

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**Propuesta para la automatización de la planta de tratamiento
de aguas industriales y residuales, en la fábrica de pinturas
Superbia**

Trabajo de graduación presentado por

Jorge Anibal Arroyo Manchinel

para optar al grado académico de

Licenciado en Ingeniería en Tecnología Industrial

Guatemala

2013

**Propuesta para la automatización de la planta de tratamiento
de aguas industriales y residuales, en la fábrica de pinturas
Superbia**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**Propuesta para la automatización de la planta de tratamiento
de aguas industriales y residuales, en la fábrica de pinturas
Superbia**

Trabajo de graduación presentado por

Jorge Anibal Arroyo Manchinel


para optar al grado académico de

Licenciado en Ingeniería en Tecnología Industrial

Guatemala

2013

Vo. Bo.:

(f)  _____

Ing. Mario Rene Sáenz Carranza

Tribunal Examinador:

(f)  _____

Ing. Mario Rene Sáenz Carranza

(f)  _____

Ing. Alejandra Bonilla

(f)  _____

Ing. Sergio Barrera

Fecha de aprobación: Guatemala, 16 de mayo de 2013

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
II. MARCO TEÓRICO	3
A. Fundamentos teóricos de la planta de tratamiento de aguas industriales y residuales.....	3
1. Aguas residuales.....	3
2. Sedimentación.....	3
3. Flotación.....	3
4. Cloración.....	3
5. Contaminantes químicos.....	3
6. Coagulación y floculación.....	4
7. Industria de la fabricación de pinturas.	4
B. Fundamentos teóricos sobre la automatización	5
1. Autómatas programables.....	5
2. Función del autómata programable.	5
3. Leguajes de programación.	5
4. Estructura básica de un autómata programable.....	8

5. Estados OFF y ON..	8
6. Señales digitales.	9
7. Señales analógicas.	9
8. Sistemas de control.	11
9. Automatización.	11
10. Simbología.	12
C. Fundamentos teóricos sobre diagramas de procesos	13
1. Diagrama de operación de proceso.	13
2. Diagrama de flujo de proceso.	13
3. Diagrama de recorrido.	14
4. Estudio de tiempos y movimientos	14
D. Descripción del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas industriales y residuales	14
1. Tratamiento de agua industrial.	14
2. Los problemas actuales de la planta de tratamiento de agua industrial.	24
3. Tratamiento de agua residual.	25
4. Los problemas actuales de la planta de tratamiento de agua residual.	34
IV.DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES Y RESIDUALES.	35
A. Selección de componentes necesarios para la automatización.	35
1. Módulo lógico LOGO 230RC.	35
2. Módulo comunicación CM.	36
3. Detector de nivel tipo flotador.	37

4. Electroválvula neumática de 2/2 vías.....	38
5. Electroválvula de 3/2 vías..	39
6. Válvula de bola esférica de dos vías de plástico con actuador neumático.	40
7. Panel del operador.....	44
B. Conexión de señales al controlador y diseño de la instalación de los detectores de nivel, válvulas y electroválvulas en los tanques.....	46
C. LOGO Soft Comfort	49
D. Costos:.....	50
V. EVALUACIÓN DE RESULTADOS	51
A. Llenado y rebalse	51
B. Demora y eficiencia	52
C. Ahorro	53
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
A. Conclusiones	55
B. Recomendaciones	56
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	57
VIII. APÉNDICE.....	58
A. Manual de usuario.....	58
B. Manual técnico.....	59
C. Tipos de señales básicas.....	65
IX. GLOSARIO	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Planta de tratamiento de aguas industriales y residuales.	4
Figura 2. Diagrama de escalera de un PLC.....	6
Figura 3. Lista de instrucciones de un PLC.	6
Figura 4. Diagrama de bloques funcionales de un logo.....	6
Figura 5. Programación en lenguaje escalera utilizando señales analógicas.	10
Figura 6. Tanque de retención	15
Figura 7. Decantador.....	15
Figura 8. Tanques de floculación.....	16
Figura 9. Bomba de 3 Hp.....	17
Figura 10. Filtro prensa.....	17
Figura 11. Diagrama de operación de tratamiento de agua industrial.	18
Figura 12. Diagrama de flujo de tratamiento de agua industrial.....	20
Figura 13. Diagrama de recorrido de tratamiento de agua industrial.	23
Figura 14. Llenado del tanque de almacenamiento.	24
Figura 15. Llenado de tanques de floculación	25
Figura 16. Rejilla y trampa de flotantes.....	26
Figura 17. Tanque ecualizador.....	27
Figura 18. Tanque reactor aeróbico.	27
Figura 19. Recorrido de los líquidos.....	28
Figura 20. Clarificador final.	28
Figura 21. Diagrama de operación de tratamiento de agua residual.....	29
Figura 22. Diagrama de flujo de tratamiento de agua residual	30
Figura 23. Diagrama de recorrido de tratamiento de agua residual.....	33
Figura 24. Aireador eyector.....	34

Figura 25. Válvula de aire.....	34
Figura 26. Logo 230RC	36
Figura 27. Módulo lógico.	37
Figura 28. Tuba.	38
Figura 29. Electroválvula 2/2.....	39
Figura 30. Electroválvula 3/2.....	39
Figura 31. Válvula de bola dos vías.....	40
Figura 32. Diagrama de recorrido, automatización de tratamiento de agua industrial.	41
Figura 33. Diagrama de recorrido, automatización de tratamiento de agua residual.	42
Figura 34. Diseño del panel de control.	45
Figura 35. Automatización del tanque de almacenamiento.	46
Figura 36. Automatización del decantador	47
Figura 37. Automatización de los tanques de floculación.	48
Figura 38. Automatización de los tanques de tratamiento de agua residual	49
Figura 39. Diagrama de conexión eléctrica del LOGO	62
Figura 40. Conexión eléctrica de potencia instalada	63
Figura 41. Diagrama de conexión neumática	64
Figura 42. Señales	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1. Simbología básica, lenguajes de programación.	7
Tabla 2. Diferencia entre estados.	9
Tabla 3. Valores para ser utilizados en las señales analógicas.	10
Tabla 4. Descripción de símbolos de Figura 5.	10
Tabla 5. Características técnicas logo siemens.	36
Tabla 6. Datos técnicos modulo siemens.	37
Tabla 7. Características técnicas Tuba 1”.	38
Tabla 8. Características técnicas electroválvula neumática.	38
Tabla 9. Especificaciones técnicas electroválvula	39
Tabla 10. Datos técnicos válvula de bola.	40
Tabla 11. Listado de señales de entrada y salida.	43
Tabla 12. Listado de materiales de panel.	45
Tabla 13. Costos de la automatización.	50
Tabla 14. Eliminación de demoras al automatizar.	52
Tabla 15. Comparación.	52

RESUMEN

La siguiente propuesta consiste, en la automatización de los tanques (reactor aeróbico, clarificador, decantador, retención y floculación), válvulas de bola, control de potencia (motores y bombas), de la planta de tratamiento de aguas industriales y residuales, para ser eficiente en la utilización de recursos (agua y desechos sólidos).

Utilizando, un autómeta programable, varios detectores de nivel, válvulas con actuadores neumáticos, electroválvulas neumáticas y relés. Todos estos dispositivos trabajando en conjunto, bajo el comando de un programa, realizarán todas las actividades de la planta en forma automática.

Diagramas de flujo, de operación, de recorrido, esquemas de programación, diseños planteados y tablas técnicas, para una mejor comprensión de la propuesta.

Con manuales operacionales y técnicos, para obtener información del uso adecuado del panel de control e instrumentos.

Finalmente, evaluación de los costos de operación, con el fin, de conocer el tiempo de recuperación, de la inversión propuesta, para la automatización de la planta de tratamiento de aguas.

I. INTRODUCCIÓN

El trabajo, que realiza una planta de tratamiento de agua, en la industria, ayuda a la eliminación de todos los contaminantes, que son agregados durante el proceso, por la utilización de este recurso, es muy importante tratar este líquido, para evitar la contaminación de la naturaleza.

La operación manual de los equipos instalados en la planta, requieren de una mayor atención, para su respectivo control, estos acumulan cierta cantidad de deficiencia, la cual es generada por muchos factores en cada paso del proceso.

Automatizar, una gran parte de los equipos que se utilizan, nos dará una mayor eficiencia en el control, ya que es más sencillo de operar. La implementación de un sistema automático, requiere; un controlador, captadores y actuadores. Todos los mencionados anteriormente, son dispositivos, que se utilizan en conjunto, para ejecutar ciertas actividades programadas.

El personal, no necesitará hacer las mismas actividades de siempre, ya que la instalación de un control automático, simplificará muchas acciones. Con esto se puede obtener más tiempo disponible de personal, para realizar otras labores, lo cual representa ahorro de dinero, para la empresa.

II. OBJETIVOS

A. General

1. Automatizar la planta de tratamiento de aguas industriales y residuales, en la fábrica de pinturas, para elevar la eficiencia a 80%.

B. Específicos

1. Implementar un control de llenado y descarga automática (determinado por el nivel del líquido), para los tanques de retención y floculación, con el fin, de evitar rebalses.
2. Diseñar un sistema automático de encendido y apagado (motores y bombas), para reducir las demoras en un 90%.
3. Disminuir el costo de operación actual, para obtener un ahorro por galones de agua tratada.
4. Elaborar manuales de operación y técnico, para que existan documentos adecuados, con la elaboración del proyecto.

III. MARCO TEÓRICO

A. Fundamentos teóricos de la planta de tratamiento de aguas industriales y residuales

1. **Aguas residuales.** Se divide en: un efluente líquido y un componente sólido, conocido generalmente como lodo.

Los tratamientos de aguas residuales intervienen en la minimización de sólidos en suspensión y el trato de las mismas.

2. **Sedimentación.** Es utilizado en los tratamientos de aguas residuales, ya que su función es separar los sólidos en suspensión. La forma en que trabaja para eliminar el material sedimentado, es por la diferencia de peso específico, entre partículas sólidas y el líquido.

3. **Flotación.** Separa todos los sólidos de baja densidad. La separación se lleva a cabo introduciendo un gas (generalmente aire del ambiente) en la fase líquida, para generar burbujas.

4. **Cloración.** Este proceso tiene varios objetivos, entre los cuales están, la desinfección, reducción de la DBO, eliminación o reducción de colores y olores, oxidación de los iones metálicos y oxidación de los cianuros a productos inocuos.

5. **Contaminantes químicos.** Se encuentra involucrados todos los productos químicos orgánicos como inorgánicos. Reducen en una gran cantidad el oxígeno disuelto en el agua, y como también pueden resultar sumamente tóxicos.

6. **Coagulación y floculación.** Los procesos de coagulación y de floculación, son utilizados para extraer del agua los sólidos que en ella se encuentran suspendidos, dando así a la clarificación del líquido, esto se da por el asentamiento que se genera por el coagulante.

7. **Industria de la fabricación de pinturas.** El agua se ha convertido en una de las materias primas más importantes, y esencialmente en la fabricación de pinturas base látex. Al terminar este proceso se obtiene agua que no se incluye en el producto final, ya que es utilizada, como complemento en el lavado de equipo y a partir de aquí se le llamará, agua residual.

Esta agua se combina con otra serie de componentes como lo son bactericidas, fungicidas, glicoles, alcoholes, carbonatos, dióxido de titanio, caolines, pigmentos orgánicos e inorgánicos, acrílicos, y otros aditivos como antiespumantes, humectantes, dispersantes y espesantes. Estos componentes en conjunto son los que provocan cambios de color en el agua desechada o agua no utilizada durante el proceso básico de fabricación.

Figura 1. Planta de tratamiento de aguas industriales y residuales.



B. Fundamentos teóricos sobre la automatización

1. **Autómatas programables.** Son dispositivos electrónicos, basados en pequeños procesadores de datos, estos aceptan diversas señales de entrada, para procesarlas y generar salidas de acuerdo a la información almacenada, para controlar maquinas o procesos.

Todos los controladores, trabajan con un programa, que es introducido por el usuario, el cual lleva todas las instrucciones, que debe de cumplir al momento de recibir cualquier respuesta de sus instrumentos conectados, y esto indicará, en qué modo los dispositivos de salida deberán de funcionar.

El programa se guarda en una memoria (lectura y escritura), por lo que se puede modificar en cualquier momento que se necesite.

2. **Función del autómata programable.** Es un dispositivo de control, que se utiliza mucho en los sistemas automatizados de la industria, controla una gran cantidad de secuencias como arranques, paradas y operaciones.

Con el almacenamiento de los programas de control del equipo lógico, los datos del monitoreo, de la condición en funcionamiento en tiempo real y los datos solicitados por el operador, el controlador ejecuta comandos para regular velocidad, temperatura, carga, nivel y otras condiciones del sistema.

3. **Leguajes de programación.** Son un conjunto de instrucciones, que procesan cualquier condición y ejecutan una acción.

- a. Diagrama de escalera
- b. Lista de instrucciones
- c. Diagrama de bloque funcionales

Figura 2. Diagrama de escalera de un PLC.

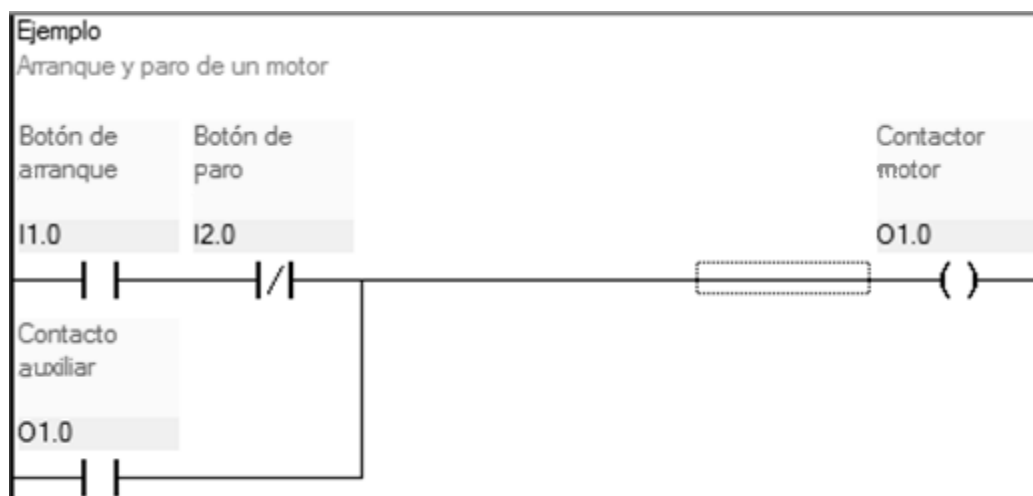


Figura 3. Lista de instrucciones de un PLC.

```

"" Arranque y paro de un motor
IF I1.0
THEN SET O1.0
IF I2.0
THEN RESET O1.0

```

Figura 4. Diagrama de bloques funcionales de un logo.

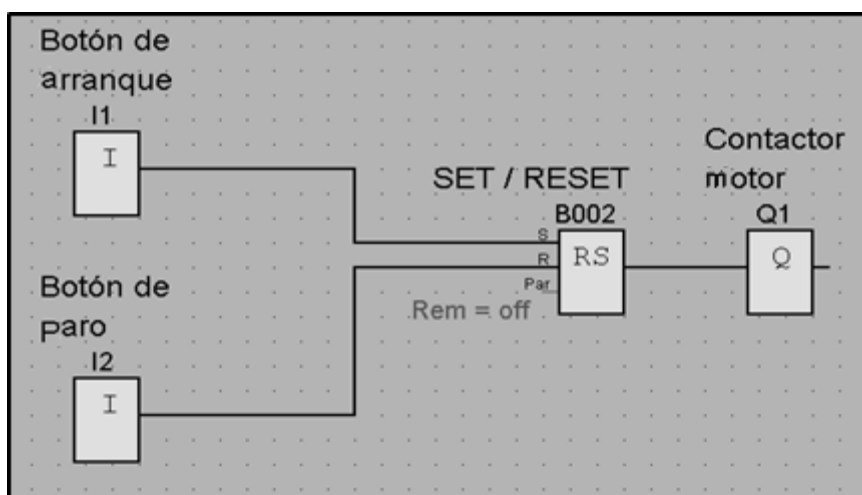
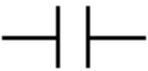
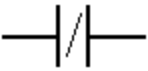


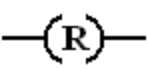
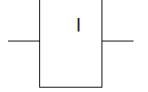
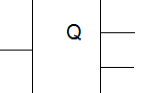
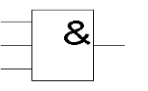


Tabla 1. Simbología básica, lenguajes de programación.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un "1" lógico, se encuentra normalmente abierto.
	Contacto NC	Se desactiva cuando hay un "1" lógico, se encuentra normalmente cerrado.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada da un "1" lógico.
	Bobina SET	Una vez activa no se puede desactivar, si no es por su correspondiente bobina en RESET.
	Bobina RESET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.
	Conector entrada	Bloque de función, recibe un "1" lógico
	Conector salida	Bloque de función, activa una salida
	Función básica	Bloque de función, es una condición AND o serie, se activa cuando sus dos o tres conectores están en "1" lógico
IF	Instrucción SI	Si está presente una entrada, pasa al siguiente paso
THEN	Instrucción ENTONCES	Sirve para combinar una función

Continuación Tabla 1. Simbología básica, lenguajes de programación.

Símbolo	Nombre	Descripción
SET	Instrucción ACTIVAR	Mantiene activada una marca o salida
RESET	Instrucción DESACTIVAR	Desactiva todas las marcas y salidas en pasos anteriores del programa

4. Estructura básica de un autómata programable.

a. Fuente de alimentación. Convierte y regula el voltaje alterno a directo, para el funcionamiento correcto, de las tarjetas electrónicas del dispositivo, la tensión cambia de 120 V ac- 24 V dc.

b. CPU. La unidad central de procesos, es el encargado procesar toda la información que recibe mediante un módulo de entradas, y luego conforme los datos se obtiene una respuesta en el módulo de salidas.



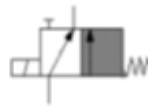
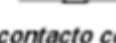

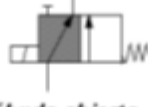
c. Módulo de entradas. Aquí recibe todas las señales eléctricas, de los captadores que están conectados a los bornes del módulo del controlador, estos pueden ser sensores e interruptores.

d. Módulo de salidas. Es el encargado de activar y desactivar los actuadores (relés, válvulas, pequeños motores, y otros).

e. Terminal de programación. Esta permite, que el operario pueda tener acceso a modificar el programa almacenado en la memoria.

5. Estados OFF y ON. Se puede interpretar de diferente forma, los estados OFF y ON, ya sea en electrónica digital, lógica cableada, válvulas y programación.

Tabla 2. Diferencia entre estados.

Estados	Lógica	Circuito Digital	Lógica Cableada	Neumática / Óleo-Hidráulica
OFF	FALSE <i>falso</i>	0 <i>cero</i>	OFF  <i>contacto abierto</i>  <i>relé desenergizado</i>	 <i>válvula cerrada</i>
ON	TRUE <i>verdadero</i>	1 <i>uno</i>	ON  <i>contacto cerrado</i>  <i>relé energizado</i>	 <i>válvula abierta</i>

Fuente:http://commons.wikimedia.org/wiki/File:L%C3%B3gica_Cableada_Variables_1%C3%B3gicas.GIF

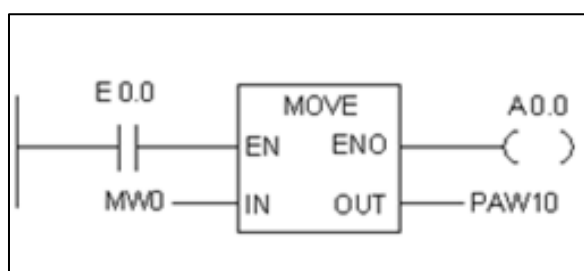
6. **Señales digitales.** Las señales digitales únicamente poseen dos valores, uno es con tensión (+24 V) y el otro sin tensión (0 V), esto se interpreta como; los estados OFF y ON. Los instrumentos que entregan este tipo de señal son; sensores, botones, interruptores y otros. Igualmente se pueden activar o desactivar actuadores con estos valores.

7. **Señales analógicas.** Las señales analógicas trabajan de forma diferente a las digitales, se utilizan rangos de números, que se pueden nombrar con la palabra resolución, esta información es procesada por el controlador, el voltaje recibido puede variar continuamente ya que los instrumentos que están conectados, envían indicaciones en tiempo real de todos los procesos monitoreados como temperatura, nivel, presión y otros. Igualmente el controlador con su módulo de salidas, puede estar modificando los valores de instrumentos que regulan el flujo, velocidad y otras variables.

Tabla 3. Valores para ser utilizados en las señales analógicas.

Valores en tensión	0 – 10 V	Voltaje
Valores en corriente	4 -24 mA	Amperaje
Valores en resolución	0 – 32767	Números enteros
Valores de variables	-50 a +150 °C	Temperatura

Figura 5. Programación en lenguaje escalera utilizando señales analógicas.



En la Figura 5, la función MOVE permite mover la información en bits de una marca hacia una salida, que se podrá utilizar para algún cálculo, rango, y otros.

Tabla 4. Descripción de símbolos de Figura 5.

MW0	= Valor analógico de entrada
PAW10	= Valor analógico de salida
MOVE	= Mueve los datos en bits
E 0.0	= Entrada digital
A 0.0	= Salida digital

8. **Sistemas de control.** El sistema de control es un conjunto de elementos conectados entre sí, para gobernar o realizar operaciones dadas en un proceso. Se divide en dos.

a. Sistema de control de lazo abierto. Este no tiene una dependencia de la señal de salida, ya que trabaja conforme a la calibración de sus instrumentos.

b. Sistema de control de lazo cerrado. Este necesita una retroalimentación de la señal de salida, para poseer un control de todas sus variables, con esto puede manipular y proporcionar las señales necesarias al controlador.

La retroalimentación, es un unidad de control, de los sistemas dinámicos por el cual una cierta proporción de la señal de salida se redirige a la entrada, y así regula su procedimiento.

9. **Automatización.** Es un sistema donde, se traslada un conjunto de tareas de producción, ejecutadas comúnmente por operadores humanos a un grupo de elementos tecnológicos, controlados electrónicamente.

Se divide en dos partes, parte operativa y de mando, todo esto funciona, por un conjunto de señales enviadas y recibidas.

La representación de la parte operativa, se le otorga a las válvulas y cilindros. La de mando, es el conjunto de dispositivos instalados en el panel del operador.

a. La parte operativa. Son todos los elementos que están instalados en la máquina o en el proceso, esta parte es la que permite todos los movimientos y operaciones deseadas en los sistemas.

Los elementos que se utilizan son: motores, cilindros, compresores, finales de carrera, captadores y otros.

1) Accionadores. Es el elemento final de control, espera una señal del mando para cumplir con su propósito. Estos se clasifican en eléctricos, neumáticos e hidráulicos.

b. La parte de mando. Se utilizan dos tipos de tecnologías, para que se realice un control automático, al tomar órdenes del operador.

1) Tecnologías cableadas. Esta se realiza, con la interconexión de todos los elementos que conforman el automatismo, la función que deriva cada instrumento y la forma de conexión del mismo.

Son utilizados:

- a) Módulos lógicos neumáticos.
- b) Relés electromagnéticos.
- c) Tarjetas electrónicas.

2) Tecnologías programadas. Esta trabaja directamente con microprocesadores, los cuales procesan programas almacenados, y ejecutan las acciones de una forma más sencilla, con la parte operativa.

Son utilizados:

- a) Los ordenadores
- b) Los autómatas programables

10. Simbología. Las líneas en los diagramas, pueden indicar diferentes tipos de señales.

- a. Neumáticas
- b. Eléctricas
- c. Ópticas
- d. Señales digitales
- e. Ondas

- f. Radio
- g. etc.

Las tres primeras señales (ver Figura 42, apéndice), son las más básicas en cualquier diagrama de proceso.

C. Fundamentos teóricos sobre diagramas de procesos

1. Diagrama de operación de proceso. En un conjunto de operaciones e inspecciones que llevan un orden sucesivo, este diagrama se puede representar en forma gráfica, utilizando símbolos estandarizados como; inspección (cuadrado), operación (círculo), actividad combinada (cuadrado + círculo).

2. Diagrama de flujo de proceso. Es una forma gráfica de los pasos que se siguen en toda una cadena de actividades, dentro de un proceso, identificándolos mediante símbolos; se incluye información como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido.

Este diagrama se puede utilizar para descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso, dividiéndose como se muestra a continuación:

- a. Operación (círculo)
- b. Transporte (flecha)
- c. Inspección (cuadrado)
- d. Demora (D)
- e. Almacenaje (triángulo)
- f. Actividad combinada (cuadrado + círculo)

3. **Diagrama de recorrido.** Este es un esquema, en donde se representa, las ubicaciones de la planta, en la cual se realizan las actividades. Se utilizan líneas de flujo o flechas las cuales indican, la dirección en que fluye el proceso.

4. Estudio de tiempos y movimientos

a. **Estudio de tiempos.** Con esta técnica se establece, un promedio de tiempo para cada actividad que se realiza, considerando las demores y retrasos. Teniendo la información deseada, se puede utilizar para resolver o eliminar tiempos que no son necesarios.

b. **Estudio de movimiento.** Es el análisis metódico de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo humano al realizar una acción. Su principal objetivo es eliminar o minimizar las actividades ineficientes y acelerar las eficientes. Y lo anterior permite elevar el índice de productividad.

D. Descripción del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas industriales y residuales

1. **Tratamiento de agua industrial.** El agua de uso industrial, es enviada a un tanque de almacenamiento, por medio de una bomba de 3 hp, la cual está conectada a un depósito de 500 galones, colocado afuera del área de producción, este recibe directamente el producto del lavado de los tanques de látex. Este proceso, se realiza de forma manual con un sistema de presión, utilizando una manguera, para efectuar este trabajo de limpieza, para cada lote elaborado de pintura.

Figura 6. Tanque de retención



El tanque de retención es de 4,000 galones, en este ingresa todo el fluido que debe ser tratado, la entrada y la salida son de 2". Las válvulas son de bola PVC, posee dos permitiendo el llenado del tanque y vaciado del mismo.

Figura 7. Decantador.



El siguiente punto, es la descarga por gravedad hacia el Decantador, este tiene unas aspas en una banda, la cual recorre el interior del depósito, extrayendo sólidos o lodos del agua para expulsarlos hacia un tornillo sin fin, este los mueve hacia una apertura donde se coloca en un tonel o depósito.

Figura 8. Tanques de floculación.



Luego se bombea todo el contenido hacia los tanques de floculación, se llenan hasta alcanzar un nivel adecuado de 900 galones, son 4 depósitos de 1,000 galones cada uno. Aquí se agrega el reactivo floculante para su posterior agitación manual.

a. Pasos actuales para agregar el coagulante y floculante:

- 1) Adición de químico coagulante y floculante al agua a clarificar
- 2) Agitación de 15 minutos del agua a clarificar, que ya contiene el químico adicionado, con el fin de mezclar completamente agua, coagulante y floculante.
- 3) Control del pH del agua, utilizar medidor.
- 4) Dejar reposar durante 30 minutos a fin de lograr la separación entre lodos y líquido claro.

Figura 9. Bomba de 3 Hp.



En la Figura 9, podemos observar la bomba de 3 Hp, esta es utilizada para mover los fluidos en la planta, en sus diferentes ubicaciones.












Figura 10. Filtro prensa.






Terminado el proceso de coagulación, la siguiente bomba de 3 hp envía toda el agua al filtro prensa, para terminar con el tratamiento.

Luego el fluido, recorre por gravedad en las próximos depósitos; la caja de muestreo y la pileta de oxidación.

Figura 11. Diagrama de operación de tratamiento de agua industrial.

Título:	Diagrama de operación de proceso	
Proceso:	Tratamiento de agua industrial	
Fecha elaboración:	sep-12	
Elaborado por:	Jorge Anibal Arroyo	
Revisado por:	Mario Sáenz	
Simbología	Actividad	Tiempo (m)
	Limpieza de tanques de producción	-
	Llenado de tanque de pre-decantación por bomba de diafragma	12.5
	Llenado de tanque de almacenamiento por bombeo	360
	Verificar nivel del tanque de almacenamiento	10
	Llenado del decantador por gravedad	12.5
	Verificar nivel del decantador	2
	Arranque del decantador	0.50
	Llenado de los tanques de floculación por bombeo	25
	Verificar nivel es de los tanques de floculación	8
	Agregar reactivo floculante	3
	Agitación del floculante	15

Continuación Figura 11. Diagrama de operación de tratamiento de agua industrial.

Simbología	Actividad	Tiempo (m)
	Bombeo a filtro prensa	12.5
	Caja de muestreo	-
	Líquidos depositados por gravedad en pileta de oxidación	-



























Resumen diagrama de operación de proceso			
Símbolo	Descripción	Cantidad	Tiempo (m)
	Operación	11	451
	Inspección	2	10
	Actividad combinada	1	-
Total		14	461








Figura 12. Diagrama de flujo de tratamiento de agua industrial

Título:		Diagrama de flujo de proceso
Proceso:		Tratamiento de agua industrial
Fecha elaboración:		sep-12
Elaborado por:		Jorge Anibal Arroyo
Revisado por:		Mario Sáenz
Simbología	Actividad	Tiempo (m)
	Limpieza tanques de producción látex	-
	Llenado de tanque de pre-decantación por bomba de diafragma	12.5
	Verificar nivel de tanque de pre-decantación (si está lleno)	10
	Abrir válvula Hg del tanque pre-decantación	0.25
	Abrir válvula de bola, entrada del tanque de almacenamiento	2.5
	Encender bomba No. 1	3.5
	Llenado de tanque de almacenamiento por bombeo	360
	Verificar nivel de tanque de almacenamiento (altura)	10
	Apagar bomba No. 1	3.5
	Cerrar válvula de bola, entrada de tanque almacenamiento	2.5
	Abrir válvula de bola, salida de tanque almacenamiento	0.5

Continuación Figura 12. Diagrama de flujo de tratamiento de agua industrial

Simbología	Actividad	Tiempo (m)
	Llenado del decantador por gravedad	12.5
	Encender motor del decantador	0.5
	Extraer lodos del decantador	-
	Verificar nivel del decantador (si está lleno)	2
	Cerrar válvula de bola PVC, salida de tanque de almacenamiento	0.5
	Seleccionar tanque de floculación (por nivel de líquido)	8
	Abrir válvula de bola, de entrada del tanque de floculación, que fue seleccionado	0.25
	Encender bomba No. 2	0.50
	Llenado de tanque de floculación seleccionado	25
	Verificar nivel del tanque de floculación seleccionado (si está lleno)	2
	Apagar bomba No. 2	0.50
	Cerrar válvula de bola, de entrada del tanque de floculación seleccionado	0.25
	Agregar reactivo floculante al tanque de floculación seleccionado	3
	Agitación del floculante con el líquido	15
	Sedimentación	30
	Abrir válvula de bola, de la salida del tanque de floculación seleccionado	0.25
	Abrir válvula de bola del filtro prensa (en funcionamiento)	0.25

Continuación Figura 12. Diagrama de flujo de tratamiento de agua industrial

Simbología	Actividad	Tiempo (m)
	Encender bomba No. 3	0.50
	Bombeo a filtro prensa	12.5
	Verificar nivel del tanque de floculación (si está vacío)	2
	Apagar bomba No. 3	0.5
	Cerrar válvula de bola, de la salida del tanque de floculación seleccionado	0.25
	Caja de muestreo	-
	Líquidos depositados por gravedad en pileta de oxidación	-







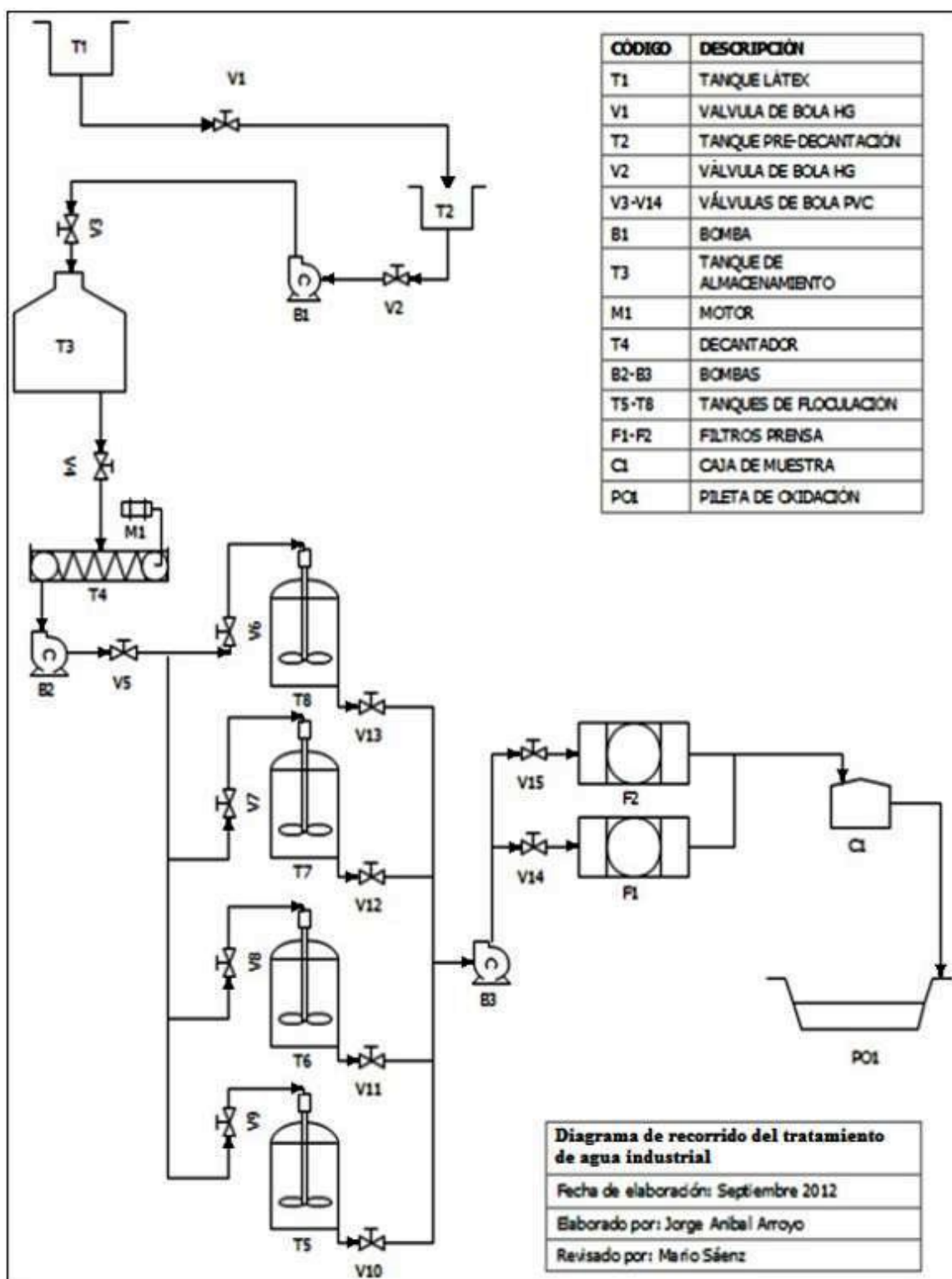
Resumen diagrama de flujo de proceso			
Símbolo	Descripción	Cantidad	Tiempo (m)
	Operación	28	465.5
	Inspección	5	26
	Actividad combinada	1	-
	Demora	1	30
	Almacenamiento	0	-
	Transporte	0	-
Total		35	521.5

Figura 13. Diagrama de recorrido de tratamiento de agua industrial.



2. Los problemas actuales de la planta de tratamiento de agua industrial. El llenado del tanque de almacenamiento, se realiza sin contar con un indicador de nivel, únicamente se llena al convenir del operador, con el riesgo de provocar algún rebalse o sin conocer la altura real.

Figura 14. Llenado del tanque de almacenamiento.



Las válvulas de entrada y salida de todos los tanques son manuales, con esto no se puede abrir o cerrar automáticamente, para que la planta trabaje de acuerdo al nivel de agua.

Si se acumula demasiado tiempo el agua en el tanque de almacenamiento, se evapora dejando un desecho sólido difícil de quitar.

El decantador se debe estar llenando constantemente, para la eliminación de sólidos o lodos que se forman, y suministrar la cantidad adecuada de líquido a los tanques de floculación.

Los cuatro tanques de floculación, deben llenarse a una altura adecuada, lo cual se dificulta al no poseer indicadores de nivel.

Figura 15. Llenado de tanques de floculación



Los motores y bombas, son accionados manualmente, esto es muy ineficiente para operar, y provoca demoras en las tareas realizadas.

El agua ya tratada se almacena en la pileta de oxidación, para luego después ser liberada, pero al determinado tiempo se pudre por falta de oxigenación, ya que no existe ningún tipo de agitación, para oxigenarla.

3. Tratamiento de agua residual. Es el proceso empleado para el tratamiento de las aguas provenientes del uso residual.

Las rejillas o trampas ubicadas al inicio del sistema del proceso, se colocan con el fin de minimizar la situación de presencia de sólidos voluminosos a la entrada del sistema de tratamiento.

La trampa de flotantes, esta permite la eliminación de cualquier cuerpo suspendido, antes del ingreso a los reactores de aireación.

Figura 16. Rejilla y trampa de flotantes



El tanque ecualizador y la primera fase de oxigenación, es el tiempo de retención y la posibilidad de mezclarlo con aguas, conteniendo lodo de recirculación; tiene como función principal, homogeneizar los líquidos que van hacia el tratamiento.

Esta zona con los sistemas de oxigenación, permite desde ese momento poner en contacto el líquido fresco con la biomasa concentrada, la que va adhiriéndose a las partículas orgánicas presentes en el agua fresca, haciendo más rápido el contacto degradante.

Figura 17. Tanque ecualizador.



El tanque reactor aeróbico, es donde el influente, pasa a la cámara de aireación en donde se da la incorporación del oxígeno principal a la materia orgánica, con el fin importante de obtener la degradación de la misma por medio aeróbicos, sin que cause problemas de olores.

Este periodo de retención hidráulica, mantiene en constante contacto con el oxígeno las partículas orgánicas, a la vez que con el movimiento interno del aireador eyector hará la homogenización de la masa de agua.

Figura 18. Tanque reactor aeróbico.



El blower de 5.3 Hp inyecta aire a 25 difusores de oxígeno, que están en la base del tanque reactor aeróbico durante 3 horas, terminado esto existen 15 minutos para la sedimentación en este depósito.

El almacenamiento de 3 horas en el tanque, permite que todos los líquidos pasen en la parte inferior de los depósitos, con un movimiento continuo.

Figura 19. Recorrido de los líquidos.













Clarificador final, este traslado de los lodos detenidos en el sedimentador, se lleva a cabo mediante la instalación de una bomba de líquidos con alta presencia de sólidos, ubicada en este tanque, trabajando constantemente.

Figura 20. Clarificador final.



Todos los líquidos después de salir de clarificador, se conducen por gravedad hacia la caja de muestreo y pileta de oxidación.

Figura 21. Diagrama de operación de tratamiento de agua residual

Título:		Diagrama de operación de proceso
Proceso:		Tratamiento de agua residual
Fecha elaboración:		sep-12
Elaborado por:		Jorge Anibal Arroyo
Revisado por:		Mario Sáenz
Simbología	Actividad	Tiempo (m)
	Limpieza de rejillas para retiro de sólidos voluminosos	-
	Retirar sólidos de la trampa de flotantes	-
	Tanque equalizador	180
	Tanque aireador	
	Inyección de aire con blower	180
	Tanque clarificador final	180
	Tanque de contacto	
	Extracción de lodos al patio de secado	63.4
	Caja de muestreo	-
	Líquidos depositados por gravedad a pileta de oxidación	-

Continuación Figura 21. Diagrama de operación de tratamiento de agua residual























Resumen diagrama de operación de proceso			
Símbolo	Descripción	Cantidad	Tiempo (m)
	Operación	9	603.4
	Inspección	0	-
	Actividad combinada	1	-
Total		10	603.4


Figura 22. Diagrama de flujo de tratamiento de agua residual

Título:	Diagrama de flujo de proceso	
Proceso:	Tratamiento de agua residual	
Fecha elaboración:	sep-12	
Elaborado por:	Jorge Anibal Arroyo	
Revisado por:	Mario Sáenz	
Simbología	Actividad	Tiempo (m)
	Observar rejillas de retención de sólidos voluminosos	-
	Limpieza de rejillas para retiro de sólidos voluminosos	-
	Retirar sólidos de la trampa de flotantes	-
	Tanque ecualizador	180
	Tanque aireador	
	Abrir válvula de paso de aire al tanque	1

Continuación Figura 22. Diagrama de flujo de tratamiento de agua residual

Simbología	Actividad	Tiempo (m)
	Encender el aireador eyector	0.25
	Inyección de aire con blower	180
	Apagar el aireador eyector	0.25
	Sedimentación	15
	Tanque clarificador final	180
	Tanque de contacto	(compartido con tiempo anterior)
	Verificar nivel tanque clarificador (nivel adecuado)	2
	Encender bomba de lodos	0.5
	Extracción de lodos al patio de secado	63.4
	Verificar nivel tanque clarificador (vacío)	2
	Apagar bomba de lodos	0.5
	Caja de muestreo	-
	Caja de flujómetro	-

Continuación Figura 22. Diagrama de flujo de tratamiento de agua residual

Simbología	Actividad	Tiempo (m)
	Líquidos depositados por gravedad a pileta de oxidación	-







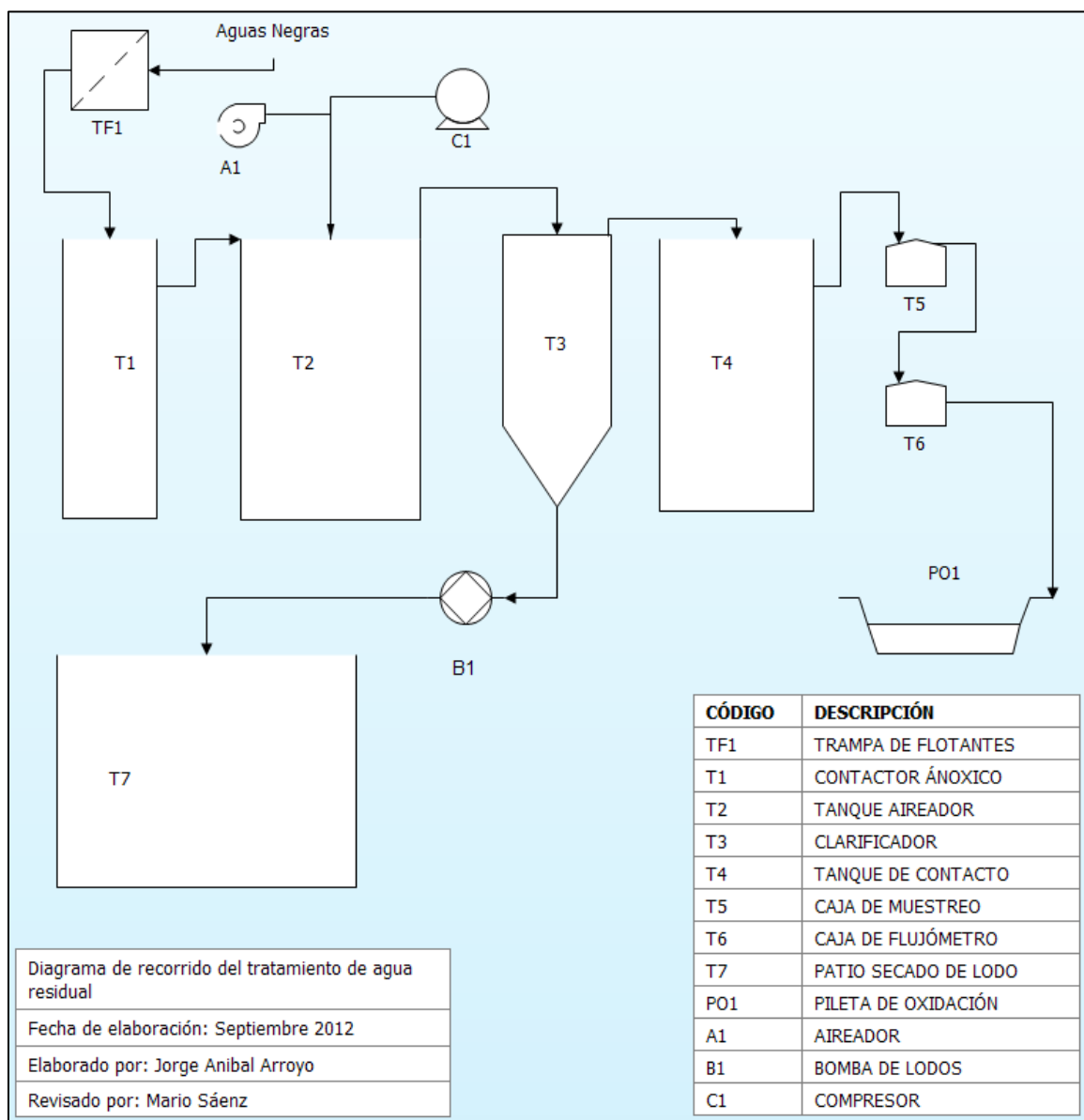
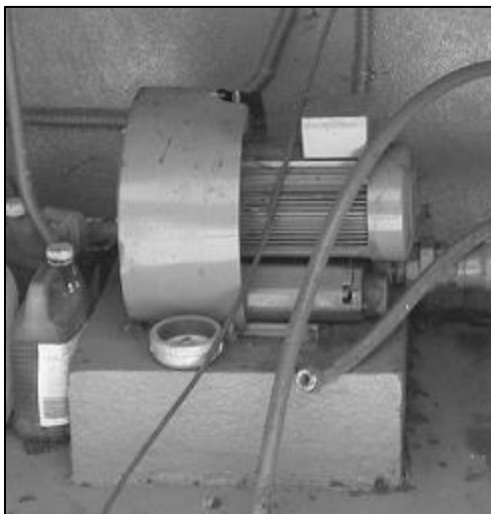
Resumen diagrama de flujo de proceso			
Símbolo	Descripción	Cantidad	Tiempo (m)
	Operación	14	605.9
	Inspección	3	4
	Actividad combinada	2	-
	Demora	1	15
	Almacenamiento	0	-
	Transporte	0	-
Total		20	624.9

Figura 23. Diagrama de recorrido de tratamiento de agua residual.



4. Los problemas actuales de la planta de tratamiento de agua residual. El aireador eyector no trabaja en ciclos, no cumple con proporcionar aire el tiempo que es necesario, en el tanque reactor aeróbico.

Figura 24. Aireador eyector.



La válvula, alimentadora de aire a los oxigenadores es manual, no trabaja en conjunto con el aireador, para proporcionar el aire suficiente al tanque.

Figura 25. Válvula de aire.



El bombeo de lodos es manual, no se trabaja de acuerdo al nivel, del tanque que los almacena.

IV. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES Y RESIDUALES.

Con este diseño e implementación de un sistema de control automático, buscará dar solución a los problemas actuales de la planta de tratamiento de aguas, y elevar su eficiencia.

A. Selección de componentes necesarios para la automatización:

La selección de cada componente es muy importante, ya que cada uno posee diferentes especificaciones técnicas, para su funcionamiento normal. No hay que sobredimensionar la capacidad del dispositivo con relación al proceso que ejerce, para aprovechar toda su utilidad y evitar costos adicionales (precio de compra).

A continuación se detallan los insumos necesarios para la automatización:

- a. LOGO
- b. Módulo lógico
- c. Interruptores de nivel
- d. Electroválvulas neumáticas
- e. Válvulas neumáticas
- f. Panel del operador
- g. Accesorios de control eléctrico, y neumático

1. Módulo lógico LOGO 230RC. Este es un dispositivo autómatas programable, que permite su programación directa en la pantalla o que se transfiera el programa, por medio de una memoria o computadora. Este controlador cumple, con realizar todas las operaciones necesarias que exige la planta de tratamiento de aguas industriales y residuales.

Tabla 5. Características técnicas logo siemens.

Tensión de alimentación: 115/230 AC/DC
8 entradas digitales: 115/230 V AC/DC
4 salidas de relé 10 A
Programador horario integrado
200 bloques de función: Interconectables
Ampliación modular

Figura 26. Logo 230RC

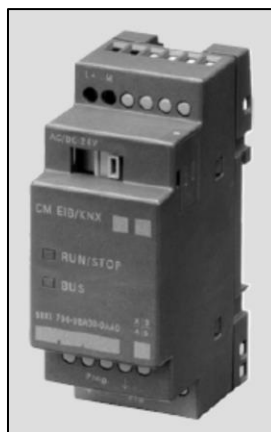


2. Módulo comunicación CM. Este dispositivo, es un módulo de ampliación para los logos, nos proporcionan un conjunto de entradas y salidas adicionales a las del controlador, para ser utilizadas.

Tabla 6. Datos Técnicos modulo siemens.

Tensión de alimentación	115/230 AC/DC
Entradas, máx.	16 digitales
Salida	16 digitales
Temperatura ambiente	0... +55 °C
Intensidad permanente	25 mA

Figura 27. Módulo lógico.



3. Detector de nivel tipo flotador. Es un detector de nivel de tubo, especialmente diseñado para el uso en tanques y depósitos de diferentes volúmenes. El diámetro permite que se pueda introducir en pequeños orificios, su control de nivel es muy preciso, como se puede ver en la Figura 28.

Tabla 7. Características técnicas Tuba 1”.

Aplicaciones	Agua, aceite, pintura, combustible
Funcionamiento	Omnidireccional
Presión máxima	5.5 bar
Temperatura máxima	85 °C
Características eléctricas	250 VCA - 50/60 Hz
Tipo de cable 3 conductores	0.75 mm ²
Peso de flotador sin cable	60 g

Figura 28. Tuba.



4. Electroválvula neumática de 2/2 vías. Este actuador nos permite el paso de la presión de aire, esta puede ser controlada eléctricamente por el controlador.

Tabla 8. Características técnicas electroválvula neumática.

Presión de funcionamiento	0 a 20 bar
Función de conmutación	N/C
Temperatura fluida	-10 °C a 50 °C
Tensión	120 voltios

Figura 29. Electroválvula 2/2.



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/madler-gmbh/electrovalvulas-neumaticas-de-2-2-vias-66929-531633.html>

5. Electroválvula de 3/2 vías. Este actuador, tiene un pequeño solenoide, el que permite el cambio de estado de la válvula, generalmente se utilizan para el movimiento de otros actuadores neumáticos más grandes, que demandan realizar una operación con mayor fuerza.

Tabla 9. Especificaciones técnicas electroválvula

Función de conmutación	N/C
Rango de operación	20 a 125 psi
Tensión	110 voltios

Figura 30. Electroválvula 3/2.



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/clippard/electrovalvulas-de-3-2-vias-7116-508824.html>

6. Válvula de bola esférica de dos vías de plástico con actuador neumático. Es una unidad del paquete de un actuador neumático y de una válvula de bola, posee un resorte en su interior el que permite devolver su estado original cuando se queda sin presión en la entrada.

Tabla 10. Datos técnicos válvula de bola.

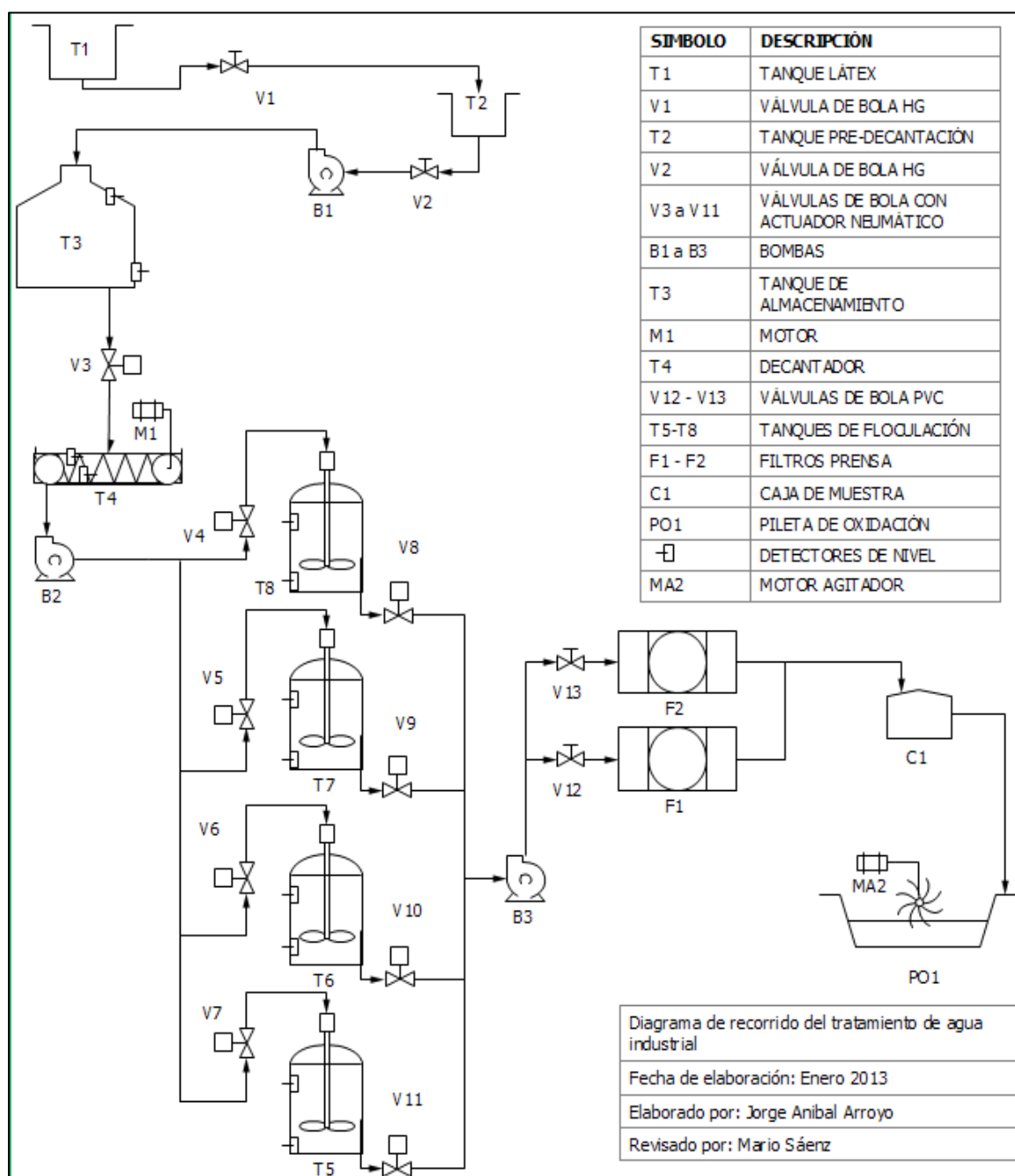
Diámetro: 2"
Presión funcionamiento: 80 psi
Indicador de posición visual: Si
Conexión: Extremo roscado

Figura 31. Válvula de bola de dos vías.



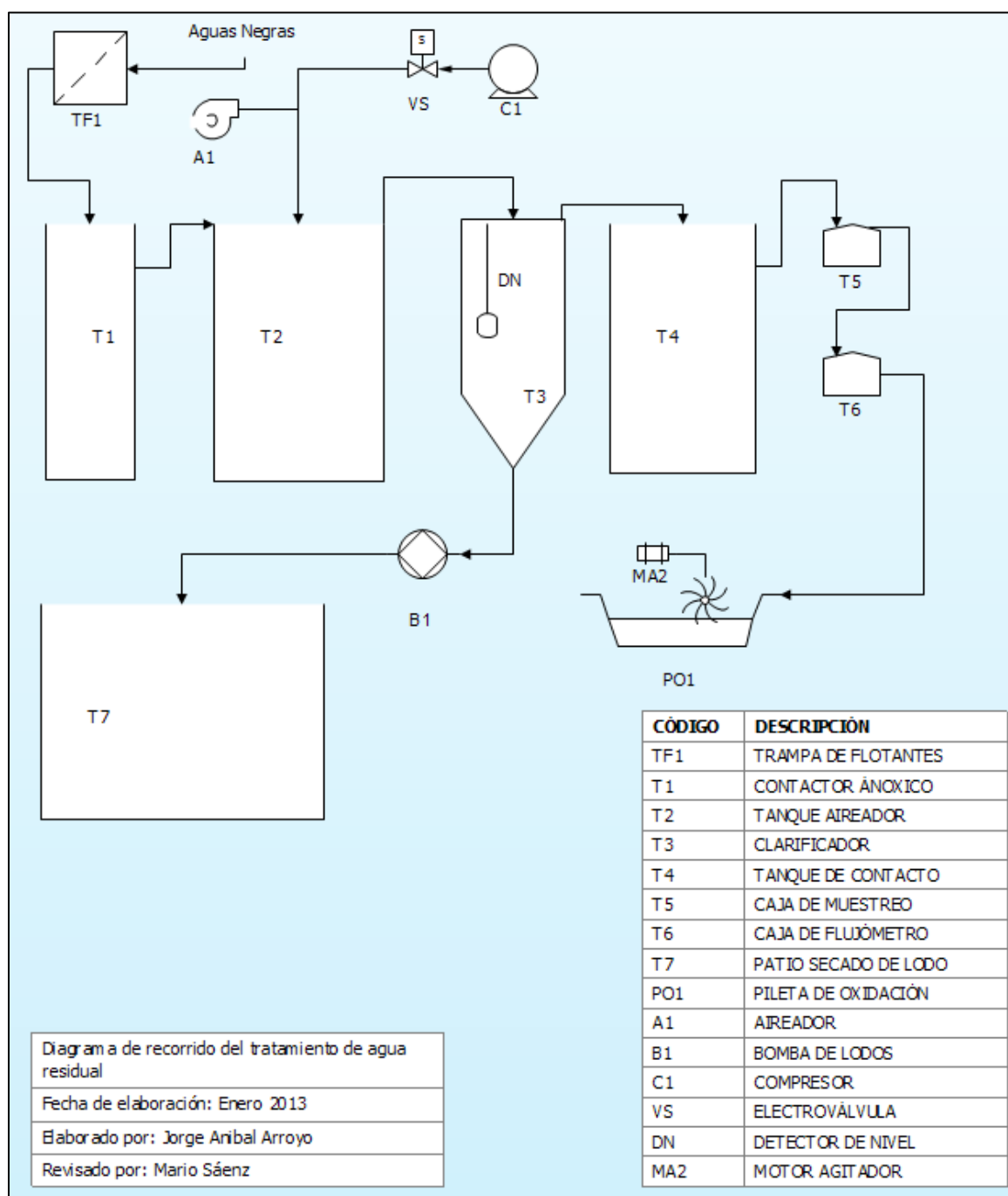
Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/valvula-de-bola-esferica-de-2-vias-de-plastico-con-actuador-neumatico-16511-2787387.jpg

Figura 32. Diagrama de recorrido, automatización de tratamiento de agua industrial.



En este nuevo diagrama, se encuentran incorporados los nuevos instrumentos a utilizar, (ver en la Figura 32).

Figura 33. Diagrama de recorrido, automatización de tratamiento de agua residual.



Observando el diagrama de recorrido en la Figura 33, los cambios realizados cumplirán con tener un control más eficiente.

Tabla 11. Listado de señales de entrada y salida.

No.	Descripción	E/D	S/D	ETIQUETA
Tratamiento de agua industrial				
1	Bomba, llena tanque de almacenamiento		1	BT1
2	Detector nivel alto, tanque de almacenamiento	1		SN1
3	Detector nivel bajo, tanque de almacenamiento	1		SN2
	Válvula de descarga, tanque de almacenamiento			VP1
4	Electroválvula, activa la válvula de descarga		1	VT1
5	Motor, mueve banda de decantador		1	M1
6	Detector nivel alto, decantador	1		SN3
7	Detector nivel bajo, decantador	1		SN4
8	Bomba, llena tanques de floculación		1	BT2
	Válvula de llenado, tanque de floculación 1			VP2
9	Electroválvula, activa la válvula de llenado 1		1	VT2
	Válvula de llenado, tanque de floculación 2			VP3
10	Electroválvula, activa la válvula de llenado 2		1	VT3
	Válvula de llenado, tanque de floculación 3			VP4
11	Electroválvula, activa la válvula de llenado 3		1	VT4
	Válvula de llenado, tanque de floculación 4			VP5
12	Electroválvula, activa la válvula de llenado 4		1	VT5
13	Detector de nivel alto, tanque de floculación 1	1		SN5
14	Detector de nivel bajo, tanque de floculación 1	1		SN6
15	Detector de nivel alto, tanque de floculación 2	1		SN7
16	Detector de nivel bajo, tanque de floculación 2	1		SN8
17	Detector de nivel alto, tanque de floculación 3	1		SN9
18	Detector de nivel bajo, tanque de floculación 3	1		SN10
19	Detector de nivel alto, tanque de floculación 4	1		SN11
20	Detector de nivel bajo, tanque de floculación 4	1		SN12
	Válvula de descarga, tanque de floculación 1			VP6
21	Electroválvula, activa válvula de descarga 1		1	VT6

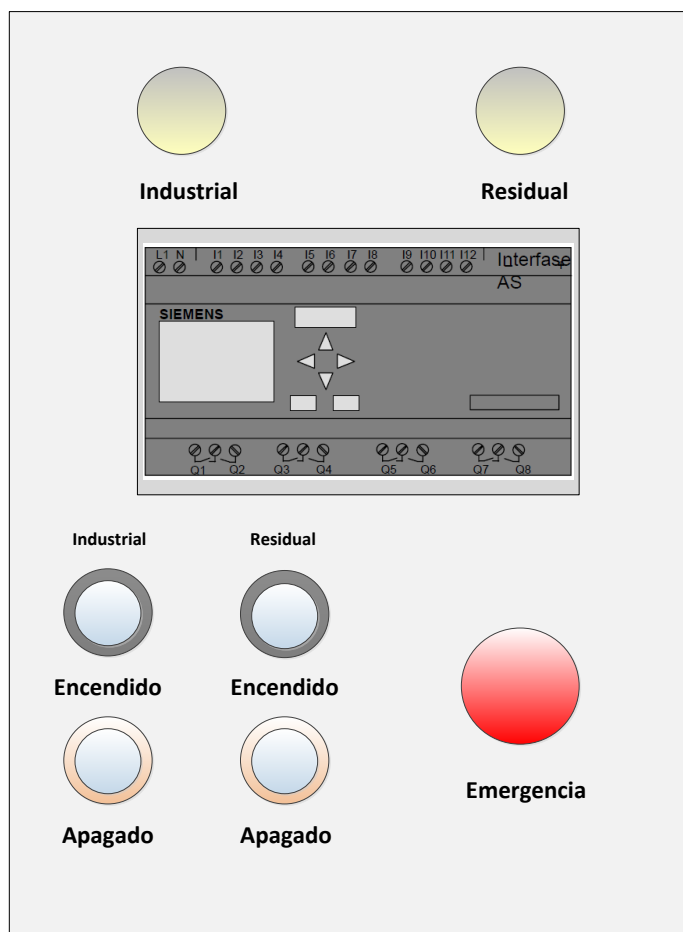
Continuación Tabla 11. Listado de señales de entrada y salida.

No.	Descripción	E/D	S/D	ETIQUETA
	Válvula de descarga, tanque de floculación 2			VP7
22	Electroválvula, activa válvula de descarga 2		1	VT7
	Válvula de descarga, tanque de floculación 3			VP8
23	Electroválvula, activa válvula de descarga 3		1	VT8
	Válvula de descarga, tanque de floculación 4			VP9
24	Electroválvula, activa válvula de descarga 4		1	VT9
25	Bomba, envía el agua a filtros prensa		1	BT3
26	Motor, agita el agua de la pileta de oxidación		1	M2
Tratamiento de agua residual				
27	Aireador, proporciona aire a difusores		1	A1
28	Electroválvula neumática, abre presión de aire		1	VN1
29	Detector de nivel alto, tanque clarificador	1		SN13
30	Bomba, manda el lodo al patio		1	BT4
Panel del operador				
31	Botón de encendido, parte industrial	1		S1
32	Botón de apagado, parte industrial	1		S2
33	Botón de emergencia, apagar todo	1		S3
34	Luz piloto, encendido parte industrial		1	X1
35	Botón de encendido, parte residual	1		S4
36	Botón de apagado, parte residual	1		S5
37	Luz piloto, encendido parte residual		1	X2
	TOTAL	18	19	

Con base en esta tabla definiremos la composición del controlador, LOGO (8ED/4SD) y dos módulos expandibles (8ED/8SD).

7. Panel del operador. Esta pieza del equipo, comprende una parte importante del diseño y funcionamiento del proceso, pues es el mecanismo que alcanza la comunicación entre la parte automática y humana.

Figura 34. Diseño del panel de control.



Este nuevo diseño del panel de control, es más amigable con el usuario y de fácil manipulación para el operador de la planta de tratamiento (ver la Figura 34).

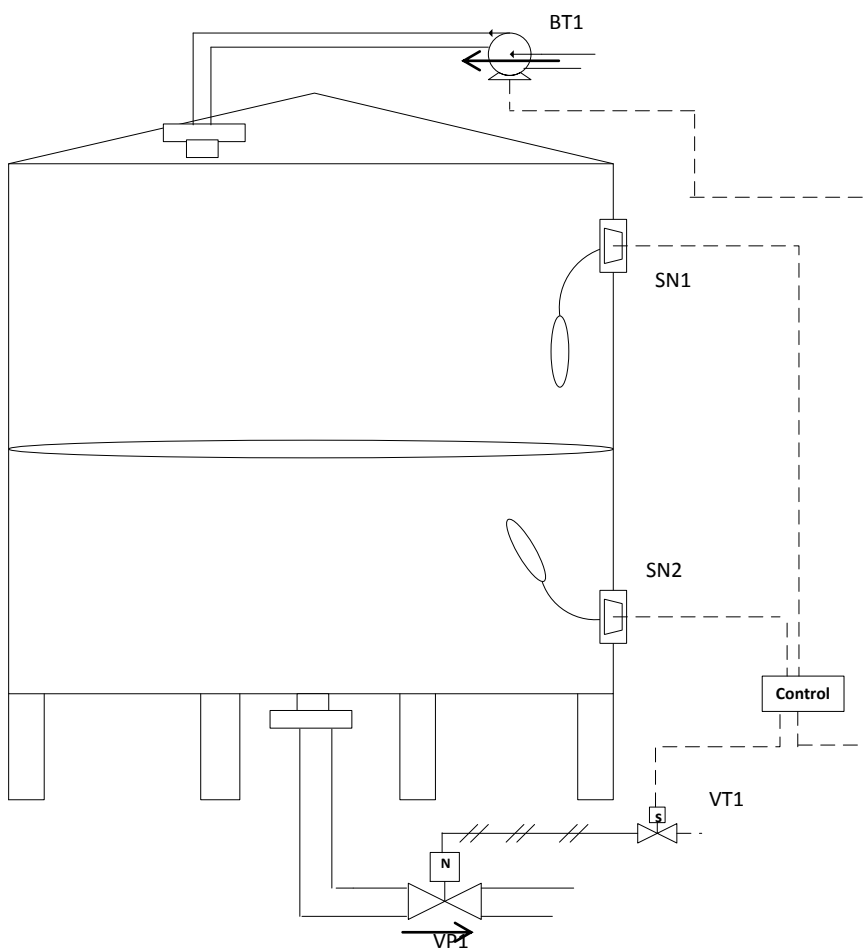
Tabla 12. Listado de materiales de panel

1. Bornes
2. Relés
3. Panel metálico de montaje
4. Luces piloto
5. Botón de paro de emergencia
6. Botoneras
7. Varios accesorios eléctricos

B. Conexión de señales al controlador y diseño de la instalación de los detectores de nivel, válvulas y electroválvulas en los tanques

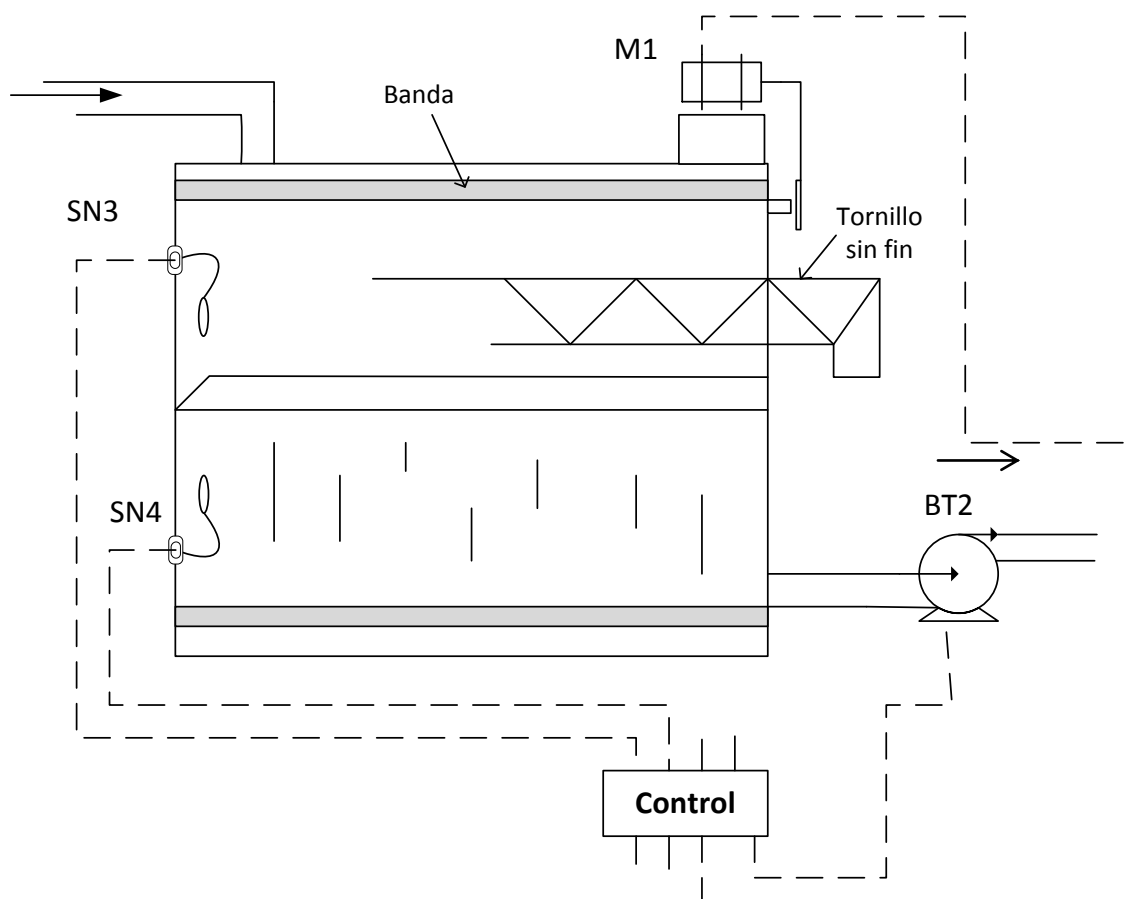
Los flotadores, pueden colocarse directamente suspendidos en forma vertical o introducirlos en un orificio, de la pared de los tanques, para utilizar la mejor ubicación en el área.

Figura 35. Automatización del tanque de almacenamiento.



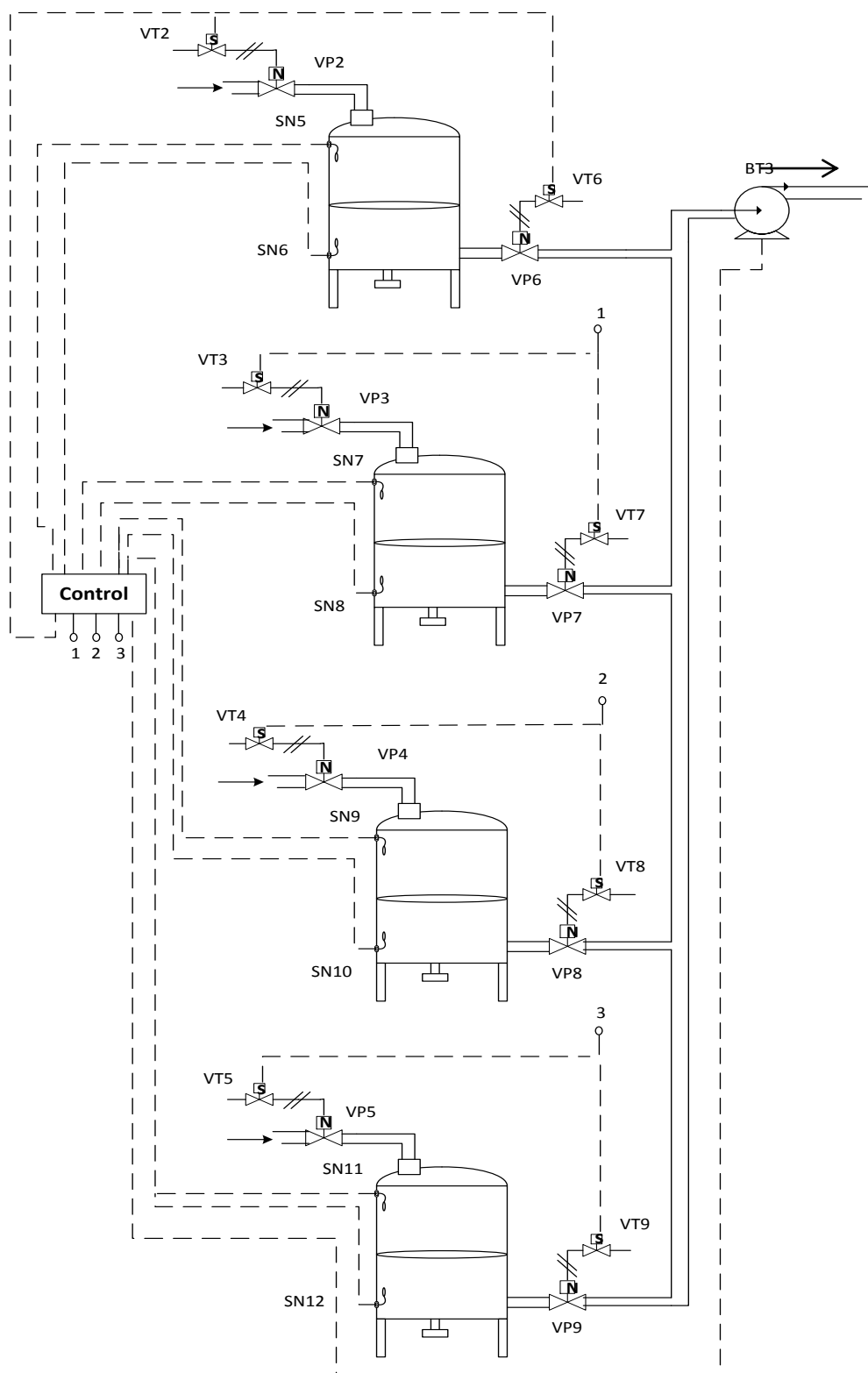
Descripción de etiquetas de la Figura 35, (en la Tabla 11).

Figura 36. Automatización del decantador



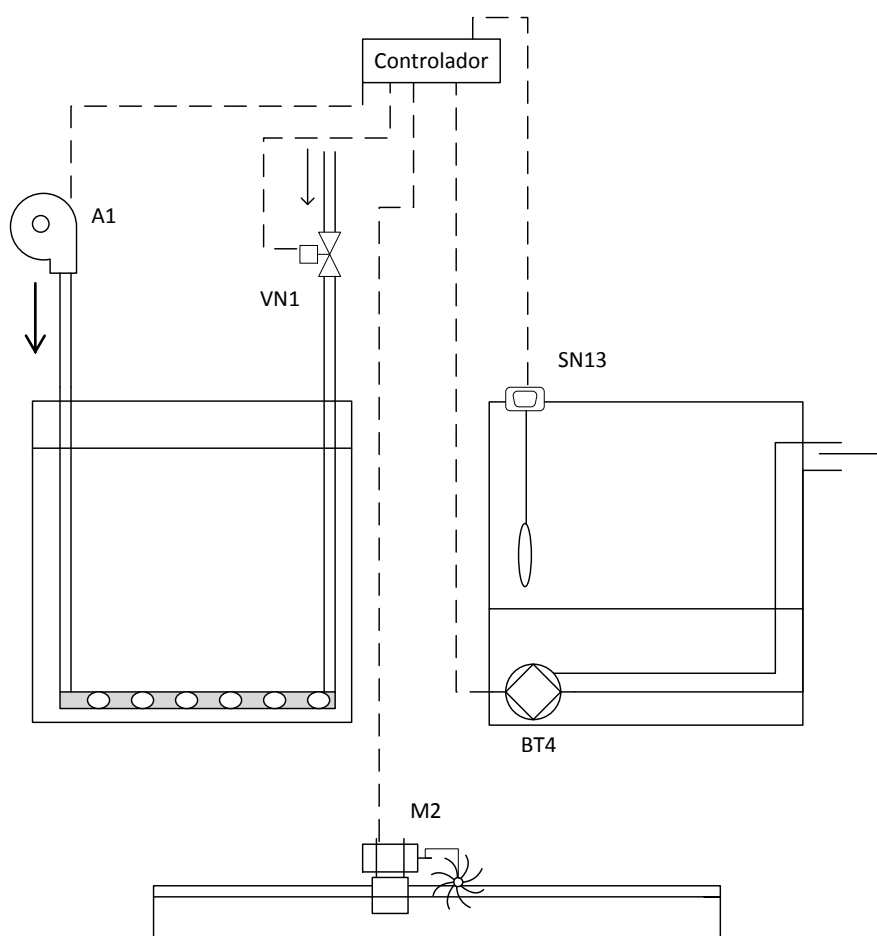
Descripción de etiquetas de Figura 36, (en la Tabla 11).

Figura 37. Automatización de los tanques de floculación.



Descripción de etiquetas de la Figura 37, (en la Tabla 11).

Figura 38. Automatización de los tanques de tratamiento de agua residual



Descripción de etiquetas de la Figura 38, (en la Tabla 11).

C. LOGO Soft Comfort

Es un software para crear programas, especialmente para logo siemens, únicamente se utiliza un cable USB para cargar y almacenar el archivo, en la memoria. Se trabaja con dos tipos de lenguajes; diagrama de funciones o de esquemas de contacto.

Este programa de instalación de software viene incluido en el paquete de LOGO, sin ningún costo adicional de licencia, y con cable USB para programación.

D. Costos:

En la evaluación del costo, se debe de conocer la inversión de la automatización propuesta para la planta, para ello se evaluó el precio en el mercado, de los dispositivos y accesorios que se necesitan, como se muestra a continuación.

Tabla 13. Costos de la automatización.

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Subtotal (Q)
1	Panel metálico con llave 50x40x20	1,035.00	1,035.00
2	Riel DIN (metro)	60.00	60.00
1	Servicio de montaje del sistema	3,500.00	3,500.00
1	Logo siemens 230RC, completo; con 2 módulos expandibles, cable USB y software	3,600.00	3,600.00
13	Detectores de nivel tipo flotador	310.00	4,030.00
9	Válvula de bola PVC de 2" con actuador neumático	2,470.00	22,230.00
9	Electroválvula 3/2	495.00	4,455.00
1	Electroválvula 2/2 de 1"	415.00	415.00
1	Motor ½ Hp	1,280.00	1,280.00
	Accesorio neumáticos, incluye: racores, manguera y otros.	1,260.00	1,260.00
	Accesorios eléctrico, incluye: transformador 480 – 220V, guarda motores, interruptor termo magnético, cable, bornes, marcadores de cable, canaletas, luces piloto, botoneras, relés y otros.	2,500.00	2,500.00
	TOTAL		44,365.00

V. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Con la automatización de la planta de tratamiento de aguas industriales y residuales, obtendremos las siguientes mejoras.

A. Llenado y rebalse

El operador no tendrá que estar constantemente observando cada tanque, para conocer el nivel en que se encuentran.

Con el control automático de llenado, no existirá ningún tipo de rebalse, ya que los detectores de nivel, se encuentran posicionados en un 5% (que indicará vacío) y 99% (que dirá lleno) de la altura, de los tanques.

En cada tanque su límite de llenado será de un 99 % de su volumen., con esto evitamos cualquier rebalse, y utilizamos al máximo la capacidad de los tanques.

Únicamente el tanque clarificador, por su contenido de lodos y agua, se tomara su altura límite en un 40 %.

Volumen adecuado:

Tanque de almacenamiento: 4,000 galones

Límite de tanque almacenamiento: $((4,000/100)*99) = 3,960$ galones

Decantador: 1,000 galones

Límite decantador: $((1,000/100)*99) = 990$ galones

Tanques de floculación: 1,000 galones cada tanque

Límite de cada tanque de floculación: $((1,000/100)*99) = 990$ galones

Tanque clarificador: 3,170 galones

Límite tanque clarificador: $((3,170/100)*40) = 1,268$ galones

B. Demora y eficiencia

El operador, de las válvulas no tiene que estar abriéndolas o cerrándolas en el momento que sea necesario, ya que el sistema de control tiene mando sobre ellas.

El operario no tendrá que estar regresando al lugar donde se encienden y apagan los motores, cada vez que necesite observar los tanques o controlar el nivel, ya que el mando de encendido, apagado de los motores y bombas, es automático.

No habrá alguna demora en realizar estas actividades, ya que en el mismo instante que se cumpla las condiciones se ejecutarán las operaciones.

Tabla 14. Eliminación de demoras al automatizar

Actividad	Cantidad	Tiempo (minutos)
Encendido, apagado de bombas y motores	11	11
Abrir y cerrar válvulas	10	8.25
Verificar niveles de los tanques	8	38
Total	29	57.25

En la Tabla 14, se muestra el total del tiempo, que se ahorra en el proceso para ejecutar las actividades.

Tabla 15. Comparación

	Cantidad de actividades realizadas por el operador	Tiempo requerido (minutos)
Sin automatizar	31	60.5
Automatizando	2	3.25
Reducción	29	57.25

En la Tabla 15, se muestra, la reducción total que se obtiene al automatizar.

Actividades:

Calculando el 90 % de las actividades: $((31/100)*90) = 27.9$

Diferencia entre actividades: $31 - 2 = 29$

Calculando la eliminación de actividades: $((29) / (31 / 100)) = 93.55\%$

Actividades restantes: $100 - 93.55 = 6.45 \%$

Tiempos:

Calculando el 90 % del tiempo: $(60.5 / 100) * 90 = 54.45$ minutos

Diferencia entre tiempos: $60.5 - 3.25 = 57.25$ minutos

Calculando la eliminación de tiempos: $((57.25) / (60.5 / 100)) = 94.63 \%$

Tiempos restantes: $100 - 94.63 = 5.37 \%$

C. Ahorro

Se realizó una evaluación de costos, tomando el tiempo que el operador necesita para atender la planta de tratamiento de agua (ya automatizada), con relación al tiempo que se encuentra disponible, para realizar cualquier otra actividad laboral.

También tomando en cuenta, el ahorro que se puede obtener, por más galones de agua tratada en la parte del tratamiento industrial, en el mismo turno, con la implementación del sistema automático.

Cálculos del operador:

Cada 3 horas, agregar químicos al tanque aireador

Se toma 15 minutos, 2 veces al día

Cada 4 horas, agitar y agregar floculante a tanques de floculación

Se toma 45 minutos, 2 veces al día

Tiempo total: $(15*2) + (45*2) = 120$ minutos

Convertir minutos: $(120 \text{ minutos}) * (1 \text{ hora}/60 \text{ minutos}) = 2$ horas al día

Tiempo libre del operador: $8 \text{ horas} - 2 \text{ horas} = 6$ horas al día

Costo de hora laboral: 9.54 quetzales

Ahorro al día: $9.54 \text{ quetzales} * 6 \text{ horas} = \text{Q. } 57.24$

Ahorro al año: $57.24 \text{ quetzales} * 261 \text{ días hábiles} = \text{Q. } 14,939.64$

Costos de la automatización: Q. 44,365.00

Tiempo de recuperación: $44,365 / 14,939.64 = 2.96$ año

Cálculos del tratamiento:

El costo de tratar un galón es: Q. 0.057

El costo de tratar 1000 galones es: Q. 57.00

Tiempo para tratar 1000 galones: $521.5 - 270 = 251.5$ minutos

Tiempo sin demoras: $251.5 - 54 = 197.5$ minutos

En 197.5 minutos, se puede tratar 1,000 galones de agua, al automatizar la planta de tratamiento.

Cálculo: $(1000 / 251.5) * 197.5 = 785.29$ galones

Ahorro: $(1000 - 785.29) = 214.7$ galones

Ahorro: $(214.7 \text{ galones} * 0.057 \text{ Q/galones}) = \text{Q. } 12.238$ por cada 1000 galones

Ahorro al año con 1000 galones diarios: $12.238 \text{ quetzales} * 261 \text{ días hábiles} =$

3,194.118 quetzales

Total ahorro: $14,939.64 + 3,194.11 = 18,133.758$ Q.

Tiempo de recuperación: $44,365.00 / 18,133.758 = 2.45$ años

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

1. Con la propuesta de automatizar, la planta de tratamiento de aguas industriales y residuales, se incrementa la eficiencia del uso del equipo en un 93.5 % un 13.5% más de lo que había considerado.
2. El diseño para el control de llenado y descarga de los tanques, cumple con evitar derrames, durante la ejecución del equipo.
3. El diseño del sistema automático del arranque, paro de motores y bombas, y el de abrir y cerrar las válvulas, reduce las demoras ocasionadas por el operador, en un 94.63% un 4.63% más de lo estimado.
4. El costo de inversión de la automatización es de Q. 44,3650.00, el cual tiene un tiempo aproximado de recuperación de 2.5 años.
5. Con los diseños y equipos, propuestos, se puede realizar la automatización, facilitando la operación de la planta de tratamiento de aguas industriales y residuales.

B. Recomendaciones

1. Se debe capacitar al personal que opera la planta de tratamiento, asegurando un mejor manejo del equipo.
2. Es necesario, adicionar mejoras para la ampliación del sistema automatizado propuesto, ya que hay puntos en los cuales se necesita un control, como agregar químicos para el tratamiento.
3. Es importante mantener todo el equipo en buen estado y limpio, los tanques sin obstrucciones y en buenas condiciones.
4. Los sistemas de control, que se encuentran en este trabajo pueden ser sustituidos y mejorados, por más eficientes.
5. Utilizar los manuales de operación y técnico, con sus respectivas indicaciones de uso del equipo, y conexiones adecuadas (neumáticas, eléctricas y control).

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Jumasa. 2011. *Operación y mantenimiento planta de tratamiento de aguas residuales*. Guatemala. 8 págs.
- Maldonado, Víctor. 2009. *Operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales, por medio de ósmosis inversa*. Tesis de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. 63 págs.
- Pino, Julián. 2009. *Propuesta para la automatización y control para la planta de inyección de agua salada de la estación de descarga Bared*. Tesis Universidad de Oriente, Venezuela. 122 págs.
- Rodríguez, Gustavo. 2005. *Diseño de la automatización del equipo de tratamiento de agua de una fábrica de dulces*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 103 págs.
- Siemens, 2010. *Módulo lógico LOGO*. Catalogo Simantic. España. 57 págs.
- Téllez, Luis. 2005. *Propuesta de automatización de beneficios secos de café utilizando PLC*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 161 págs.

VIII. APÉNDICE

A. Manual de usuario

1. Limpieza de la planta de tratamiento de aguas industriales y residuales
 - a. Limpieza de rejillas una vez al día, en horario no hábil de producción.
 - b. Limpieza de paredes de los tanques y de la superficie del agua.
 - c. Eliminación de sólidos en la zona de aeración y clarificación.
 - d. Purga de tanques de floculación.
 - e. Limpieza de equipo.
 - f. Limpieza en general.

2. Arranque y apagado del sistema de control
 - a. Observar en el manómetro, si existe presión de aire, mínimo 80 psi.
 - b. Verificar las condiciones del panel.
 - c. Verificar si el interruptor termo magnético está activado, si en caso no lo estuviera hacerlo.
 - d. Verificar condiciones de los guarda motores, si se encuentran disparados, resetear.
 - e. Observar si todos los bornes se encuentran sujetos de manera correcta.
 - f. Observar si el LOGO esta encendido, para continuar.
 - g. Cerrar el panel correctamente.
 - h. Desenclavar botón de emergencia

- i. Pulsar el botón de encendido del tratamiento que se desea (industrial o residual). Si fueran los dos, se pulsa uno primero y consecutivamente el otro
- j. Observar si la luz piloto del tratamiento escogido enciende (industrial o residual). Si en caso no lo hiciera, el sistema no arranca.
- k. Presionar el botón de apagado del tratamiento, que se quiere detener (industrial o residual).
- l. Luz piloto se apaga de acuerdo al paso anterior.
- m. Presionar botón de emergencia para seguridad. (Hacerlo si las dos partes están apagadas).

B. Manual técnico

1. Dispositivos

- a. Dispositivos del panel de control
 - 1) Transformador 480 – 220V
 - 2) Guarda motores de 3 – 5 Hp
 - 3) Guarda motor de $\frac{1}{2}$ - 1 Hp
 - 4) Relés de 3 – 5 Hp
 - 5) Relé de $\frac{1}{2}$ - 1 Hp
 - 6) Interruptor termo magnético de 63Amperios - 480V
- b. Dispositivos de potencia
 - 1) Motores de $\frac{1}{2}$ y 3 Hp
 - 2) Bombas eléctricas
 - 3) Aireador de 5.3 Hp

c. Dispositivos de control

- 1) LOGO230RC
- 2) Módulo de comunicación CM
- 3) Tuba (Detector de nivel)
- 4) Electroválvulas 3/2 de 1/4"
- 5) Electroválvula 2/2 de 1"
- 6) Válvula de bola PVC con actuador neumático de 2"

2. Repuestos stock

a. Repuestos: Es muy importante mantener en bodega los repuestos, que más se utilizan o de los cuales hay más de dos en su tipo. Ya que si falla algún componente, se pierde la secuencia, la cual es muy necesaria para un control óptimo del proceso, lo mínimo que se debe de poseer es:

- 1) Transformador 480 – 220V = 1 elemento
- 2) Guarda motores de 3 – 5 Hp = 2 elementos
- 3) Guarda motor de 1/2 - 1 Hp = 1 elemento
- 4) Relés de 3 – 5 Hp = 2 elementos
- 5) Relé de 1/2 - 1 Hp = 2 elementos
- 6) Interruptor termo magnético de 63Amperios - 480V = 1 elemento
- 7) Tuba (detector de nivel) = 2 elementos
- 8) Electroválvulas 3/2 de 1/4" = 2 elementos
- 9) Electroválvula 2/2 de 1" = 2 elementos
- 10) Válvula de bola PVC con actuador neumático de 2" = 2 elementos

3. Diagramas

a. Conexión eléctrica. En esta parte, encontraremos la correcta conexión de los dispositivos al controlador, con sus respectivas etiquetas, todos los captadores y actuadores, direccionados a los módulos de entrada y salida del Logo.

Igualmente la conexión apropiada de la potencia instalada, con sus respectivas protecciones, para que los motores trabajen de forma adecuada.

Ver en Tabla 11, descripción de las etiquetas de las Figuras 39 y 40.

Figura 39. Diagrama de conexión eléctrica del LOGO

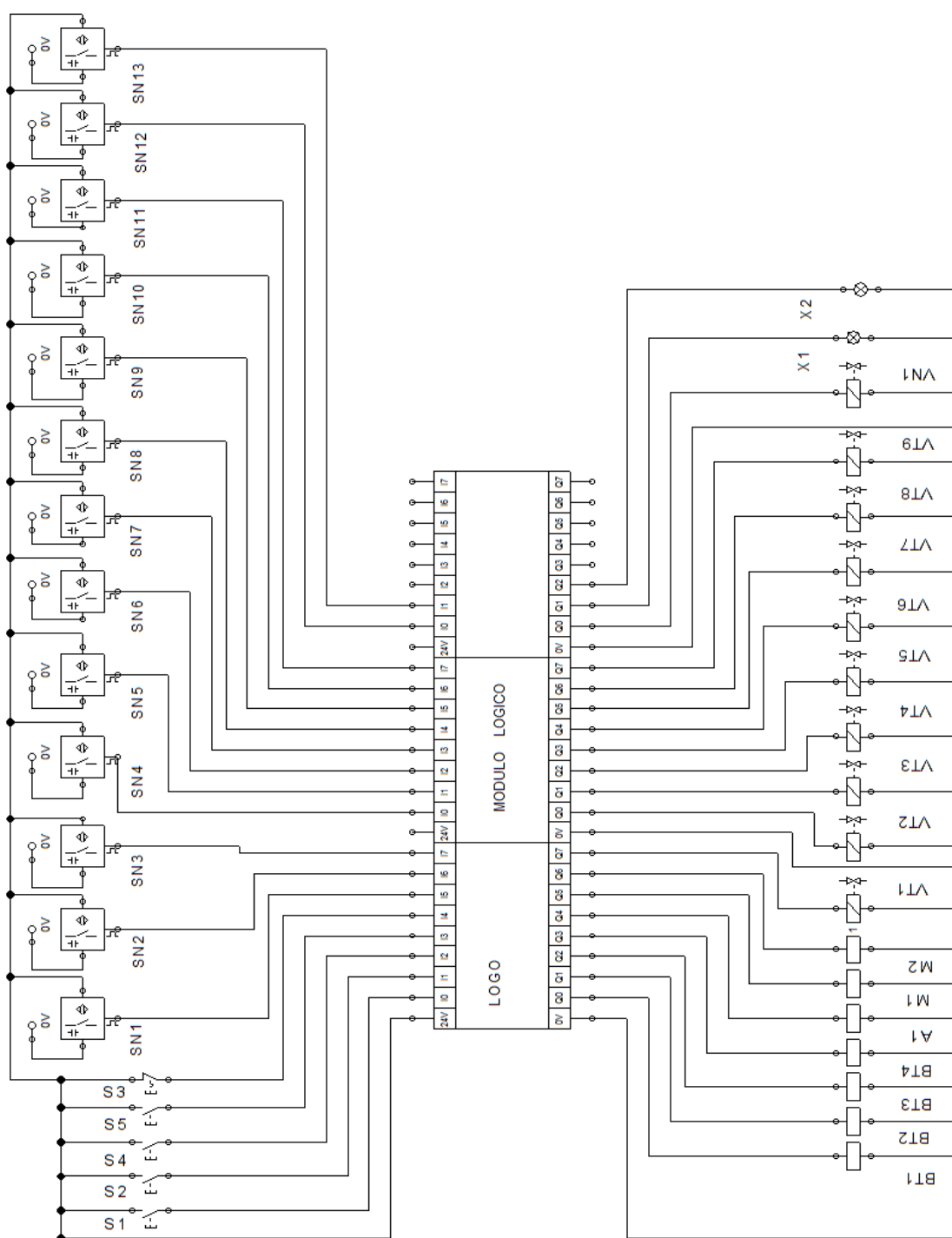
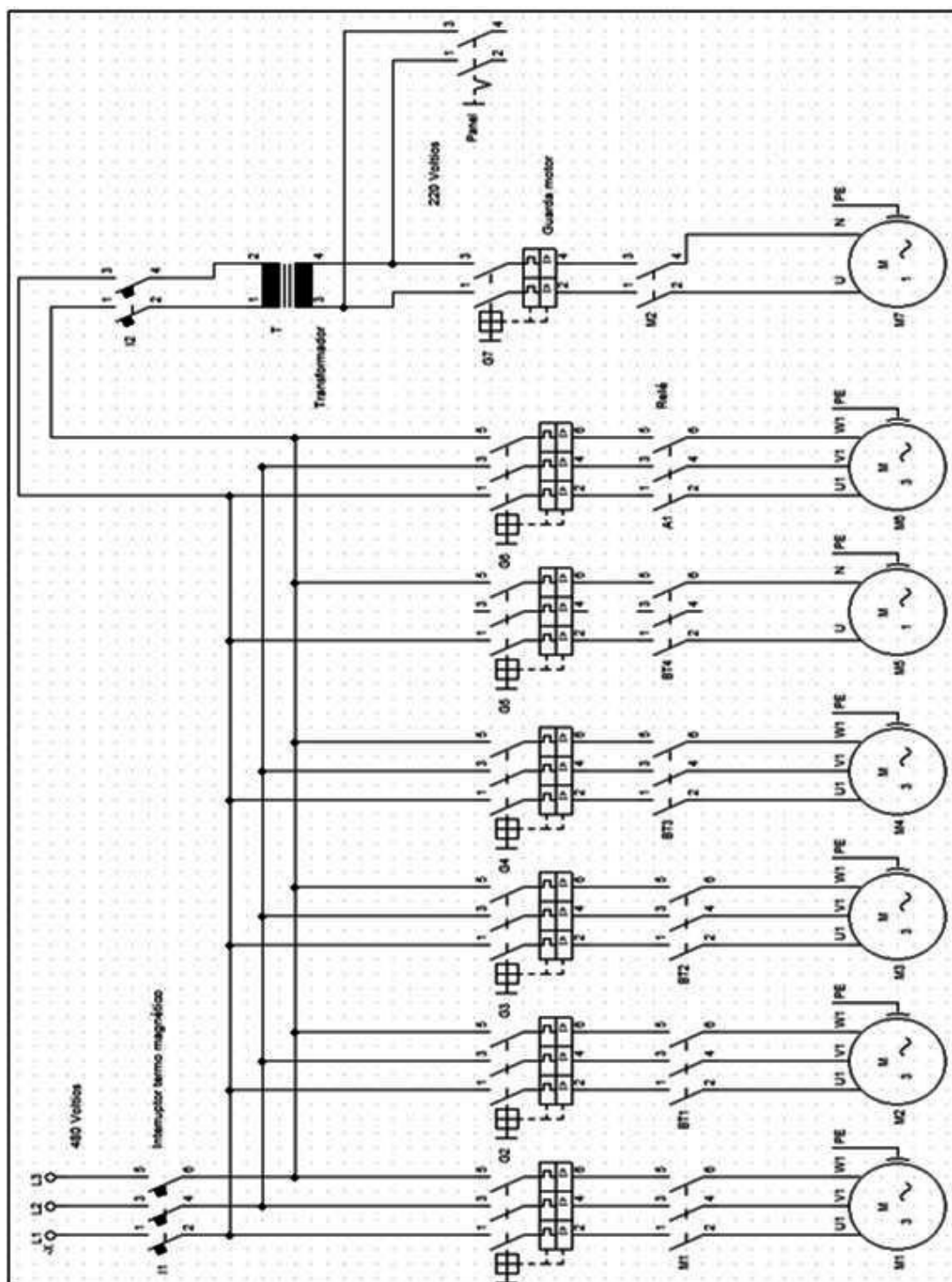
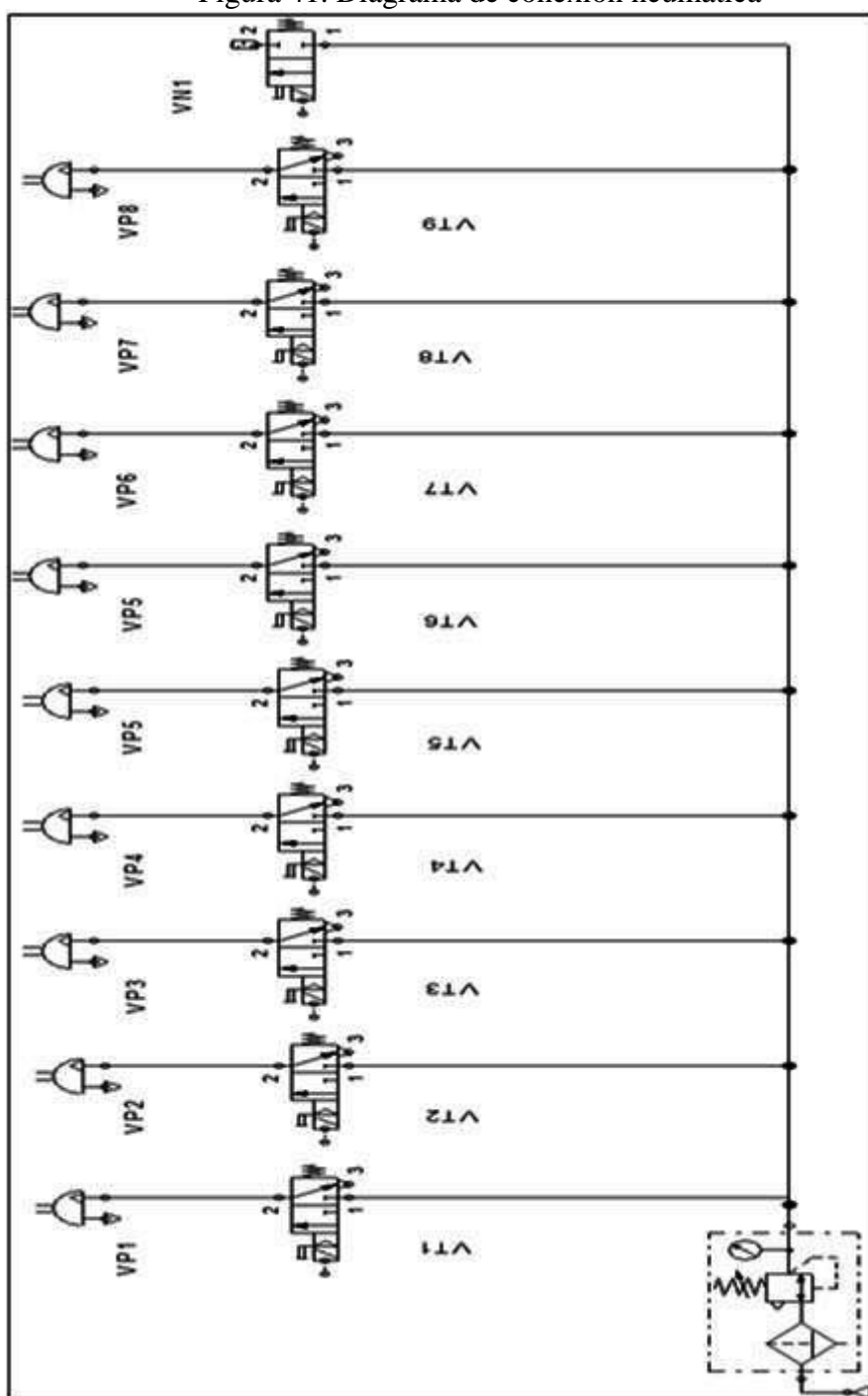


Figura 40. Conexión eléctrica de potencia instalada



b. Conexión neumática

Figura 41. Diagrama de conexión neumática



Ver en Tabla 11, descripción de las etiquetas de la Figura 41.

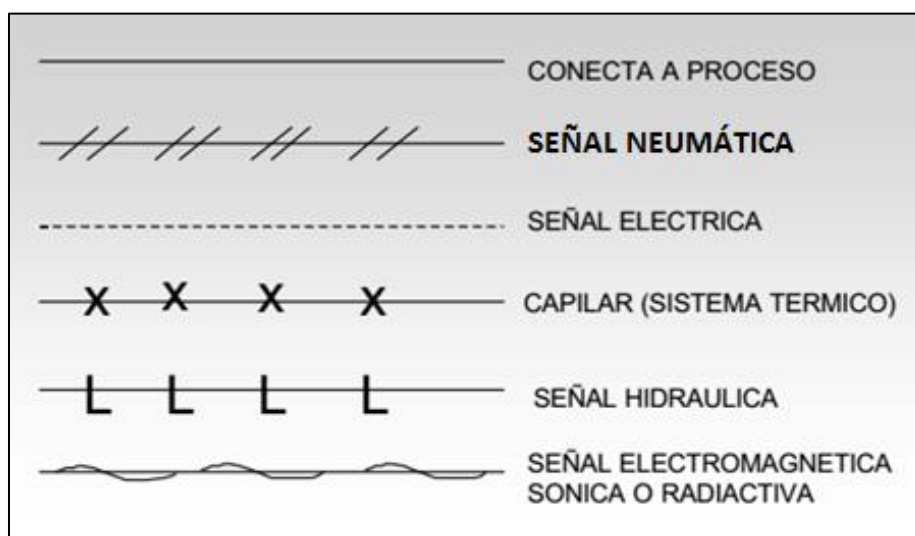
En la parte de conexión neumática, encontraremos el correcto acoplamiento de las válvulas, electroválvulas y la unidad de mantenimiento, al sistema.

4. Revisión periódica del equipo.

- a. Verificar la correcta interconexión de los equipos y panel de control.
- b. Verificar nivel de aceite en el soplador y bombas.
- c. Inspeccionar funcionamiento de válvulas.
- d. Verificar que todos los equipos, operen adecuadamente y en caso de que esté presente un problema, inspeccionar.

C. Tipos de señales básicas.

Figura 42. Señales



Fuente: http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos/clase/Modulo_01/simbologia/simbologia.pdf

IX. GLOSARIO

Actuador.	Dispositivo eléctrico, electrónico o electromecánico. Utilizados en las etapas ultimas con el objeto de activar o no alguna parte de la máquina.
Aeróbico.	Es una palabra griega que significa con aire u oxígeno. Las bacterias poseen respiración aeróbica, necesitan oxígeno y energía, para degradar las moléculas de las cuales se alimentan.
Amperio.	Unidad de medida de la corriente eléctrica.
Autómata.	Es un dispositivo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales.
Automatizar.	Acomodar una maquina o grupo de ellas para que, una vez programado cierto trabajo por el hombre, realice a través de la aplicación de dispositivos electrónicos dicho labor sin tener necesidad de intervención humana.
Bit.	Unidad mínima de información que puede ser trasmitida o tratada, toma un valor de 0 o 1 binario.
Bobina.	Elemento eléctrico, que representa una salida

Calibración.	Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o un sistema de medida, o los valores representados por una por un material de referencia.
Captador.	Dispositivo eléctrico, electrónico o electromecánico, utilizado para tomar información proveniente del entorno.
Contacto.	Cada una de las partes conductoras de electricidad que se conectan para permitir el paso de la corriente.
DBO.	Es un parámetro, que mide la cantidad de materia capaz de ser consumida u oxidada, por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación.
Densidad.	Magnitud que expresa la relación, entre la masa y el volumen de un cuerpo.
Efluente.	Palabra empleada para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por las casas o industrias, generalmente a los cursos de agua.
Electroválvula.	Es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina.
Homogenizar.	Hacer igual, por medios físicos o químicos, un compuesto o mezcla de elementos diversos.

Hp.	Llamado caballo de fuerza, es una unidad de potencia utilizada en el sistema inglés de unidades.
Inocuo.	Es todo aquello que no es nocivo, que no hace daño.
Interruptor.	Elemento para impedir o permitir el paso de la corriente.
LOGO.	Es un micro controlador, de menor tamaño que se utiliza en procesos que no son muy complejos y grandes, en las industrias.
Omnidireccional.	Que se puede orientar o utilizar en cualquier dirección o sentido.
Pigmento.	Es un componente de la pintura. Se trata de una materia colorante, generalmente es un polvo fino que no se disuelve. Está suspendido en un vehículo disolvente líquido y se convierte en la materia colorante de la pintura.
PLC.	Control lógico programable, utilizado en los sistemas automáticos de control, es un procesador especializado en las tareas que normalmente se demandan en los procesos industriales.
Proceso.	Es un conjunto de actividades o eventos que se realizan o suceden bajo ciertas circunstancias con un fin determinado.
Psi.	Es una unidad de presión, en el sistema inglés de unidades.
PVC.	Cloruro de polivinilo, polímero termoplástico sintético, resistente al tiempo, a la humedad, a la mayoría de ácidos, grasas, hidrocarburos y hongos.

Sensor. Dispositivo formado por elementos sensibles, que detecta variaciones en una magnitud física y las convierte en señales útiles para un sistema de medida o control.

Voltio. Unidad de medida de voltaje.