel que la naturaleza puede manejar.

La empresa busca mediante la implementación de este proyecto ir minimizando los impactos ambientales que se ocasionan al verter las aguas sin un adecuado proceso de tratamiento, reduciendo también los factores de riesgo laboral mediante la operación del sistema de automatización por



personal plenamente capacitado e integrando un controlador lógico programable.

En el presente trabajo de titulación se tiene como objetivo principal proponer la automatización para un sistema de bombeo en la planta del centro industrial cárnico de Guayaquil partiendo de esta idea se establece el diseño de la infraestructura eléctrica, de control y de monitoreo.

## **1.1 Justificación**

Este proyecto tiene como principal objetivo diseñar un proceso automatizado de bombeo para controlar los tiempos y la cantidad de agua que se reutiliza para así eliminar el trabajo reiterado del operador estableciendo mejores niveles de ahorro de consumo de agua.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

La falta de un diseño automatizado que permita la recuperación de agua tratada para ser reutilizada y lograr minimizar gastos operativos y para poder establecer niveles de ahorro de consumo de agua.

## **1.3 Objetivos del Problema de Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema automatizado de bombeo de aguas residuales desde un vertedero localizado en una planta de industrias cárnicas hacia los diferentes procesos de servicios generales.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un levantamiento de información con respecto al sistema eléctrico del proceso de tratamiento de aguas residuales.
- Automatizar un sistema de bombeo para el proceso de tratamiento de aguas residuales y así poder minimizar el uso del recurso humano.
- Proponer un estudio técnico - económico del proyecto.

## **1.4 Hipótesis**

Automatizando el proceso de bombeo de aguas residuales del Centro Industrial Cárnico de Guayaquil, se logrará optimizar el uso de este recurso en la distribución dentro los procesos de servicios generales.

### **Variable Independiente:**

Automatizado del proceso de bombeo.

**Variable Dependiente:**

Los servicios generales.

**1.5 Metodología de Investigación**

Para este trabajo de titulación, la metodología que se utilizó para abarcar los diferentes puntos de investigación, son los mencionados a continuación:

**Investigación de campo:** se refiere a la investigación aplicada para entender cualquier tipo de situación que se presente en campo, en el contexto que más convenga para la investigación. (Rodríguez & Cabrera, 2013, p. 1)

**Investigación analítica:** se refiere la comparación y contraste de este trabajo con otros y analizar de forma extensiva las diferentes variables que se presenten. (Cairampoma, 2015, p. 7)

**Investigación documental:** el cual consiste en la selección de diferentes tipos de trabajos para hacer una lectura amplia y crítica, de datos científicos y propuestas de diferentes áreas. (Gómez, 2010, p. 226)

Debido a las diferentes etapas de medición de variables y análisis de información de la investigación, podemos expresar que se utilizó la metodología cuantitativa. Con este tipo de investigación se hace un registro de diferentes datos de nuestra planta o conjunto de procesos, en las cuales se debe mostrar además aplicación de cálculos estadísticos para poder establecer una descripción de manera general del sistema implementado. (Sarduy Domínguez, 2007, pp. 4-7)

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Planta de tratamiento de aguas residuales

El objetivo principal del tratamiento de aguas residuales es generalmente permitir que los efluentes humanos e industriales se eliminen sin peligro para la salud humana o daños inaceptables para el medio ambiente natural. El riego con aguas residuales es tanto la eliminación como la utilización y, de hecho, es una forma efectiva de eliminación de aguas residuales (como en el tratamiento de la tierra a baja velocidad).

Una vez que el agua dulce ha sido utilizada para un propósito económico o beneficioso, generalmente se descarta como desecho.

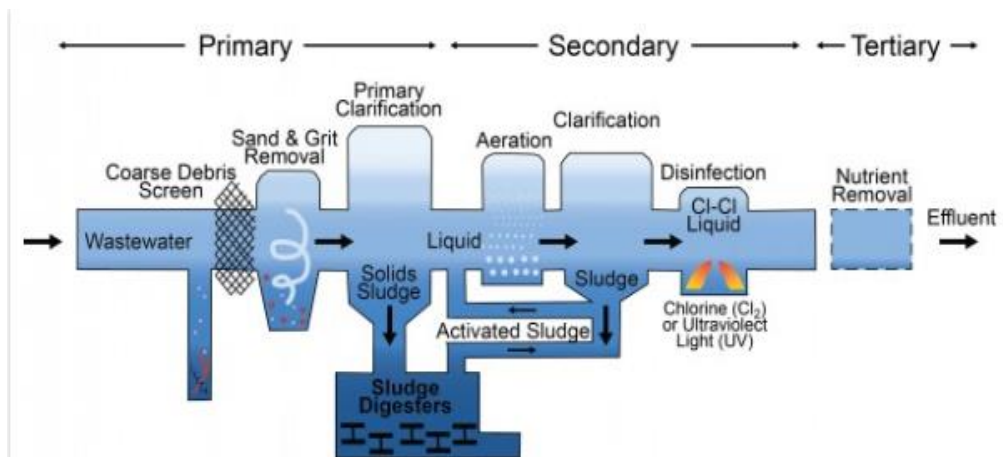


Figura No. 1 Proceso de una planta de tratamiento de aguas residuales  
Fuente: (Center For Sustainable Systems, 2018)

En muchos países, estas aguas residuales se descargan, ya sea como desechos no tratados o como efluentes tratados, en cursos de agua naturales, de los cuales se extraen para su uso posterior después de someterse a una "auto purificación" dentro de la corriente. A través de este sistema de reutilización indirecta, las aguas residuales pueden reutilizarse hasta una docena de veces o más antes de descargarse al mar. Sin embargo, también es posible una reutilización más directa: la tecnología para recuperar las aguas residuales como aguas potables o de proceso es

una opción técnicamente viable. La adopción del tratamiento de aguas residuales y la posterior reutilización como medio de suministro de agua dulce también está determinada por factores económicos. (Samer, 2015).

## 2.2 Modelo de plantas

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales se los han planteado de varias maneras, ya que no todos cumplen un mismo ciclo determinado. Algunas de las plantas tienen ciclos cortos en las que no se definen un alcance y no se llega a concluir procesos como el terciario o el de desinfección como se lo describe anteriormente. Partiendo de esta premisa, los procesos de tratamiento pueden clasificarse por secciones ya que de esta manera depende el modelo de planta que se requiera utilizar. Entre los modelos de planta que se va a definir en esta sección, tenemos las siguientes.

- **Modelo de operación unitaria física:** este modelo de planta se la conoce por no involucrar ni un proceso químico durante todo su ciclo. Por lo general se encarga de retirar todos los sólidos de gran tamaño que se encuentran en las vertientes de agua.
- **Modelo de operación químico:** en este modelo se involucra todo proceso en la que se tiene alguna reacción química.
- **Modelo de operación biológico:** en este tipo de modelos las operaciones pueden involucrar reacciones bioquímicas o reacciones biológicas. (Samer, 2015)
- **Modelo para tratamiento de aguas negras:** para este tipo de modelo se considera algunos aspectos importantes. La más importante de todas es la eliminación de las bacterias patógenas que se encuentran en las aguas negras. Como segundo punto importante la materia orgánica que se encuentra en el agua debe ser estabilizado, lo cual es de gran importancia en el momento de que se quiera cumplir con este proceso. Como último punto podemos agregar que cualquier cuerpo receptor es importante que sea eliminado para

que el crecimiento de flora y fauna no se vea afectada. (Muñoz, 2015, p. 3)

### **2.3 Estudio del impacto ambiental del tratamiento de aguas residuales**

Debido a la extensa industrialización y al aumento de la densidad de población y las sociedades urbanizadas, el mundo se enfrenta a problemas relacionados con la gestión de las aguas residuales. Diariamente, los efluentes generados por las actividades domésticas e industriales constituyen una causa principal de contaminación de los receptores de agua, lo que es una gran carga para la gestión de la calidad del agua. Algunos de estos contaminantes son microorganismos patógenos, fósforo y nitrógeno, hidrocarburos, metales pesados, disruptores endocrinos y materia orgánica. La mayoría de las infecciones relacionadas con el agua, como el cólera, la fiebre tifoidea, la diarrea y otras, son causadas por la presencia de microorganismos patógenos en el agua. Las enfermedades causadas por bacterias, virus y protozoos son los peligros para la salud más comunes asociados con las aguas no tratadas. Las principales fuentes de estos contaminantes microbianos en las aguas residuales son desechos humanos y animales. Además, la presencia de este fósforo y este nitrógeno en cantidades excesivas podría conducir a la eutrofización de las fuentes de agua, lo que también puede crear condiciones ambientales que favorezcan el crecimiento de cianobacterias productoras de toxinas.

La exposición crónica a algunas de estas toxinas producidas por estos organismos puede causar una gran cantidad de otras enfermedades. Además, el peligro de los contaminantes no biodegradables y recalcitrantes en el agua es su capacidad de persistir en los ecosistemas naturales durante un período prolongado y su capacidad de acumularse en niveles sucesivos de la cadena alimentaria biológica. Como resultado de estos efectos negativos, se han implementado varios procesos para el tratamiento de los efluentes de aguas residuales antes de la descarga en los cuerpos de agua receptores. Por lo tanto, esta revisión tuvo como objetivo proporcionar una

idea de los principales contaminantes en los efluentes de aguas residuales y los diversos procesos de tratamiento. (Akpor, Otohinoyi, Olaolu, & Aderiye, 2014, pp. 50-59)

## **2.4 Reutilización de agua en plantas industriales**

La reutilización del agua en la industria tiene el potencial de reducir los costos del suministro de agua y el tratamiento de aguas residuales por parte de las industrias y reduce la presión sobre los recursos hídricos. Las aguas residuales se pueden reutilizar dentro de una empresa o entre varias empresas mediante simbiosis industrial. Dependiendo del tipo y la calidad de las aguas residuales, puede reutilizarse directamente o tratarse antes de reutilizarse (es decir, reciclarse). Las diferentes tecnologías disponibles para la reutilización directa, así como el tratamiento descentralizado de aguas residuales para el reciclaje de aguas residuales se resumen en esta hoja informativa. Este trabajo propone un sistema de bombeo para las aguas residuales provenientes de un vertedero para hacer un riego en partes definidas como Servicios Auxiliares. (Pain, 2019, párr. 1-7)

Un método para reducir el consumo de agua en la industria es a través de la reutilización de las aguas residuales. Reducir la cantidad de uso de agua por parte de las industrias puede reducir las extracciones de agua de las fuentes de agua locales, lo que aumenta la disponibilidad de agua y mejora las relaciones con la comunidad, aumenta la productividad por entrada de agua, reduce las descargas de aguas residuales y su carga de contaminantes, reduce el consumo de energía térmica y potencialmente el costo de procesamiento. (Pain, 2019, párr. 1-7)

La reutilización de aguas residuales en la industria puede tener lugar dentro de un negocio o entre empresas y tiene el potencial de reducir los costos para las empresas, tanto en las facturas de agua como en el tratamiento de aguas residuales. Dependiendo de los contaminantes presentes en las aguas residuales y su futura reutilización, puede reutilizarse directamente o tratarse y reutilizarse. (National Research Council, 2015, p. 9)

## 2.4.1 Partes de un sistema de reutilización de agua

### ➤ Tratamiento preliminar

Como se había comentado anteriormente, durante este proceso se necesita preparar el agua que ingresa a la planta con el menor número de residuos sólidos y arena para proteger de la mejor manera los equipos de esta fase. Para realizar esta actividad, también llamada desbaste, necesita de algunos elementos importantes:

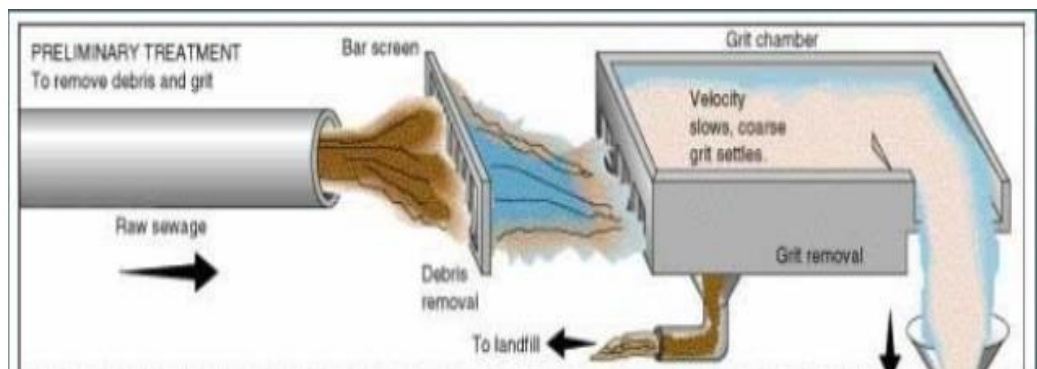


Figura No. 2 Partes del preliminar  
Fuente: (Hadi, 2014)

- **Rejas gruesas:** separación entre barras de 5 centímetros, con la inclinación de las barras a 30° con respecto a la horizontal.
- **Rejas medianas:** separación entre barras de 2 a 5 centímetros, con la inclinación de las barras a 45° con respecto a la horizontal.
- **Rejillas:** separación de las barras de 1 a 2 centímetros, con la inclinación de las barras de 70° con respecto a la horizontal.
- **Cedazos finos:** separación de 6 a 1 milímetros, y también de 5 a 2.5 milímetros.
- **Desarenadores:** el propósito de este equipo es el de separar las arenas de las aguas que ingresan a la planta. Entre una de sus funciones principales tenemos la separación de sólidos discretos de densidad superior a la del líquido cloacal, que pese a estar sujeto a este proceso puede provocar fallas tanto en su funcionamiento como en los mantenimientos que se realicen.
- **Trituradores:** este equipo se coloca después de los desarenadores con el propósito de procesar cualquier sólido



discreto proveniente del tanque de desarenadores para la protección de la estación de bombeo que se encarga del transporte de todos los líquidos residuales alrededor de la planta. En forma física, se puede decir, que en su mayoría tiene formas cilíndricas con ligeras ranuras por las cuales pasa el agua residual, donde los sólidos discretos son retenidos por engranajes dentados. . (Pérez Martín, Armenteros Ordóñez, & Hernández Touse, 2016, p. 70)

- **Microfiltros:** los microfiltros son equipos utilizados para operar de forma independiente y continua en el proceso de limpieza del agua. De manera general el agua proveniente de los desarenadores ingresa por un segmento del equipo y se envía a un envase corrugado donde se filtra con diferentes elementos dependiendo de la aplicación. (Escalera Vásquez, 2016, p. 40)

### ➤ Tratamiento primario

Los elementos necesarios para el tratamiento primero de la planta de tratamiento de aguas residuales varían de acuerdo con las fases que comprende este proceso. Podemos en esta fase nombrar los elementos más importantes para su actividad óptima, que son:

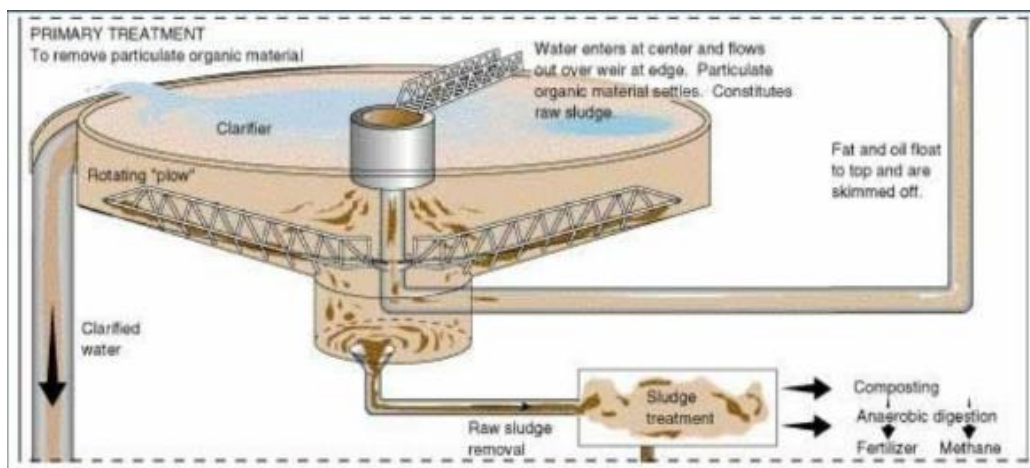


Figura No. 3 Tratamiento primario  
Fuente: (Hadi, 2014)

- **Sedimentación:** este proceso consiste en la separación de sólidos por actuación de la gravedad por el propio peso de todos los

elementos que se encuentran flotando después de que hayan sido transportados del proceso preliminar. El agua fluye a un tanque llamado cuenca de sedimentación donde la gravedad hace que los flóculos se depositen en el fondo. Las partículas grandes se depositan más rápidamente que las partículas pequeñas. Tomaría mucho tiempo para que todas las partículas se asienten y eso significaría que necesitaríamos una cuenca de sedimentación muy grande. De modo que el agua clarificada, con la mayoría de las partículas eliminadas, avanza a la etapa de filtración donde se eliminan las partículas más finas. (Zabel, Edzwald, & Gregory, 2002, p. 363)

- **Flotación:** el propósito de este proceso es el de separar los sólidos que quedan suspendidos en líquido, cuando dentro de los tanques se es aplicado burbujas de aire. Cuando estas burbujas se encuentran en el tanque hace flotar las partículas que se desea separar de los líquidos. En este proceso también se debe considerar los tanques desnatadores los cuales son los encargados de separar grasas, aceites y solidos coloidales que por lo general se los puede encontrar flotando en la superficie. (Zabel et al., 2002, p. 363)
- **Coagulación:** este proceso trata de la desestabilización de los sólidos coloides. En la coagulación, se agrega un químico como el óxido de aluminio que produce cargas positivas para neutralizar las cargas negativas en las partículas. Entonces las partículas pueden pegarse, formando partículas más grandes que se eliminan más fácilmente. (Amirtharajah, O'Melia, & Letterman, 2002, p. 299)
- **Floculación:** Ahora que las partículas tienen una carga neutra y pueden pegarse. El agua fluye hacia un tanque con paletas que proporcionan una mezcla lenta y juntan las pequeñas partículas para formar partículas más grandes llamadas flóculos. La mezcla se realiza de forma bastante lenta y suave en el paso de floculación. Si la mezcla es demasiado rápida, los flóculos se romperán en pequeñas partículas que son difíciles de eliminar por sedimentación o filtración. (Amirtharajah et al., 2002, p. 330)

Entre los equipos que se utilizan en este proceso podemos nombrar algunos de los más importantes:

- **Tanques sedimentadores metálicos:** Un tanque de sedimentación es una estructura en la que las aguas residuales se llenan y almacenan durante un tiempo para eliminar las partículas suspendidas presentes en el agua. Estas partículas pueden asentarse en el fondo del tanque y se eliminan mediante el uso de raspadores. Si las partículas suspendidas tienen una gravedad específica baja que el agua, se asientan en la parte superior del tanque. (Quiñones Bolaños, Bustos Blanco, Vives, Miranda, & Villarreal, 2014, p. 161)

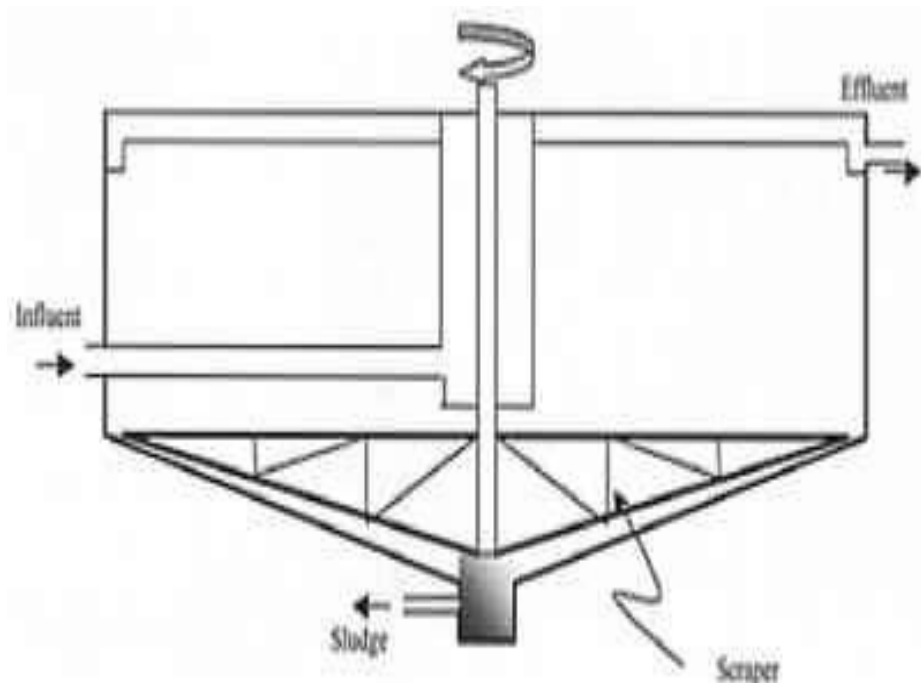


Figura No. 4 Esquema de un DAF  
Fuente: (Colic, Morse, Morse, & Miller, 2019)

- **DAF:** La flotación por aire disuelto es un proceso de tratamiento de agua que aclara las aguas residuales mediante la eliminación de sólidos en suspensión. La eliminación se logra disolviendo el aire en el agua o las aguas residuales a presión y luego liberando el aire a la presión atmosférica en un tanque de flotación. El aire liberado forma burbujas diminutas que se adhieren a la materia suspendida, lo que hace que la materia suspendida flote hacia la superficie del agua, donde se elimina mediante un dispositivo de limpieza. Se pueden

agregar químicos al agua de alimentación para mejorar la eliminación de sólidos. (Čolić, Morse, Morse, & Miller, 2007, pp. 2-5)

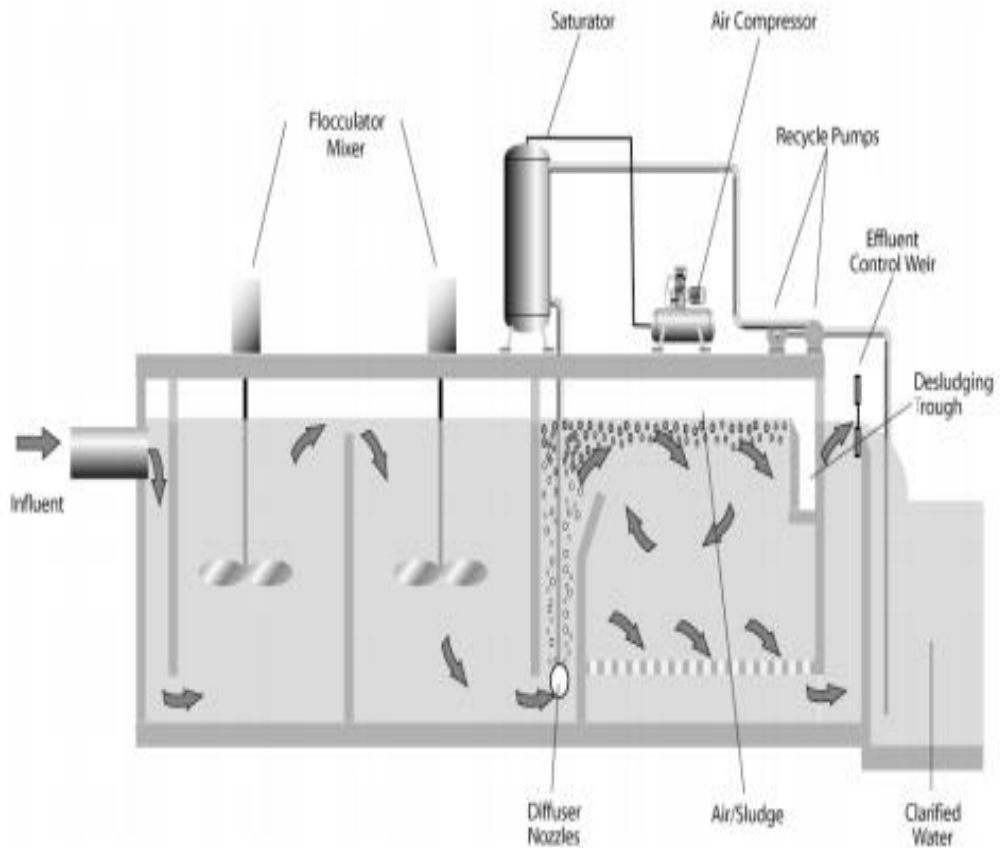


Figura No. 5 Esquema de tanque de sedimentación  
Fuente: (Climate Policy Watcher, 2019)

## ➤ Tratamiento secundario

Los microorganismos, como las bacterias y los protozoos, pueden usar las pequeñas partículas y la materia orgánica disuelta, que no se eliminan en el tratamiento primario, como alimento. El tratamiento secundario o biológico se realiza en un tanque que contiene una "sopa" de microbios hambrientos llamados sedimentos activados. Al igual que nosotros, estos microbios requieren aire para vivir (son organismos aeróbicos) y, por lo tanto, el aire se bombea hacia el tanque. Los microorganismos en este tanque de aireación utilizan la materia orgánica disuelta y particulada como alimento, produciendo más microorganismos. Por lo tanto, los materiales de desecho que dejaron el clarificador

primario se convierten en microorganismos que se pueden recolectar y separar del agua en el siguiente paso.

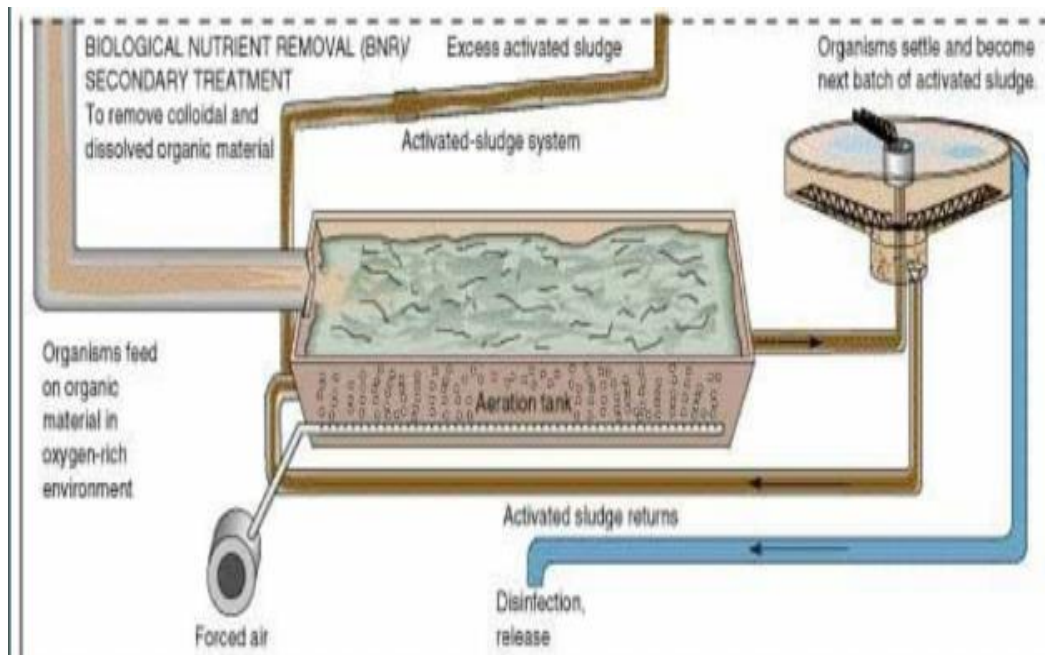


Figura No. 6 Fases del tratamiento secundario  
Fuente: (Hadi, 2014)

Luego queda separar los microorganismos (lodos activados) para que solo quede agua limpia. Esto se hace en un clarificador secundario que funciona de la misma manera que el clarificador primario descrito anteriormente. Algunos de los sólidos recolectados en el clarificador secundario (retorno de lodo activado) se envían de vuelta al tanque de aireación para tratar más aguas residuales y el exceso (lodo activado de desecho) se bombea a otra ubicación en la planta para un tratamiento adicional. El agua limpia que fluye por la parte superior del clarificador se envía junto con la desinfección. (Pérez Martín, Armenteros Ordóñez, & Hernández Touse, 2016, p. 70).

Algunos de los equipos utilizados para el tratamiento secundario para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, podemos nombrar los siguientes:

- **Difusores de aire:** estos elementos son un medio de aireación que se necesita para la planta de tratamiento de aguas residuales una vez que venga del tratamiento primario.

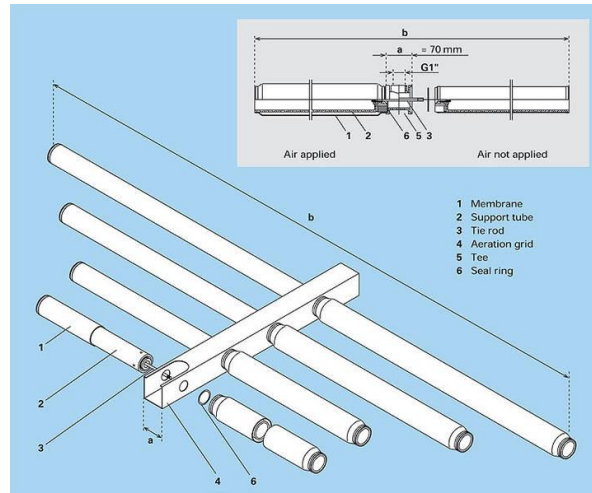


Figura No. 7 Difusores de aire para tratamiento secundario  
Fuente: (AguaSistec, 2018)

Estos están diseñados de tal modo se pueda asegurar una mezcla completa y suspensión de sólidos para que de este modo todos los sólidos acumulados en el fondo del tanque sean removidos con facilidad. La eficiencia típica de un sistema de aireación difusa de cobertura total en agua limpia es de 2% / pie de inmersión o 6,6% / metro de inmersión. Cuando se convierte en transferencia de masa en agua de proceso o sucia, generalmente está más cerca de la mitad de esas cifras. Los fabricantes de sistemas de burbuja fina han apoyado las afirmaciones de que el tipo, número y tamaño de los "poros" tienen un gran efecto en la eficiencia de un sistema de aireación difusa. (Martínez Almansa, 2017, pp. 25-30)

- **Sopladores de aire:** los sopladores se utilizan normalmente para proporcionar aireación en plantas de lodo activado y para promover la digestión aeróbica. Mantienen los sólidos suspendidos en los canales y en las cámaras de arenilla, que son absolutamente necesarias para un tratamiento adecuado del ecosistema. Hay tres tipos principales de sopladores; Lóbulo de desplazamiento positivo, centrífugo y de alta

eficiencia. Los sopladores de lóbulos de desplazamiento positivo se usan normalmente para aplicaciones más pequeñas. Su salida y presión se rigen directamente por la velocidad a la que se ejecutan. Los sopladores centrífugos se utilizan en aplicaciones de tratamiento de aguas residuales medianas o grandes. Los sopladores centrífugos de paletas verdaderas generalmente funcionan a una velocidad constante, pero puede variar la salida del flujo de aire al limitar la válvula de entrada al soplador. (Liptak, 2018, pp. 1490-1494)

- **Bombas:** En el transporte de aguas residuales, las estaciones de bombeo están diseñadas para recolectar y transportar aguas residuales a un punto de mayor elevación. Las estaciones de bombeo también se conocen como estaciones de elevación. Una estación de bombeo está diseñada típicamente para manejar aguas residuales que se alimentan de tuberías subterráneas de gravedad y se almacenan en un pozo subterráneo o pozo húmedo. El pozo húmedo está equipado con instrumentación eléctrica para detectar el nivel de agua residual presente. Cuando el nivel de aguas residuales aumenta a un nivel predeterminado, la estación de bombeo comienza a funcionar: una bomba comienza a elevar las aguas residuales hacia arriba a través de un sistema de tuberías presurizadas que descargan las aguas residuales en un pozo de gravedad. Aquí, el ciclo comienza nuevamente hasta que las aguas residuales llegan a su destino, generalmente una planta de tratamiento de aguas residuales. En el caso de que caigan grandes cantidades de agua en el pozo (por ejemplo, durante los períodos de mayor flujo y clima húmedo), se pondrán en marcha bombas adicionales en paralelo. En términos de su tamaño, las estaciones de bombeo se clasifican normalmente como estaciones de bombeo presurizadas (pequeñas), estaciones de bombeo en red (medianas) o estaciones de bombeo principales (grandes). (Qasim, 2017, p. 9)

Hay diferentes fases dentro del proceso de transportación de agua dentro de la planta, y su clasificación es aún más diversa cuando sus

aplicaciones requieran de una mayor cantidad de detalle en cuanto al alcance del sistema que se requiera implementar.

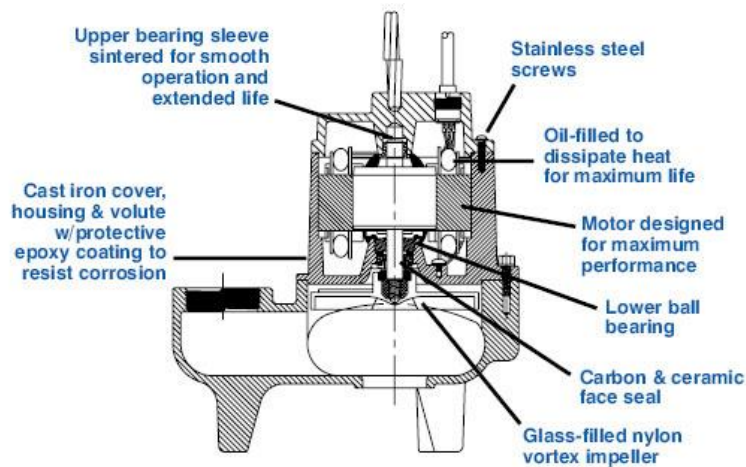


Figura No. 8 Bomba para planta de tratamiento de aguas residuales  
Fuente: (Little Giant Pump Co., 2017)

### ➤ Tratamiento terciario

El tratamiento terciario, también llamado tratamiento avanzado de desechos, proporciona la eliminación de contaminantes más allá de lo que se logra en el tratamiento primario (asentamiento físico) o secundario (biológico). Puede incluir la eliminación adicional de materia orgánica o sólidos, reducciones en la concentración de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo o el tratamiento de sustancias tóxicas. (Goddard & Butler, 2015, pp. 44-47)

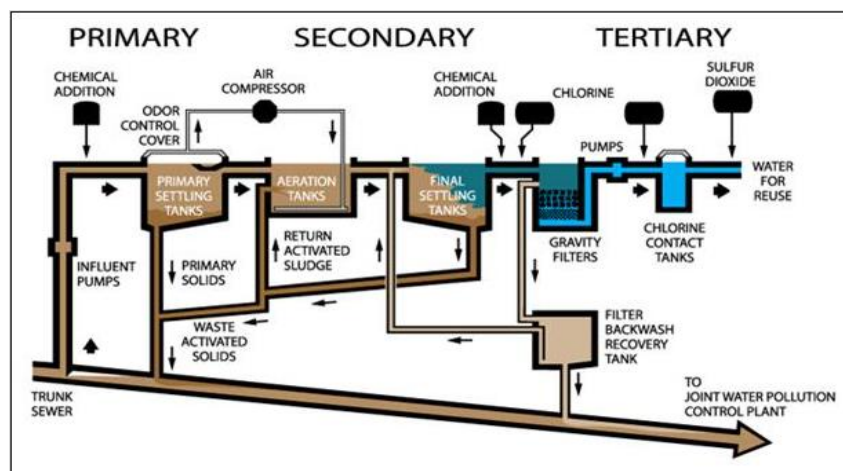


Figura No. 9 Fases de proceso de tratamiento de aguas residuales  
Fuente: (Sanitation Districts Of Los Angeles County, 2017)



Algunos de los equipos utilizados en este proceso, dependiendo del alcance de la planta, se los describe a continuación:

- **Bombas dosificadoras:** Una bomba dosificadora es una bomba pequeña de desplazamiento positivo. Está diseñado para bombear un caudal muy preciso de una sustancia química o sustancia en un flujo de agua, vapor o gas. Una bomba dosificadora entregará este caudal preciso de producto químico u otro producto mediante varios métodos diferentes, pero generalmente implica extraer una cantidad medida en una cámara y luego inyectar este volumen de producto químico en la tubería o tanque que se dosifica. Las bombas dosificadoras se utilizan en una variedad de aplicaciones desde la agricultura, la industria, la fabricación y la medicina.

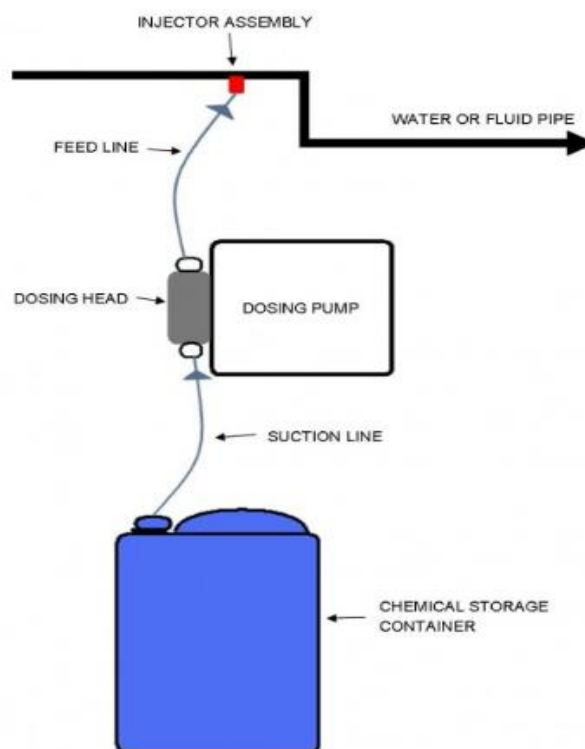


Figura No. 10 Esquema de bombas dosificadas  
Fuente: (Sevenson, 2016)

En general, una bomba dosificadora es bastante pequeña y funciona con un motor eléctrico pequeño o un actuador neumático. Son controlados por un sistema de control externo o, más comúnmente, por un controlador de bomba interno que puede alterar el caudal, la función de encendido /

apagado y también cosas como alarmas y advertencias de funcionamiento en seco, desgasificación y niveles bajos de producto.(Moran, 2019, pp. 231-232)

## **2.5 Contactores**

Un contactor eléctrico es un dispositivo de conmutación, ampliamente utilizado para la conmutación de motores, condensadores (para la corrección del factor de potencia) y luces. Como su nombre indica, el contactor se usa para hacer o romper contactos como un interruptor ordinario de encendido y apagado. La única diferencia es que los contactores tienen un electroimán que mantiene los contactos cuando están energizados, mientras que los interruptores no lo tienen.

La operación básica de un contactor es similar a la de un relé, pero los contactos del contactor pueden llevar mucha más corriente que los relés. Los relés no pueden usarse directamente en circuitos donde la corriente excede los 20 amperios. En tales condiciones se pueden utilizar contactores. Los contactores están disponibles en una amplia gama de clasificaciones y formularios. Los contactores están disponibles hasta el amperaje nominal de 12500A. Los contactores no pueden proporcionar protección contra cortocircuitos, pero solo pueden hacer o romper contactos cuando están excitados. (FILIU, 2014, pp. 66-70)

### **2.5.1 Principio de operación de un contactor**

El principio de funcionamiento de un contactor es muy simple. Cada vez que se activa la bobina electromagnética, se produce un campo electromagnético. Este campo electromagnético atrae la varilla metálica (armadura) hacia el hueco en el imán cilíndrico hueco. En contactores con electroimanes divididos, la mitad móvil del electroimán es atraída hacia el electroimán fijo. Esta acción cierra los contactos. Los contactos permanecen cerrados mientras el electroimán permanezca excitado. Cuando se desactiva la bobina, el resorte desplaza el contacto móvil a su posición normal. Los contactores están diseñados para abrir y cerrar contactos rápidamente. Los contactos en movimiento pueden rebotar ya que rápidamente hace contactos

con los contactos fijos. Los contactos bifurcados se utilizan en algunos contactores para evitar rebotes.

La entrada a la bobina del contactor puede ser AC o DC (disponible en varios rangos de voltaje desde 12Vac / 12Vdc a 690Vac). La bobina del contactor drena una pequeña cantidad de energía durante su funcionamiento. Los circuitos economizadores se utilizan para reducir la potencia consumida por el contactor durante su funcionamiento.

Los contactores con bobinas de CA tienen bobinas de protección. De lo contrario, el contactor puede vibrar cada vez que la corriente alterna cruza cero. Las bobinas de sombreado retrasan la desmagnetización del núcleo magnético y evitan las vibraciones. No se requiere sombreado en bobinas de CC ya que el flujo producido es constante. (Hernández, Espinosa, & Abad, 2012, pp. 158-160)

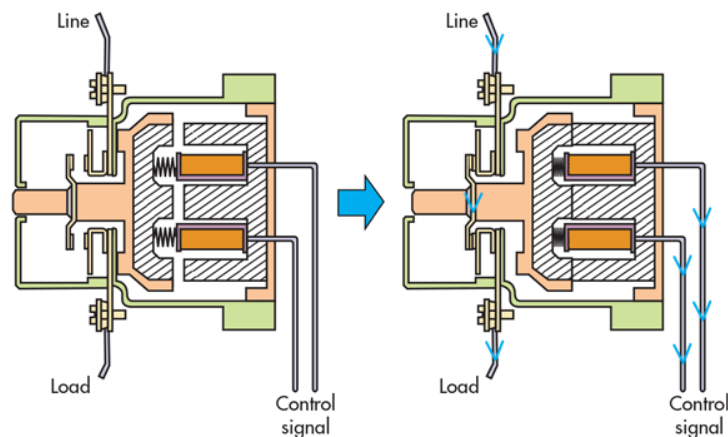


Figura No. 11 Ejemplo de contactores energizados y desenergizados  
Fuente: (Teschler, 2014)

## 2.5.2 Supresión de arco en contactores

El arco se produce entre los contactos cada vez que los contactos se cierran o abren bajo carga. El arco formado durante la ruptura de una carga es más destructivo y puede dañar los contactos, lo que reduce la vida útil del contactor. Además, la alta temperatura del arco degrada los gases que rodean los contactos y forma gases nocivos como el monóxido de carbono,

el ozono, etc. Esto puede afectar la durabilidad mecánica de los contactores. Se adoptan varios métodos para el control y la extinción de los arcos.(Circuits Today, 2010)



Figura No. 12 Contactor de supresión de arco  
Fuente: (Universidad de Murcia, 2015)

Los arcos de CC son más severos en comparación con los arcos de CA. En los contactores de CC, los estallidos magnéticos se utilizan para propagar los arcos hacia canales de arco especialmente diseñados y extinguirlos dividiéndolos. Los contactores utilizados en aplicaciones de CA de baja tensión (690 voltios o menos), el aire atmosférico que rodea los contactos extingue el arco. Para aplicaciones de media y alta tensión, se utilizan contactores al vacío para evitar el riesgo de arco. (Boss & Nicoll, 2014, pp. 57-60)

### 2.5.3 Categorización de contactores

Los contactores se clasifican según el tipo de carga (categorías de utilización IEC - 60947) y la clasificación de potencia y corriente (tamaño NEMA). Algunas categorías importantes de utilización de IEC se encuentran a continuación:

- **AC-1:** tipo de calentamiento no inductivo o ligeramente inductivo y resistivo de cargas
- **AC-2:** Arranque del motor de inducción de anillo colector.
- **AC-3:** arrancar y apagar los motores de jaula de ardilla durante el tiempo de funcionamiento

- **AC-15:** Control de electroimanes de corriente alterna.
- **AC-56b:** - Conmutación de bancos de condensadores
- **DC – 1:** tipo de cargas de calentamiento no inductivo o ligeramente inductivo y resistivo
- **DC-2:** Arranque, avance lento y rotura dinámica de motores de derivación de CC
- **DC-3:** Arranque, avance lento y rotura dinámica de motores de la serie DC
- **DC-13:** Control de electroimanes de corriente continua.(FILIU, 2014, pp. 69-70)

## 2.6 Sensores

Un sensor es un dispositivo que detecta y responde a algún tipo de entrada del entorno físico. La entrada específica puede ser luz, calor, movimiento, humedad, presión o cualquiera de una gran cantidad de otros fenómenos ambientales. La salida es generalmente una señal que se convierte en una pantalla legible por humanos en la ubicación del sensor o se transmite electrónicamente a través de una red para su lectura o procesamiento posterior.

Existen varias clasificaciones de sensores realizadas por diferentes autores y expertos. Algunos son muy simples y otros son muy complejos. La siguiente clasificación de sensores ya puede ser utilizada por un experto en el tema, pero esta es una clasificación muy simple de sensores.

- En la primera clasificación de los sensores, se dividen en Activos y Pasivos. Los sensores activos son aquellos que requieren una señal de excitación externa o una señal de potencia. Los sensores pasivos, por otro lado, no requieren ninguna señal de alimentación externa y generan directamente la respuesta de salida.
- El otro tipo de clasificación se basa en los medios de detección utilizados en el sensor. Algunos de los medios de detección son eléctricos, biológicos, químicos, radioactivos, etc.

- La siguiente clasificación se basa en el fenómeno de conversión, es decir, la entrada y la salida. Algunos de los fenómenos de conversión comunes son fotoeléctricos, termoeléctricos, electroquímicos, electromagnéticos, termo ópticos, etc.
- La clasificación final de los sensores son sensores analógicos y digitales. Los sensores analógicos producen una salida analógica, es decir, una señal de salida continua con respecto a la cantidad que se mide.

Los sensores digitales, en contraste con los sensores analógicos, funcionan con datos discretos o digitales. Los datos en sensores digitales, que se utilizan para la conversión y la transmisión, son de naturaleza digital.(Bishop, 2017, pp. 171-175)

### **2.6.1 Sensores para una planta de tratamiento de aguas residuales**

- **Sensor pH:** el pH de una solución indica qué tan ácida o básica (alcalina) es. El término pH traduce los valores de la concentración de iones de hidrógeno que normalmente oscila entre 1 y  $10 \times 10^{-14}$  equivalentes de gramo por litro - en números entre 0 y 14. En la escala de pH, una solución muy ácida tiene un valor de pH bajo, como 0, 1 o 2 (que corresponde a una gran concentración de iones de hidrógeno);  $10 \times 10^0$ ,  $10 \times 10^{-1}$ , o  $10 \times 10^{-2}$  equivalentes de gramo por litro) mientras que un muy básico la solución tiene un valor de pH alto, como 12, 13 o 14, que corresponde a un pequeño número de iones de hidrógeno ( $10 \times 10^{-12}$ ,  $10 \times 10^{-13}$  o  $10 \times 10^{-14}$  equivalentes en gramos por litro). Una solución neutra como el agua tiene un pH de aproximadamente 7.
- **Un bucle de medición de pH se compone de tres componentes:** el pH sensor, que incluye un electrodo de medición, un electrodo de referencia, y un sensor de temperatura; un preamplificador y un analizador o transmisor. Un bucle de medición de pH es esencialmente una batería donde el positivo terminal es el electrodo de medición y el

terminal negativo es el electrodo de referencia. El electrodo de medida, que es sensible al ion de hidrógeno, desarrolla un potencial (voltaje) directamente relacionado con la concentración de iones de hidrógeno de la solución. La referencia el electrodo proporciona un potencial estable contra el cual la medición el electrodo puede ser comparado. (Lipták & Venczel, 2016, p. 785)

- **Sensor de conductividad:** la conductividad es un parámetro analítico ampliamente utilizado para el análisis de la pureza del agua, el monitoreo de la ósmosis inversa, los procedimientos de limpieza, el control de procesos químicos y las aguas residuales industriales. Los resultados confiables para estas aplicaciones variadas dependen de la elección del sensor de conductividad correcto. La guía de teoría de la conductividad es una herramienta integral de referencia y capacitación basada en décadas de liderazgo de la industria en esta medición. Los sensores de conductividad utilizan una técnica de medición de 4 electrodos que proporciona lecturas precisas en una amplia gama de conductividades y temperaturas. Debido a que la conductividad de las soluciones iónicas aumenta al aumentar la temperatura, también se incorpora un sensor de temperatura que se utiliza para proporcionar una compensación automática de la temperatura de 2% / ° C normalizada a 25 ° C. Un módulo de interfaz en línea convierte el sensor de conductividad digital y los datos de temperatura en dos señales separadas de 4-20 mA para monitoreo con registradores de datos y dispositivos PLC.

Los sensores de conductividad estándar vienen con tres pies (un metro) de cable entre el sensor de conductividad y el módulo de interfaz, y 25 pies de cable de calidad marina para conectar a dispositivos de grabación. Un cable adicional puede extender la longitud del sensor de conductividad hasta 500 pies. Los rangos de conductividad disponibles son 0-200 $\mu$ S / cm, 200-2000 $\mu$ S / cm, 2-20mS / cm, 20-200mS / cm y 200-2000mS / cm. La salida de temperatura del sensor de conductividad tiene un rango de medición de -5 ° C a + 70 ° C. (Obermeier, 2016, p. 1492)

- **Sensor de oxígeno disuelto:** Los sensores de oxígeno disuelto y las sondas de oxígeno disuelto se utilizan para medir la cantidad de oxígeno que se encuentra en el agua disuelta, por unidad de volumen. La cantidad de oxígeno que un volumen dado de agua puede contener es una función de la presión atmosférica en la interfaz agua-aire, la temperatura del agua y la cantidad de otras sustancias disueltas. La concentración de oxígeno disuelto (OD) generalmente se expresa en miligramos de oxígeno por litro de agua (mg / L) o partes por millón (ppm). Algunos medidores comparan el contenido de oxígeno calculado con la concentración observada y reportan el porcentaje de saturación (% sat.).

Los sensores de oxígeno disuelto funcionan a través de una membrana orgánica delgada que cubre un electrolito y dos electrodos metálicos. Cuando el agua ingresa al dispositivo, el oxígeno se difunde a través de la membrana a una velocidad proporcional a su presión parcial. Cuanto mayor sea la presión parcial del oxígeno, mayor será el volumen de oxígeno que se difundirá a través de la membrana. Los medidores de oxígeno disuelto miden la corriente a medida que el oxígeno se reduce en el cátodo y más oxígeno se difunde a través de la membrana. Dado que la corriente de difusión es directamente proporcional a la concentración de oxígeno disuelto, el sensor de oxígeno disuelto convierte la medida de corriente en unidades de concentración. El término "sensores de oxígeno disuelto" se refiere a todo el conjunto del sensor, incluidos los electrodos, las soluciones de electrolitos, las membranas y los termómetros de termistor.

Existen dos técnicas fundamentales para medir el oxígeno disuelto: galvánico y polarográfico. Ambas sondas utilizan un sistema de electrodos donde el oxígeno disuelto reacciona con el cátodo para producir una corriente. Los dos tipos de sondas difieren en que las sondas galvánicas no requieren un potencial externo (voltaje), mientras que las sondas polarográficas sí lo hacen. Si la diferencia de potencial entre el cátodo y el ánodo es inferior a 0,5 voltios, el sistema es



galvánico. Las sondas galvánicas son más estables y más precisas a niveles de oxígeno disuelto más bajos que las sondas polarográficas. Las sondas galvánicas a menudo operan varios meses sin reemplazo de electrolitos o membranas, lo que resulta en un menor costo de mantenimiento. Las sondas polarográficas deben recargarse después de varias semanas de uso intenso. Las sondas polarográficas pueden ser de tipo polarográfico de las marcas Ross o Clark. (Alegret, Valle, & Merkoçi, 2004, pp. 60-66)

- **Sensor de sólidos suspendidos:** Los sólidos suspendidos son simplemente una medida de densidad que se usa para describir exactamente la cantidad de residuos de lodo y partículas en el agua, y se mide en miligramos por litro (mg / l), gramos por litro (g / l) o porcentaje de sólidos (%).  $1000 \text{ mg / l} = 1 \text{ g / l} = 0,1\%$ . Se utiliza para calcular la cantidad de material, o carga, en un sistema de aguas residuales o industrial. Los sólidos suspendidos pueden estar compuestos tanto de material orgánico (como algas y plancton) como de material inorgánico (como limo y arena) dependiendo de la ubicación, y mientras que altos niveles pueden ocurrir naturalmente en algunas corrientes y cuerpos de agua, generalmente una menor La medición es mejor para el agua saludable.(Amjad, 2010, p. 500)
- **Sensor de amonio:** El detector de amoniaco funciona por principio electroquímico. Los sensores electroquímicos son transductores de medición electroquímicos para medir la presión parcial de gases en condiciones atmosféricas. El aire ambiente que se monitorea se difunde a través de una membrana hacia el electrolito líquido en el sensor. El electrolito contiene un electrodo de medición, un contraelectrodo y un electrodo de referencia. Un circuito electrónico potencioestático garantiza una tensión eléctrica constante entre el electrodo de medición y el electrodo de referencia.

El voltaje, el electrolito y el material del electrodo se seleccionan para adaptarse al gas que se monitorea, de modo que se transforme

electroquímicamente en el electrodo de medición y fluya una corriente a través del sensor. Esta corriente es proporcional a la concentración de gas. Al mismo tiempo, el oxígeno del aire ambiente reacciona electroquímicamente en el contraelectrodo. La corriente que fluye a través del sensor se amplifica electrónicamente, se digitaliza y se corrige para varios parámetros (por ejemplo, la temperatura ambiente). El valor medido resultante se da como una señal analógica de 4-20 mA.(B.D.Gupta, 2006, p. 116)

- **Sensor de nitratos:** El sensor de nitrato contiene un electrodo permafíil (no recargable) que contiene una forma oxidada de nitrato dentro de una membrana. Cuando se inserta en una solución que contiene moléculas de nitrato, el nitrato en la solución se atrae al cloruro oxidado en la membrana. Al medir el potencial eléctrico de esta atracción, el sensor puede determinar el nivel de nitrato en la solución. Porque solo atraen otras moléculas de nitrato selladas. Los sensores de electrodos funcionan bien incluso en soluciones que contienen numerosos elementos. (Bruckner-Lea et al., 2004, p. 223)
  
- **Sensor de turbidez:** La turbidez es un criterio reconocido internacionalmente para evaluar la calidad del agua potable, y un medidor de turbidez es un instrumento optoelectrónico que evalúa la turbidez midiendo la dispersión de la luz que pasa a través de una muestra de agua que contiene partículas coloidales que albergan patógenos. La turbidez se cuantifica con mayor frecuencia mediante la Unidad de turbidez nefelométrica (NTU) o la Unidad nefelométrica de formazina equivalente (FNU). La nefelometría se refiere al proceso de dirigir un haz de luz a una muestra de líquido y medir la intensidad de la luz dispersada a 90 ° con respecto al haz.

Sin embargo, con un transmisor y un receptor ópticos como sensor frontal, nuestro medidor de turbidez funciona según el principio de que cuando la luz pasa a través de una muestra de agua, la cantidad de luz transmitida a través de la muestra depende de la cantidad de partículas

suspendidas. en el agua. A medida que aumenta la cantidad de sólidos suspendidos totales (SST), la cantidad de luz transmitida disminuye. El resto de la electrónica en el circuito del sistema mide la cantidad de luz transmitida para determinar la turbidez del agua muestreada. En resumen, el medidor de turbidez simplemente mide la cantidad de luz proveniente del emisor de luz al receptor de luz y calcula la turbidez del agua. (Li & Liu, 2018, pp. 33-36)

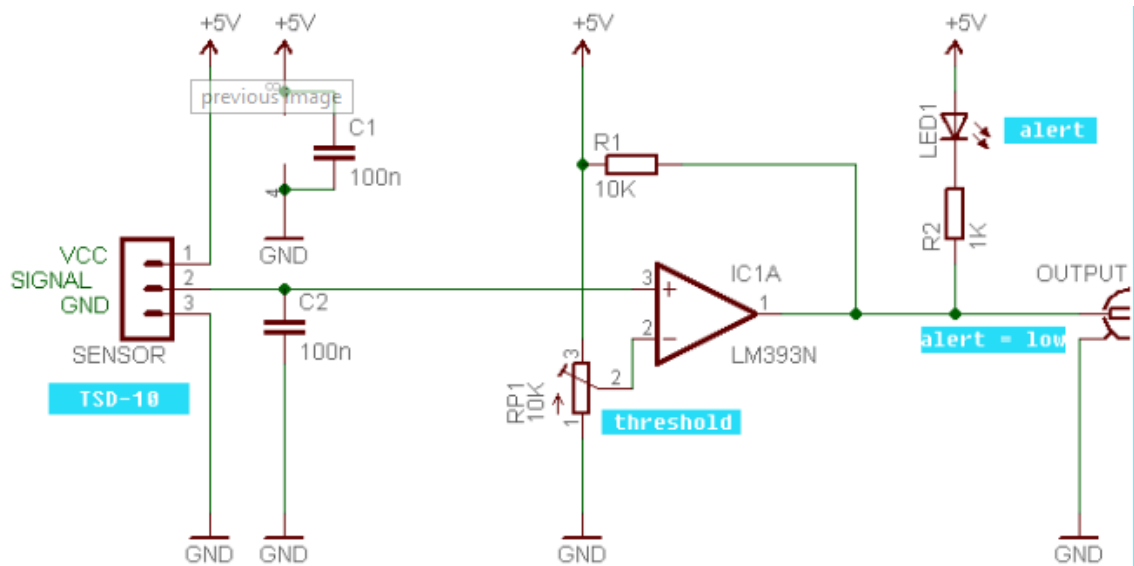


Figura No. 13 Distribución electrónica del sensor de turbidez  
Fuente: (Hareendran, 2019)

La electrónica interna de la cabeza del sensor de turbidez garantiza que proporciona una tensión de salida analógica en proporción al nivel de turbidez. Si el objetivo principal es detectar solo cuando el agua está turbia, entonces podemos usar un circuito comparador estándar para cambiar una carga de salida (una sonda piezoeléctrica, por ejemplo) cuando la turbidez alcanza un valor de umbral predefinido. (Li & Liu, 2018, pp. 33-36)

## 2.7 Guardamotores

Con el fin de evitar averías inesperadas, reparaciones costosas y pérdidas subsiguientes debido al tiempo de inactividad del motor, es importante que el motor esté equipado con algún tipo de dispositivo de protección. En términos generales, la protección del motor se puede dividir en los siguientes 3 niveles:

- Protección externa contra cortocircuito en toda la instalación. El dispositivo de protección externo suele ser de diferentes tipos de fusibles o relés de cortocircuito. Este tipo de dispositivo de protección es obligatorio y legal y está sujeto a las normas de seguridad.
- Protección externa contra sobrecarga de equipos específicos; es decir, para evitar la sobrecarga del motor de la bomba y evitar así daños y averías en el motor. Este tipo de protección reacciona a la corriente.
- Protección del motor incorporada con protección de sobrecarga térmica para evitar daños y averías del motor. El protector incorporado siempre requiere un disyuntor externo, mientras que algunos tipos de protección de motor incorporados incluso requieren un relé de sobrecarga. (Calloni, 2004, p. 159)

## **2.8 Bombas**

### **2.8.1 Bombas Centrifugas**

Como su nombre lo indica, estas bombas hacen uso de una fuerza centrífuga para crear una velocidad suficiente para desplazar el fluido a través del sistema. Las bombas centrífugas vienen con impulsores giratorios. Estas son partes que se asemejan a un ventilador mecánico. Tiene una pequeña toma y una salida grande. Lo más destacado de una bomba centrífuga que la hace ideal para tratamientos de aguas residuales:

- Diseño simple y directo que lo hace práctico para operar
- Las partes móviles son muy duraderas, asegurando que sus bombas duren por mucho tiempo.
- Requiere mantenimiento mínimo

El funcionamiento de una bomba centrífuga básicamente está diseñado para mover un fluido por medio de la transferencia de energía de rotación de uno o más rotores accionados, llamados impulsores. El fluido ingresa en el impulsor de rotación rápida a lo largo de su eje y es expulsado por la fuerza centrífuga a lo largo de su circunferencia a través de las puntas de la paleta del impulsor. La acción del impulsor aumenta la velocidad y la presión del

fluido y también lo dirige hacia la salida de la bomba. La carcasa de la bomba está diseñada especialmente para constreñir el fluido de la entrada de la bomba, dirigirlo hacia el impulsor y luego reducir la velocidad y controlar el fluido antes de la descarga.



Figura No. 14 Tipo de impulsores en bombas centrífugas  
Fuente, (Smith, 2017)

Como podemos ver en la siguiente figura, el impulsor es el componente clave de una bomba centrífuga. Se compone de una serie de paletas curvas. Estos normalmente se colocan entre dos discos (un impulsor cerrado). Para fluidos con sólidos arrastrados, se prefiere un impulsor abierto o semiabierto (respaldado por un solo disco) (Karassik, 2017, p. 154)

El fluido ingresa al impulsor en su eje (el "ojo") y sale a lo largo de la circunferencia entre las paletas. El impulsor, en el lado opuesto al ojo, se conecta a través de un eje de transmisión a un motor y se gira a alta velocidad (generalmente 500-5000 rpm). El movimiento de rotación del impulsor acelera el fluido hacia afuera a través de las paletas del impulsor hacia la carcasa de la bomba. Hay dos diseños básicos de carcasa de bomba: voluta y difusor. El propósito en ambos diseños es traducir el flujo de fluido en una descarga controlada a presión. En una carcasa de voluta, el impulsor está desplazado, creando efectivamente un embudo curvo con un área de sección transversal creciente hacia la salida de la bomba. Este diseño hace que la presión del fluido aumente hacia la salida.

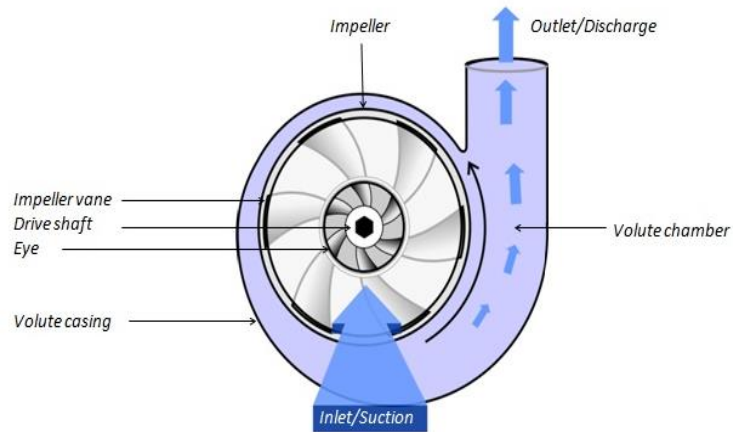


Figura No. 15 Diseño exterior de una voluta  
Fuente: (Smith, 2017)

El mismo principio básico se aplica a los diseños de difusores. En este caso, la presión del fluido aumenta a medida que se expulsa el fluido entre un conjunto de paletas estacionarias que rodean el impulsor (Figura 14). Los diseños de difusores pueden adaptarse a aplicaciones específicas y, por lo tanto, pueden ser más eficientes. Los casos de voluta son más adecuados para aplicaciones que involucran sólidos arrastrados o fluidos de alta viscosidad cuando es ventajoso evitar las constricciones agregadas de las paletas difusoras. La asimetría del diseño de la voluta puede provocar un mayor desgaste del impulsor y del eje de transmisión.

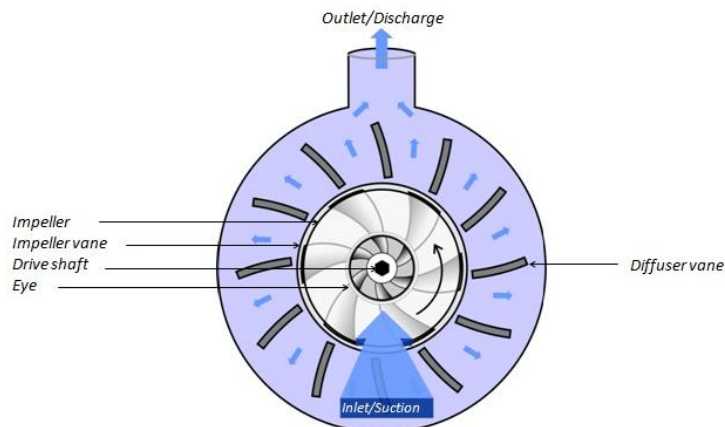


Figura No. 16 Diseño exterior de una bomba difusa  
Fuente: (Smith, 2017)

## **2.8.2 Bomba de desplazamiento positivo**

Estas bombas hacen uso de rodillos, engranajes, impulsores para desplazar el fluido a través del sistema. Son muy duraderos y pueden bombear tanto líquidos como lodos con muchas partículas sólidas. El tipo más popular de bombas de desplazamiento positivo son las bombas de diafragma. Como su nombre indica, estas bombas tienen una cámara y una membrana de diafragma y están equipadas con válvulas de descarga.

Una bomba de desplazamiento positivo hace que el agua se mueva al atrapar una cantidad fija y forzar (desplazar) el volumen atrapado en la tubería de descarga. Algunas bombas de desplazamiento positivo utilizan una cavidad de expansión en el lado de succión y una cavidad en disminución en el lado de descarga. El agua fluye hacia la bomba a medida que la cavidad en el lado de succión se expande, y el agua fluye hacia la descarga cuando la cavidad se colapsa. El volumen es constante a través de cada ciclo de operación.

Las bombas de desplazamiento positivo, a diferencia de las bombas centrífugas, en teoría pueden producir el mismo flujo a una velocidad dada (rpm) sin importar cuál sea la presión de descarga; por lo tanto, estas bombas se denominan máquinas de flujo constante. Sin embargo, un ligero aumento en las fugas internas a medida que aumenta la presión impide un caudal verdaderamente constante. (Caballero, 2016, pp. 2-6)

Una bomba de desplazamiento positivo no debe operar contra una válvula cerrada en el lado de descarga de la bomba porque no tiene un cabezal de cierre como lo hacen las bombas centrífugas; una bomba de desplazamiento positivo que funciona contra una válvula de descarga cerrada continúa produciendo flujo, y la presión en la línea de descarga aumenta hasta que la tubería explota, la bomba está dañada o ambas cosas. Por lo tanto, es necesaria una válvula de alivio o de seguridad en el lado de descarga de la bomba de desplazamiento positivo. La válvula de alivio puede ser interna o externa.

El fabricante de la bomba normalmente tiene una opción para suministrar válvulas internas de alivio o de seguridad. Una válvula interna a menudo solo se usa como precaución de seguridad. Generalmente se requiere una válvula de alivio externa en la línea de descarga, con una línea de retorno a la fuente de succión. Una bomba de desplazamiento positivo puede clasificarse según el mecanismo utilizado para mover el agua, como bombas alternativas, bombas de tornillo, bombas de cavidad progresiva, bombas peristálticas, etc. Este artículo se centra en las bombas de desplazamiento positivo en los servicios de agua. (Guha, 2018, pp. 31-32)

- **Bomba recíproca:** las bombas recíprocas mueven el agua usando uno o más pistones oscilantes, émbolos o membranas (diafragmas) mientras las válvulas guían el movimiento del agua en la dirección deseada. Muchas bombas de tipo recíproco son dúplex (dos) o triplex (tres) cilindros. Pueden ser de acción simple, con succión durante una dirección de movimiento del pistón y descarga en la otra, o doble acción con succión y descarga en ambas direcciones. Las bombas de desplazamiento positivo de tipo alternativo están generalmente disponibles en tres diseños principales: bombas de tipo pistón, bombas de émbolo o bombas de diafragma. En otras palabras, las bombas recíprocas típicas son:
  - **Bombas de desplazamiento con bomba de pistón:** suelen ser dispositivos simples para bombear pequeñas cantidades de agua. Las bombas de pistones radiales se utilizan a veces en aplicaciones especiales.
  - **Bombas de émbolo:** un émbolo alternativo empuja el agua a través de una o dos válvulas abiertas, que se cierran por succión en el camino de regreso.
  - **Bombas de diafragma:** similares a las bombas de émbolo en las que el diafragma presuriza el agua.



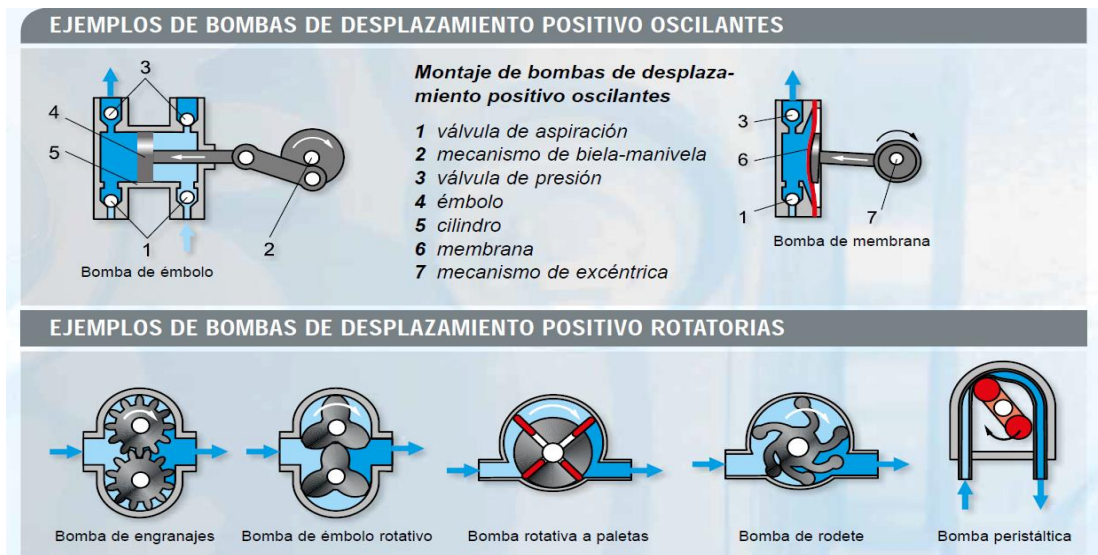


Figura No. 17 Tipos de bombas de desplazamiento positivo  
Fuente: (Wastewater 101, 2018)

Las bombas de émbolo consisten en un cilindro con un émbolo alternativo. Las válvulas de succión y descarga están montadas en la cabeza del cilindro. En la carrera de succión, el émbolo se retrae y las válvulas de succión se abren, causando la succión de agua en el cilindro. En la carrera de avance, el émbolo empuja el agua fuera de la válvula de descarga. Con solo un cilindro en una bomba de émbolo, el flujo de agua varía entre el flujo máximo, cuando el émbolo se mueve a través de las posiciones medias, y el flujo de cero, cuando el émbolo está en las posiciones finales. Se desperdicia algo de energía cuando el agua se acelera en el sistema de tuberías, y la vibración y el golpe de ariete pueden ser un problema grave. En general, los problemas se compensan utilizando dos o más cilindros que no funcionan en fase entre sí. (Parambath, 2016, pp. 110-116)

Las bombas de émbolo triplex utilizan tres émbolos, lo que reduce la pulsación encontrada con las bombas de émbolo de pistón simple. Sellos duraderos, cigüeñales endurecidos, bielas endurecidas, émbolos cerámicos gruesos y rodamientos de bolas y rodillos más resistentes mejoran la confiabilidad en las bombas triplex. Las bombas triplex ahora se utilizan en diferentes aplicaciones en todo el mundo.

La pulsación podría ser un problema en cualquier bomba de desplazamiento positivo; Este es un problema crítico en una bomba recíproca. Como una indicación, las distancias entre los sujetadores deben variar con los intervalos de pulsación y los tamaños de línea. Los accesorios principales, como los codos, etc., relativamente cerca de una bomba de desplazamiento positivo deben tener estos sujetadores. Como una indicación, esta distancia podría considerarse de 1.5 a 3 metros dependiendo de la potencia de la bomba y la severidad de la pulsación. Agregar un recipiente de pulsación (amortiguador de pulsaciones) en la salida de la bomba y las entradas puede suavizar aún más la ondulación y la pulsación de la bomba. Las bombas de émbolo con un número mayor de émbolos tienen la ventaja de un mayor flujo o un flujo más suave sin un amortiguador de pulsaciones. El aumento de las piezas móviles y la carga del cigüeñal es uno de los inconvenientes. (Parambath, 2016, pp. 117-120)

- **Bomba tipo tornillo:** Una bomba de tornillo es una bomba de desplazamiento positivo que utiliza uno o varios tornillos para mover el agua a lo largo del eje del tornillo. En su forma más simple (bomba de tornillo de Arquímedes), un solo tornillo gira en una cavidad cilíndrica, moviendo el agua a lo largo del eje del tornillo. Esta construcción antigua todavía se utiliza en algunas aplicaciones de baja tecnología. Una bomba de tornillo moderna suele ser un tipo más complicado de bomba rotativa que utiliza dos (o tres) tornillos con rosca opuesta, por ejemplo, un tornillo gira en el sentido de las agujas del reloj y el otro en sentido contrario. Los tornillos están montados en ejes paralelos que tienen engranajes que se engranan para que los ejes giren juntos y todo quede en su lugar.

Los tornillos encienden los ejes y conducen el agua a través de la bomba. El espacio entre las partes móviles y la carcasa de la bomba debe ser óptimo. El desarrollo de una bomba de tornillo ha llevado a una variedad de tecnologías de ejes múltiples en las que los tornillos cuidadosamente elaborados giran en direcciones opuestas o

permanecen estacionarios dentro de una cavidad. La cavidad se puede perfilar, creando así cavidades donde el agua está "atrapada".

El término "bomba de tornillo" a menudo se utiliza genéricamente. Sin embargo, para cada aplicación, se debe definir el tipo específico de bomba de tornillo. Es necesario reconocer las configuraciones específicas de la bomba o el tornillo, así como los usos, ventajas y consideraciones de diseño para cada uno. Las diferencias de diseño de cada configuración de tornillo y tipo de bomba hacen que cada uno sea adecuado para diferentes aplicaciones de agua. Cada bomba de tornillo funciona con el mismo principio básico de un tornillo que gira para aislar un volumen de agua y transportarlo. Sin embargo, el diseño mecánico de cada uno es diferente. La principal diferencia está en tener una, dos, tres o múltiples bombas de tornillo.(SÁNCHEZ, PÉREZ, & FERNÁNDEZ, 2016, pp. 283-285)

- **Bomba de cavidad progresiva:** Una bomba de cavidad progresiva es un tipo de bomba de desplazamiento positivo y también se conoce como bomba de tornillo excéntrico o bomba de cavidad. Estas bombas transfieren agua mediante el movimiento progresivo de una secuencia de pequeñas cavidades discretas de forma fija a medida que gira su rotor. Esto hace que el caudal volumétrico sea proporcional a la tasa de rotación (bidireccional) y que se apliquen bajos niveles de cizallamiento al agua bombeada. Las cavidades se reducen hacia sus extremos y se superponen con sus vecinos.

En general, el flujo de pulsos es causado por la llegada de cavidades a la salida. Una bomba de este tipo generalmente consiste en un rotor helicoidal aproximadamente diez veces más largo que su ancho. Esto se puede visualizar como un núcleo central de diámetro, típicamente con una espiral curvada enrollada alrededor de un grosor de la mitad del diámetro del núcleo central, aunque en realidad, se fabrica en una sola pieza fundida. Este eje generalmente encaja dentro de un manguito de goma resistente de espesor de pared

típicamente alrededor del diámetro del núcleo central. A medida que el eje gira, el rotor empuja gradualmente el agua hacia arriba del manguito de goma. Tales bombas pueden desarrollar una presión muy alta en volúmenes bajos. Estas bombas son a menudo referidas por sus fabricantes específicos o nombres de productos. (Spellman, 2016, pp. 147-150)

Una bomba de cavidad progresiva consiste en un rotor helicoidal y una hélice gemela dos veces la longitud de onda y el doble del diámetro del orificio helicoidal en un estator de goma. El rotor sella herméticamente contra el estator de goma, mientras gira, formando un conjunto de cavidades de tamaño fijo en el medio. Las cavidades se mueven cuando se gira el rotor, pero su forma o volumen no cambia.

El agua bombeada se mueve dentro de las cavidades. El principio de esta técnica de bombeo es frecuentemente mal entendido. A menudo se cree que se produce debido a un efecto dinámico causado por el arrastre o la fricción contra los dientes móviles del rotor de tornillo. En realidad, el bombeo se debe a las cavidades selladas, como una bomba de pistón, y tiene características operativas similares, como poder bombear a caudales extremadamente bajos, incluso a alta presión, lo que revela que el efecto es un desplazamiento puramente positivo. A una presión suficientemente alta, los sellos deslizantes entre las cavidades filtrarán agua, en lugar de bombearla, por lo que al bombear contra altas presiones, una bomba más larga con más cavidades es más efectiva, ya que cada sello solo tiene que lidiar con la diferencia de presión entre cavidades. Existen bombas con entre dos y una docena (o así) de cavidades. Cuando se gira el rotor, gira alrededor de la superficie interior del agujero. El movimiento del rotor es el mismo que en los engranajes más pequeños de un sistema de engranajes planetarios.

Se encuentran disponibles diferentes formas de rotor y relaciones de inclinación del rotor / estator. En funcionamiento, las bombas de cavidad progresiva son fundamentalmente bombas de caudal fijo

como las bombas de pistón, y este tipo de bomba necesita una comprensión fundamentalmente diferente de las bombas centrífugas. Se debe tener mucho cuidado. Dos diseños comunes de estatores son el de "pared igual" y el de "pared desigual". Este último tiene un mayor espesor de pared de elastómero en los picos; el primero tiene un espesor constante de la pared del elastómero y se usa más a menudo para servicios de agua. (Mott, 2006, p. 388)

- **Bombas peristálticas:** Una bomba peristáltica es un tipo de bomba de desplazamiento positivo utilizada para bombear una variedad de servicios de agua. El agua está contenida dentro de un tubo flexible instalado dentro de una carcasa de bomba circular, aunque también se han fabricado bombas peristálticas lineales. Un rotor con "rodillos", "zapatas", "limpiadores" o "lóbulos" unidos a la circunferencia externa del rotor comprime el tubo flexible cuando el rotor gira. La parte del tubo que está bajo compresión está cerrada por compresión (u "ocluye"), lo que obliga a bombear el agua para que se mueva a través del tubo.

Además, a medida que el tubo se abre a su estado natural después de pasar la leva ("restitución" o "resiliencia"), el flujo de agua se induce a la bomba. Este proceso se denomina "peristalsis". Por lo general, habrá dos o más rodillos, o limpiaparabrisas, que ocluyen el tubo, atrapando entre ellos un cuerpo de agua. Luego se transporta, a presión ambiental, hacia la salida de la bomba. Las bombas peristálticas pueden funcionar continuamente, o pueden ser indexadas a través de revoluciones parciales para entregar cantidades más pequeñas de agua.

La cabeza de la bomba peristáltica y los rodillos son de gran diámetro. El diseño de la cabeza asimétrica y las palancas descentradas cargadas por resorte mueven los rodillos de manera gradual y suave, lo que aumenta la vida útil de los tubos y reduce las pulsaciones. La bomba peristáltica ideal debe tener un diámetro

infinito de la cabeza de la bomba y el mayor diámetro posible de los rodillos. Esta bomba peristáltica ideal ofrecería la vida útil más larga posible de la tubería y proporcionaría un caudal constante y sin pulsaciones. Tal bomba peristáltica ideal no puede construirse en la realidad. Sin embargo, las bombas peristálticas pueden diseñarse para abordar estos parámetros ideales de la bomba peristáltica. El agua entra en contacto solo con la superficie interior de la tubería, lo que anula la preocupación por otras válvulas, juntas teóricas o sellos que podrían ser incompatibles. Por lo tanto, solo se considera la composición de la tubería por la que viaja el medio bombeado para cada servicio de agua específico. El tubo debe ser elastomérico para mantener la sección transversal circular después de millones de ciclos de compresión en la bomba. (Escobedo, 2015, pp. 1-4)

Cálculo de HP para bombas trifásicas

Para poder determinar los caballos de fuerza de cualquier motor eléctrico 3F, podemos contar con la siguiente fórmula. (ROLDÁN VILORIA, 2019, p. 323)

$$\frac{(v \cdot I \cdot Eff)}{746}$$

Donde:

V: voltaje

I: corriente

Eff: eficiencia

## 2.9 Presostato

Es un dispositivo pequeño e importante que permite la seguridad y el control de muchos entornos diferentes. Funciona como un dispositivo a prueba de fallas para evitar que ocurra cualquier cantidad de incidentes, ya sea midiendo la cantidad de presión aplicada y reaccionando o simplemente proporcionando una manera de disminuir o aumentar diferentes tipos de presión. Un interruptor de presión se usa típicamente junto con alguna forma de líquido, gas, vapor o electricidad. Un interruptor de presión manual es

simplemente como un interruptor de luz que una persona tiene que caminar para encender o apagar. Un interruptor de presión automático detecta cuando el nivel de presión es demasiado alto o bajo. Puede responder sin la necesidad de ayuda humana. Un interruptor de presión puede abrir los compartimientos para dejar salir vapor o aire. Podría apagar una máquina. Cualquiera que sea la acción establecida que evitará daños humanos o financieros para el escenario particular, es la función del interruptor de presión.

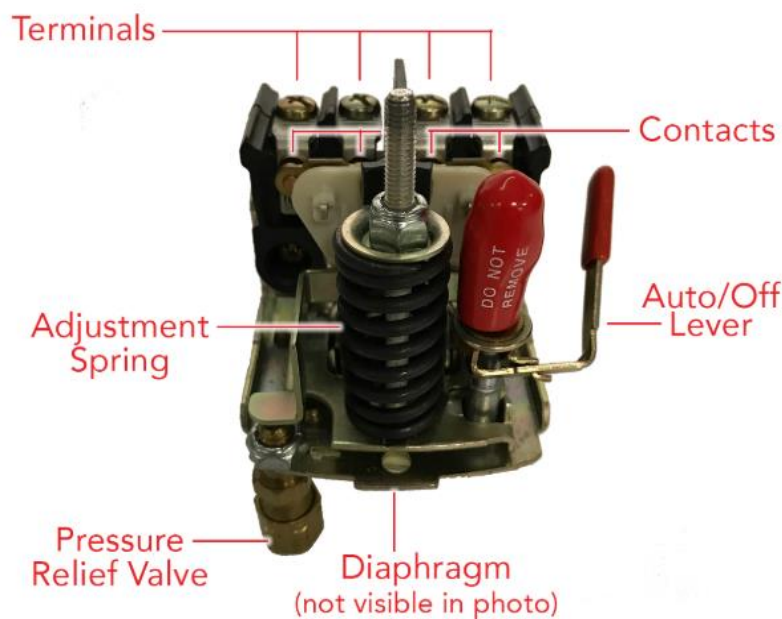


Figura No. 18 Partes de un presostato  
Fuente: (Rolair Systems, 2017)

- Palanca automática / de apagado (o perilla)  
La palanca (o botón, en algunos casos) se utiliza para separar manualmente los contactos. Siempre debe girarse a la posición "apagado" antes de enchufar o desenchufar el compresor de aire.
- Terminales  
Los terminales son los puntos donde los cables de alimentación entrante y saliente están conectados al interruptor de presión.
- Contactos  
Los contactos, que están hechos de un material conductor (90% de plata, 10% de níquel), se utilizan para completar el circuito eléctrico y

permitir la alimentación del motor. Cuando está separado, el circuito está roto y el motor se apagará.

➤ Diafragma

El diafragma está hecho de un material flexible que empuja contra el bloque a medida que aumenta la presión del aire. Cuando se alcanza la presión de "corte" especificada, los contactos se separan y apaga el motor.

➤ Válvula de alivio de interruptor de presión

La válvula de alivio del interruptor de presión, que se encuentra en la base del interruptor de presión, está conectada a la parte superior de la válvula de retención con un tubo de cobre o nylon. Cuando los contactos del interruptor de presión se separan, una palanca acciona esta válvula para liberar la presión que quedó atrapada entre la bomba y la válvula de retención.

➤ Ajuste de primavera (s)

El resorte de ajuste se usa para aumentar y disminuir los ajustes de presión de corte y corte. Algunos interruptores de presión tienen un resorte secundario (generalmente más pequeño que el resorte primario) que ajustará la presión de corte sin afectar la configuración de corte. (Rapin & Jacquard, 2006, pp. 521-530)

## 2.10 Boyas

En el pasado, los interruptores de flotador antiguos funcionaban abriendo y cerrando contactos secos para enviar señales eléctricas que activaban una alarma de nivel bajo de agua. Usaron interruptores de láminas magnéticas que completarían el circuito una vez que el flotador alcance su punto más bajo en el agua (o cuando el tanque de almacenamiento esté vacío). El imán se desconectaría una vez que el agua alcance nuevamente el nivel adecuado, abriendo el circuito nuevamente. Estos antiguos interruptores de flotador no tenían muchas operaciones y debían ser reemplazados cada 3 años aproximadamente, lo que los hacía más caros de mantener. Las boyas encargadas de control de nivel de líquidos funcionan de manera que el



flotador y el flotador trabajan de manera conjunta para la detección del nivel de agua. Los interruptores de flotador y los controles de nivel de agua generalmente comienzan cerrados, lo que significa que no hay alarmas que deban activarse porque el nivel de agua está a la altura predeterminada. (Sánchez, 2003, pp. 60-62)

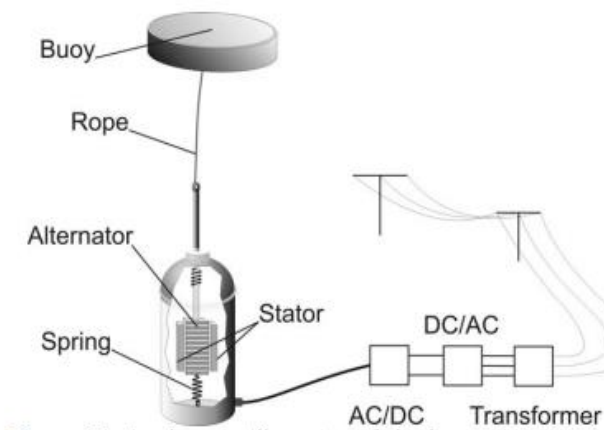


Figura No. 19 Funcionamiento de boya para el control de nivel de líquidos  
Fuente: (Water Level Controls, 2016)

## 2.11 Normativa Ambiental

En lo que corresponde a la normativa que previene la contaminación del agua, y los permisos respectivos de descarga de aguas residuales en vertientes del país, se dispone bajo el capítulo II de la prevención y control de la contaminación de las aguas, bajo el artículo 6, que cualquier descarga de aguas residuales que se requiera por uso industrial este sujeto a la normativa técnica y regulaciones descritas. Estas estipulaciones quedan bajo la Ley de prevención y control de la contaminación ambiental, actualmente vigente. (Ley de Gestión Ambiental, 2012, p. 287)

En lo que corresponde a los criterios de calidad para el uso de agua en el sector industrial, específicamente para lo que es la descarga de efluentes se sugiere interpretar el 4.2 de los Criterios Generales para la Descarga de Efluentes establecido en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Lexis S.A., 2010)

## 2.12 Controlador Lógico Programable- PLC

Un PLC es una computadora digital de nivel industrial diseñada para realizar funciones de control, especialmente para aplicaciones industriales. La mayoría de los PLC actuales son modulares, lo que permite al usuario agregar una variedad de funciones que incluyen control discreto, control analógico, control PID, control de posición, control de motor, comunicación en serie y redes de alta velocidad. En comparación con las tecnologías más antiguas, el PLC es más fácil de solucionar, más confiable, más económico y mucho más versátil. (Salazar & Arango, 2017, pp. 11-12)

Los componentes de hardware de un sistema PLC son CPU, memoria, entrada / salida, unidad de fuente de alimentación y dispositivo de programación. A continuación, se muestra un diagrama de la descripción general del sistema de PLC.

- **CPU:** sigue controlando el controlador PLC para evitar errores. Realizan funciones que incluyen operaciones lógicas, operaciones aritméticas, interfaz de computadora y muchas más.
- **Memoria:** la CPU utiliza los datos fijos. El sistema (ROM) almacena los datos permanentemente para el sistema operativo. La RAM almacena la información del estado de los dispositivos de entrada y salida, y los valores de los temporizadores, contadores y otros dispositivos internos.
- **Sección de E / S:** la entrada mantiene una pista en los dispositivos de campo que incluye sensores e interruptores.
- **Sección O / P:** La salida tiene un control sobre los otros dispositivos que incluye motores, bombas, luces y solenoides. Los puertos de E / S se basan en una computadora con conjunto de instrucciones reducido.

- **Fuente de alimentación:** algunos PLC tienen una fuente de alimentación aislada. Pero, la mayoría de los PLCs funcionan a 220VAC o 24VDC.
- **Dispositivo de programación:** este dispositivo se utiliza para introducir el programa en la memoria del procesador. El programa se alimenta primero al dispositivo de programación y luego se transmite a la memoria del PLC. (Maloney, 2006, pp. 76-86)

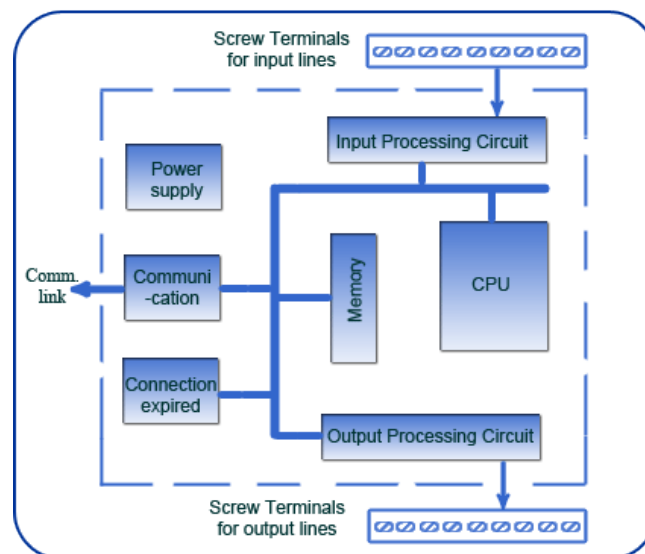


Figura No. 20 Partes de un PLC  
Fuente: (Mary, 2017)

- **Buses del sistema:** los buses son las rutas a través de las cuales la señal digital fluye internamente desde el PLC. Los cuatro buses del sistema son:
  - ✓ El bus de datos es utilizado por la CPU para transferir datos entre diferentes elementos.
  - ✓ El bus de control transfiere las señales relacionadas con la acción que son controladas internamente.
  - ✓ El bus de direcciones envía las direcciones de la ubicación para acceder a los datos.
  - ✓ El bus del sistema ayuda al puerto de E / S y la unidad de E / S a comunicarse entre sí.

El programa está escrito en una computadora y se descarga al PLC mediante un cable. Estos programas cargados se almacenan en la memoria no volátil del PLC. Durante la transición de los paneles de control de relé a PLC, la lógica de relé cableada se intercambió por el programa alimentado por el usuario. Se creó un lenguaje de programación visual conocido como Ladder Logic para programar el PLC. (Soria, 2018, pp. 16-20)

### **2.12.1 Antecedentes del PLC**

Los primeros controladores lógicos programables fueron diseñados y desarrollados por Modicon como un servicio de relevo para General Motors y Landis. Después de que se formaran los primeros controladores lógicos, su evolución se desarrolló de la siguiente manera:

- Estos controladores eliminaron la necesidad de volver a cablear y agregar hardware adicional para cada nueva configuración de lógica.
- El nuevo sistema incrementó drásticamente la funcionalidad de los controles al tiempo que reduce el espacio del gabinete que albergaba la lógica.
- El primer PLC, modelo 084, fue inventado por Dick Morley en 1969.
- El primer PLC comercial exitoso, el 184, se introdujo en 1973 y fue diseñado por Michael Greenberg.

### **2.12.2 Generalidades de un PLC**

Hay cuatro pasos básicos en la operación de todos los PLC; Escaneo de entrada, escaneo de programa, escaneo de salida y limpieza. Estos pasos tienen lugar continuamente en un bucle de repetición.

- **Escaneo de entrada:** Detecta el estado de todos los dispositivos de entrada que están conectados al PLC.
- **Exploración del programa:** Ejecuta la lógica del programa creado por el usuario.

- **Exploración de salida:** Energiza o desenergiza todos los dispositivos de salida que están conectados al PLC.
- **Servicio de limpieza:** Este paso incluye comunicaciones con terminales de programación, diagnósticos internos, etc. (Bollaín Sánchez, 2019, pp. 430-435)

### 2.12.3 Tipo de lenguaje de programación

Si bien Ladder Logic es el lenguaje de programación de PLC más utilizado, no es el único. La siguiente tabla enumera algunos de los idiomas que se utilizan para programar un PLC.

Tabla 1 2.1 Lenguajes de programación

DESCRIPCION	TIPO DE LENGUAJE
Diagrama en escalera	Gráfica
Funtion Block Diagram	Gráfico
Structured Text	Texto
Instruction list	Ensamblador
Sequential Function Chart	Programación de bloques

Fuente: Autor

- **Diagrama de escalera (LD):** La lógica de escalera tradicional es un lenguaje de programación gráfico. Inicialmente programada con contactos simples que simulaban la apertura y el cierre de los relés, la programación de Ladder Logic se ha ampliado para incluir funciones como contadores, temporizadores, registros de cambios y operaciones matemáticas.(Bhatnagar, 2015, pp. 7-8)

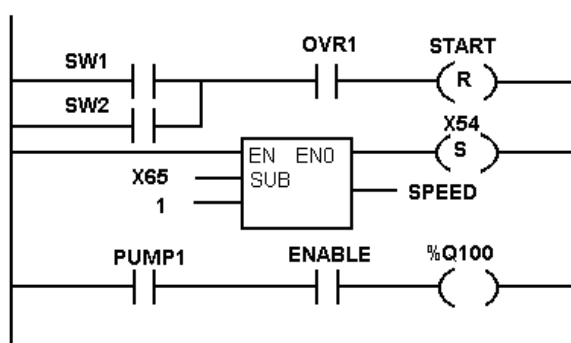


Figura No. 21 Ejemplo de programación tipo escalera  
Fuente: (AMCI, 2017)

- **FBD – Function Block Diagram:** Un lenguaje gráfico para representar flujos de señales y datos a través de bloques de funciones reutilizables. FBD es muy útil para expresar la interconexión de algoritmos y lógica del sistema de control. (Hanssen, 2015, p. 262)

```

If Speed1 > 100.0 then
    Flow_Rate := 50.0 + Offset_A1;
Else
    Flow_Rate := 100.0; Steam := ON;
End_If;

```

Figura No. 22 Ejemplo de FBD  
Fuente: (AMCI, 2017)

- **ST – Structured Text:** Un lenguaje de texto de alto nivel que fomenta la programación estructurada. Tiene una estructura de lenguaje (sintaxis) que se parece mucho a PASCAL y admite una amplia gama de funciones y operadores estándar. (Hanssen, 2015, p. 278)

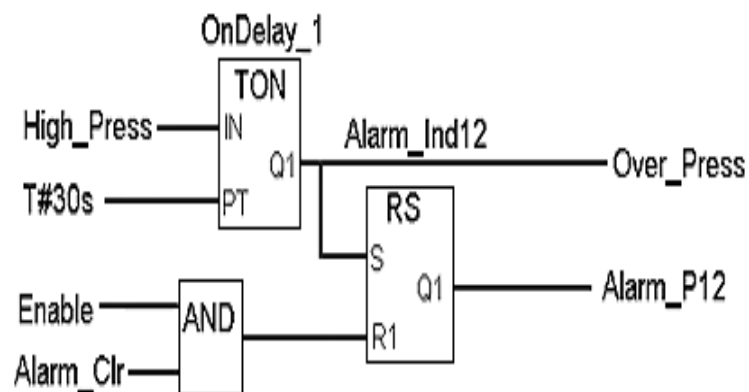


Figura No. 23 Ejemplo de texto estructurado  
Fuente: (AMCI, 2017)

- **IL – Instruction List:** Un lenguaje de "ensamblador" de bajo nivel que se basa en instrucciones similares enumera los idiomas que se encuentran en una amplia gama de PLC de hoy.

```

LD R1
MPC RESET
LD PRESS_1
ST MAX_PRESS
RESET: LD 0
ST A_X43

```

Figura No. 24 Ejemplo de lista de instrucción  
Fuente: (AMCI, 2017)

- **SFC – Sequential Function Chart:** es un método de programación de sistemas de control complejos a un nivel más altamente estructurado. Un programa SFC es una descripción general del sistema de control, en el que los bloques de construcción básicos son archivos de programa completos. Cada archivo de programa se crea utilizando uno de los otros tipos de lenguajes de programación. El enfoque de SFC coordina tareas de programación grandes y complicadas en tareas más pequeñas y manejables. (Liptak, 2018, p. 946)

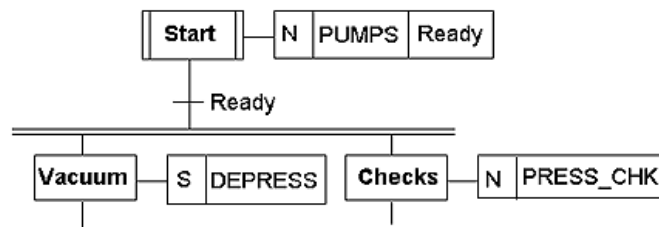


Figura No. 25 Ejemplo de programación en bloques  
Fuente: (AMCI, 2017)

### CAPITULO III

## CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO

Para la construcción el sistema de bombeo automatizado se procede a realizar un esquema del funcionamiento por medio de diagrama de bloques para tener un mejor entendimiento de cuáles son los pasos para seguir dentro del sistema, y de este modo poder determinar todos los equipos y elementos necesarios para poder hacer la implementación de estos.

### 3.1 Planta de tratamiento de aguas residuales en Guayaquil



Figura No. 26 Ubicación geográfica de Planta Industrial Cárnica  
Fuente: Google Maps

Como primera instancia se procede a hacer un levantamiento del sistema de tratamiento de agua residual existente, para poder determinar qué elementos se pueden reutilizar para poder hacer el acople necesario para poder implementar nuestro sistema de bombeo.

En lo que corresponde al estado actual del proceso de levantamiento de aguas residuales dentro de la planta mencionamos los siguientes elementos que se encuentran funcionando.

Estos elementos actualmente se encuentran en la planta, pues que no cumplen funciones dentro del nuevo sistema propuesto. Sin embargo,



también se detallará cuáles son los nuevos equipos que se proponen para el proceso de reutilización.

Una vez realizado el levantamiento en el Centro Industrial Cárnico de Guayaquil, se concluye que, para hacer la adaptación del sistema automatizado de bombeo para reusar las aguas residuales encontradas en la vertiente de la planta, se debe tener en cuenta que los elementos presentes actualmente se deben cambiar para poder tener un mejor control sobre los nuevos equipos que estarán a cargo del proceso de tratamiento de agua y el proceso de reúso.

Actualmente, el proceso de tratamiento de agua consiste en la puesta en marcha del proceso teniendo como primer paso la apertura de un puerto de bombeo, la misma que da la entrada a las aguas residuales de la planta. Una vez realizado esta parte del proceso, se inicia la parte de la puesta en marcha del sistema de bombeo 1. Este sistema de bombeo es el que va a recibir dentro de una vertiente aguas que provienen de la elaboración de los diferentes productos que se fabrican en la planta, así como las aguas de empaque y las aguas de producción. Una vez que se hace la recepción de las aguas de forma temporizada.

La siguiente etapa tiene como propósito realizar los procesos finales para llevar el producto tratado al Rio Guayas. La primera parte de este proceso es llevar el agua que proviene de la caja de registro a una cisterna de homogenización. Cuando este proceso se haya realizado con éxito, de forma manual se lleva las aguas tratadas al tanque de flotación de aire disuelto el contenido hacia los tanques de aireación y luego a los tanques de sedimentación donde estarán en el proceso de clarificación para que este tenga un último proceso el cual sería llegar el agua tratada hacia el vertedero donde la cloración del agua es el último paso de tratamiento dentro de este proceso. Una vez que se haya determinado que todo el ciclo se haya cumplido, finalmente se transporta todo este contenido hacia el Rio Guayas por medio de un sistema de bombeo.

### 3.2 Diagnóstico del sistema actual

Con este cambio se logrará mejorar el manejo y el sistema de bombas y tableros creando una ventana de beneficios en la operación; y una rentabilidad en el costo ya que con el diseño anterior se tenían falencias, y pérdidas por desgaste mecánico y afectación en el rendimiento, durante las horas de trabajo y por el incremento de la producción semanal y el tiempo que dura por cada mantenimiento preventivo-correctivo programado, ver tabla en anexos del plan de mantenimiento correctivo- preventivo programado.

Se consideran varios puntos de vista del operador de la planta de tratamiento de cómo debería trabajar el sistema de automatización y se determina lo siguiente:

- **Fuentes primarias:** Se realizan reuniones con el supervisor y se expresa todo lo consultado en el área de mantenimiento, como se debe realizar el plan para lograr la implementación sugerida. Además se analizaron indicadores de tiempos cuando el efluente descarga agua hacia el río,
- **Trabajo de campo:** Se define las actividades con el apoyo del personal técnico de como armar el circuito eléctrico considerando su experiencia, con el fin de determinar su duración del nuevo procedimiento a implementar.



Figura No. 27 Tablero de control de fuerza sistema de bombeo antiguo

Tabla 2 3.1 Elementos encontrados en el levantamiento inicial





Situación inicial	Ubicación	Fotos
Breaker principal	Tablero antiguo	
Guardamotores	Tablero antiguo	
Contactores	Tablero antiguo	
Pulsadores On-Off	Tablero antiguo	
Selector de 3 posiciones	Tablero antiguo	

Tabla 3 3.2 Dispositivos encontrados en el levantamiento inicial

Situación inicial	Ubicación	Fotos
Luces pilotos	Antiguo tablero	
Sensor de nivel	en el sitio de la bomba	

Durante todo el proceso de revisión del sistema actual se observa el estado actual de todo el sistema tanto en la parte de control y de fuerza, Sin embargo debido al paso del tiempo de trabajo, se detectan complicaciones en su uso afectando la vida útil; el tipo de material y las condiciones donde se encontraba el tablero lo estaba deteriorando por lo que se tuvo que realizar cambios de ubicación a un nuevo tablero en un lugar donde se encuentra protegido de los efectos ambientales.

### 3.3 Propuesta de automatización.

Como podemos ver en la figura 28, el diagrama de flujo del proceso de tratamiento de aguas residuales se define en una última instancia que sería el de desalojo de aguas hacia el Rio Guayas. Partiendo de este hecho, lo que se desea hacer en este caso es agregar un proceso extra para la reutilización de las aguas residuales que se encuentran dentro de la planta para poder utilizar en los servicios auxiliares que corresponden a otros procesos internos.

Para poder determinar el alcance de este proyecto es preciso saber cuál será el recorrido del agua desde la instancia del tratamiento hasta el nuevo sistema de bombeo automatizado y cual serían los elementos necesarios para poder realizar esta adaptación a un proceso que ya está en funcionamiento. El propósito de hacer un levantamiento como parte principal

del proyecto era el de ayudarnos a determinar qué elementos existentes en la planta pueden servirnos para el nuevo proceso.

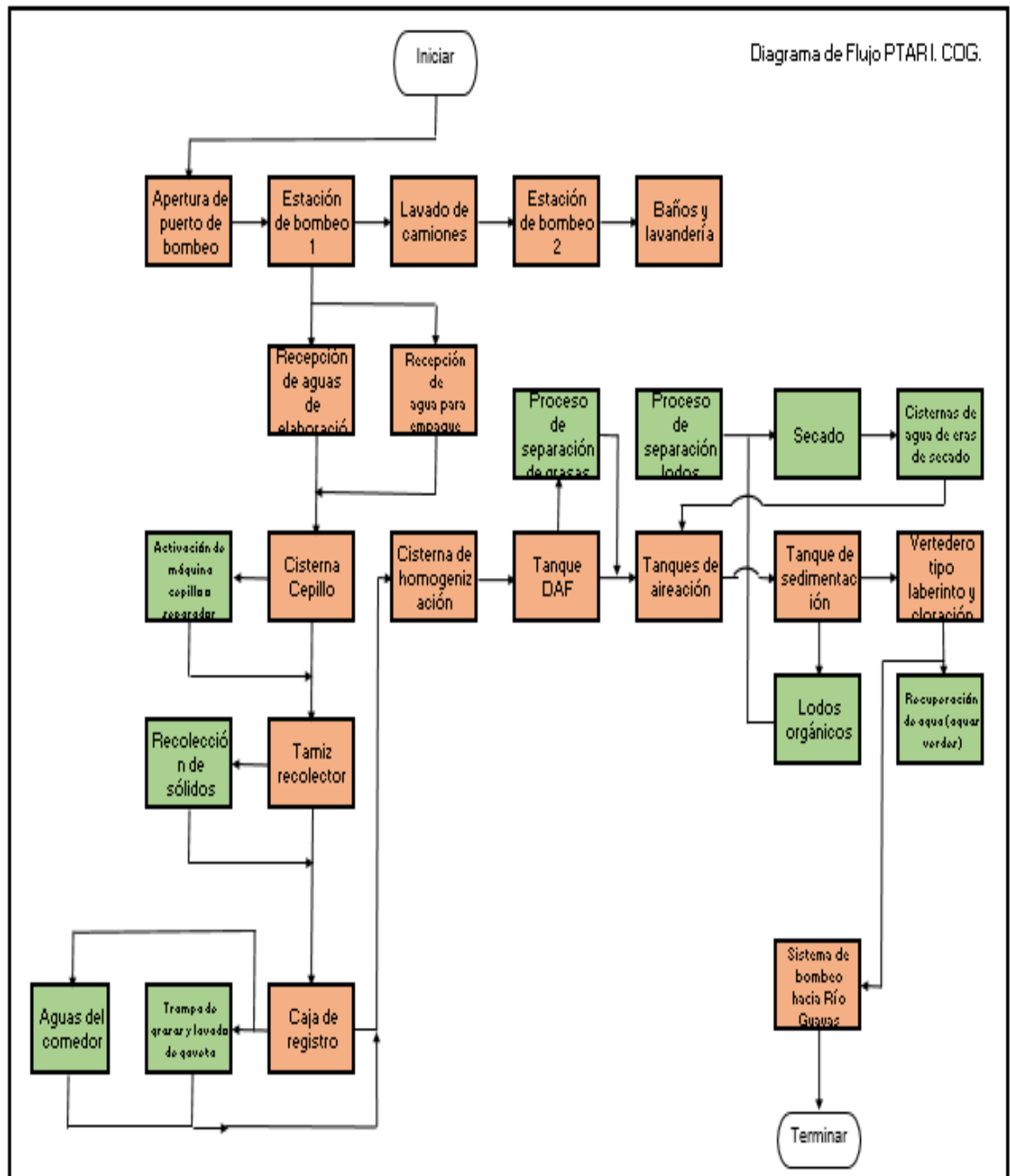





Figura No. 28 Diagrama de flujo PTAR I

Estos elementos actualmente se encuentran en la planta, pues que cumplen funciones dentro del nuevo sistema propuesto. Sin embargo, también se detallará cuáles son los nuevos equipos que se proponen para el proceso de reutilización.

Tabla 4 3.3 Equipos encontrados en el levantamiento inicial

Nombre	Descripción	Foto
Tablero	Tablero de control de bombas para planta de tratamiento de aguas residuales	
Bomba 10 HP	Bomba para transporte de aguas residuales hacia vertedero	
Bomba 10 HP	Bomba para transporte de agua tratada hacia Rio Guayas	

Una vez realizado el levantamiento en el Centro Industrial Cárnico de Guayaquil, se concluye que, para hacer la adaptación del sistema automatizado de bombeo para reusar las aguas residuales encontradas en la vertiente de la planta, se debe tener en cuenta que los elementos presentes actualmente se deben cambiar para poder tener un mejor control sobre los nuevos equipos que estarán a cargo del proceso de tratamiento de agua y el proceso de reúso.

Actualmente, el proceso de tratamiento de agua consiste en la puesta en marcha del proceso teniendo como primer paso la apertura de un puerto de bombeo, la misma que da la entrada a las aguas residuales de la planta. Una vez realizado esta parte del proceso, se inicial la parte de la puesta en marcha del sistema de bombeo 1. Este sistema de bombeo es que el que va

a recibir dentro de una vertiente aguas que provienen de la elaboración de los diferentes productos que se fabrican en la planta, así como las aguas de empaque y las de producción. Una vez que se hace la recepción de las aguas de forma temporizada.

Una vez que se completa el llenado del tanque con las aguas de elaboración las de empaque se lleva este producto a una cisterna cepillo, la cual tiene un subproceso en la cual se activa la maquina cepillo o separador de residuos sólidos. Con este proceso se tiene en cuenta que una de las partes fundamentales dentro de las plantas de tratamiento de aguas residuales tiene que propósito liberar agua hacia los ríos con la menor cantidad de sólidos y residuos. Una vez terminado este proceso, se lleva el agua tratada a una segunda fase la cual es el tamiz recolector.

Dentro de este proceso se tiene en cuenta que las siguientes fases son químicas, lo que corresponde a la caja de registro en esta etapa se considera que las aguas provenientes de los procesos anteriores están sujetas a reacciones químicas cumpliendo dos fases: la primera consiste en una trampa de grasas y la segunda en el lavado de las gavetas. Cuando en la planta se ha finalizado con los requerimientos del sistema, se pasa a la etapa final.

Hay otros aspectos del proyecto que también son importantes resaltarlos. Entre estos aspectos necesarios para la implementación de nuestro sistema de bombeo automatizado es el número de bombas necesarias para que nuestro sistema funcione y el recorrido del agua para poder determinar distancias y abaratar costos del proyecto con respecto al cableado de los equipos.

Como podemos ver en la figura 29, tenemos el recorrido del agua que se requiere en la planta, y partiendo de este esquema podemos determinar los equipos necesarios para implementar nuestro proyecto.

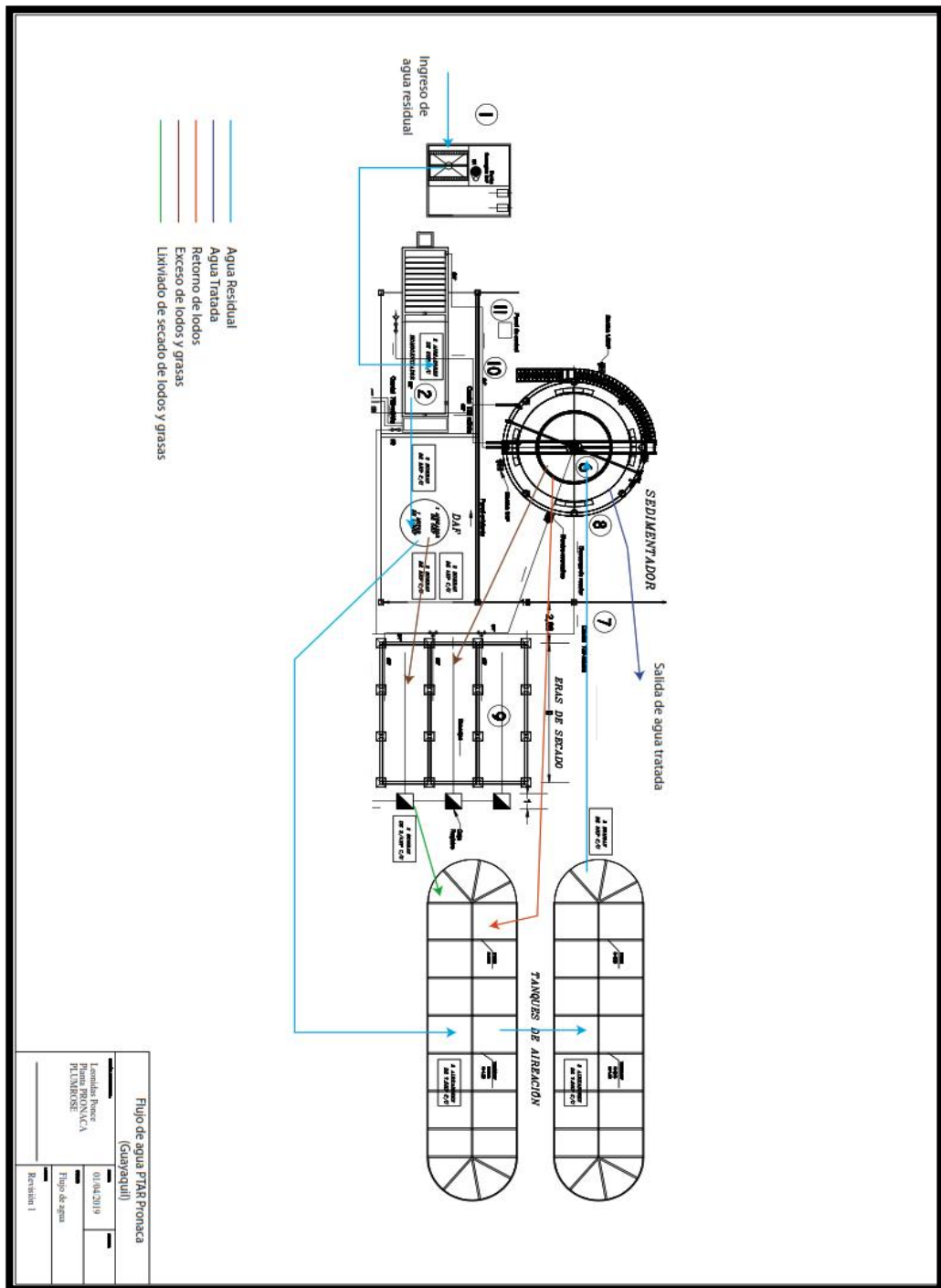


Figura No. 29 Flujo del sistema de reutilización de aguas residuales

Uno de los elementos más importantes del proyecto, es la automatización de las bombas que se requiere colocar en la planta para poder transportar las aguas residuales desde un vertedero hasta el río Guayas, así como el transporte de las aguas no tratadas provenientes de la



planta hasta el tanque de sedimentación, tal cual como se lo explica en la figura anterior.

### 3.4 Sistema propuesto para reutilizar las aguas residuales

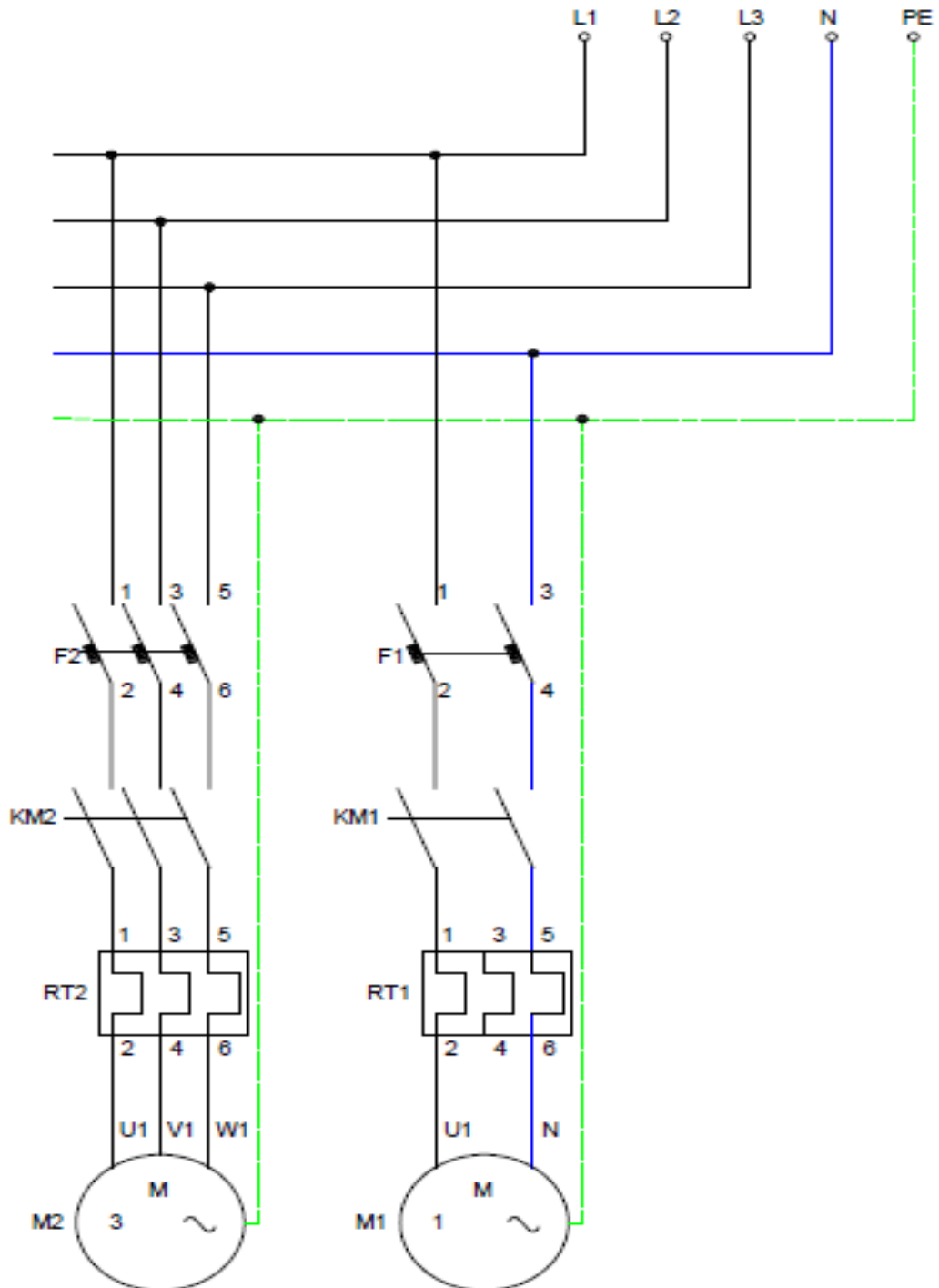


Figura No. 30 Diagrama de Fuerza de las bombas

En la tabla 5, se detallan todos los materiales eléctricos que se necesitan para el nuevo sistema de bombeo en lo que corresponde al

circuito de fuerza, en este caso los elementos son relativamente nuevos, ya que el sistema anterior no era automatizado y para poder satisfacer el alcance de este proyecto es necesario incluirlos en el nuevo proceso.

En el proyecto se utilizaron las bombas que se mencionan en los ítems 2 y 3 pertenecientes al sistema anterior con lo cual se les realizó el mantenimiento correctivo pertinente a las turbinas cambiando el sello mecánico y los rodamientos del motor a cada una de ellas dejándolas en perfecto estado de funcionamiento para que cumplan a cabalidad el nuevo proceso.

Tabla 5 3.4 Elementos del circuito de fuerza del sistema de bombeo

ITEM	NOMBRE
1	Alimentación 440V
2	Bomba para vertedero
3	Bomba para agua recuperada
4	Contactador B1
5	Contactador B2
6	Relé térmico B1
7	Relé térmico B2
8	Breaker para bomba vertedero
9	Breaker para bomba nueva

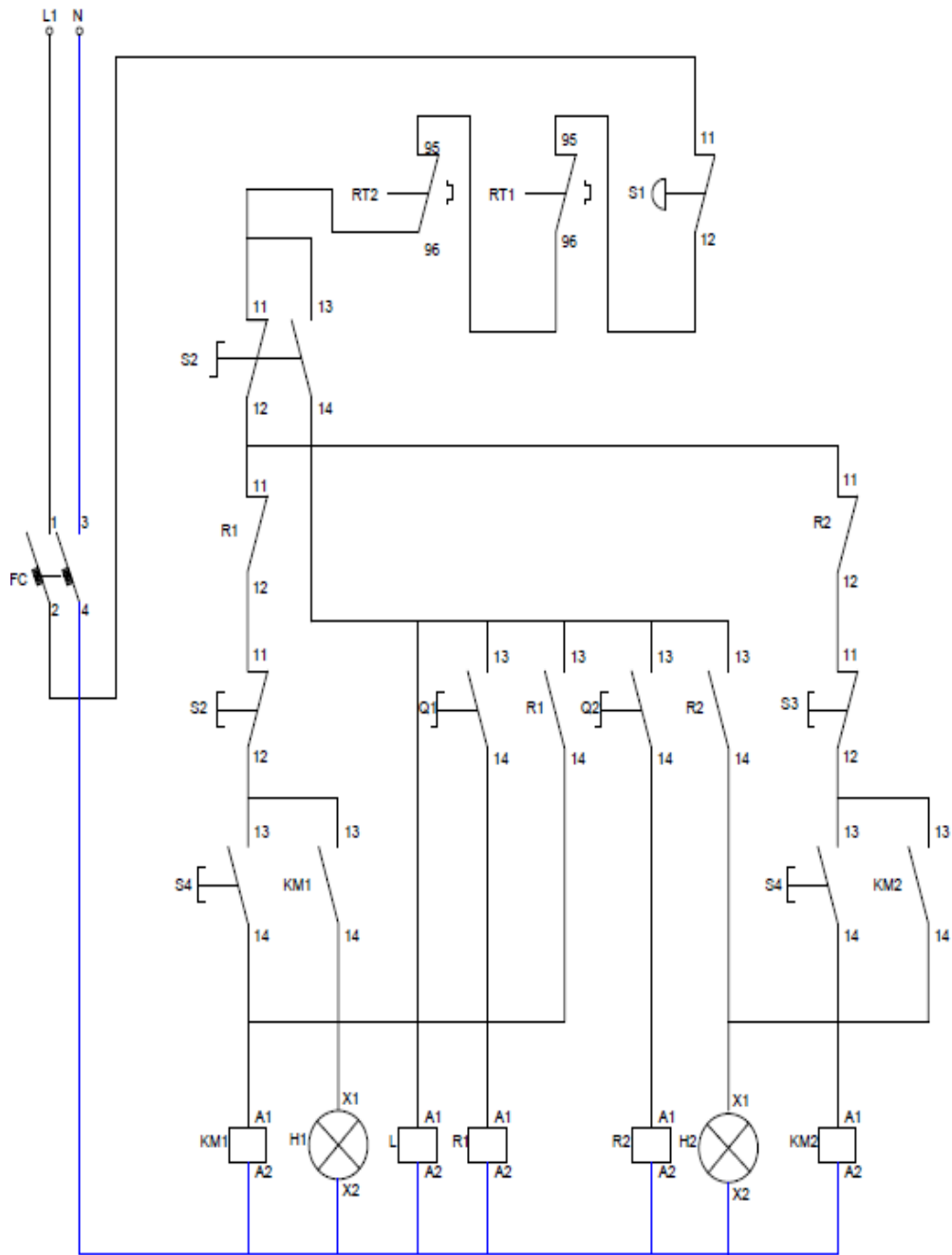


Figura No. 31 Circuito de Control automático de las bombas

En la tabla 6, se enumeran los materiales que se utilizarán en el nuevo sistema de bombeo que corresponde al circuito de control, todos estos elementos se los incluirá en un tablero de 60x40x20 cm, que se lo ubicará en el nueva infraestructura cerca del tablero principal donde el operador pone en marcha todo el sistema de tratamiento de las aguas residuales.

Tabla 6 3.5 Elementos de circuito de control del sistema de bombeo

ITEM	NOMBRE	DESCRIPCION
1	Pulsadores	Pulsador de emergencia Pulsador NC Stop (B1) Pulsador NC Stop (B2) Pulsador NO Start (B19) Pulsador NO Start (B20)
2	Contacto relé	Contacto relé 1 NC (RT1) Contacto relé 1 NC (RT2) Contacto relé 1 NC Contacto relé 2 NC Contacto NO (R1) Contacto NO (R2)
3	Bobinas	Bobina (B1) Bobina (B2) Bobina relay (R1) Bobina relay (R2)
4	Leds	Led B1 Led B2
5	PLC	Controlador del nuevo sistema de bombeo
6	Breaker	Control del sistema
7	Presostato	Dispositivo de seguridad

En el proyecto se utilizaron los siguientes conductores de acuerdo a la potencia instalada de los motores para ser proyectados adecuadamente se sugieren 3 opciones básicas, mismas que se las detalla a continuación:

- **La potencia instalada:** es la carga eléctrica total (en vatios) que tiene un sistema o un circuito eléctrico si todos los aparatos que están instalados se ponen en funcionamiento a la misma vez.
- **El coeficiente de simultaneidad:** es la diferencia entre la potencia eléctrica máxima entregada en una instalación eléctrica, y la

sumatoria de las potencias nominales de todos los receptores conectados a ella.

En esta instalación se referencian los requisitos mínimos para las acometidas de los motores los cuales son:

- Estabilizar las tensiones en la instalación.
- Separar eléctricamente los circuitos de las bombas de acuerdo a las características de arranque de las mismas.

Tabla 7 3.6 Placa de Valores de la bomba 10 HP

Valores	Simbología
380 – 420	V
60	Hz
1790	RPM
0,90	Kw
17,4	Amp
88,5	Cos $\Phi$

Tabla 8 3.7 Placa de Valores de la bomba de 2 HP

Valores	Simbología
115 – 230	V
60	Hz
3450	RPM
25 – 12,5	Amp

Para realizar el cálculo del calibre del conductor para la acometida de la bomba de 10 HP, se utilizarán los siguientes valores:

HP = 10

V = 420

n = 0,8

FP = 0,885

Fórmula:

$$I = \frac{HP * 746}{Raíz(3)*V*n*FP} = \frac{10 * 746}{(1,7320)(420)(0,8)(0,885)} = 14,33 \text{ Amp}$$

Calibre del conductor: 10 AWG

Para realizar el cálculo del calibre del conductor para la acometida de la bomba de 2 HP, se utilizarán los siguientes valores:

HP = 2

V = 220

n = 0,82

FP = 0,88

Formula:

$$I = \frac{HP * 746}{V * n * FP} = \frac{2 * 746}{(220)(0,82)(0,88)} = 9,39 \text{ Amp}$$

Calibre del conductor: 14

Una de las partes más importantes de este proceso son la programación y los equipos que corresponden a la parte de sincronización de todo el sistema como tal.

### 3.5 Ubicación del sistema de bombeo en planta de tratamiento

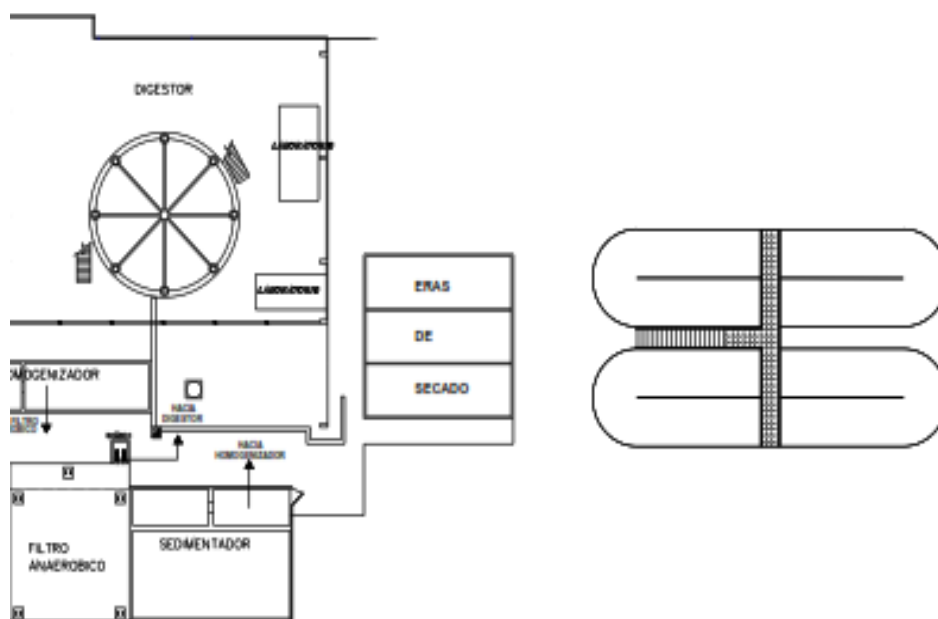


Figura No. 32 Ubicación de los equipos del nuevo sistema de bombeo

Como se aprecia en la figura anterior, cuando se elabora el diseño para el flujo de agua y la utilización de los diferentes elementos actuadores de nuestro proyecto, necesitamos tener una idea de las distancias reales y el número de elementos utilizados para nuestro sistema de bombeo automatizado.

Lo que se destaca del esquema, es que se refiere a las diferentes fases de tratamiento de aguas residuales, que después serán contenidas dentro de una cisterna en la cual será nuestro punto de partida para proceder con el resto de los procesos necesarios para culminar la fase, que es el alcance final del proyecto.

El diseño expuesto abarca la posición de las dos bombas, que son la parte principal de todo el sistema, con el cual se interactuará junto con los dispositivos de control y de fuerza necesarios para arranques automáticos y manuales requeridos en la planta.

### **3.6 Descripción de equipos utilizados para el proyecto**



Figura No. 33 Bomba para servicios generales

Entre los equipos utilizados en nuestro sistema de bombeo, tenemos los actuadores más importantes que serían las bombas. En nuestra planta, para cumplir con el propósito de este proyecto tenemos una bomba de 10 HP y

otra 2 HP. Ambas cumplen con los requisitos técnicos requeridos para poder transportar el agua residual que produce nuestra planta, y la otra para transportar el agua reutilizada por el proyecto propuesto. Como podemos ver en la figura 3.6, nuestra bomba de vertedero está ubicada en la zona superior de nuestro espacio donde se depositará nuestras aguas residuales.



Figura No. 34 Bomba para vertedero

Esta bomba tiene una capacidad de 2HP.

Como podemos ver en la figura 33, tenemos la bomba de vertedero, el cual tiene una capacidad de 2HP. Estas dos bombas son las que van a formar parte del sistema de bombeo automatizado y los actuadores más importantes en este proyecto.

Para tener un mejor entendimiento de cómo funcionará nuestra propuesta, la bomba de vertedero es la encargada de llevar todas las aguas residuales de la planta hacia una cisterna, donde este se acumulará y el volumen de llenado de nuestra cisterna estará controlado por un medidor. Cuando se alcance el nivel de llenado estimado para este proceso, se procederá a accionar los arranques respectivos para que el agua que se encuentra en este espacio sea llevada hacia los espacios destinados, que se para propósitos de este trabajo lo llamaremos servicios generales o auxiliares.

Estos servicios generales pueden abarcar desde sistemas de riego del jardín, espacios de esparcimiento deportivo, cocina, entre otros.



Para tener un control de nuestro sistema, se puede dividir el proceso eléctrico y otro de control, o también podemos dividirlos en el uso de ambas bombas, que son el corazón del proyecto.

Como se aprecia en la figura 33, el sistema de control del proyecto tiene como característica principal no solamente controlar los accionamientos de ambas bombas, sino además evitar cualquier retraso en el proceso de transporte de aguas residuales con el empleo de los respectivos elementos de protección para los diferentes tableros, para los diferentes elementos actuadores. A continuación, explicaremos todos los dispositivos que abarcan el control del proceso de transporte de aguas residuales desde el vertedero hacia la cisterna, y de la cisterna hacia nuestros servicios generales.

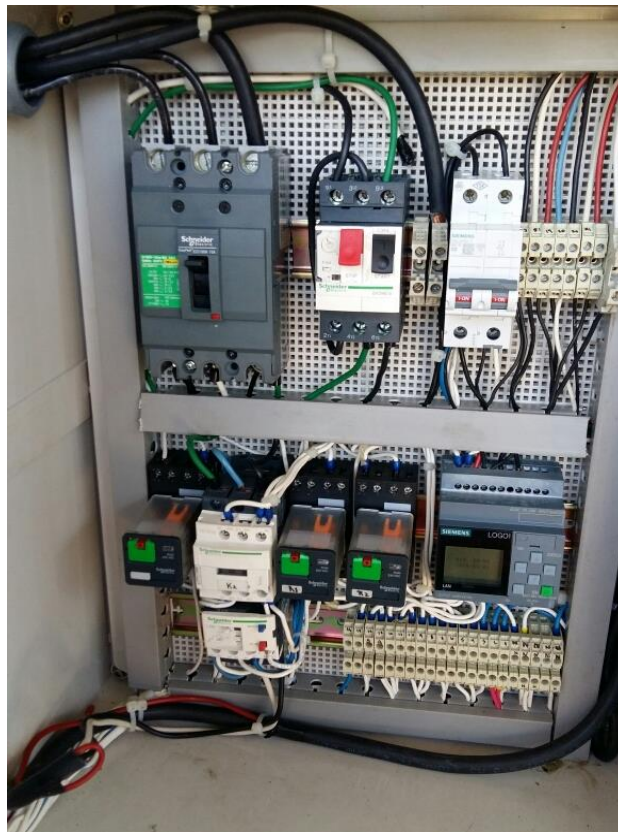


Figura No. 35 Tablero de control del sistema de bombeo automatizado

A continuación se muestra el panel de control principal de todo el sistema de control para bombeo automático que se instala en la planta de

tratamiento de aguas residuales. Aquí se encuentra el arrancador directo para las bombas de 10 HP, del tablero secundario que funciona con el sistema de recuperación de aguas residuales. A partir de este tablero se comienza a estructurar todo el sistema, ya que se necesita un estudio previo de todos los elementos con la que se va a componer nuestro sistema. Como se puede ver en la figura 35, este tablero se compone de un sistema que es manual y automático. Por lo general, los arrancadores manuales sirven a un sistema para proceder con mantenimiento de cualquier tipo. El arrancador para sistema automático nos ayuda a continuar el proceso de reutilización de las aguas residuales presentes en los tanques. Tenemos un conjunto de botoneras que controlan básicamente los procesos de arranque y paro de emergencia del sistema, este último ubicado en la parte central de nuestro tablero.



Figura No. 36 Tablero de control para sistema de bombeo automatizado

La figura 36, corresponde al breaker principal del sistema de bombeo automatizado. Principalmente, se encargará de hacer funcionar el sistema de control programado en logo, y el sistema de sincronización de los relés. Con este dispositivo nos encargamos de interrumpir o abrir el circuito eléctrico como método de protección de los equipos. Este tipo de relés son

capaces de actuar cuando la intensidad de corriente que circula dentro de nuestro sistema varíe de acuerdo a los valores designados en la carga total de nuestros equipos, o en el caso de que ocurra un cortocircuito.

Una vez que se haya determinado el correcto funcionamiento de nuestro sistema procedemos a ubicar todas las protecciones eléctricas necesarias para el proyecto, y de esta manera si existiese una sobrecarga eléctrica o térmica durante el funcionamiento de nuestros equipos, estos dispositivos ayudarán a proteger, los tableros, actuadores y sensores.



Figura No. 37 Breaker principal del sistema de control

Para la instalación de estos equipos en nuestro tablero es necesario tener en cuenta tener el cálculo de carga de todos los actuadores de nuestro sistema, así como sus cargas totales para poder designar todas las protecciones requeridas. Como se ve en la figura 37, las medidas que se toman para proteger nuestro sistema de bombeo, requiere de algunos componentes.



Figura No. 38 Breaker principal del sistema de control

Como se ve en la figura 37, el guardamotor que se está utilizando es un Schneider Electric GV2ME16, el cual tiene una tecnología de disparo térmico-magnético, consta de 3 polos y es controlado por pulsadores. La corriente nominal de este dispositivos es de 14 Amp y la potencia total disipada por polo es de 2.5W. Este guardamotor sirve para protección de nuestra bomba de 2HP que es la que está destinada para nuestro vertedero. Este elemento está colocado en la parte central superior de nuestro tablero de control principal. El siguiente elemento que se encuentra en la parte superior derecha de nuestro tablero principal de control es un breaker para el sistema de control de nuestro proceso.

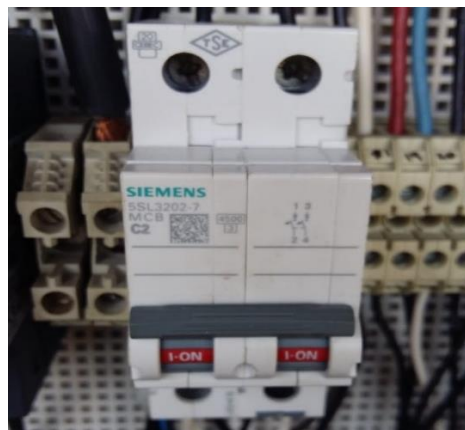


Figura No. 39 Guardamotor, Schneider Electric GV2ME16

Como se observa en la figura 38 este breaker estará a cargo de abrir o cerrar el paso a todos los elementos de control, como por ejemplo relés, bobinas, pulsadores, leds, tablero de arranque para el motor de 10 HP.



Figura No. 40 Breaker de control

En la parte inferior de nuestro tablero de control, podemos notar algunos componentes que son esenciales para el correcto funcionamiento de nuestro proyecto. Se tiene básicamente nuestro elemento principal que es un LOGO 230RC que es el cerebro del proyecto y el que controla los estados de cada componente nuestro LOGO 230RC se monta sobre cualquier tipo de perfil de 35mm x 4mm, se alimenta a 115-230 VDC/VAC, tiene 4 salidas con relé y poder de corte de 10AMP. Además de nuestro logo también tenemos otros componentes de protección importantes.

En la figura 39 tenemos un relé de protección y controla la salida del arranque de la bomba de 10HP, se debe tener en cuenta además que este trabaja en conjunto con el resto de protecciones de nuestro sistema. Este relé va conectado a la bobina de nuestro motor y este a su vez también está conectado a nuestro siguiente elemento.

En la figura 40 se logra ver un dispositivo que está compuesto por dos partes. Este dispositivo que lo hemos nombrado K2, tiene como función principal involucrarse con el arranque directo de la bomba de vertedero. Las

dos componentes de este dispositivo es un contactor de 14AMP y un relé térmico de 13AMP. La bomba de 2HP para el vertedero, hasta este punto consta de tres partes importantes: el guardamotor, el contactor y el relé. Estos dispositivos son los encargados de hacer funcionar y proteger la bomba del primer proceso tal cual como se lo indicó en la primera parte de este capítulo.



Figura No. 41 Dispositivo de protección para arranque de motor 2HP

Los dos últimos elementos de este tablero de control, corresponden a los relé que están nombrados como R1 y R2.



Figura No. 42 Relé de protección para bomba de 10 HP

Como se observa en la figura 42, tenemos este relé de protección, la cual está encargada de controlar la salida del arranque de la bomba de 10 HP.



Figura No. 43 Relé de protección

R2 es un relé encargado de accionar el contactor de la bomba del vertedero, el cual es un sistema de protección del contacto del logo, así, como R1, teniendo en cuenta que ambos son las salidas necesarias para poder conectar el logo a nuestro proyecto, como se aprecia en la figura anterior.

Otra parte importante para nuestro proyecto, son los sensores que se encuentran en puntos claves de la planta. El primero lo podemos ver en la siguiente figura, este es un presostato de seguridad que va conectado a la línea de caudal de salida de la bomba de 10HP, el cual está encargada de transportar el agua residual contenida en la cisterna hacia los sistemas generales de la planta Centro Industrial Cárnico de Guayaquil.

Este presostato es el encargado de apagar todo el sistema en el momento que el cheque de succión de la bomba principal se quede obstruido, presente un mal funcionamiento o exista un daño mecánico.



Figura No. 44 Presostato para bomba de 10HP

Esta bomba está vinculada al transporte de aguas reutilizadas para la parte que corresponde a los servicios generales, tiene un diámetro de succión de 3 pulgadas y salida de 3 pulgadas, como característica general dicha bomba trabaja en paralelo con la bomba de vertedero, mientras la cisterna de servicio generales mantenga la cota apropiada de agua seguirá funcionando hasta que la boya quede en el nivel bajo apagando el sistema y esperando a que la bomba del vertedero envíe nuevamente a realizar el proceso de llenado.



Figura No. 45 Bomba para servicios generales

Una vez terminado con la descripción de la parte de control de nuestro sistema, se procede a dar una breve explicación de nuestro sistema de control de fuerza en nuestro proyecto. La figura 45, es el tablero que



corresponde al control de fuerza de la bomba de 10HP, encargada del transporte de agua recuperada de la planta hacia los servicios generales.



Figura No. 46 Tablero de control de fuerza para el sistema de bombeo

La siguiente sección de los elementos que corresponden al control del sistema de bombeo automatizado, es el sistema de control de fuerza. Para la bomba de 10 HP, se va a necesitar un breaker de 40AMP 3F, y un contactor de 50 AMP. Tomando en cuenta que esta bomba por ser de una capacidad mayor necesita de elementos de fuerza de mayor alcance.

El voltaje de la bomba principal es de 440V, por lo que en el momento de hacer el cálculo de los caballos de fuerza requeridos para llevar las aguas tratadas desde la cisterna hasta los servicios generales, se dedujo que los elementos de protección eléctrica anteriormente mencionado.

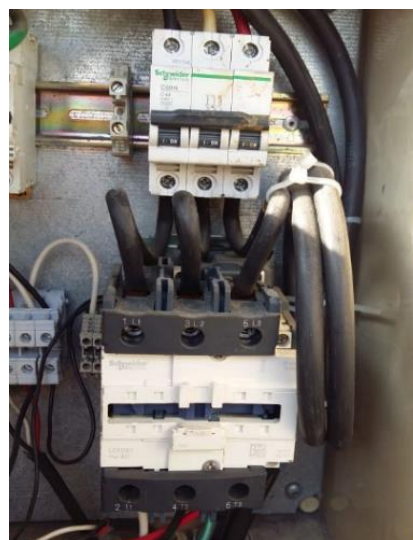


Figura No. 47 Contactor y Breaker para bomba principal

Finalmente, como un elemento adicional, se incluye la boya, la cual actúa como un sensor para la activación de la bomba de 10HP y que se encargará de llevar las aguas localizadas en la cisterna hasta los servicios generales de la planta.



Figura No. 48 Boya de la cisterna de recuperación de aguas residuales

Todo lo explicado anteriormente son todos los elementos que abarcan el sistema propuesto en este trabajo de titulación. Lo que corresponde a partir de este momento, es la sincronización de todos los elementos para que sea autónoma, teniendo en cuenta que también se requiera de un sistema manual para propósitos de mantenimiento.

### **3.7 Sincronización de equipos por medio de LOGO PLC SIEMENS**

Para la sincronización de los equipos puestos en la planta, se acude nuevamente al dispositivo LOGO 230RC, para poder hacer la respectiva programación de nuestros elementos dentro de la planta, debidamente alimentados y de este modo hacer las pruebas necesarias de sincronización.

Para poder llevar a cabo este proceso se procede a consolidar por medio de la LOGO SOFT, la programación propuesta para el proyecto de recuperación de aguas residuales para servicios generales. Para poder desarrollar este programa primero analizamos las variables que tendremos en nuestra propuesta. Además de indicar las entradas y salidas del sistema,

también se debe considerar los bornes en la que podemos identificar las conexiones y estados de nuestro LOGO 230RC.

Como se observa en nuestra figura 48, tenemos programación en bloque dentro de nuestro software LOGO SOFT 8.1 y tenemos las diferentes variables de entrada y salida. A continuación, explicaremos como llegamos a nuestro programa final, explicando cada una de las variables.

### **3.7.1 Presostato de tubería (I1)**

Esta es nuestra primera entrada, asignada por I1 y que va a nuestro bloque NAND con flanco &↓. El propósito de este proceso es que con la evaluación con flancos solo toma el estado 1 todo el bloque en general si al menos una entrada tiene el estado 0, y si todas las entradas estuvieran en 0, pues el bloque me arrojaría un estado en 1. Se permanece de este modo durante un ciclo y debe volver a un estado 0 durante un ciclo mínimo para poder activarlo de nuevo a 1. Si hay entradas vacías (x) se considera el valor de 1.

### **3.7.2 Bomba de agua recuperada-Nivel Alto (I2)**

Esta entrada ingresa a un bloque & de la bomba B001. Esto quiere decir que la función para este bloque tiene como propósito interactuar con la entrada I4 para que se cumpla la salida AND. Recordando las funciones básicas de programación, se recuerda que AND solo toma un estado en 1 si todas las entradas son 1. Es decir que esta entrada junto con I4 debe estar en 1 para poder cerrar el ciclo operativo de la bomba.

### **3.7.3 Bomba de agua recuperada-Nivel Bajo (I3)**

Esta entrada ingresa al bloque B004 el cual también va a estar interactuando con la entrada I4, en una función AND o &. Ingresará a este bloque ya que por la funcionalidad de la programación no se puede tener más de tres entradas por bloques, teniendo en cuenta que la interacción de estas dos entradas irían a otro bloque B002 donde se tomaría en cuenta la entrada I5 para la ejecución o activación de la bomba Q2.

### **3.7.4 Bomba de agua de vertedero-Nivel Alto (I4)**

La entrada I4 es la que se encargará de interactuar con B001 y B004 es el indicador del nivel dentro de la cisterna para que se pueda activar la bomba del vertedero, en el caso de que se cumpliera con ese requisito de acuerdo con las funciones designadas en nuestra programación esta ayudará a activar las bombas Q1 y Q2 respectivamente.

### **3.7.5 Bomba de agua de vertedero-Nivel Bajo (I5)**

Esta entrada ingresará a un bloque B003, el cual está determinado por medio de un bloque OR o  $\geq 1$ . Con esta variable se determinará cuando se debe cambiar el proceso de activación de las bombas dentro de nuestro sistema. Como tenemos el sensor y este indique que está en un nivel bajo o igual a 0, este al combinarse con el bloque B003, que este a su vez será una variable para el bloque B002 que activaría la bomba de agua de vertedero Q2.

### **3.7.6 Bomba de agua recuperada (Q1)**

Este bloque es la respuesta del bloque B001, el cual trabaja en función de las entradas I2 e I4. Como tenemos una función AND, o sea que mi salida sería 1 si las compuertas están cerradas (1), es decir, que si el nivel del vertedero está en alto (1), y mi nivel bajo de la bomba de vertedero está en alto, se procede a activar la bomba Q1.

### **3.7.7 Bomba de agua de vertedero (Q2)**

Este actuador se activará de cumplirse con la condición de la función AND del bloque B002, el cual está negado en su salida. Es decir que, si mi nivel bajo de bomba de vertedero está en alto y mi nivel bajo de bomba requerida está en bajo también, mi resultado sería la entrada a mi bloque B002 que trabaja en función a la salida de mi B004 junto con el nivel alto de bomba de vertedero.

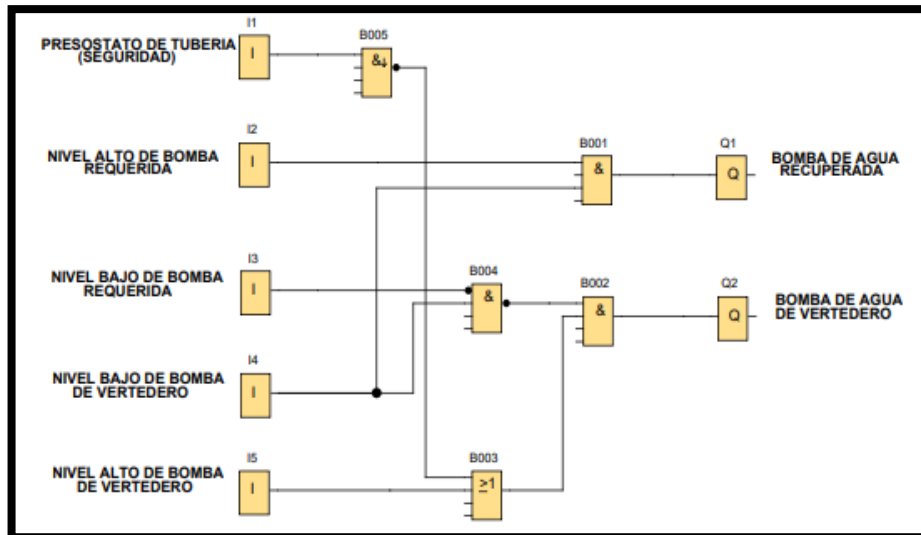


Figura No. 49 Programa Sistema de bombeo automatizado Logo Soft

### 3.7.8 Detalle del estudio económico técnico de los equipos

Tabla 9 3.8 Lista de materiales eléctricos

Nombre	Cantidad	Precio
SIEMENS Logo 230RC	1	\$200
CONTACTOR SIEMENS 5SL 3202-7 MCB	1	\$35
BREAKER SCHNEIDER ELECTRIC EZC100N 75AMP	1	\$250
BREAKER SCHNEIDER ELECTRIC C60N	1	\$170
CONTACTOR SCHNEIDER ELECTRIC LC1D8	1	\$180
GUARDAMOTOR SCHNEIDER ELECTRIC GV2ME16	1	\$110
RELE SCHNEIDER ELECTRIC RUM 230 VAC	3	\$150
LUCES PILOTOS DE 220 VAC	4	\$50
BOTONERAS NC- NA	4	\$40
CELECTOR DE 3 POSICIONES SCHNEIDER ELECTRIC	1	\$15
<b>Total</b>		<b>\$1200</b>

## CAPITULO IV

### 4.1 Presentación de Resultados

Una vez implementado este trabajo de titulación, y ya habiendo realizado las respectivas pruebas de funcionamiento y sincronización de los equipos con el LOGO 230RC, se han recogido 2 muestras mensuales (Mayo y Junio) para poder determinar el flujo de aguas recuperadas para el sistema de bombeo automatizado, y la cantidad reutilizada para los sistemas auxiliares de la planta.

Los datos recuperados del sistema de bombeo automatizado dio resultados de las cifras con respecto al caudal, temperatura, agua recuperada por día entre otros datos importantes. En la tabla 4.1, se observa los datos correspondientes al mes de mayo y en la tabla 4.2 los valores correspondientes al mes de junio.

En estas tablas, podemos ver que el sistema implementado cumple con los requerimientos propuestos en los objetivos planteados, dentro del proyecto. Este controlará los niveles en los vertederos de las aguas recuperadas para su correcto funcionamiento, en la parte de control y fuerza con su respectiva protección haciendo que todos los equipos tengan un adecuado desempeño.

Tabla 10 4.1 Datos registrados del mes de Mayo

CENTRO INDUSTRIAL CÁRNICO										
					TIPO:	Agua residual				
					MES:	MAYO				
					AÑO:	2019				
									BIOMASA	
FECHA	Caudal m3	Hora	pH	Temperatura °C	Oxígeno mg/ml3	Agua recuperada m3/día			T-2	
						Ant.	actual	Real		
01/05/2019	354,326	7h00	6,23	29,9	2,7	17357	17377	20	270	
02/05/2019	235,749	7h00	6,33	28,3	0,93	17377	17392	15	250	
03/05/2019	278,467	7h00	6,62	28,7	0,87	17392	17417	25	200	
06/05/2019	456,435	7h00	6,57	28,9	0,27	17417	17447	30	200	
06/05/2019	273,178	7h00	6,61	29,7	0,09	17447	17479	32	250	
07/05/2019		EQUIPO MEDIDOR DE FLUJO EN MTTO					17479	17489	10	300
08/05/2019	235,214	7h00	6,27	30,1	0,1	17489	17510	21	300	
09/05/2019	247,234	7h00	6,72	29,7	1,2	17510	17518	8	300	
10/05/2019	248,458	7h00	6,31	30,1	1,7	17518	17538	20	320	
13/05/2019	342,482	7h00	6,23	29,1	1,67	17538	17553	15	300	
14/05/2019	239,782	7h00	6,7	28,9	2,99	17553	17560	7		
15/05/2019	235,874	7h00	6,45	30,1	0,79	17560	17578	18	300	
16/05/2019	321,453	7h00	6,41	30,2	0,075	17578	17588	10	300	
17/05/2019	312,254	7h00	6,35	30,2	2,06	17588	17594	6	350	
20/05/2019	643,352	7h00	6,47	30,1	0,1	17594	17607	13	350	
21/05/2019		7h00	6,69	30,6	1,3	17607	17607	0	250	
22/05/2019		7h00	6,59	30,7	2,1	BOMBA DAÑADA	MTTO	0	270	
23/05/2019		7h00	6,51	30	1,6	BOMBA DAÑADA	MTTO	0	280	
24/05/2019		7h00	6,32	31,2	2,2	FERIADO	FERIADO	0	0	
27/05/2019	547,535	7h00	6,39	31,2	0,16	17607	17629	22	300	
28/05/2019	235,478	7h00	3,75	31,5	1,2	17629	17644	15	300	
29/05/2019	247,353	7h00	6,47	29,1	1,1	17644	17654	10	350	
30/05/2019	198,475	7h00	6,35	29,7	1,1			0		
31/05/2019	233,457	7h00	6,51	30,7	1,2					
Total m3mes	5454,62							297		

Tabla 11 4.2 Datos registrados del mes de Junio

CENTRO INDUSTRIAL CARNICO									
TIPO:		Agua residual							
MES:		JUNIO							
AÑO:		2019							
									BIOMASA
FECHA	Caudal m3	Hora	pH	Temperatura °C	Oxígeno mg/ml3	Agua recuperada m3/día			T-2
						Ant.	actual	Real	
03/06/2019								0	
	325,142	7h00	6,23	29,9	2,7	17654	17684	30	250
	243,175	7h00	6,33	28,3	0,93	17684	17709	25	250
	195,432	7h00	6,62	28,7	0,87	17709	17731	22	300
	247,132	7h00	6,57	28,9	0,27	17731	17751	20	280
	243,543	7h00	6,61	29,7	0,09	17751	17780	29	300
								0	
	375,345	7h00	6,68	29,6	1	17780	17810	30	330
	231,465	7h00	6,5	29,7	0,2	17810	17832	22	300
	197,429	7h00	6,22	29,8	2,57	17832	17852	20	300
	249,382	7h00	6,44	30,2	1,77	17852	17870	18	280
	197,689	7h00	6,55	29,8	1,67	17870	17880	10	300
	356,748	7h00	6,47	29,7	2,99	17880	17900	20	
	197,543	7h00	6,35	29,2	0,79	17900	17915	15	300
	235,432	7h00	6,41	92,1	0,075	17915	17935	20	330
	293,746	7h00	6,35	30,1	2,06	17935	17953	18	350
	234,549	7h00	6,38	30,1	0,2	17935	17982	47	300
	348,567	7h00	6,69	30,6	1,3	17982	18007	25	280
	246,286	7h00	6,59	30,7	2,1	18007	18035	28	270
	273,198	7h00	6,51	30	1,6	18035	18050	15	280
	172,947	7h00	6,32	31,2	2,2	18050	18056	6	300
	257,385	7h00	6,39	31,1	0,16	18056	18080	24	300
Total m3 mes	5.122,14								

El presupuesto que se inició en el año 2018 con su respectivo plan de mantenimiento en su primera etapa tuvo como ejecución el montaje del panel eléctrico los datos de todos los elementos más el costo del personal a cargo de este montaje se suma en el rubro de los materiales que a continuación se detalla en la siguiente tabla:



Tabla 12 4.3 Presupuesto estimado del Proyecto

<b>PRESUPUESTO ESTIMADO DEL PROYECTO</b>		
<b>ITEM</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>MONTO</b>
<b>1</b>	<b>MANO DE OBRA POR MANTENIMIENTO</b>	<b>\$ 1000,00</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALES ELECTRICOS</b>	<b>\$ 1200,00</b>
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 2200,00</b>

Para la presentación de precios, se toma en cuenta varias proformas y se saca un aproximado de costos de los principales mecanismos.

#### **4. 2 Operabilidad del beneficio del proyecto.**

Como antecedente se tenía una infraestructura obsoleta en la planta de tratamiento con la cual se identificó daños eléctricos y mecánicos por lo que hubo que realizar una automatización del sistema de bombeo lo cual generó costos en su aplicación y se justifica en los ámbitos económicos, operativos y ambientales, tal como se lo indica a continuación:

- **Económico** podemos decir tenemos un ahorro en la planta.
- **Operativo** el personal de la planta no estará revisando los niveles de agua en el sitio.
- **Ambiental** contribuyendo a la labor ecológica que se encuentra en todo el planeta.

### 4.3 CONCLUSIONES

Con el levantamiento de información sobre los consumos de agua tratada podemos concluir:

- Que la automatización del sistema de bombeo de aguas residuales desde un vertedero es viable.
- El presupuesto del proyecto consiguió minimizar costos sin tener problemas de diseños en el momento de la puesta en marcha del mismo.
- Gracias al estudio técnico-económico y considerando los precios acordes al mercado actual se emplearon materiales, dispositivos y mano de obra calificada, reutilizando parte de la infraestructura existente y el apoyo del personal de planta lográndose una disminución importante en el precio final del proyecto.
- Con la aplicación del sistema automatizado mediante el logo PLC se logró tener un control de los niveles de las cisternas de servicios generales y vertederos.
- El ahorro económico es significativo en varios aspectos, como: disminución del consumo de agua potable, daños eléctricos y mecánicos, se aumenta la vida útil del sistema de bombeo, se reducirán los costos de mantenimiento.
- Se realizó un nuevo diseño para la infraestructura en cuanto a los tableros de control y de fuerza.
- Se logró optimizar las actividades y funciones rutinarias del personal de mantenimiento que está a cargo de la planta.

Con el análisis realizado del proceso se concluye que este sistema de control permite ejecutar planes de acción que incluyen: la dirección, vigilancia y sincronización de las actividades según corresponda.

#### **4. 4 RECOMENDACIONES**

De igual manera como en el acápite anterior podemos realizar varias recomendaciones para un mejor desempeño del sistema de bombeo, como son:

- Realizar un mantenimiento preventivo para todas las áreas involucradas, destacando los elementos y áreas más vulnerables, ver anexo 1.
- Capacitar al técnico asignado con el fin de minimizar el deterioro del equipo por una mala manipulación o desconocimiento en su funcionamiento.
- Con los resultados obtenidos con este sistema se sugiere ampliar este proyecto que inicialmente es en la planta del centro industrial cárnico de Guayaquil, para posteriormente implementarlo en las otras localidades que tiene la empresa a nivel nacional para tratar un mayor volumen de aguas residuales a ser reutilizadas.
- Para el monitoreo en el área operativa y de mantenimiento se deberá siempre usar los equipos de seguridad y protección personal porque el agua a tratar tiene altos grados de contaminación que si no son utilizados afectaría la salud del personal de planta.

## BIBLIOGRAFÍA

- Akpor, O., Otohinoyi, D., Olaolu, T., & Aderiye, J. (2014). POLLUTANTS IN WASTEWATER EFFLUENTS: IMPACTS AND REMEDIATION PROCESSES. *international journal of environmental research and earth science*, 3, 50-59.
- Alegret, S., Valle, M. del, & Merkoçi, A. (2004). *Sensores electroquímicos: Introducción a los quimiosensores y biosensores: curso teórico-práctico*. Univ. Autònoma de Barcelona.
- Amirtharajah, A., O'Melia, C. R., & Letterman, R. D. (2002). *Coagulación y floculación. Calidad y tratamiento del agua: manual de suministros de agua comunitaria, 2002*, ISBN 84-481-3210-6, págs. 297-362, 297-362. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=289766>
- Amjad, Z. (2010). *The Science and Technology of Industrial Water Treatment*. CRC Press.
- B.D.Gupta. (2006). *Fiber Optic Sensors: Principles and Applications*. New India Publishing.
- Bhatnagar, K. (2015). *PLC Instruction & Programming*. Recuperado de [https://www.academia.edu/10218527/PLC\\_Instruction\\_and\\_Programming](https://www.academia.edu/10218527/PLC_Instruction_and_Programming)
- Bishop, R. H. (2017). *Mechatronic Systems, Sensors, and Actuators: Fundamentals and Modeling*. CRC Press.
- Bollaín Sánchez, M. (2019). *Ingeniería de instrumentación de plantas de proceso*. Ediciones Díaz de Santos.
- Boss, M. J., & Nicoll, G. (2014). *Electrical Safety: Systems, Sustainability, and Stewardship*. CRC Press.
- Bruckner-Lea, C., Vanysek, P., Hunter, G., Egashira, M., Miura, N., & Mizutani, F. (2004). *Chemical Sensors VI: Chemical and Biological Sensors and Analytical Methods: Proceedings of the International Symposium*. The Electrochemical Society.
- Caballero, U. (2016). *BOMBA DESPLAZAMIENTO POSITIVO BOMBA RECIPROCAS BOMBA ROTATORIAS*. Recuperado de [https://www.academia.edu/9393865/BOMBA\\_DESPLAZAMIENTO\\_POSITIVO\\_BOMBA\\_RECIPROCAS\\_BOMBA\\_ROTATORIAS](https://www.academia.edu/9393865/BOMBA_DESPLAZAMIENTO_POSITIVO_BOMBA_RECIPROCAS_BOMBA_ROTATORIAS)

- Cairampoma, R. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, Veterinaria Organización, 15.
- Calloni, J. C. (2004). Mantenimiento Electrico Y Mecanico Para Pequeñas Y Medianas Empresas/ Electrical and Mechanical Maintenance for Small and Medium Companies: Incluye Higiene Y Seguridad Industrial. Nobuko.
- Circuits Today. (2010, febrero 17). Working of Contactors. Recuperado 12 de agosto de 2019, de Electronic Circuits and Diagrams-Electronic Projects and Design website: <http://www.circuitstoday.com/working-of-contactors>
- Čolić, M., Morse, D. E., Morse, W. O., & Miller, J. D. (2007). New developments in mixing, flocculation and flotation for industrial wastewater pretreatment and municipal wastewater treatment. Clean Water Tech, Proceedings of the Water Environment Federation, 1-18. <https://doi.org/10.2175/193864705783867026>
- Escalera Vásquez, R. (2016). REMOCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS CON BAJAS CONCENTRACIONES DE HIERRO MEDIANTE MICROFILTROS COMERCIALES. Investigación & Desarrollo, 1(16), 39-48.
- Escobedo, L. (2015). Bomba Peristaltica Bredel. Recuperado de [https://www.academia.edu/25708265/Bomba\\_Peristaltica\\_Bredel](https://www.academia.edu/25708265/Bomba_Peristaltica_Bredel)
- FILIU, L. M. C. (2014). Instalaciones eléctricas y automatismos. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Goddard, M., & Butler, M. (2015). Viruses and Wastewater Treatment: Proceedings of the International Symposium on Viruses and Wastewater Treatment, Held at the University of Surrey, Guildford, 15-17 September 1980. Elsevier.
- Gómez, L. (2010). Un espacio para la investigación documental. Revista Vanguardia Psicológica Clínica Teórica y Práctica, 1(2), 226-233.
- Guha, P. K. (2018). Hydraulic Pumps & Motors and their Applications. Dog Ear Publishing.
- Hanssen, D. H. (2015). Programmable Logic Controllers: A Practical Approach to IEC 61131-3 using CoDeSys. John Wiley & Sons.
- Hernández, M. Á. C., Espinosa, L. M. G., & Abad, J. N. (2012). Instalaciones eléctricas básicas. Editorial Paraninfo.

- Karassik, I. J. (2017). *Centrifugal Pump Clinic, Second Edition, Revised and Expanded*. Routledge.
- Lexis S.A. (2010). LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.
- Ley de Gestión Ambiental. (2012). Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>
- Li, D., & Liu, S. (2018). *Water Quality Monitoring and Management: Basis, Technology and Case Studies*. Academic Press.
- Liptak, B. G. (2018). *Instrument Engineers' Handbook, Volume Two: Process Control and Optimization*. CRC Press.
- Lipták, B. G., & Venczel, K. (2016). *Analysis and Analyzers*. CRC Press.
- Maloney, T. J. (2006). *Electrónica industrial moderna*. Pearson Educación.
- Marquez, B. F. de. (2016, septiembre 12). Conocimientos básicos sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Módulo I) [Text]. Recuperado 12 de agosto de 2019, de IAgua website: <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>
- Martínez Almansa, J. J. M. (2017). Sobre la dinámica del flujo de aire en difusores por mezcla y desplazamiento (<Http://purl.org/dc/dcmitype/Text>, Universidad de Málaga). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=210123>
- Moran, S. (2019). *An Applied Guide to Process and Plant Design*. Elsevier.
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos 6/e*. Pearson Educación.
- Muñoz, S. (2015). *Sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras Filtro percolador*. 4.
- National Research Council. (2015). «Understanding Water Reuse: Potential for Expanding the Nation's Water Supply Through Reuse of Municipal Wastewater» at NAP.edu. <https://doi.org/10.17226/13514>
- Obermeier, E. (2016). *Transducers '01 Eurosensors XV: The 11th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators June 10 – 14, 2001 Munich, Germany*. Springer.
- Padalkar, R. (2019). *CENTRIFUGAL PUMPS: PUMP TYPES*. Notion Press.

- Pain, A. (2019). Wastewater Reuse in Industry | SSWM - Find tools for sustainable sanitation and water management! Recuperado 12 de agosto de 2019, de <https://sswm.info/water-nutrient-cycle/water-use/hardwares/optimisation-water-use-industries/wastewater-reuse-in-industry>
- Parambath, J. (2016). *Industrial Hydraulic Systems: Theory and Practice*. Universal-Publishers.
- Pérez Martín, F., Armenteros Ordóñez, T. de los Á., & Hernández Touse, J. P. (2016). Sistema de tratamiento para las aguas residuales en la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Villa Clara. *Centro Azúcar*, 43(2), 68-75.
- PRONACA. (2017, noviembre 8). Nuestra Empresa | Pronaca. Recuperado 12 de agosto de 2019, de PRONACA – Procesadora Nacional de Alimentos website: <https://www.pronaca.com/nuestra-empresa/>
- Qasim, S. R. (2017). *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation*, Second Edition. Routledge.
- Quiñones Bolaños, E., Bustos Blanco, C. E., Vives, L. C., Miranda, V., & Villarreal, A. (2014). Diseño de un sedimentador mediante la dinámica de fluidos computacional y su construcción a escala de laboratorio. *Hacia Un Contexto de Las Ciencias Ambientales: Iberoamérica*, 161-167. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/282913463\\_Disenio\\_de\\_un\\_sedimentador\\_mediante\\_la\\_dinamica\\_de\\_fluidos\\_computacional\\_y\\_su\\_construccion\\_a\\_escalade\\_laboratorio](https://www.researchgate.net/publication/282913463_Disenio_de_un_sedimentador_mediante_la_dinamica_de_fluidos_computacional_y_su_construccion_a_escalade_laboratorio)
- Rapin, P. J., & Jacquard, P. (2006). *Instalaciones Frigoríficas*. Marcombo.
- Rodríguez, A. M., & Cabrera, F. M. S. (2013). INVESTIGACIÓN EN EL CAMPO DE LA INFORMACIÓN EN CUBA. NECESIDAD DE SU REDIMENSIONAMIENTO. *Anales de Documentación*, 16, 16.
- Salazar, J. Á., & Arango, J. G. M. (2017). *TIA PORTAL. Aplicaciones de PLC*. Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Samer, M. (2015). *Biological and Chemical Wastewater Treatment Processes* | IntechOpen. Recuperado 12 de agosto de 2019, de Biological and Chemical Wastewater Treatment Processes website: <https://www.intechopen.com/books/wastewater-treatment-engineering/biological-and-chemical-wastewater-treatment-processes>
- Sánchez, J. A. (2003). *Control Avanzado de Procesos: (Teoría y Práctica)*. Ediciones Díaz de Santos.

- SÁNCHEZ, J. A. F., PÉREZ, M. F., & FERNÁNDEZ, F. N. (2016). Tecnología Industrial II. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Sarduy Domínguez, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. *Revista Cubana de Salud Pública*, 33(3), 0-0.
- Soria, F. M. A. (2018). Puesta en marcha de sistemas de automatización industrial. ELEM0311. IC Editorial.
- Spellman, F. R. (2016). *Water and Wastewater Conveyance: Pumping, Hydraulics, Piping, and Valves*. CRC Press.
- Zabel, T. E., Edzwald, J. K., & Gregory, R. (2002). Sedimentación y flotación. *Calidad y tratamiento del agua : manual de suministros de agua comunitaria*, 2002, ISBN 84-481-3210-6, pág. 363, 363. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=289768>



## GLOSARIO

**BUCLE:** Un bucle o ciclo, en programación, es una secuencia que ejecuta repetidas veces un trozo de código, hasta que la condición asignada a dicho bucle deja de cumplirse.

**CPU:** es una abreviación de (Central Processing Unit) Unidad Central de Procesamiento, es un componente básico de la computadora personal u ordenador.

**DAF:** (Dissolved Air Flotation) es la flotación de aire disuelto (DAF por sus siglas en inglés) es un tratamiento de aguas o proceso que clarifica aguas residuales (u otras aguas) mediante la remoción de materia suspendida como aceites o sólidos.

**EFLUENTE:** Es un fluido procedente de una instalación industrial. El término proviene del verbo efluir, que alude al escape al exterior de un gas o de un líquido.

**OPERABILIDAD:** Grado o nivel de funcionamiento de algo tangible o intangible, ejemplo una máquina o un software respectivamente.

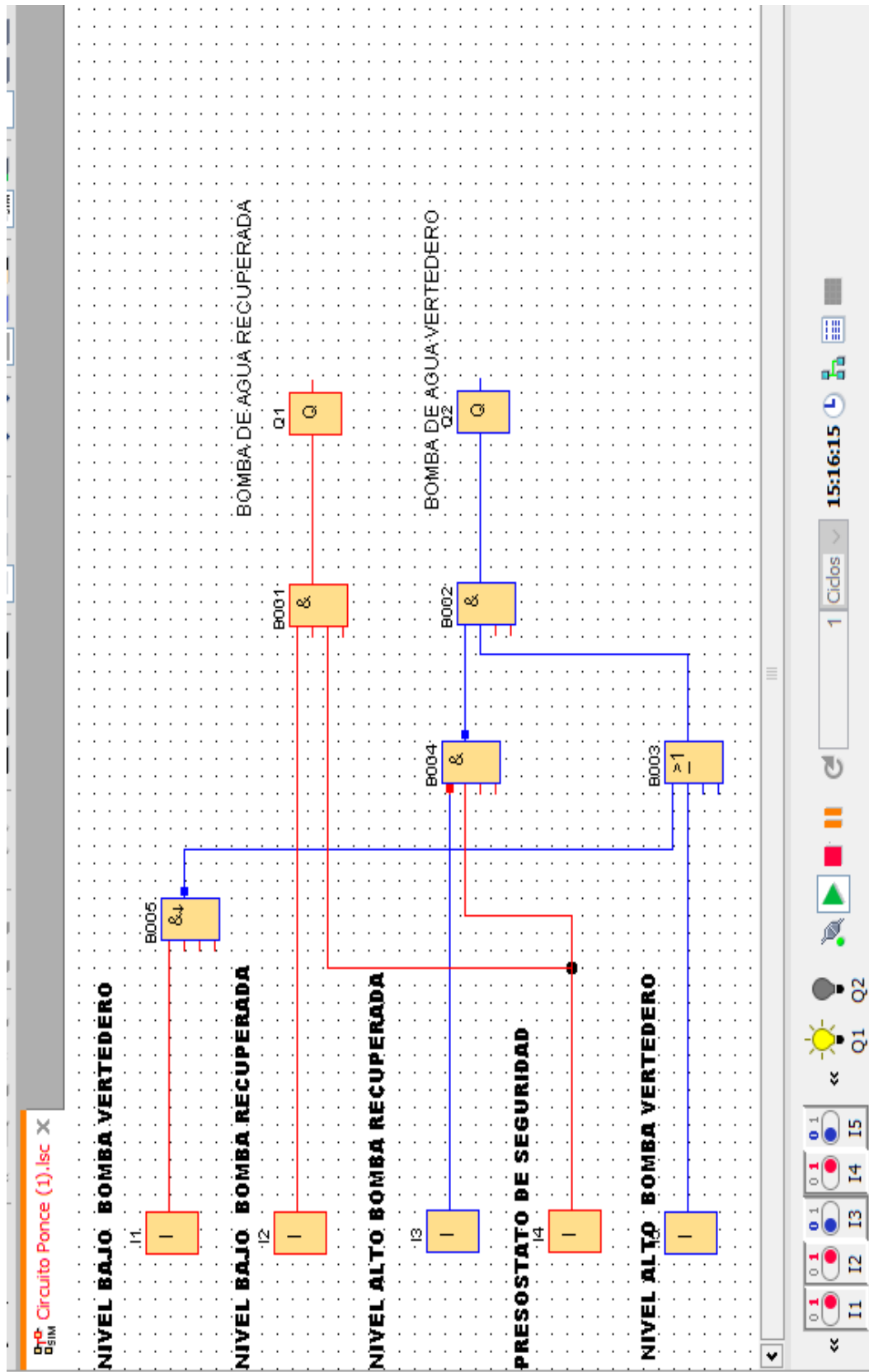
**PLC:** (Programmable Logic Controller) o por autómatas programables, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica.

**PRESOSTATO:** Es un instrumento que abre o cierra un circuito eléctrico, en función del cambio de un valor de presión prefijado, en un circuito.

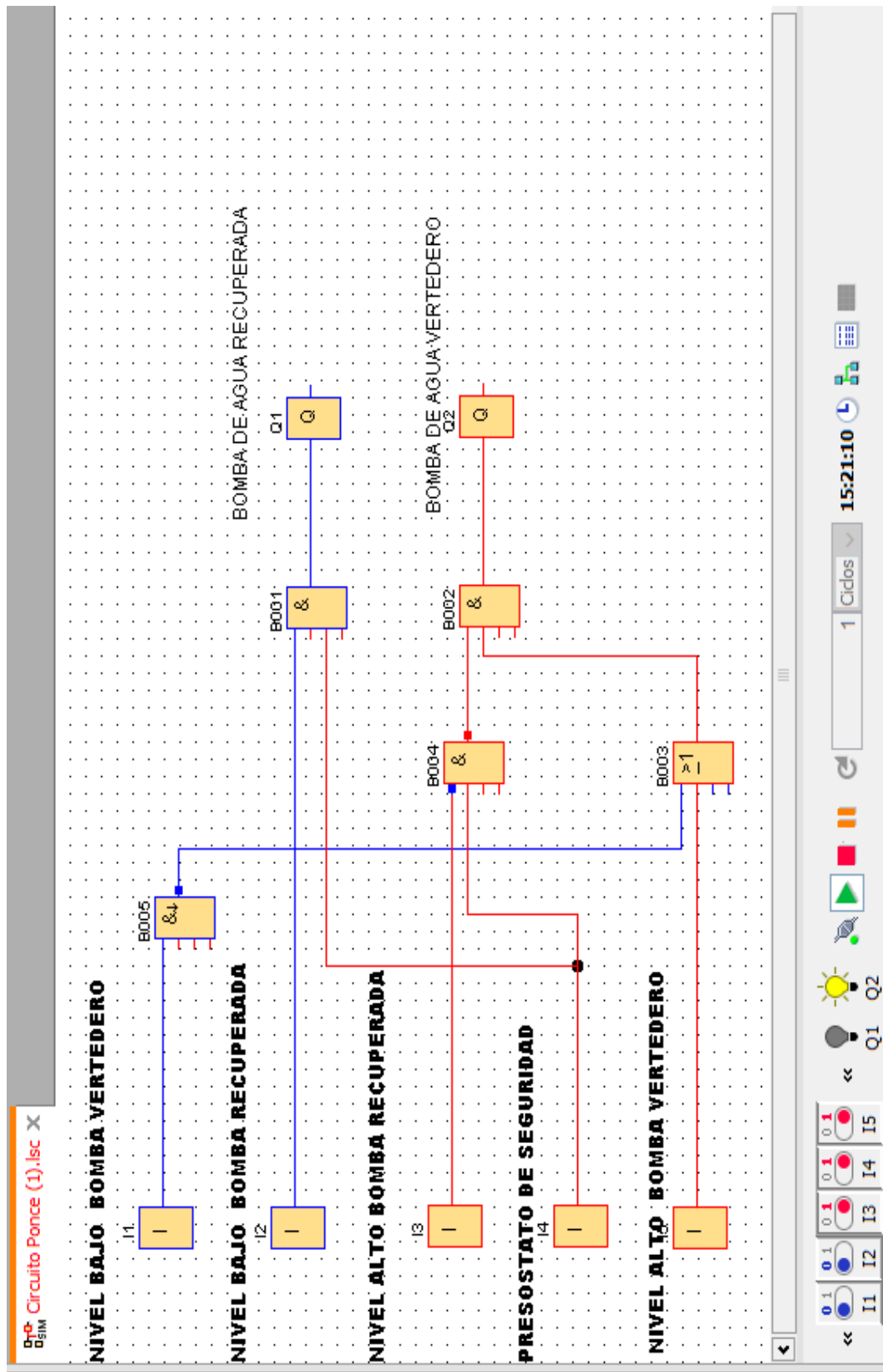
**ANEXO No. 1**  
**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO AÑO 2019**

AREA:		MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES																	
A =																			
	MESES	ENERO					FEBRERO				MARZO				ABRIL				
	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Mantenimiento de bombas																		A6	
Limpieza del Tablero electrico					A3														A3
Chequeo de bombas de nivel														A3					
Arranque del sistema en automatico		A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A	A1	A1	A1
	MESES	MAYO					JUNIO				JULIO				AGOSTO				
	SEMANAS	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Mantenimiento de bombas			A4																
Limpieza del Tablero electrico													A3						
Chequeo de bombas de nivel									A3										
Arranque del sistema en automatico		A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A	A1	A1	
	MESES	SEPTIEMBRE					OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				
	SEMANAS	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
Mantenimiento de bombas												A4						A6	
Limpieza del Tablero electrico							A3												
Chequeo de bombas de nivel				A3													A3		
Arranque del sistema en automatico		A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1		
				A1.- Preventivo Semanal							A3.- Preventivo Trimestral								
				A4.- Preventivo Semestral							A6.- Correctivo semestral								

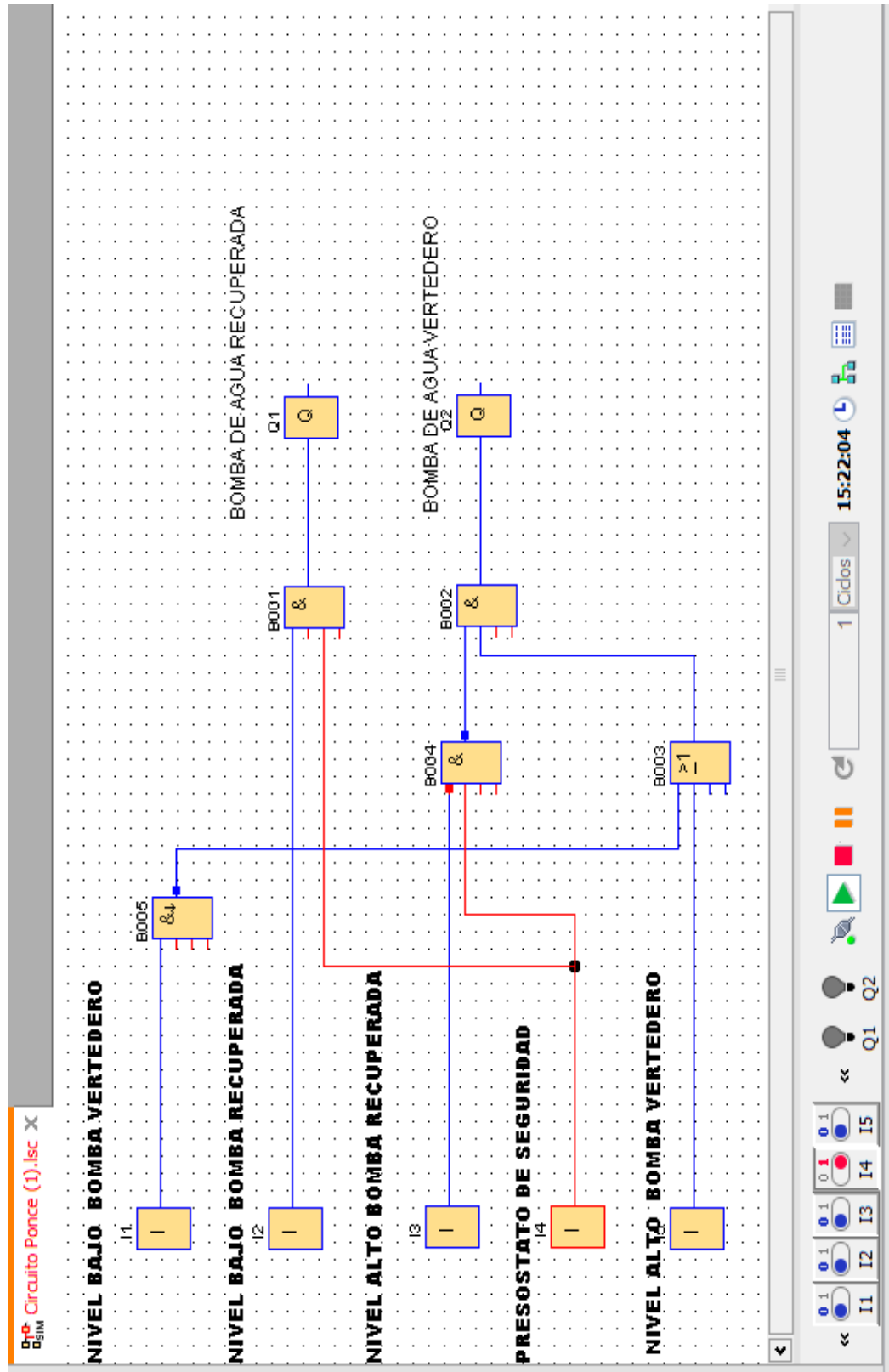
# ANEXO No. 2



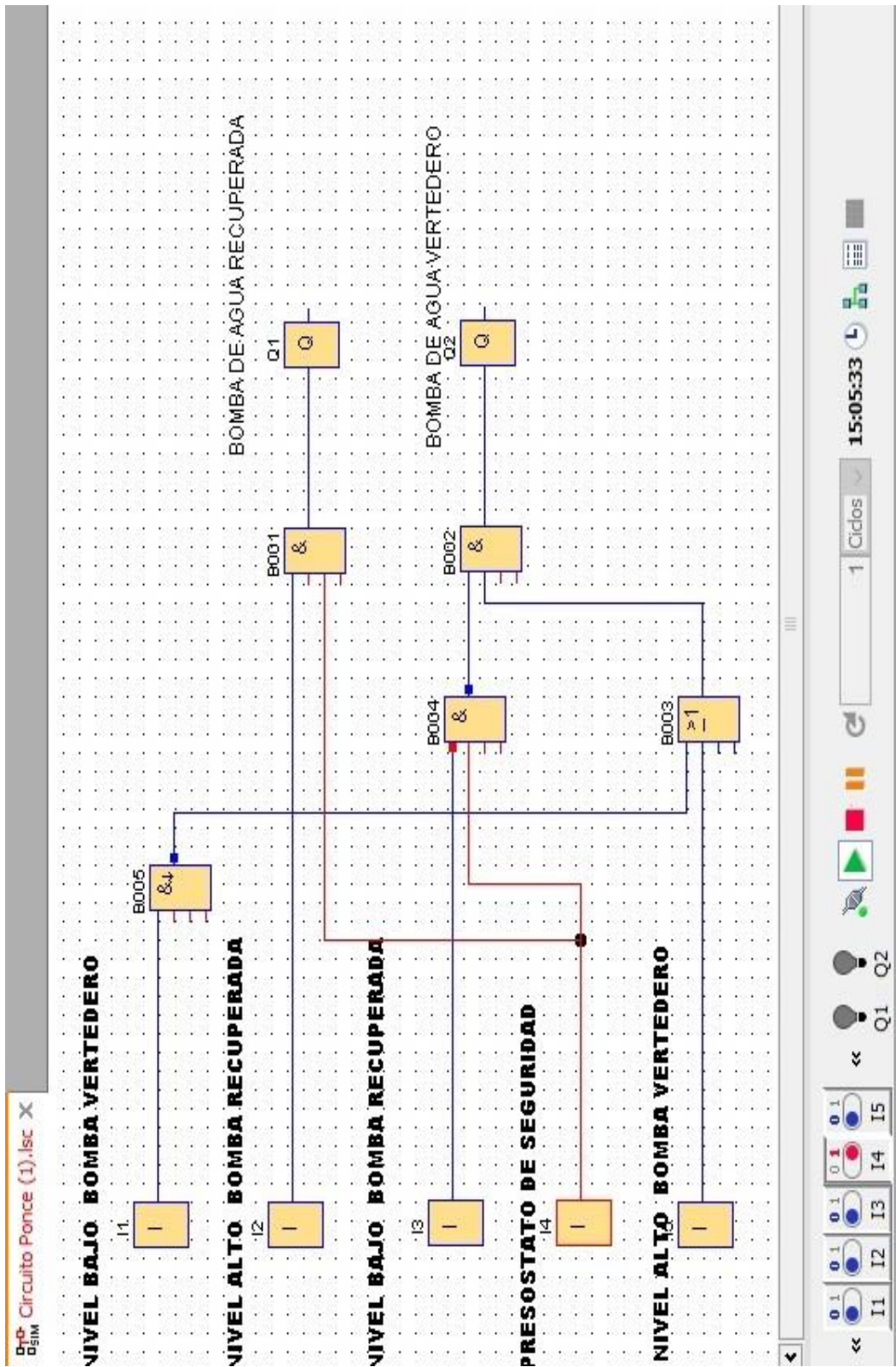
### ANEXO No. 3



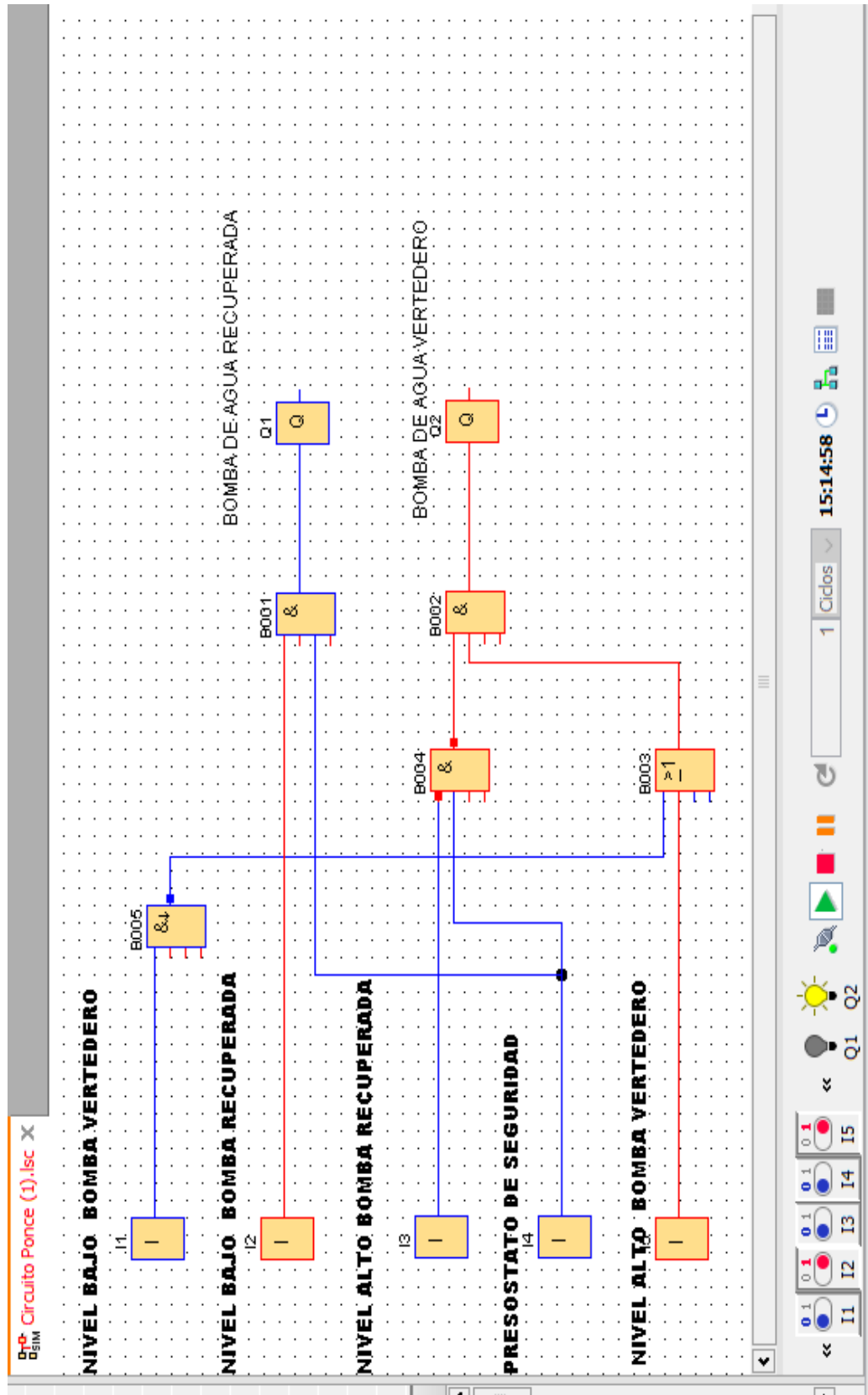
# ANEXO No. 4



# ANEXO No. 5



# ANEXO No. 6





Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Ponce Domenech, Leonidas Valdemar** con C.C: # **092049112-3** autor del Trabajo de Titulación: **Automatización de un sistema de bombeo para un centro de operaciones de industrias cárnicas en Guayaquil para el tratamiento de agua residuales para su uso en los servicios generales**, previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 16 de Septiembre de 2019

---

Ponce Domenech, Leonidas Valdemar  
C.C: 092049112-3





Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	<b>Automatización de un sistema de bombeo para un centro de operaciones de industrias cárnicas en Guayaquil para el tratamiento de agua residuales para su uso en los servicios generales.</b>		
AUTOR(ES)	PONCE DOMENECH, LEONIDAS VALDEMAR		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Echeverría Parra, Ricardo		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico Mecánico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	16 de Septiembre de 2019	No. DE PÁGINAS:	110
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas de Control y Automatización		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Automatización, Mantenimiento Preventivo-Correctivo, Procesos, Técnico, Proyecto		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>En el presente trabajo se tiene como objetivo principal la automatización del sistema de bombeo de aguas residuales, desde un vertedero en la planta del Centro de Industrias Cárnicas en Guayaquil a sus diferentes procesos de servicios generales, con la finalidad de aportar con este nuevo diseño para una óptima solución y así mejorar los niveles de ahorro en el consumo de agua. En el capítulo uno se detalla las diferentes metodologías que se utilizaron como son: de campo, analítica y documental, realizando un levantamiento de información donde se pudo constatar que los sistemas tenían problemas en la parte eléctrica y también mecánica, para lo cual se propuso realizar una automatización del sistema de bombeo mediante un equipo programado que controlará los niveles determinados tal cual se planteó en los objetivos a cumplir justificando el proyecto y el planteamiento del problema. En el capítulo dos establecemos todo el marco teórico necesario para este proyecto explicando claramente todas las definiciones correspondientes al tema a tratar en esta tesis abarcando conceptos eléctricos, mecánicos y programación de PLC. En el capítulo tres se desarrolla todo el proceso de automatizado del sistema de bombeo, finalmente como conclusión se realizó un estudio técnico económico para la aplicación de este proyecto, resaltando que para la vida útil del proyecto se minimizan los daños operativos recomendando un mantenimiento preventivo-correctivo para garantizar su permanencia.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593992294070	E-mail: valdemarponce23@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Philco Asqui, Luis Orlando		
COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Teléfono: +593-980260875		
	E-mail: Luis.philco@cu.ucsq.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
No. DE REGISTRO (en base a datos):			
No. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			