

AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DEL TANQUE DE PITS EN  
INCOLMOTOS YAMAHA S.A.

EDISON PIERO ARBOLEDA PÉREZ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2015

AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DEL TANQUE DE PITS EN  
INCOLMOTOS YAMAHA S.A.

EDISON PIERO ARBOLEDA PÉREZ

Trabajo de grado para optar por el título de Tecnólogo Eléctrico

Asesor  
ELKIN DARÍO PÉREZ  
Ingeniero Electricista  
Especialista en Gestión Energética Industrial

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2015

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Medellín, diciembre de 2015

Dedicatoria

A Dios, mis padres y mi hijo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Institución Universitaria Pascual Bravo por la formación integral que nos ha brindado, la cual nos permite formular propuestas de innovación industrial y desarrollo tecnológico.

A los profesores del Pascual Bravo que enfocaron con un contexto actual y apropiado sus conocimientos, llenándolos de un gran valor para todos aquellos que trabajamos en la industria y hacemos parte de la implementación de la tecnología.

Al Ingeniero Elkin Darío Pérez por su apoyo y constantes asesorías durante la elaboración del proyecto.

## CONTENIDO

pág

INTRODUCCIÓN	
1. OBJETIVOS .....	13
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	14
2.2 JUSTIFICACIÓN .....	14
3. MARCO TEÓRICO .....	15
3.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) .....	15
3.1.1 Clasificación de los PLC. Se clasifican en compactos y modular. ....	17
3.1.2 Ventajas y desventajas de los PLC. ....	18
3.1.3 Lenguajes de programación en los PLC .....	18
3.1.4 Sistemas automáticos de control .....	19
3.1.6 Pasos a considerar en la automatización de un proceso .....	23
3.2 BOMBA DOSIFICADORA .....	24
3.2.1 Características. ....	24
3.2.2 Tipos de bombas dosificadoras. ....	25
3.3 ELECTROVÁLVULA .....	26
3.4 CILINDRO NEUMÁTICO .....	27
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	28
4.1 MATERIALES .....	28
4.2 METODOLOGÍA .....	29
5. DESARROLLO DEL PROYECTO .....	30
5.1 PLC UTILIZADO EN EL PROYECTO .....	30
5.2 TANQUE DE PITS .....	31

5.3 OTRAS REFORMAS.....	34
6. CONCLUSIONES.....	37
7. RECOMENDACIONES.....	38
8. BIBLIOGRAFÍA.....	39
9. ANEXOS.....	40

## LISTA DE FIGURAS

pág

Figura 1 Estructura básica de un PLC .....	16
Figura 2 Estructura PLC compacto .....	17
Figura 3 Estructura PLC modular .....	17
Figura 4 Sistema de control en lazo abierto .....	19
Figura 5 Sistema de control en lazo cerrado .....	20
Figura 6 Diagrama de bloques .....	21
Figura 7 Diagrama simple de una configuración típica .....	22
Figura 8 Bomba dosificadora.....	25
Figura 9 Bomba dosificadora vs bomba centrífuga .....	26
Figura 10 Electroválvula .....	26
Figura 11 Cilindro neumático.....	27
Figura 12 PLC MITSUBISHI MELSEC FX3U-48M.....	30
Figura 13 Recolección manual de lodos (natas) .....	31
Figura 14 Espesador de lodos.....	32
Figura 15 Carro de extracción de natas .....	32
Figura 16 Funcionamiento espesador de lodos.....	33
Figura 17 Tubería eléctrica .....	34
Figura 18 Tablero de potencia cabinas de pintura metal .....	34
Figura 19 Poste de alimentación .....	35
Figura 20 Bomba dosificadora de polímero de aniónico .....	35
Figura 21 Conduleta eléctrica.....	36

## LISTA DE ANEXOS

	pág
Anexo A. Diagrama de control .....	40
Anexo B. Plano tanque de pits .....	41
Anexo C. Lista de entradas del software del PLC.....	42
Anexo D. Esquema de emplazamiento tablero eléctrico tanque de pits. ....	43
Anexo E. Planos extracción de pits. ....	44

## GLOSARIO

**AUTOMÁTICA:** ciencia que trata de sustituir en un proceso al operador humano, por dispositivos mecánicos, eléctricos o electrónicos.

**AUTOMATIZACIÓN:** aplicación de la automática a los procesos industriales.

**CILINDRO NEUMÁTICO:** es un actuador mecánico que es usado para dar una fuerza a través de un recorrido lineal.

**ELECTROVÁLVULA:** válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado.

**ENTRADA:** excitación que se aplica a un sistema de control desde una fuente de energía externa, con el fin de provocar una respuesta.

**MNEMÓNICOS:** es una palabra que sustituye a un código de operación (lenguaje de máquina), con lo cual resulta más fácil la programación.

**NEUMÁTICA:** es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.

**PLC:** se puede definir como un sistema basado en un microprocesador. Sus partes fundamentales son la Unidad Central de Proceso (CPU), la Memoria y el Sistema de Entradas y Salidas (E/S). La CPU se encarga de todo el control interno y externo del PLC y de la interpretación de las instrucciones del programa. En base a las instrucciones almacenadas en la memoria y en los datos que lee de las entradas, genera las señales de las salidas.

**SALIDA:** respuesta que proporciona el sistema de control.

**SENSOR MAGNÉTICO:** sirven para detectar la posición del émbolo en cilindros neumáticos. Los sensores se instalan directamente en el cilindro. A través de la pared de la carcasa, la cual está compuesta por materiales no magnetizables (por ejemplo aluminio, latón o acero inoxidable), los detectores detectan los imanes anulares que se encuentran en el émbolo.

**SISTEMA:** conjunto de elementos que relacionados entre sí ordenadamente, contribuyen a alcanzar un objetivo.

## RESUMEN

INCOLMOTOS YAMAHA S.A. es una empresa encargada de ensamblar y comercializar motocicletas, también se dedica a distribuir instrumentos musicales y repuestos genuinos de la más alta calidad en el mercado, goza de un gran prestigio tanto a nivel nacional como internacional, debido principalmente a los altos estándares de calidad de sus productos con el fin de satisfacer las necesidades de sus clientes y a la vez ser una empresa productiva y competente.

Debido a los inconvenientes que se han venido presentando por la extracción manual de las natas de pintura del tanque de pits, INCOLMOTOS YAMAHA S.A. ve la necesidad de implementar un sistema automático por medio de un controlador lógico programable (PLC) para la extracción de dichos residuos. Con esta automatización no solo se optimizará el proceso realizado en el tanque de pits, también mejorará las condiciones de trabajo de la planta de pintura metal, reducirá los tiempos de mantenimiento correctivo, los tiempos perdidos de producción, mejorará el sistema de tratamiento de aguas industriales, entre otros.

Palabras claves: Tanque de pits, aguas industriales, PLC, automatización.

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad para las empresas es de gran importancia contar con las certificaciones que los diferentes organismos de acreditación adjudican a estas, reconociendo los esfuerzos y logros alcanzados a través del personal que directa o indirectamente trabajan para ellas.

Por esta razón, INCOLMOTOS YAMAHA S.A. de acuerdo con sus principios y valores reconoce la responsabilidad ambiental dentro del marco de sus operaciones, por tal motivo la empresa decide realizar la limpieza del tanque de pits por medio de un sistema automático de control (PLC), el cual no solo proporciona disminución en el consumo de agua, sino que también mejorara y aportar calidad al tanque de pits, minimizando pérdidas inadecuadas de tiempo de producción, aditivos químicos, entre otros.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema automático por medio de PLC para la extracción de los residuos de pintura en el tanque de pits de la empresa INCOLMOTOS YAMAHA S.A. con el fin de corregir los inconvenientes que se presentan mediante la extracción manual. Proporcionando mejoras de calidad basados en un control de procesos de autómatas programables.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Garantizar al departamento de producción el funcionamiento óptimo del tanque de pits.
- ✓ Facilitar la comunicación entre el operario y la máquina, con el fin de disminuir los tiempos de pérdida en la producción.
- ✓ Minimizar al máximo las pérdidas de agua y los paros en la producción por la contaminación de esta.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Con la creciente demanda de motocicletas INCOLMOTOS YAMAHA S.A. se ha visto obligado a exigir el funcionamiento de la planta de pintura metal durante las veinticuatro horas del día, incrementándose así la contaminación del agua de los tanques pits con pintura. La extracción de los residuos de pintura (natas) sobre la superficie del tanque es realizada de manera manual.

### **2.2 JUSTIFICACIÓN**

Al implementar un sistema de control automático por medio de un PLC para realizar la limpieza del tanque de pits, se obtendrá un gran beneficio para la empresa, ya que con la automatización se minimizan los tiempos de pérdida en la planta de pintura metal, mejora las condiciones de trabajo en la planta de pintura metal, reduce los tiempos de mantenimiento correctivo. Además facilitará al personal encargado de la parte eléctrica la solución de problemas técnicos, como averías y perturbaciones que pueda presentar el sistema.

### 3. MARCO TEÓRICO

En INCOLMOTOS YAMAHA S.A. se trabaja bajo el legado heredado por la casa matriz japonesa, trabajando con el espíritu de expresar su deseo por satisfacer las necesidades de sus clientes.

Una de las áreas de mayor importancia es el Área de Ingeniería y Mantenimiento; eslabón importantísimo dentro del buen funcionamiento de la cadena productiva, encargada de soportar y proveer de las tecnologías y los apoyos técnicos para cada uno de los procesos productivos de la compañía, equipos multidisciplinarios de trabajo enfocados en la excelencia y el mejoramiento continuo.

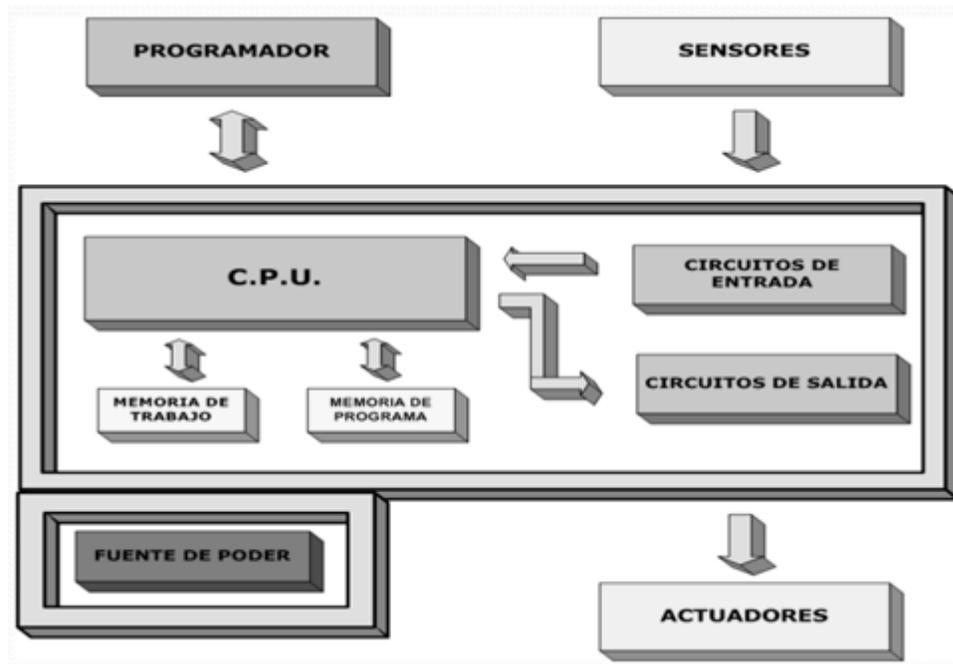
Debido al crecimiento y la alta demanda de los productos en el interior y exterior del país la empresa ha estado ampliando su planta física de producción, lo cual ha requerido de nuevas construcciones y múltiples reformas en las plantas de pintura metal y plástico.

#### 3.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Los PLC fueron inventados en respuesta a las necesidades de la automatización de la industria automotriz norteamericana por el ingeniero Estadounidense Dick Morley, el control, la secuenciación y la lógica para la manufactura de automóviles era realizada utilizando relés, contadores y controladores dedicados. En 1968 GM Hydramatic (la división de transmisiones automáticas de General Motors ofertó un concurso para una propuesta del reemplazo electrónico de los sistemas cableados. El primer PLC, fue designado 084, debido a que fue el proyecto ochenta y cuatro de Bedford Associates. Bedford Associates creó una nueva compañía dedicada al desarrollo, manufactura, venta y servicio para este nuevo producto: MODICON (Modular digital controller o Controlador Digital Modular). (Actualmente grupo Schneider Electric)

Los PLC son un sistema electrónico programable diseñado para ser usado en un entorno industrial, utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas por el usuario, para implantar soluciones específicas tales como: funciones lógicas, secuencia, temporización, recuentos y funciones aritméticas con el fin de controlar mediante entradas y salidas digitales y análogas diversos tipos de máquinas o procesos

Figura 1 Estructura básica de un PLC



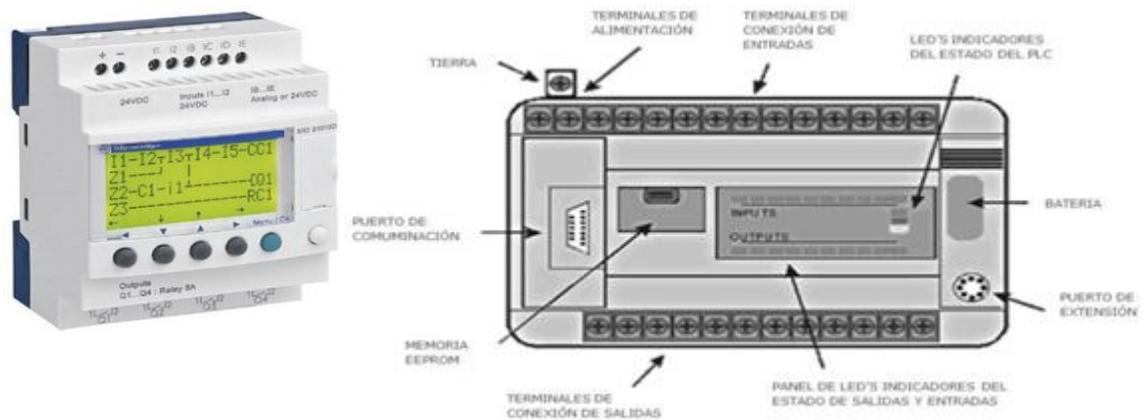
Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID). Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido, además están adaptados para un amplio rango de tareas de automatización. En lógica cableada, se hacen prácticos cuando el sistema se agranda mucho y el número de estados internos es mayor que el de estados externos; si se da el caso contrario, se deberá emplear más salidas físicas y el sistema se tornara más costoso.

Un controlador lógico se debe utilizar cuando se deben resolver tareas complejas de mando, regulación y control, si se requiere aumentar la calidad de la producción y su volumen, si la producción actual es muy vulnerable a las fallas humanas o si las tareas son deshumanizantes, ya que este está creado para ejecutar las tareas de lógica cableada.

3.1.1 Clasificación de los PLC. Se clasifican en compactos y modular.

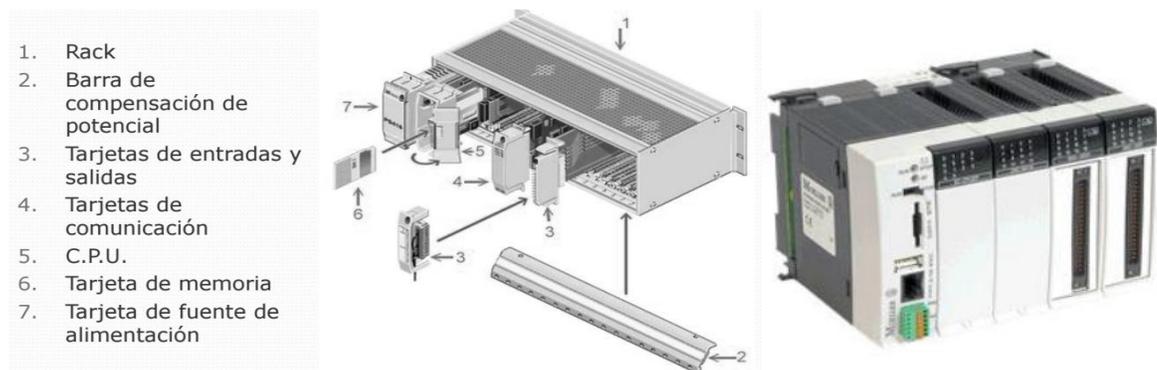
- ✓ Compactos: en un solo bloque se encuentran la CPU, la fuente de alimentación, la sección de entradas y salidas, y el puerto de comunicación, este tipo de PLC se utiliza cuando nuestro proceso a controlar no es demasiado complejo y no requerimos de un gran número de entradas y/o salidas.

Figura 2 Estructura PLC compacto



- ✓ Modular: se divide en: estructura americana, en la cual se separan los módulos de entrada/salida del resto del PLC y la estructura europea, donde cada módulo realiza una función específica; es decir, un módulo es el CPU, otro la fuente de alimentación, etc.

Figura 3 Estructura PLC modular



En ambos casos se tiene la posibilidad de fijar los distintos módulos (Estructura Modular) o el PLC (Estructura Compacta) en rieles normalizados.

### 3.1.2 Ventajas y desventajas de los PLC.

- ✓ Ventajas: Control más preciso, mayor rapidez de respuesta, flexibilidad en el control de procesos, seguridad en el proceso, mejor monitoreo del funcionamiento, detección rápida de averías, posibilidad de modificaciones sin elevar costos, menor costo de instalación, operación y mantenimiento, posibilidad de gobernar varios actuadores con el mismo autómatas, entre otras.
- ✓ Desventajas: requiere mano de obra especializada, centraliza el proceso, condiciones ambientales apropiadas, mayor costo para controlar tareas muy pequeñas o sencillas.

3.1.3 Lenguajes de programación en los PLC. Los lenguajes de programación para PLC son de dos tipos: visuales y escritos; los visuales admiten estructurar el programa por medio de símbolos gráficos, similares a los que se han venido utilizando para describir los sistemas de automatización, planos esquemáticos y diagramas de bloques; los escritos son listados de sentencias que describen las funciones a ejecutar. En la actualidad cada fabricante diseña su propio software de programación, lo que significa que existe una gran variedad comparable con la cantidad de PLCs que hay en el mercado. No obstante, actualmente existen tres tipos de lenguajes de programación de PLCs como los más difundidos a nivel mundial; estos son:

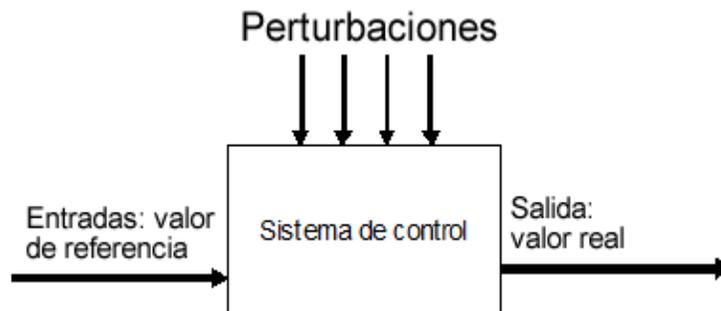
- ✓ Lenguaje de contactos o Ladder: es un lenguaje gráfico, derivado del lenguaje de relés. Mediante símbolos representa contactos, bobinas, etc. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según el estándar IEC y son empleados por todos los fabricantes.
- ✓ Lenguaje Booleano: utiliza la sintaxis del álgebra de Boole para ingresar y explicar la lógica de control. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o mnemónicos, haciendo uso de operadores Booleanos (AND, OR, NOT, etc.) y otras instrucciones nemónicas, para implementar el circuito de control. El lenguaje "lista de instrucciones" (IL) de la norma IEC 1131-3, es una forma de lenguaje Booleano.
- ✓ Diagrama de funciones (FBD): es un lenguaje gráfico que permite al usuario programar elementos (bloque de funciones del PLC) en tal forma que ellos aparecen interconectados al igual que un circuito eléctrico. Generalmente

utiliza símbolos lógicos para representar al bloque de función. Las salidas lógicas no requieren incorporar una bobina de salida, porque la salida es representada por una variable asignada a la salida del bloque. Adicionalmente a las funciones lógicas estándares y específicas del vendedor, el lenguaje FBD de la norma IEC 1131-3 permite al usuario construir sus propios bloques de funciones, de acuerdo a los requerimientos del programa de control.

3.1.4 Sistemas automáticos de control. Se clasifican en sistema de control en lazo abierto y sistema de control en lazo cerrado.

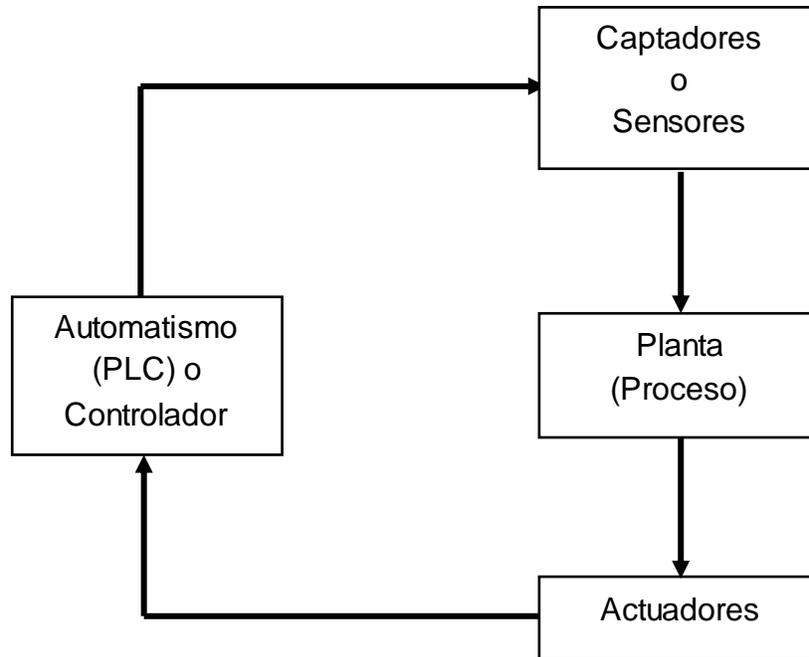
- ✓ Sistema de control en lazo abierto: son aquellos en los que la variable de salida (variable controlada) no tiene efecto sobre la acción de control (variable de control). Sus características son: no se compara la salida del sistema con el valor deseado de la salida del sistema (referencia), para cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fijada, la exactitud de la salida del sistema depende de la calibración del controlador, en presencia de perturbaciones estos sistemas de control no cumplen su función adecuadamente.

Figura 4 Sistema de control en lazo abierto



- ✓ Sistema de control en lazo cerrado: son aquellos en los que la señal de salida del sistema (variable controlada) tiene efecto directo sobre la acción de control (variable de control), además en presencia de perturbaciones tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia. Esta reducción se logra manipulando alguna variable de entrada del sistema, siendo la magnitud de dicha variable de entrada función de la diferencia entre la variable de referencia y la salida del sistema. Se clasifican en: manuales, los controlados por operador humano y automático, controlados por un dispositivo neumático, hidráulico, eléctrico, electrónico o digital (microprocesador).

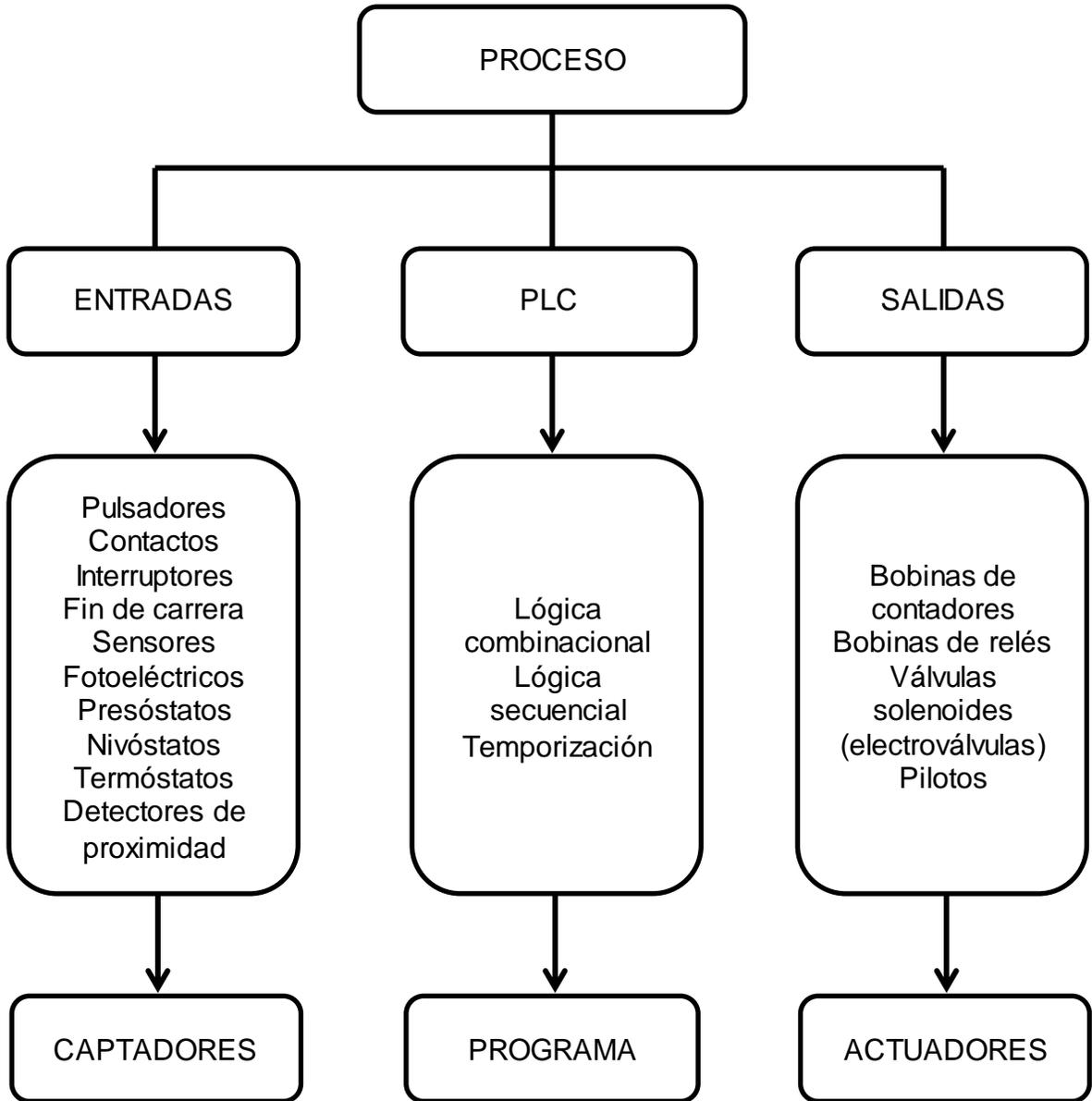
Figura 5 Sistema de control en lazo cerrado



El automatismo o controlador, que en este caso es el PLC recibe del proceso señales de tipo binario que le indican: posición de elementos o partes constitutivas de él, estados de operación, mandos para cambiar estos estados, detección de combinaciones preestablecidas, como las señales binarias de transductores (luz, reóstatos, termóstatos, giróstatos, detectores de proximidad, etc.); una vez el controlador toma estos estados, los hace interactuar dentro de una lógica combinacional o secuencial (programa), para generar así señales digitales hacia unos dispositivos actuadores finales: bobinas, contactores, electroválvulas (para procesos hidráulicos o neumáticos), bobinas de relés, pilotos, etc.

A continuación se presenta un diagrama de bloques de la automatización con PLC.

Figura 6 Diagrama de bloques

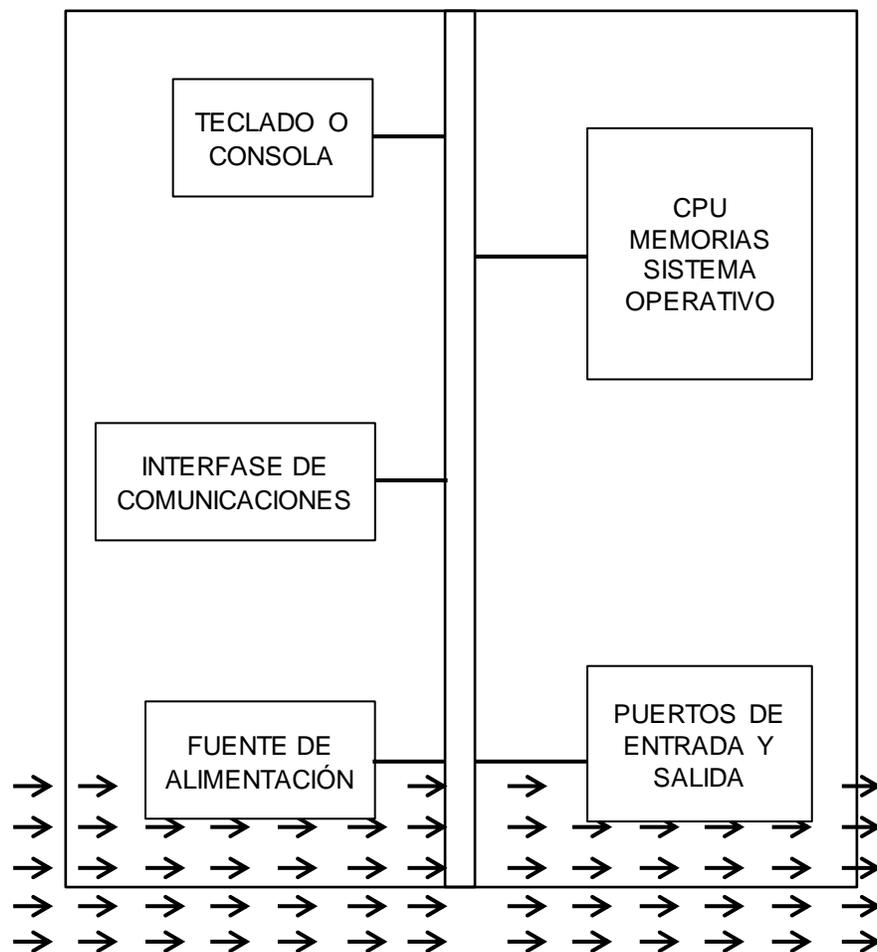


En la actualidad se tienen controladores lógicos como los de la serie MELSEC, que además de la parte digital, captan y generan señales analógicas aptas para el control de variables físicas, pudiendo de esta forma utilizar el PLC como controlador en un sistema de lazo cerrado.

3.1.5 Composición de los PLC. La arquitectura es muy semejante a la de un sistema microprocesador o a base de microprocesador. Todos los componentes del sistema tienen configuración modular y se unen a través de un bus de conexiones. Los PLC están conformados por:

- ✓ Unidad de Programación: es un puerto de entrada utilizado para programar el autómata; puede ser un pequeño teclado o un microcomputador y no siempre permanece unido al sistema. Esta unidad carga en la memoria del PLC, el programa del usuario; además se puede utilizar para prueba del mismo, monitoreo de señales y en el caso de requerir simulación del proceso se puede emplear un microcomputador como unidad de programación.

Figura 7 Diagrama simple de una configuración típica



- ✓ Unidad central de procesamiento (CPU): es un circuito integrado que ejecuta todas las instrucciones que encuentre en la memoria general al pasar de stop a run; se compone básicamente de: la unidad aritmética y lógica, los registros especiales, buses de datos (uno de direcciones y otro de control).

En la terminología de los PLC, la CPU es un módulo electrónico alojado en una caja que cumple ciertas normas técnicas para trabajar en ambientes industriales. Esta unidad contiene: el microprocesador (o microcontrolador), las memorias ROM que almacenan el sistema operativo, también posee una memoria RAM que guarda las variables del sistema y los programas del usuario. Algunos autómatas vienen con unas unidades tipo EEPROM que son memorias de característica no volátil, en las cuales se almacenan los programas depurados y valiosos para el usuario.

- ✓ Unidades de entrada y salida: los puertos tienen configuración modular y manejan señales análogas o digitales, de entrada o de salida. La señal análoga es aquella que en un determinado rango de variación toma infinitos valores, un ejemplo de esto es la señal que entregan las termocuplas. La señal digital es aquella que está representada por medio de unidades binarias o de dos estados, como los microsuiches y los contactores.
- ✓ Unidades de alimentación: la fuente de alimentación entrega una tensión DC. para alimentar la CPU. y los módulos.
- ✓ Buses de conexión: son los que permiten unir todos los módulos de entradas y salidas a la CPU y además por medio de las interfaces especiales se pueden unir varios grupos de módulos para así aumentar el número de entradas y salidas.
- ✓ Componentes adicionales: las interfaces de comunicaciones y los programadores de memoria ROM. Las interfaces de comunicaciones permiten que el PLC intercambie datos y programas con otros PLC, a través de una red de comunicación. Los programas de memoria permiten grabar en forma permanente programas depurados y de gran utilidad.

- 3.1.6 Pasos a considerar en la automatización de un proceso. se debe analizar las posibilidades que ofrecen las diferentes familias tecnológicas, lógica cableada (relés electromagnéticos, electroneumática, electrohidráulica, electrónica estática) y lógica programada (micro y mini ordenadores, microsistemas específicos, autómatas programables).

La selección de la familia tecnológica está determinada por: la dimensión y complejidad del proceso, la realización de cálculos, cantidad de

combinaciones lógicas, número de entradas y salidas, mantenimiento, costos y asistencia técnica.

Una vez seleccionado el PLC para la automatización del proceso, se desarrolla el proyecto considerando los siguientes aspectos metodológicos, en orden consecutivo:

- ✓ Documentación del proceso: número de entradas y salidas, esquemas lógicos, planos.
- ✓ Interpretación del proceso: algoritmos, secuencias y combinaciones lógicas.
- ✓ Determinación y asignación de entradas, salidas, temporizadores, contadores.
- ✓ Dimensionamiento y selección del PLC: determinada por el número de entradas, salidas, capacidad de memoria (número de instrucciones), velocidad de ejecución de instrucciones.
- ✓ Programación: elaboración de una lista de instrucciones o de un esquema lógico; elaboración de diagramas temporales.
- ✓ Simulación del programa.
- ✓ Elaboración del esquema de conexionado de entradas y salidas.
- ✓ Elaboración del esquema eléctrico de potencia: motores, indicadores, electroválvulas, etc.
- ✓ Montaje y puesta en marcha.

## 3.2 BOMBA DOSIFICADORA

Es un tipo de bomba diseñada para inyectar un químico líquido en el seno de un fluido, en pequeña cantidad, y de la cual se requiere de un control preciso de la cantidad de volumen añadido, por sus efectos en el proceso o costo del químico.

### 3.2.1 Características.

- ✓ Debe permitir el ajuste del caudal y este debe tener linealidad. Es decir que puede ser representado como una línea recta.
- ✓ Su diseño debe garantizar la reproducibilidad, la repetitividad y la precisión del volumen desplazado. La reproducibilidad se refiere a la capacidad de

dar el mismo resultado en mediciones por diferentes operarios realizadas en las mismas condiciones a lo largo de periodos dilatados de tiempo. La repetitividad se refiere a las mediciones realizadas por un mismo operario en un período corto de tiempo para las mismas condiciones. La precisión a la capacidad de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.

- ✓ El caudal ajustado debe ser preciso aun cuando la presión en la tubería o sistema donde se inyecte el químico varíe. Por consiguiente, debe ser seleccionada para que sea capaz de producir una presión igual o superior a la máxima que pueda tener el fluido en la tubería.
- ✓ Debe ser a prueba de fugas y con características seguras en el diseño ya que la mayoría de los químicos dosificados suelen ser peligrosos.

Figura 8 Bomba dosificadora

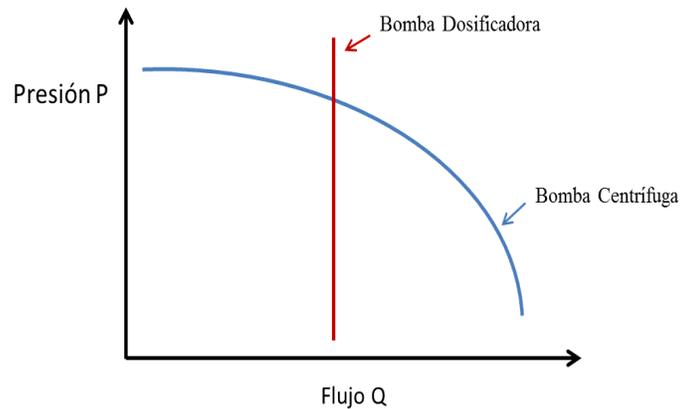


### 3.2.2 Tipos de bombas dosificadoras.

- ✓ La bomba dosificadora solución hidróxido de sodio: es una bomba de diafragma marca Cheem Feed, modelo C630 P, con un caudal de 2.5 GPH, presión de descarga de 100 psi, motor monofásico a 115 v con una potencia de 0.4 HP y una frecuencia de trabajo de 60 Hz.
- ✓ La bomba dosificadora de polímero: es una bomba tipo diafragma, marca Cheem Feed, modelo C630 P, un caudal de trabajo de 2.5 GPH, presión de descarga de 100 psi, motor tipo monofásico a 110 V, una potencia de 0.4 HP y una frecuencia de 60 Hz.

- ✓ La bomba dosificadora de bactericida: es una bomba tipo diafragma, marca Cheem Feed, modelo C 630 P, un caudal de trabajo de 2.5 GPH, presión de descarga de 100 psi, motor tipo monofásico a 110 V, una potencia de 0.4 HP y una frecuencia de 60 Hz.

Figura 9 Bomba dosificadora vs bomba centrífuga



### 3.3 ELECTROVÁLVULA

Una electroválvula también conocida como válvula solenoide de uso general, es una válvula que abre o cierra el paso de un líquido o aire en un circuito. La apertura y cierre de la válvula se efectúa a través de un campo magnético generado por una bobina en una base fija que atrae el émbolo.

Figura 10 Electroválvula



### 3.4 CILINDRO NEUMÁTICO

Los cilindros neumáticos son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Básicamente consisten en un recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o pistón. Al introducir un determinado caudal de aire comprimido, éste se expande dentro de la cámara y provoca un desplazamiento lineal. Si se acopla al embolo un vástago rígido, este mecanismo es capaz de empujar algún elemento, o simplemente sujetarlo. La fuerza de empuje es proporcional a la presión del aire y a la superficie del pistón

Figura 11 Cilindro neumático



## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 MATERIALES

Tabla 1. Lista de materiales.

item	Referencia	Und.	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	Relé de control Moeller Ref EASY 512-AC	Und	1	\$548.407	\$548.407
2	Caja compacta AE-RITAL 60x100x20	Und	1	\$816.199	\$816.199
3	Bornera legrad 39061, 25Amp,10AWG	Und	50	\$2.230	\$111.500
4	Separados óptico ATP-ST4 Phoenix Contac	Und	10	\$1.430	\$14.300
5	Manómetro 0-160 PSI con Glicerina	Und	3	\$137.460	\$412.380
6	Suiche de presión 20-200 PSI	Und	2	\$298.530	\$597.060
7	Cable encauchetado 3x16 AWG	m	50	\$1.542	\$77.100
8	Riel en "U" (Omega) Sobem -RBP 203	m	2	\$8.350	\$16.700
9	Fusible de vidrio de 1/16 Amp	Und	5	\$4.900	\$24.500
10	Correa plástica para amarres 140 mm	Und	10	\$45	\$450
11	Mini breaker 0.5Amp 20 KA Merlin-Geran	Und	1	\$23.867	\$23.867
12	Micro suiche final de Carrera tipo rodillo	Und	1	\$23.050	\$23.050
13	Pico fusible axial de 2Amp	Und	4	\$2.500	\$10.000
14	Silicona LOCTITE	Und	1	\$13.000	\$13.000
15	Bobina contador telemecanique LX-D4 110V	Und	8	\$41.788	\$334.304
16	Bobina contador telemecanique 110V	Und	6	\$37.986	\$227.916
17	Terminal de punta calibra 10-12	Und	100	\$168	\$16.800
18	Selector de tres posiciones 10250T1322 GE	Und	2	\$138.326	\$276.652
19	Guarda motor telemec 16-25 Amp	Und	2	\$436.400	\$872.800
20	Relé térmico telemec 5.5-8 Amp	Und	2	\$118.320	\$236.640
21	Terminal de ojo mediano calibre 10-12	Und	50	\$147	\$7.350
22	Terminal de ojo mediano calibre 14-16	Und	50	\$135	\$6.750
23	Conector curvo para coraza de ¾" Galv.	Und	2	\$6.184	\$12.368
24	Conector recto para coraza de ¾" Galv.	Und	2	\$3.456	\$6.912
25	Coraza flexible ¾" Revest. Plástico	m	10	\$4.275	\$42.750
26	Tornillo 3/16" grado 2 cabeza redonda	Und	20	\$60	\$1.200
27	Contactador telemecanique 36A. AC	Und	6	\$374.165	\$2.244.990
28	Contactador telemecanique 18A. AC	Und	2	\$157.370	\$314.740
29	Canaleta ranurada 40x25 mm DEXSON	m	4	\$15.660	\$62.640
30	Coraza flexible ½" Revest. Plástico	m	10	\$3.411	\$34.110
31	Conector recto para coraza de ½" Galv.	Und	2	\$2.130	\$4.260
32	Conector curvo para coraza de ½" Galv.	Und	2	\$3.164	\$6.328
33	Relé temp. Moeller ref. ETRA 11- A	Und	2	\$178.157	\$356.314
34	Luz piloto roja E22HV2 x 8 AB	Und	2	\$18.000	\$36.000
35	Correa plástica para amarres 200 mm	Und	50	\$60	\$3.000
36	Aislador de resina epoxica T25M	Und	7	\$2.760	\$19.320
37	Barra de cobre de ½" x 3/16"	m	2	\$92.800	\$185.600
38	Terminal de punta calibre 14-16	Und	100	\$380	\$38.000
39	Terminal de ojo calibre 8	Und	30	\$748	\$22.440
40	Lámina galvanizada calibre 16 de 1.2x2M	Und	1	\$137.266	\$137.266
41	Tornillo 3/8" con arandela y tuerca	Und	6	\$210	\$1.260
42	Chazo expansivo de 3/8" x ½"	Und	6	\$1.080	\$6.480
43	Soldadura ref: 6013 diámetro 3.0 mm	Kg	1	\$5.000	\$5.000
44	Disco de pulidora 4 ½"x7/8"x1/4"	Und	2	\$3.100	\$6.200
45	Angulo de hierro de 1 ½"x1 ½"x1/8"	m	4.5	\$5.220	\$23.490

## 4.2 METODOLOGÍA

Los métodos utilizados en este proyecto serán analítico – sintético, debido a que se analizarán los diferentes sistemas y variables que implica el proceso de funcionamiento del tanque de pits, también se tendrán en cuenta las secuencias, tiempos y ocurrencias de paradas no programadas y sus causas.

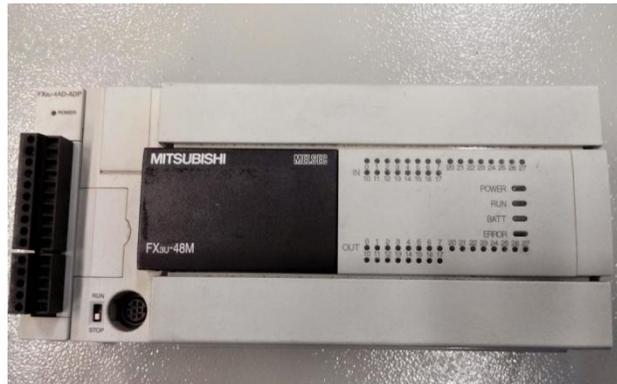
## 5. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para la ejecución o desarrollo del proyecto se hace necesario la visita a INCOLMOTOS YAMAHA S.A., para conocer y analizar en detalle el funcionamiento y secuencia del tanque de pits. Se realiza una recopilación de toda la información del sistema: como el proceso de purificación y los tiempos de dosificación del polímero y del bactericida, válvulas, medidores y motores que intervienen en el proceso, seguridad y protecciones para el funcionamiento óptimo de la planta, estudio de catálogos de funcionamientos, especificaciones técnicas del fabricante y planos eléctricos propios del sistema de tanque de pits.

### 5.1 PLC UTILIZADO EN EL PROYECTO

Para la selección del control lógico programable se estudió el proceso de toma, almacenamiento, estabilización y recirculación del agua de pits, se analizaron las características vistas anteriormente (memoria, tiempo de scan, entradas y salidas, auto diagnóstico y software) en diversas tipos y marcas de PLCs y finalmente se optó el PLC MELSEC FX3U de Mitsubishi [1].

Figura 12 PLC MITSUBISHI MELSEC FX3U-48M



El PLC FX3U puede comunicarse con un número máximo de 256 salidas y entradas, que, por ejemplo en forma de unidades de extensión, estén unidas directamente con la unidad base. Por medio de la red CC-Link también se pueden consultar y controlar hasta un mínimo de 256 E/S. La suma total de las entradas y salidas direccionables directamente y por vía de la red puede llegar hasta 384.

En el lado derecho de la unidad base de la serie FX3U se pueden conectar unidades de extensión y módulos especiales de la serie FX2N. El espectro de prestaciones es mucho más amplio gracias a las salidas y entradas adicionales. Una novedad en la serie FX3U es la conexión de extensión en el lado izquierdo de la unidad base, allí se pueden conectar módulos de captación de temperatura, módulos de comunicación y de posicionamiento. Los adaptadores que van instalados directamente en el módulo básico proporcionan distintos interfaces, como por ejemplo RS232, RS485 O USB.

El cuerpo de comandos de la unidad base FX3U comprende 209 instrucciones. Además de las instrucciones ya conocidas y apreciadas de otras series de la familia FX, también cuenta con comando de tratamiento de datos, incluyendo nuevas instrucciones comparativas y comandos para manejar números de coma flotante y cadenas de caracteres.

La unidad base de la serie FX3U está equipada con seis contadores de alta velocidad que pueden procesar simultáneamente señales de 100KHz cada uno.

## 5.2 TANQUE DE PITS

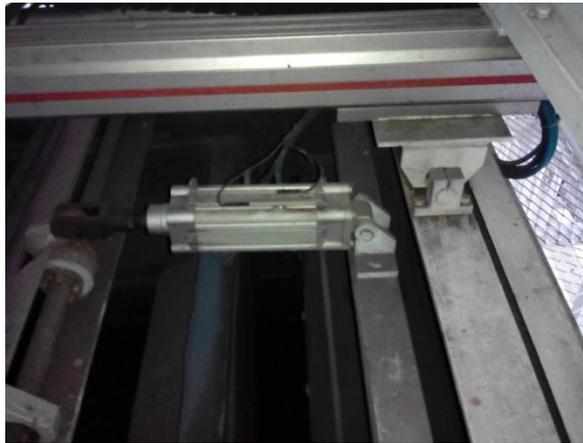
El tanque de pits tiene una capacidad de 54 m<sup>3</sup> de agua que recirculan hasta la planta pintura metal ubicada a 100m de distancia. La función del agua es recoger la pintura que no queda impregnada en las piezas metálicas, esta baja en forma de lodos que forman natas sobre la superficie del agua. El operario encargado recogía los lodos que estaban flotando sobre el agua con un cedazo y los empacaba en canastas plásticas.

Figura 13 Recolección manual de lodos (natas)



La automatización del tanque de pits consistió en la instalación de un espesador de lodos comandado por el PLC Mitsubishi FX3U MELSEC y su operación es monitoreada desde el panel de operación de planta metal Panel View Plus 1000 Allen Bradley. El espesador de lodos es un mecanismo que se utiliza para la concentración de lodos de pintura y reducción de volumen a transportar, va instalado sobre una cuba metálica. Su funcionamiento se basa en empujar los lodos de pintura hacia un lado del tanque por medio de un cilindro neumático, el cual para un final de carrera. Por medio del PLC se realiza el accionamiento de la electroválvula del cilindro neumático con temporización y el enclavamiento con la bomba del tanque de pits.

Figura 14 Espesador de lodos



Las natas extraídas con el espesador se acumulan en un carro de extracción metálico.

Figura 15 Carro de extracción de natas



El autómata o controlador, que en este caso es el PLC recibe del proceso señales de tipo binario que le indican: posición de elementos o partes constitutivas de él, estados de operación, mandos para cambiar estos estados, detección de combinaciones preestablecidas, como las señales binarias de transductores (luz, reóstatos, termóstatos, giróstatos, detectores de proximidad, etc.); una vez el controlador toma estos estados, los hace interactuar dentro de una lógica combinacional o secuencial (programa), para generar así señales digitales hacia unos dispositivos actuadores finales: bobinas de contactores, electroválvulas (para procesos hidráulicos o neumáticos), bobinas de relés, pilotos, etc.[2]

Figura 16 Funcionamiento espesador de lodos



### 5.3 OTRAS REFORMAS

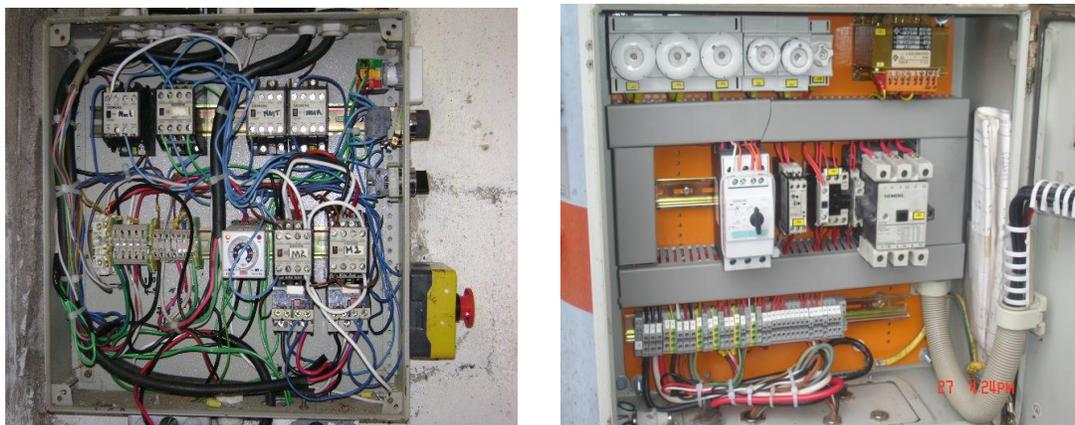
A principios del mes de junio del 2015, al realizar la inspección de mantenimiento y control de la planta de pintura metal se observaron varias deficiencias en las instalaciones de los equipos, lo que condujo a que todo el sistema tuviera que ser intervenido para asegurar el funcionamiento óptimo del controlador lógico y sus actuadores.

Figura 17 Tubería eléctrica



En la figura 17 se puede apreciar el mal estado de la tubería que conduce el cableado del sensor de nivel del tanque de pits, está no contaba con las normas de seguridad requeridas. La tubería fue reemplazada y además se realizaron trabajos de obra civil como pintura y resane de los muros. Para ello se solicitó a la empresa la ayuda del personal de mantenimiento locativo.

Figura 18 Tablero de potencia cabinas de pintura metal



En la figura 18 se puede observar que el tablero de potencia cabinas pintura metal no cumplía con los requerimientos de seguridad impuestos por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), allí se necesitó identificar uno a uno todo el cableado del armario para poder realizar el cambio de armario.

Figura 19 Poste de alimentación



También se realizó la instalación de la red de alimentación (110V AC) desde el poste hasta el tanque de pits, para esto se necesitó transportar equipamiento adecuado para realizar la conexión en el poste como lo son la escalera y el cinturón de seguridad.

Figura 20 Bomba dosificadora de polímero de aniónico



Se reemplazó la bomba dosificadora # 2 de polímero aniónico; debido a que presentaba daños irreparables.

Figura 21 Conduleta eléctrica



Cambio de conduleta EMT reventada en bomba dosificadora de bactericida, para esto se cambió la tubería y se desconectaron los motores para reconducir los cables a través de la conduleta.

## **6. CONCLUSIONES**

INCOLMOTOS YAMAHA S.A. se encuentra comprometido con el bienestar de su personal, sus familias y con el desarrollo de las comunidades en las que se encuentra ubicado. Además se ha establecido como política ambiental que en el ejercicio permanente de sus actividades realizará un uso eficiente de los recursos naturales y el cumplimiento de la legislación ambiental vigente, también se previene y minimiza el impacto ambiental, el desarrollo de productos amigables con la naturaleza, la incorporación de producción más limpia y el mejoramiento continuo de los procesos.

Con esta mejora en el proceso se pudo obtener más eficiencia por el uso racional de los medios, se alcanzó el objetivo predeterminado, reduciendo pérdidas de agua y aditivos químicos.

## 7. RECOMENDACIONES

El tanque de pits, debe ser puesto en mantenimiento aproximadamente cada ocho días, este se debe hacer en un turno diferente al de operación normal de la planta. A la hora de implementar un PLC Mitsubishi se debe tener en cuenta el ambiente en el que se instalará, evaluando la humedad alejándolo del agua, el nivel de polvo en el ambiente y ante todo revisar que todos los equipos estén conectados al sistema de puesta a tierra. Debido a que este equipo se encuentra a una distancia aproximada de 100 metros de la planta de pintura metal se deben hacer revisiones todos los días para asegurarse de que los equipos y motores de la planta están trabajando adecuadamente.

La utilización de los módulos de PLC de entradas y de salidas nos permite una amplia implementación en el tanque de pits, en caso de no ser necesaria la utilización de los módulos de entradas y salidas en el tanque, éstos se podrán utilizar en otra máquina que así lo requiera; es decir, compartir o distribuir el PLC e implementarlo en varias máquinas de manejo moderado como por ejemplo la caldera que se encuentra a menos de cincuenta metros de distancia de este. Las herramientas, accesorios y cualquier utensilio que sea necesario para el servicio, deberán estar ordenados y colocados en lugares fácilmente accesibles, se establecerá un stock de piezas de repuesto que se consideren imprescindibles para un servicio continuo de la instalación, mantener un backup actualizado del programa que garantice el buen funcionamiento del tanque de pits.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

SABINO, Carlos A. Procesos de la investigación. Ed. Lumen, Buenos Aires, 1992.

VERGEL CABRALES, Gustavo. Metodología de la investigación. Ed. Mejoras Ltda., Barranquilla, 1997

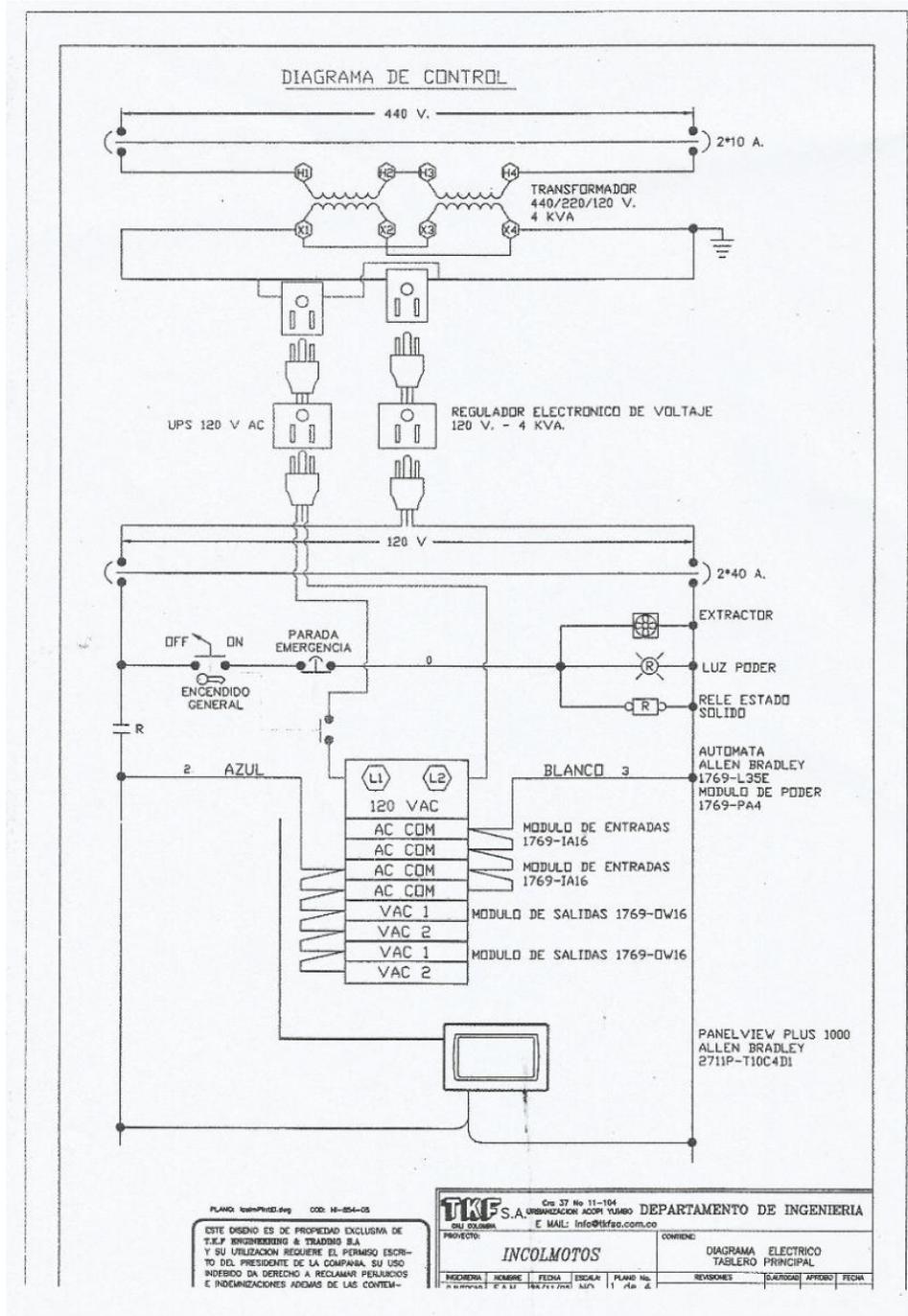
SUÁREZ DE LACRUZ, Alberto Camilo. Metodología para el estudio y la investigación. Bogotá, Ediciones Ciencias y Derecha, 1991.

[1] PLC Mitsubishi Melsec serie fx. Disponible desde internet en:  
<https://www.logismarket.es/ip/mitsubishi-electric-europe-plcs-compactos-catalogo-de-plcs-compactos-melsec-que-componen-la-serie-fx-632609.pdf>

[2] Manual electrotécnico Telesquemario Telemecanique. Disponible desde internet en:  
<http://www.schneider-electric.com.co/documents/soporte/telesquemario.pdf>

## 9. ANEXOS

### Anexo A. Diagrama de control





Anexo C. Lista de entradas del software del PLC

PLC IN	MOD IN	MOD II IN
I 00: PE	I 12= I0: MN CPI	I 28= I0: GM 912
I 01: MAN	I 13= I1: MX CPI	I 29= I1: SP 913
I 02: AUT	I 14= I2:MN HIDROXIDO	I 30= I2: ST 913
I 03: RESET	I 15= I3: MN POLÍMERO	I 31= I3: GM 913
I 04: PB LAMP	I 16= I4: MN BACTERICI	I 32= I4: SP 914
I 05: MN CILINDRO	I 17= I5: SP 910	I 33= I5: ST 914
I 06: MX CILINDRO	I 18= I6: ST 910	I 34= I6: GM 914
I 07: MX TANQUE	I 19= I7: GM 910	I 35= I7: SP915A
I 08: MN TANQUE	I 20= I8: SP 911A	I 36= I8: ST 915A
I 09: ON BOMBA P	I 21= I9: ST 911A	I 37= I9: GM 915A
I 10: ON BOMBA A	I 22= I10: GM 911A	I 38= I10: SP 915B
	I 23= I11: SP 911B	I 39= I11: ST 915B
	I 24= I12: ST 911B	I 40= I12: GM 915B
	I 25= I13: GM 911B	I 41= I13: SP 916
	I 26= I14: SP 912	I 42= I14: ST 916
	I 27= I15: ST 912	I 43= I15: GM 916

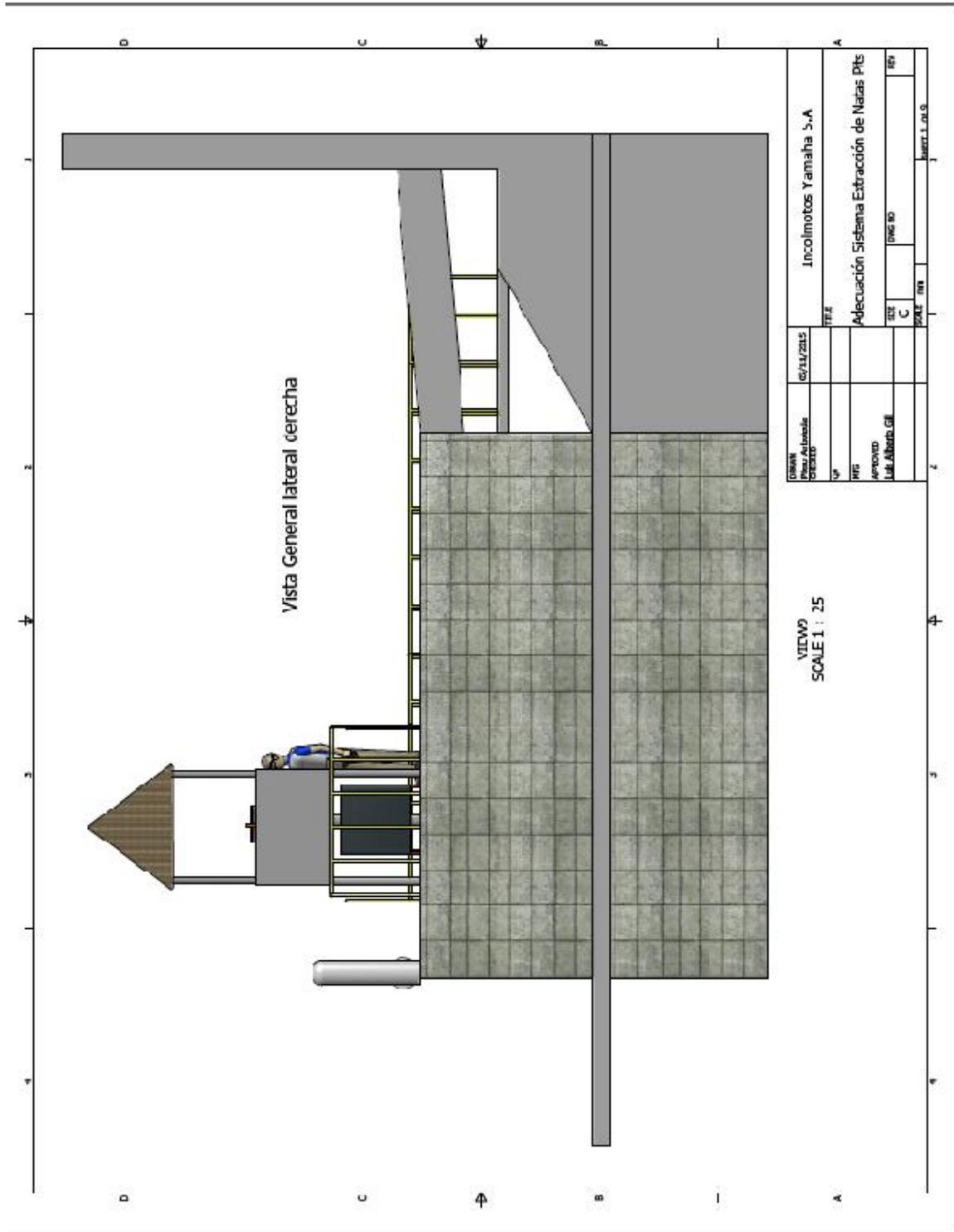
SALIDAS	
910-M01	BOMBA PRINCIPAL TANQUE PITS
911-M01	BOMBA AUXILIAR TANQUE PITS
911-M02	BOMBA AGUA ESTABILIZADA
912-M01	BOMBA AGUA POTABLE
913-M01	BOMBA DOSIFICADORA HIDROXIDO
914-M01	BOMBA DOSIFICADORA POLÍMERO
915-M01	BOMBA DOSIFICADORA BACTERICIDA
915-M02	BOMBA LODOS
916-M01	CILINDRO NEUMÁTICO

CONVERSIONES
MN= Mínimo
MX= Máximo
ST = Start
SP = Stop
GM = Auxiliar Guarda motor
PE = Paro De Emergencia
MAN = Manual
AUT = Automático
PB LAMP = Prueba De Lámparas

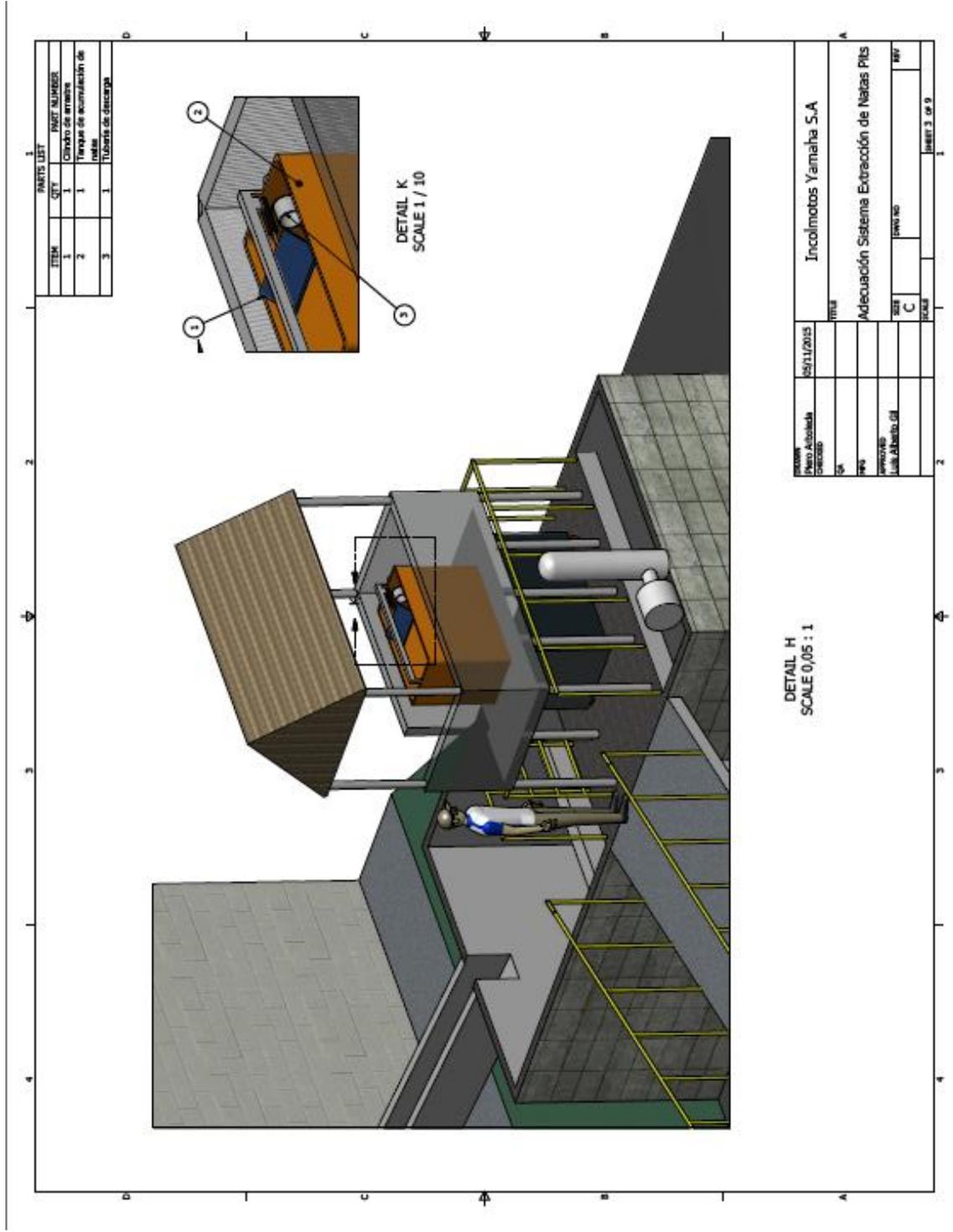
Anexo D. Esquema de emplazamiento tablero eléctrico tanque de pits.



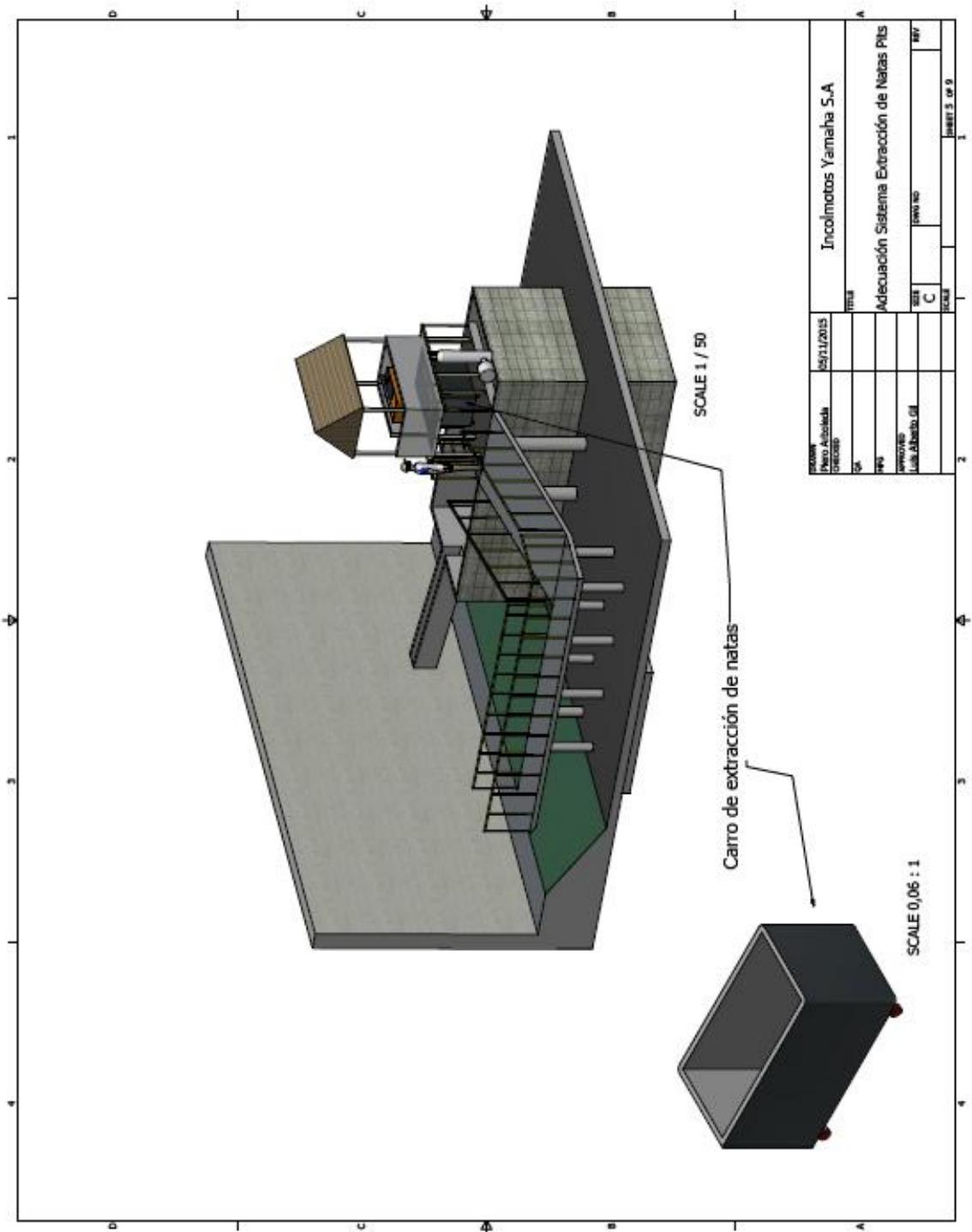
Anexo E. Planos extracción de pits.







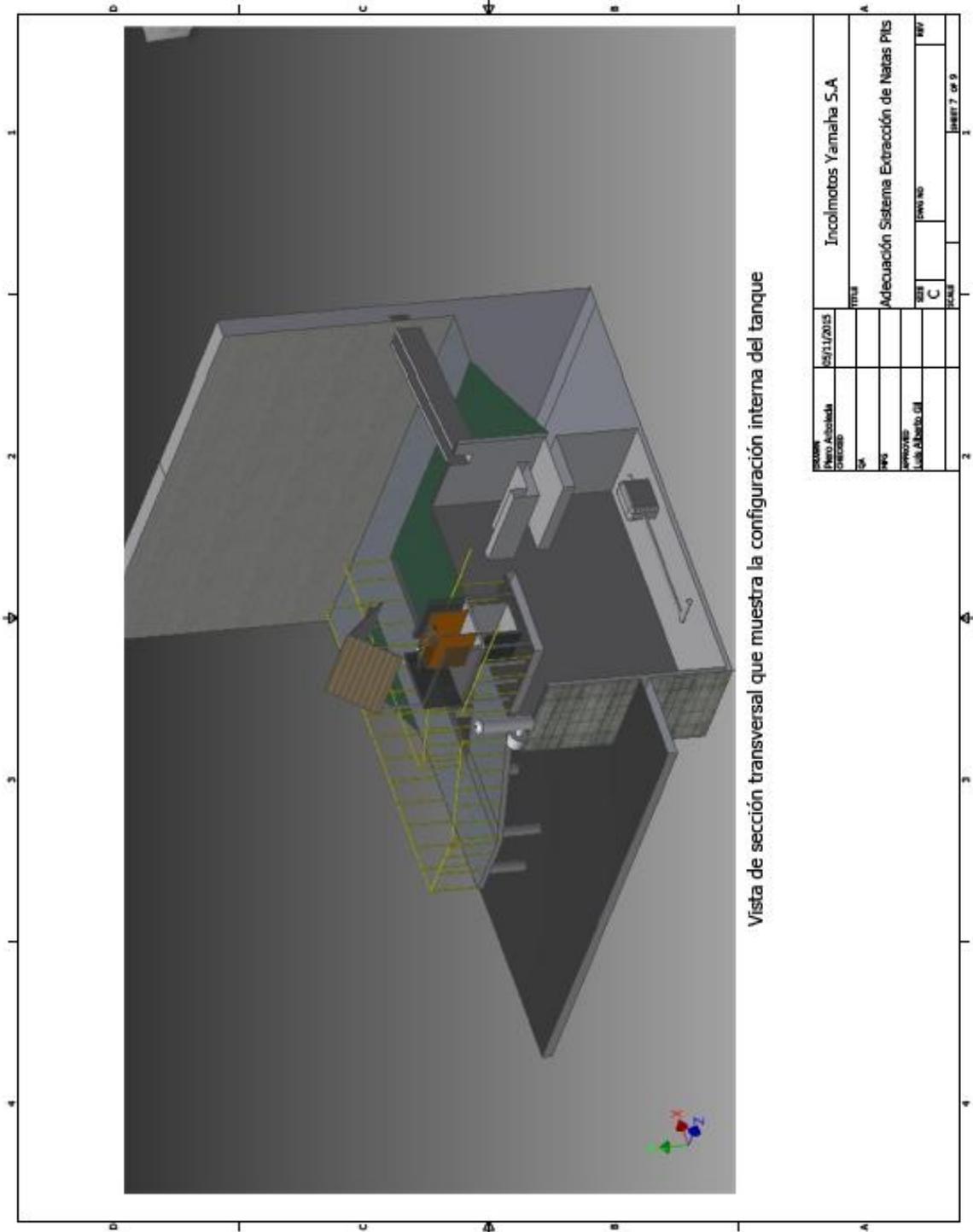






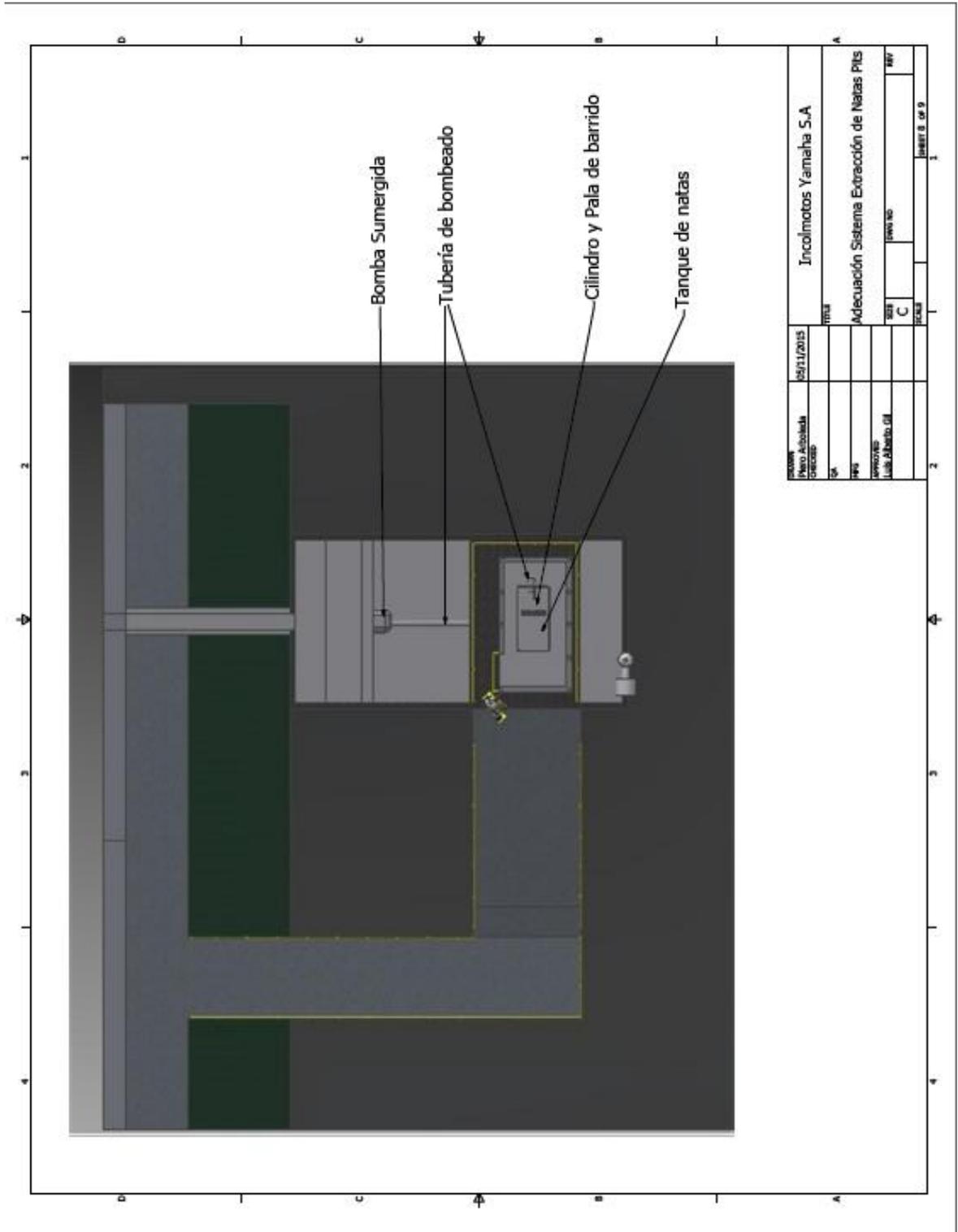
Vista General de sección transversal que muestra la distribución de la tubería de la bomba y la posición del tanque y el carro de extracción de natas

PROYECTO	25/11/2015	Incolmotores Yamaha S.A	
CLIENTE		TITULO	
ESCALA		Adecuación Sistema Extracción de Natas PITS	
APROBADO		AUT.	
ELABORADO		C	
REVISADO		SCALE	
PROYECTISTA		SHEET 6 OF 9	



Vista de sección transversal que muestra la configuración interna del tanque

PROYECTO	05/11/2015	Incolmatos Yamaha S.A	
CLIENTE		TITULO	
UBICACION		Adecuación Sistema Extracción de Nieblas PIS	
PROYECTISTA	Luis Alberto Gil	USO	ESCALA
		C	1:500 NO
		FOLIO 7 de 9	



PROYECTO	05/11/2015	Incolmotores Yamaha S.A.	
CLIENTE		TITULO	
UBICACION		Adecuación Sistema Extracción de Natas PIS	
PROYECTISTA		SECCION	PLAN NO.
PROYECTISTA		C	
PROYECTISTA		FECHA	HOJA 1 de 9

Perspectiva General



PROYECTO	05/11/2015	Incolmotores Yamaha S.A	
CLIENTE		REDA	
UBICACION		Adecuación Sistema Extracción de Natas Pits	
PROYECTISTA		SEAL	SEAL
REVISOR		C	C
APROBADO		SEAL	SEAL
FECHA		HOJA 9 DE 9	