

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**ANÁLISIS DE UN SUB SISTEMA DE CONTROL  
AUTOMATIZADO CON MODULOS PLC APLICADO A  
PROCESO DE REFINADO DE ESTAÑO**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:**

**WALTER RAÚL ALVAREZ TACCI**

**PROMOCIÓN**

**1991 – I**

**LIMA – PERÚ**

**2006**

**ANÁLISIS DE UN SUB SISTEMA DE CONTROL  
AUTOMATIZADO CON MODULOS PLC APLICADO A  
PROCESO DE REFINADO DE ESTAÑO**

**A mis Padres, a mi Hija y a Fany  
por su Apoyo y Cariño.**

## **SUMARIO**

Este informe contiene cuatro capítulos bien diferenciados. El primero es una descripción general de los PLC, sus componentes, equipos complementarios, software, etc. Con los cuales se realizan los sub sistemas de control automatizado, además se indican sus ventajas y aplicaciones. El segundo capítulo es la descripción del proceso de adición de ácido sulfúrico al refinado de estaño en el cual se aplicara el análisis. En esta descripción se indican todos los elementos del proceso y los controles necesarios en ellos. En el tercer capítulo se aplica los criterios de automatización para el proceso específico señalándose, los datos técnicos específicos de los equipos a utilizar, como se identifican las señales de entradas y salidas a los módulos PLC, los formatos de los diagramas de control recomendados, las arquitecturas de comunicación entre los PLC y los dispositivos electrónicos con capacidad de comunicación, otras cosas. Finalmente en el cuarto capítulo se coloca los procedimientos para la puesta en marcha del proceso automatizado incluyendo aspectos contractivos, los diferentes protocolos de los equipos y procedimientos necesarios para el buen funcionamiento.

## ÍNDICE

Índice	VII
Prólogo	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PLCs</b>	2
1.1 Descripción de los PLCs	2
1.1.1 Definición	2
1.1.2 Utilidad de los PLCs	2
1.1.3 Principios básicos	2
1.2 Principales beneficios de los PLCs en el sistema eléctrico de Control	4
1.3 Campos de aplicación de los PLCs	4
1.4 Tipos de PLC	5
1.5 Redes de Comunicación en Automatización	6
1.6 Buses de campo.	7
1.7 Red de control	7
1.8 Red de datos o corporativa	8
1.8.1 Vinculo físico	8
1.8.2 Protocolo	9
1.9 Terminales de dialogo programable	10
1.10 Características del sistemas de tierra	10
<b>CAPITULO II</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN</b>	11
2.1 Introducción	11
2.2 Diagrama de flujo	13
2.3 Principio de funcionamiento	13
2.3.1 Tanque de almacenamiento	13
2.3.2 Tanque de almacenamiento diario	14
2.3.3 Bomba dosificadora de salida	14
2.3.4 Bomba dosificadora de llegada	15
2.3.5 Tuberías de transporte de ácido	15
2.4 Diagramas de control	15
2.4.1 Análisis de los planos de control	16

2.5	Arquitectura del sistema	17
<b>CAPITULO III</b>		
<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS</b>		19
3.1	Chasis	19
3.2	CPU	19
3.3	Módulos de entradas y salidas	20
3.4	Módulos de comunicación	21
3.5	Software de supervisión y programación	21
3.6	Especificación técnica interfase hombre máquina	21
3.7	Identificación de señales al PLC I/O	22
3.8	Total de Entradas y Salidas	23
<b>CAPITULO IV</b>		
<b>PUESTA EN OPERACIÓN DEL SISTEMA</b>		24
4.1	Introducción	24
4.2	Amarillado de los planos de control	24
4.3	Pre comisionamiento	24
4.4	Pruebas estáticas	25
	TABLA 4.1	26
4.5	Protocolos	30
4.6	Comisionamiento	30
<b>CONCLUSIONES</b>		32
ANEXO A : Guía de selección PLC's		
ANEXO B : Hoja Técnica PLC y componentes		
ANEXO C : Código de colores tuberías		
ANEXO D : Código de colores cables		
ANEXO E : Protocolo de prueba sensor/transmisor de Temperatura		
ANEXO F : Protocolo de prueba sensor/transmisor de Nivel		
ANEXO G : Protocolo de prueba sensor/transmisor PH		
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		

## **PROLOGO**

El objetivo de este informe es hacer un análisis de un subsistema de control automatizado en base Controladores Lógicos Programables (PLC) y sus equipos complementarios. Se demostrará que los cambios modernos con la implementación de estos equipos en este sub-sistema mejoran los aspectos de funcionamiento, mantenimiento y costos de instalación de los sistemas eléctricos que controlan en este caso un proceso minero de adición de ácido sulfúrico al refinado de estaño.

Gracias al Apoyo de MINSUR S A he podido recopilar información técnica relacionada a estos equipos, participar en la ejecución de las mejoras mencionadas y en la puesta en marcha del sistema eléctrico automatizado.

# **CAPITULO I**

## **DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PLCs**

### **1.1 Descripción de los PLCs**

#### **1.1.1 Definición:**

El PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico programable por el usuario que se utiliza para controlar, dentro de un entorno industrial, maquinas o procesos lógicos y/o secuenciales.

#### **1.1.2 Utilidad de los PLCs:**

- Reemplazar la lógica de relés para el comando de motores, máquinas, cilindros neumáticos e hidráulicos, etc.
- Reemplazar temporizadores y contadores electromecánicos.
- Actuar como interface entre una computadora y el proceso de fabricación.
- Efectuar diagnóstico de fallas y alarmas.
- Controlar y comandar tareas repetitivas y peligrosas.
- Regulación de aparatos remotos desde un punto de la fábrica.

#### **1-1-3 Principios básicos:**

Básicamente un PLC es el cerebro de un proceso industrial de producción o fabricación, reemplazando a los sistemas de control de relees y temporizadores cableados. Se puede pensar en un PLC como una computadora desarrollada para soportar las severas condiciones a las que puede ser sometida en un ambiente industrial, minas, etc.

El PLC está compuesto por dos elementos básicos. La CPU (Unidad central de Procesamiento) y la interfase de entradas y salidas.



Así mismo el CPU esta compuesta de 3 partes; El procesador. La memoria y la fuente de alimentación. Este conjunto de componentes le otorgan la inteligencia necesaria al controlador. La CPU lee la información de las entradas provenientes de distintos dispositivos de sensado (pulsadores, fines de carrera, sensores de temperatura, medidores de alturas, etc.), ejecuta el programa almacenado en la memoria y envía los comandos a las salidas para los dispositivos de control (pilotos luminosos, contactores, válvulas, solenoides, etc.)

El proceso de lectura de entradas, ejecución de programa y control de salidas se realiza en forma repetitiva y se conoce como SCAN o scanning.

Finalmente la fuente de alimentación suministra todas las tensiones necesarias para la correcta operación de la CPU y el resto de los componentes.

Entrando en el campo de la aplicación, se puede analizar con el diagrama de bloques (**Figura 1.1**).

En el se puede apreciar la vinculación del PLC con todos los elementos del campo que interviene en un proceso.

El programa de aplicación se realiza a partir de un software apropiado para PC. El lenguaje empleado es sencillo y al alcance de todas las personas. Esta basado en los esquemas eléctricos funcionales de control.;

Este lenguaje es conocido como diagrama escalera (ladder).

Otro lenguaje que se puede utilizar para la programación de PLCs, es el diagrama de flujo secuencial o SFC (anteriormente denominado Grafcet), reconocido como el lenguaje gráfico mejor adaptado a la expresión de la parte secuencial de la automatización de la producción.

El SFC representa la sucesión de las etapas en el ciclo de producción. La evolución del ciclo, Etapa por etapa se controla por una transición ubicada entre cada etapa.

A cada una de las etapas le puede corresponder una o varias acciones. A cada transición le corresponde una receptividad, conducción que debe cumplirse para poder superar la transición, lo que permite la evolución de una etapa a la siguiente.

Un ejemplo para desarrollar las acciones vinculadas a la Etapa 1, previamente debe cumplirse la condición correspondiente a la transición X. Las acciones de la Etapa 1 se mantienen hasta que se cumple la condición correspondiente a la transición Y, momento a partir del cual se desactiva la etapa 1 se activa la etapa siguiente.

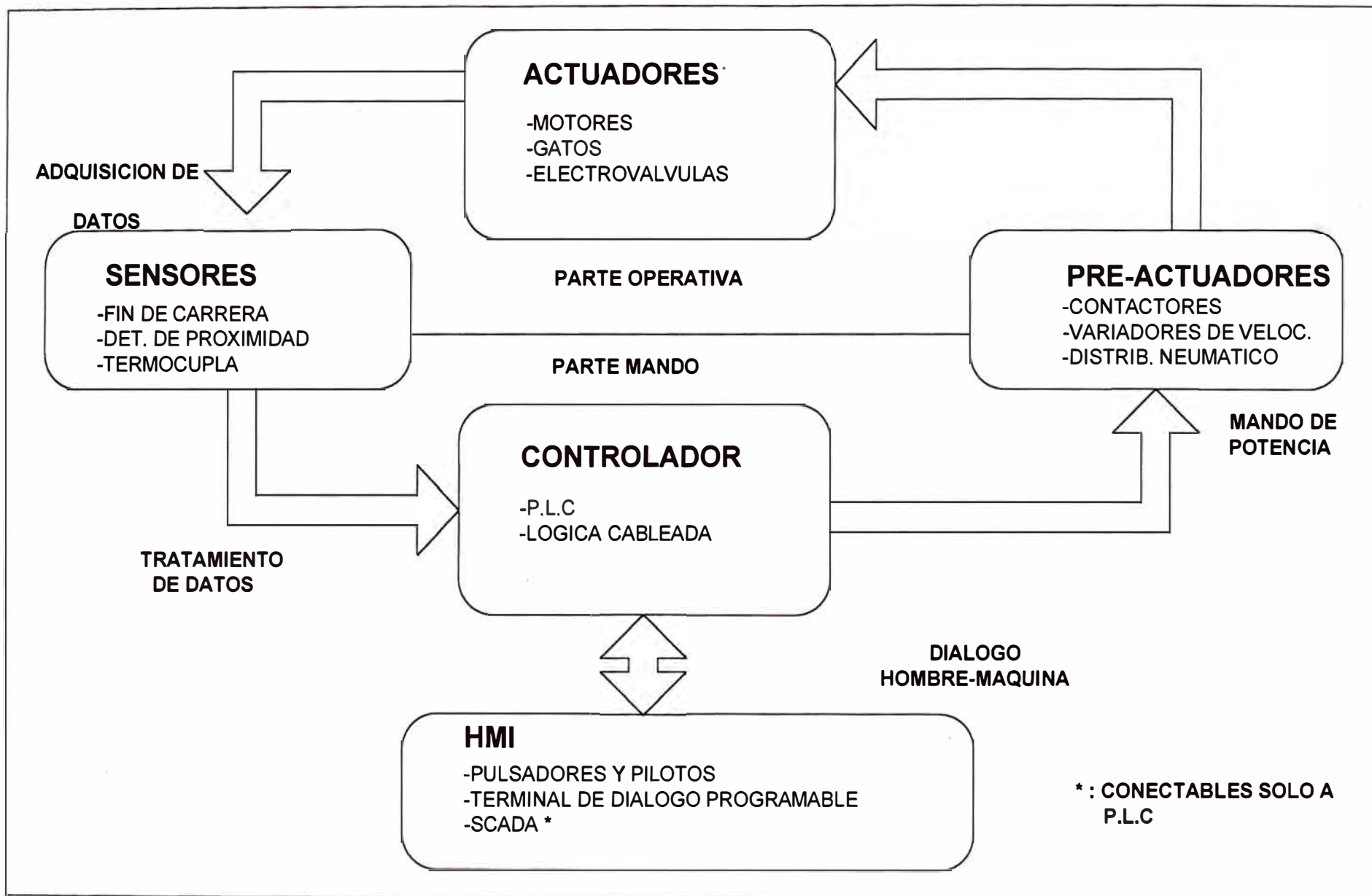


FIGURA 1.1 : DIAGRAMA DE BLOQUES AUTOMATIZACIÓN

Para asegurar la estandarización de los lenguajes de programación de los PLCs y asegurarle al usuario una única forma de programar, sin importar la marca comercial del PLC, ha sido establecida la norma IEC 1131-3 que fija los criterios en tal sentido

Así, la norma define los lenguajes de programación: Escalera (ladder). Lista de instrucciones (Assembler). Estructurado (Similar al Pascal), Bloques de función y diagrama de flujo de secuencial (SFC o Grafset). Según el tipo de PLC que se escoja, podrá tener uno o más de estos lenguajes. Cuando la aplicación crece de complejidad dado el tipo de señales a manejar, es posible incrementar las señales de entradas y salidas. Además permite el control de señales tanto digitales como analógicas.

Un concepto que cada día es más necesario aplicar, es la comunicación entre PLCs o con un sistema de supervisión (SCADA).

Cuando es el momento de realizarlo, el PLC dispone de la capacidad de resolverlo agregando los módulos de comunicación necesarios.

## **1. 2 Principales beneficios de los PLCs en el Sub sistema eléctrico de control:**

- Menor cableado, reducen los costos y los tiempos de parada de planta.
- Reducción de los espacios en los tableros.
- Mayor facilidad para el mantenimiento y puesta en servicio.
- Flexibilidad de configuración y programación, lo que permite adaptar fácilmente la automatización a los cambios del proceso.
- Permite simplificar los esquemas y planos eléctricos de las maquinas y/o sistemas eléctricos.

## **1. 3 Campos de Aplicación de los PLC;**

Hoy la tecnología nos ofrece PLCs acorde a las necesidades de cada usuario y cada aplicación.

Para automatizaciones de pequeña envergadura, como por ejemplo dosificadores, alimentadores para máquinas, montacargas, lavadoras industriales y de automóviles, control de barreras, calefacción, vidrieras, etc. Casos de mediana complejidad donde se necesitan además señales analógicas y comunicación, por ejemplo máquinas inyectoras, paletizadoras, cintas transportadoras, etc., se utilizan por lo general PLC compactos.

En aplicaciones de mayor complejidad como por ejemplo supervisión remota de sub. Estaciones de energía, estaciones de bombeo, plantas potabilizadoras de agua, sistema de control de luces en aeropuertos, líneas de producción en la industria automotriz, procesos de chancado y molienda en la industria sementera, etc., donde se requiera gran cantidad de entradas / salidas de diversa naturaleza (discretas, analógicas, termopares, pulsos de 40 Khz.)Y un programa de control extenso y varios canales de comunicación, por lo general se recurre a PLCs del tipo modular.

Cuando la complejidad del proceso requiere gran velocidad del procesamiento del programa, manejo de lazos del control, alta prestación en múltiples protocolos de comunicación, elevadas cantidad de entradas / salidas controladas en forma remota y descentralizada, como por ejemplo en la automatización de una planta siderúrgica, de un oleoducto, de una refinería de una planta minera completa, de una planta de extracción de aceites, etc., se utiliza por lo general grandes PLCs modulares.

La supervisión se puede realizar en dos niveles diferentes de complejidad:

- A nivel del operador, empleando terminales de dialogo hombre-máquina del tipo XBT Magelis.
- A nivel de planta, empleando una PC con un software de supervisión, comúnmente denominado SCADA, como por ejemplo el software P-CIM.

#### 1.4 Tipos de PLCs:

Existen una gran variedad de PLC y sus denominaciones varían según la marca. Entre las marcas más comerciales en el Perú están: Schneider y Allen –Bradley.

##### **Schneider:**

Es una marca de origen europeo y por lo tanto sus productos cumplen las normas IEC. Básicamente su línea de PLC viene en dos versiones compactas y modulares.

**Compactas** es decir viene en un solo bloque definido.

**Modular** viene para incorporar módulos, según se vaya incrementado la necesidad de ampliarlos controles en el proceso.

También viene en varias versiones según su memoria integrada, cantidad de entradas y salidas, etc. A continuación nombramos varios tipos de PLC de la línea Schneider de menor a mayor capacidad. (Adjuntamos sus guías de características)  
PLC Twido.

PLC Modicon TSX micro  
PLC Modicon TSX Momentum  
PLC Modicon TSX Premium  
PLC Modicon TSX Quantum

### **Allen Bradley:**

Es una marca de procedencia Americana y por lo tanto sus productos cumplen las normas NEMA. Entre las principales versiones de controladores programables tienen los PLC y los SLC La diferencia es que este último tiene menor capacidad de memoria y módulos de entradas y salidas.

En la mina de estaño por las exigencias del trabajo y el ambiente se utilizaran los Allen bradley. (Ajuntamos información técnica de los PLC)

## **1.5 Redes de Comunicación en Automatización:**

### **Principios Básicos:**

Una red esta formada por un conjunto de dispositivos electrónicos que tienen la habilidad de comunicarse entre ellos utilizando un medio físico y un idioma común.

La automatización de un proceso industrial requiere la implementación de una red cuando se necesita:

- Controlar un proceso entre varios PLCs.
- Compartir información del proceso.
- Conocer el estado de los dispositivos.
- Diagnosticar en forma remota
- Transferir archivos
- Reportar alarmas.

Se puede afirmar que los componentes que interviene en una red son:

- Dos o más dispositivos que tengan información para compartir.
- Un camino para la comunicación o vínculo físico.
- Reglas de comunicación que determinan el lenguaje o protocolo.

La información que se necesita compartir en un proceso puede diferenciarse por su extensión:

Bits:

Que reporta el estado (activo / inactivo) de una entrada o salida directamente vinculada a elementos de campo como son pulsadores , fines de carrera , sensores, actuadores, válvulas, solenoides, contactores, etc.

Bytes:

Palabras, o conjunto de éstas para conocer el valor de una variable analógica, para cambiar los parámetros de un temporizador, para enviar un mensaje de texto a un terminal gráfico, etc.

Archivos:

Paquete de información más complejos de extensión considerable para los cuales se requiere alta velocidad de intercambio de datos.

Pero si pueden variar la extensión de la información a transmitir, siempre serán "ceros y unos" concatenados en un formato y una lógica determinada establecida por el protocolo.

## **1.6 Buses de campo:**

Se trata de una red donde el tipo de información que se intercambia corresponde a datos simples (Bits) con el estado de sensores, actuadores o un poco más compleja (Bytes) con información de diagnóstico de dispositivos, etc.

Por lo general la información viaja en forma ascendente, es decir desde el elemento de campo hacia el PLC o sistema de control.

En éste rubro se puede encontrar buses como el AS-i, Seriplex, Modbus, o Unitelway.

## **1.7 Red de Control:**

Es el vínculo entre los aparatos de control y/o PLCs, donde se intercambian información sobre la evolución del proceso, en paquetes o conjuntos de registros, variables de producción, tabla de datos, recetas, etc.

En este nivel también se incorporan generalmente los sistemas de supervisión o SCADAs que se nutren de la información disponible en esta red para generar reportes históricos, reportes de alarma, gráficos de tendencia y la animación de mímicos.

La información viaja por lo general en forma horizontal, entre los PLCs y/o dispositivos de control.

Dentro de este grupo podemos ubicar alas redes como Modbus Plus o Fipway.

## **1.8 Red de Datos o Corporativa:**

En este caso se trata del intercambio de grandes archivos entre computadoras y los sistemas de gestión comercial, financiera y logísticas de las empresas.

Generalmente se vinculan en forma vertical con las bases de datos de los SCADAs para obtener información de gestión de la empresa, estadística de producción, consumos generales de energía, etc.

Ethernet TCO/IP (transfer Control Protocol / Internet Protocol) es la red más difundida a nivel mundial para este tipo.

### **1.8.1 Vínculo Físico:**

Teniendo en cuenta el tipo de información a intercambiar y su función, es que surgen diferentes necesidades de velocidad y performance de la red, que determinan el tipo de medio o vínculo físico y sus variables.

El vínculo o medio físico está generalmente compuesto por cables blindados, cables coaxiales, fibras ópticas y porqué no enlaces satelitales o de radio frecuencia también.

A cada medio le corresponde una característica eléctrica particular: Impedancia, capacidad/metro, resistencia/metro, atenuación en decibeles (db).

Estas características físico/eléctricas determinan limitaciones en distancias y velocidad. Existen estándares que determinan todos estos valores, Ej. BELDEN en el caso de los cables.

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, Institute of electric and electronic Engineers) define algunos de los Stándares más utilizados teniendo en cuenta todos los factores que intervienen en los medios físicos.

Solo a titulo de ejemplo se nombran a continuación alguna de ellos:

RS 232 IEEE

Par trenzado blindado, velocidad 20Kbps (bits por segundo), distancia máxima 15mts.

Punto a punto, o sea 1 transmisor – 1 (DTE-DCE).

RS 485 IEEE

Doble par trenzado blindado, velocidad 10Mbps, distancia máxima 1200mts. Multipunto, 32 transmisores – 32 receptores.

Ethernet – 10base T

Par trenzado UTP Categoría 3, velocidad 10 Mbps, distancia máxima 100mt. Por segmento. Multipunto, 1024 nodos/segmento.

Ethernet – 100base F

Fibra óptica, velocidad 100 Mbps, distancia máxima 2000mt. Por segmento. Multipunto, 1024 nodos/segmento.

Accesorios:

Todas las redes sin excepción requieren un reacondicionamiento del medio físico cada vez que se realiza una derivación o cuando es necesario extender el alcance de la misma. Existen adaptadores de impedancia, derivadores, fines de línea, conectores específicos, etc. Para adecuar las instalaciones. Es imprescindible tenerlos en cuenta a la hora de diseñar una red.

### 1.8.2 Protocolo:

Como se a expresado una gran ventaja de usar los PLCs, es la comunicación que puede existir entre ellos, es decir solo utilizando un cable de comunicación podemos tener todas las señales que llegan a uno de ellos en el otro, para esto es necesario tener un lenguaje o idioma que permita entenderse y comunicarse entre si, este idioma se le conoce como protocolo. Los protocolos se amplían a todo dispositivo electrónico con la capacidad de comunicarse.

Un protocolo definen como se identifican los dispositivos entre sí dentro de la red, el formato que deben tomar la información en transito y cómo es procesada dicha información una vez que llego a su destino.

Los protocolos también definen procedimientos para manejar transmisiones perdidas y erróneas.

En el caso de Schneider **Modbus** es el protocolo común utilizado para todos los PLCs TSX Modicom.

Este protocolo define la estructura de los mensajes que los PLCs reconocen, sin importar el tipo de red sobre la cual se comunican.

Describe el proceso que el controlador utiliza para solicitar acceso a otro dispositivo, cómo responde a los requerimientos de otros controladores y cómo se detectan y reportan los errores de comunicación.



Establece un formato común para la distribución y el contenido de los registros o campos de los mensajes.

### **1.9 Terminales de diálogo programable:**

Al hablar de dispositivos electrónicos con capacidad de comunicarse con los PLCs nos referimos entre otras cosas a los terminales de dialogo hombre – maquina. También conocidos como Panel View.

Los modelos antiguos consistían en una pantalla con teclados alfanuméricos, donde se visualizaban los mensajes y alarmas, que se generan del funcionamiento del sistema y procesados por la unidad de procesamiento.

Las versiones modernas son solo una pantalla sensibles al tacto, donde además se pueden programar accediendo al menú de usuario y modificar variables. También son multiprotocolos, esto le permite integrarse con otros dispositivos electrónicos con la misma capacidad de comunicación y dialogar en el mismo idioma. Permiten visualizar imágenes en mapas de bits, así como gráficos de barra y visualizaciones analógicas.

### **1.10 Características del sistema de tierra**

En el sistema de tierra para automatización siempre se ha hablado de una puesta de tierra instrumental aunque existe también la teoría de un único sistema de puesta a tierra (la tierra es una sola). En realidad se deben considerar varios sistemas de tierra como:

1. Tierra para el sistema de instrumentación y control.
2. Tierra para el sistema de fuerza B.T.
3. Tierra para el sistema de pararrayos
4. Tierra para el sistema de M.T.

Que no están unidas entre ellas. Evitando interferencias entre sistemas por corrientes de fallas.

Enfocándonos en la puesta a tierra instrumental y de control. Los fabricantes de PLC e instrumentos recomiendan resistencias para estas puestas menores a los 5 Ohms. Por experiencia en este campo sea comprobado que la resistencia de la puesta tierra para los PLC e instrumentos que permita trabajar este sistema sin mayores problemas

tiene que estar en el orden de los 5 Ohms. Para conseguir estos valores se hace necesaria la construcción de mallas de tierra.

En cuanto a los cables utilizados en el aterramiento de los instrumentos son del tipo apantallado de sección entre 0.75 y 2.5 mm<sup>2</sup>. Estas pantallas serán conectadas a la barra de tierra del tablero del PLC. Y en el otro extremo a la bornera de tierra del instrumento. Pero por experiencia en nuestros trabajos a veces no conectamos uno de los extremo del cable apantallado, debido a que existen corriente circulante que se presenta en la pantalla debido a los diferente niveles de tensión entre los puntos de tierra (barra de tierra tablero PLC y carcasa del instrumento) esta corriente interfiere con las corriente de trabajo del instrumento que oscila de 4 a 20 mA.

## **CAPITULO II DESCRIPCIÓN DEL PROCESO AUTOMATIZADO**

### **2.1 Introducción:**

Para la automatización del proceso es necesario dar a conocer los componentes que forman parte del proceso materia del estudio. El proceso se desarrolla en la planta de refinado de estaño, que se encuentra a 4500msnm cuyas temperaturas oscilan entre los 25 y  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Como en todo proceso minero el mineral sale en forma de grandes rocas y no está 100% puro. El proceso se inicia disminuyendo progresivamente los pedazos de roca extraídos, básicamente mediante molinos. Una vez granulado se extrae el estaño por métodos gravimétricos, pero el sobrante de este proceso aún contiene importantes concentraciones de estaño que se descomponen mediante reactivos. Dentro del refinado del estaño es necesario adicionar al proceso diferentes reactivos, siendo el ácido sulfúrico el más importantes de ellos, el cual debe mantenerse a una temperatura apropiada ( $20^{\circ}\text{C}$  aprox.) durante todo el proceso.

Este proceso de adicionar ácido sulfúrico a las celdas de flotación de la refinería, es materia de la automatización planteada.

Para realizar la automatización de cualquier proceso en primer lugar hay que elaborar el diagrama de flujo del proceso, que consiste básicamente en plasmar en el dibujo como se desarrolla el proceso sus componentes, recorridos de tuberías, motores, etc. El diagrama de flujo mecánico - civil, nos sirve para colocar los controles eléctricos necesarios en el campo (pulsadores, fines de carrera, interruptores, contactos, etc.), y señalar los equipos que se tienen que controlar (motores, válvulas, alarmas, etc.). También señalar las magnitudes que se necesitan medir en puntos definidos en el proceso para esto se definirán los instrumentos adecuados.

## **2.2 Diagramas de Flujo del Proceso:**

A continuación damos el diagrama de flujo (**figuras. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4**) que permite distinguir los diferentes equipos que se usan en este proceso automatizado, señalando los controles que tienen cada uno de ellos.

La figura 2.1 establece la leyenda donde se indica el significado de los símbolos utilizados en los diagramas de flujo.

También es importante ver en este diagrama el recorrido del ácido sulfúrico a través de las tuberías desde su traslado a los tanques de almacenamiento hasta su llegada a las celdas de flotación donde es refinado el estaño.

## **2.3 Principios de funcionamiento:**

El principio de estos controles es mantener el PH de 4 en las celdas de flotación del proceso, este valor indica que es un fluido ácido el que se encuentra en las celdas. Para lograr esto se instala un Phmetro en cada celda a controlar, este instrumento manda el valor del PH instantáneo al PLC, quien ordena según el valor medido aumentar o disminuir el caudal de ácido sulfúrico que ingresa a la celda.

A continuación explicamos la utilidad de cada componente en proceso de adición de ácido sulfúrico al proceso de refinado de estaño, los controles en ellos señalados en el diagrama de flujo y los instrumentos necesarios en dicho proceso.

### **2.3.1 Tanques de almacenamiento (3 Unidades):**

El ácido sulfúrico que viene transportado en camiones cisternas hacia la planta concentradora son almacenados en tres tanques de 13.26 metros cúbicos cada uno, cada tanque es calentado por tres calentadores eléctricos resistivos de 3 KW cada uno y un control de temperatura en la base del tanque (termostato), este calentamiento es indirecto a través de aceite. Esto mantiene la temperatura del ácido sulfúrico en los 20° C. La descarga hacia los tanques de almacenamiento es por gravedad. Estos calentadores serán controlados en forma local (L) y remota(R). Es decir que puede controlarse localmente a través de un termostato que manda el encendido del sistema de fuerza de

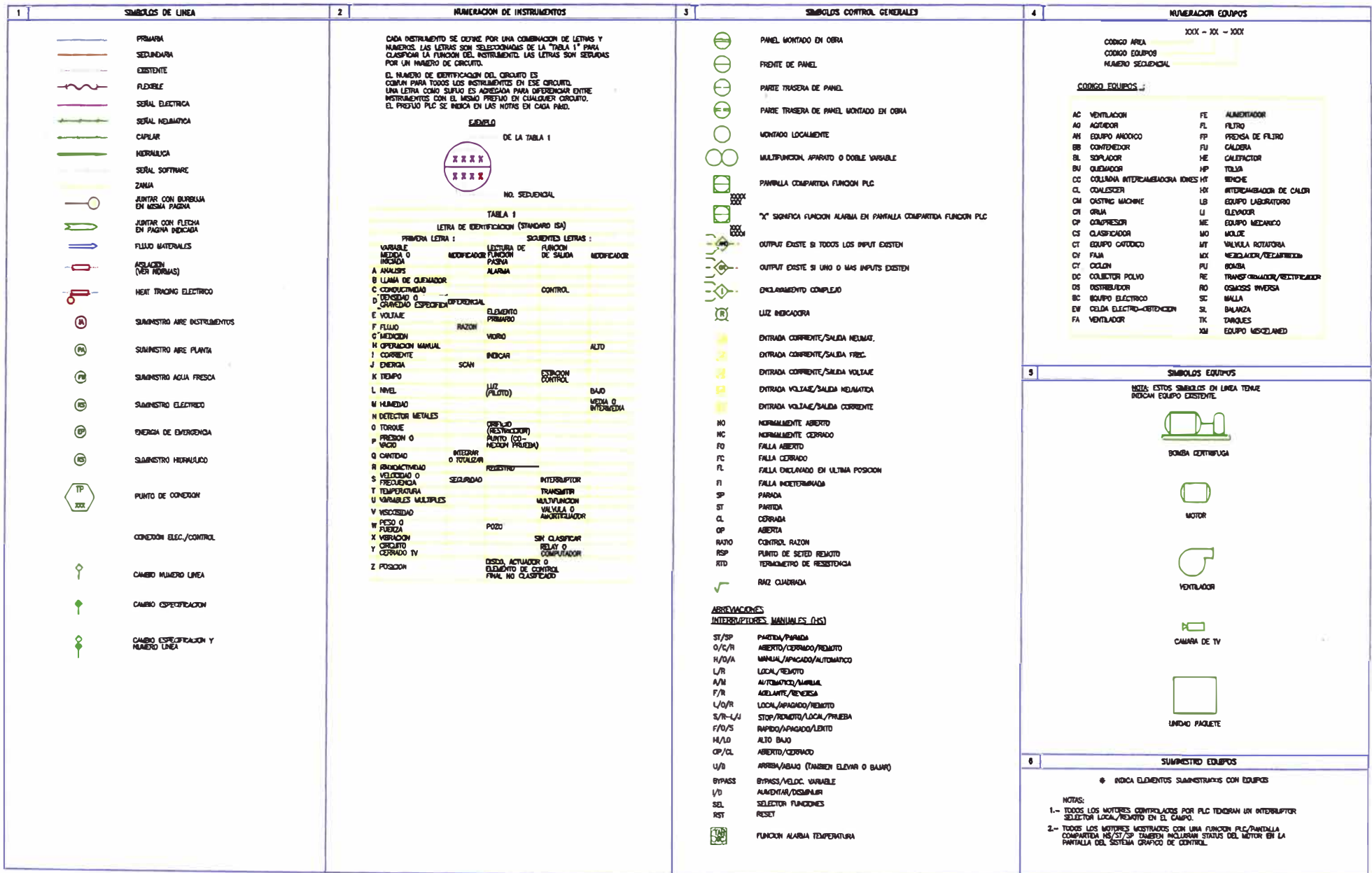


FIGURA 2.1 | LEYENDA DE SIMBOLOS

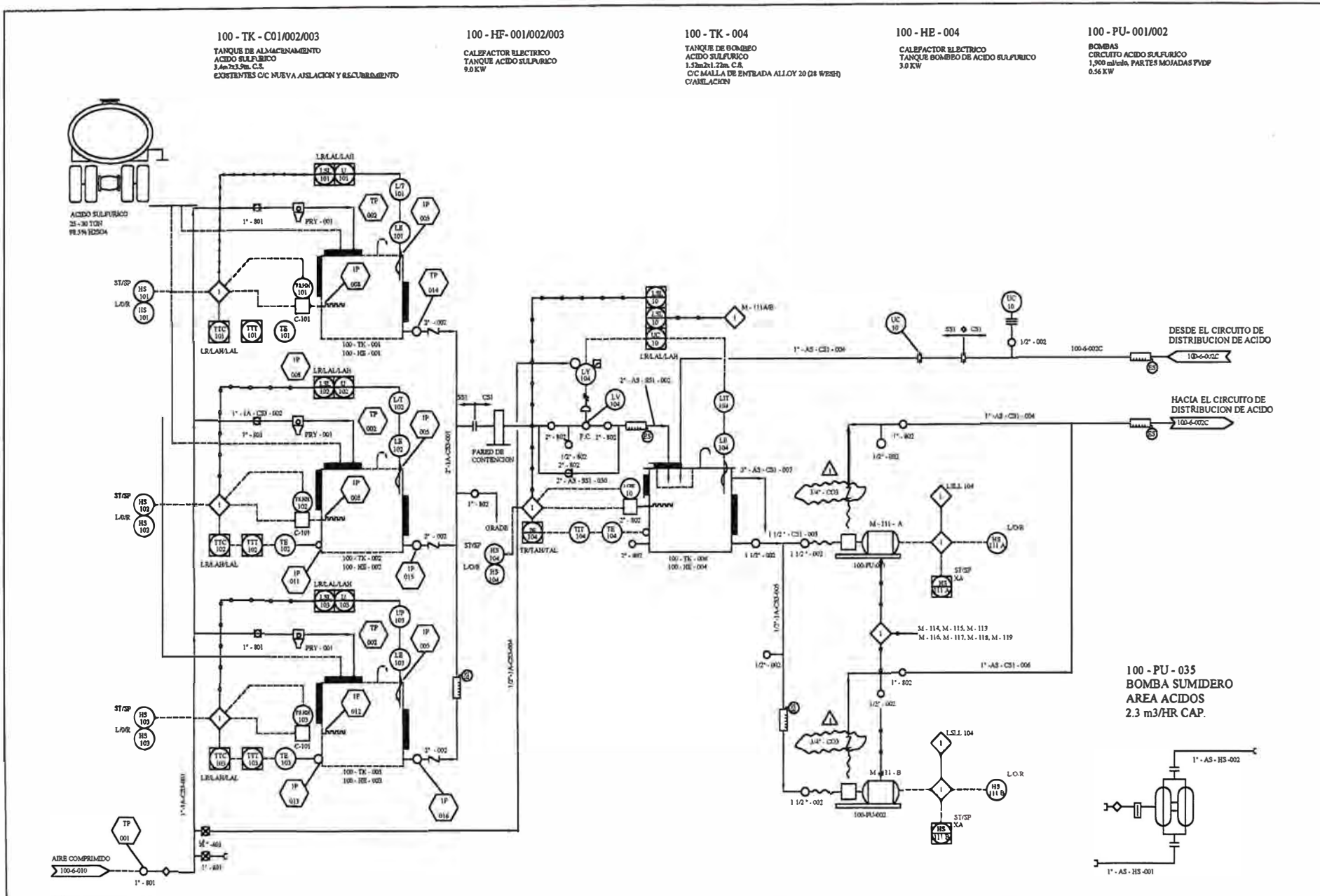


FIGURA 2.2 : DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

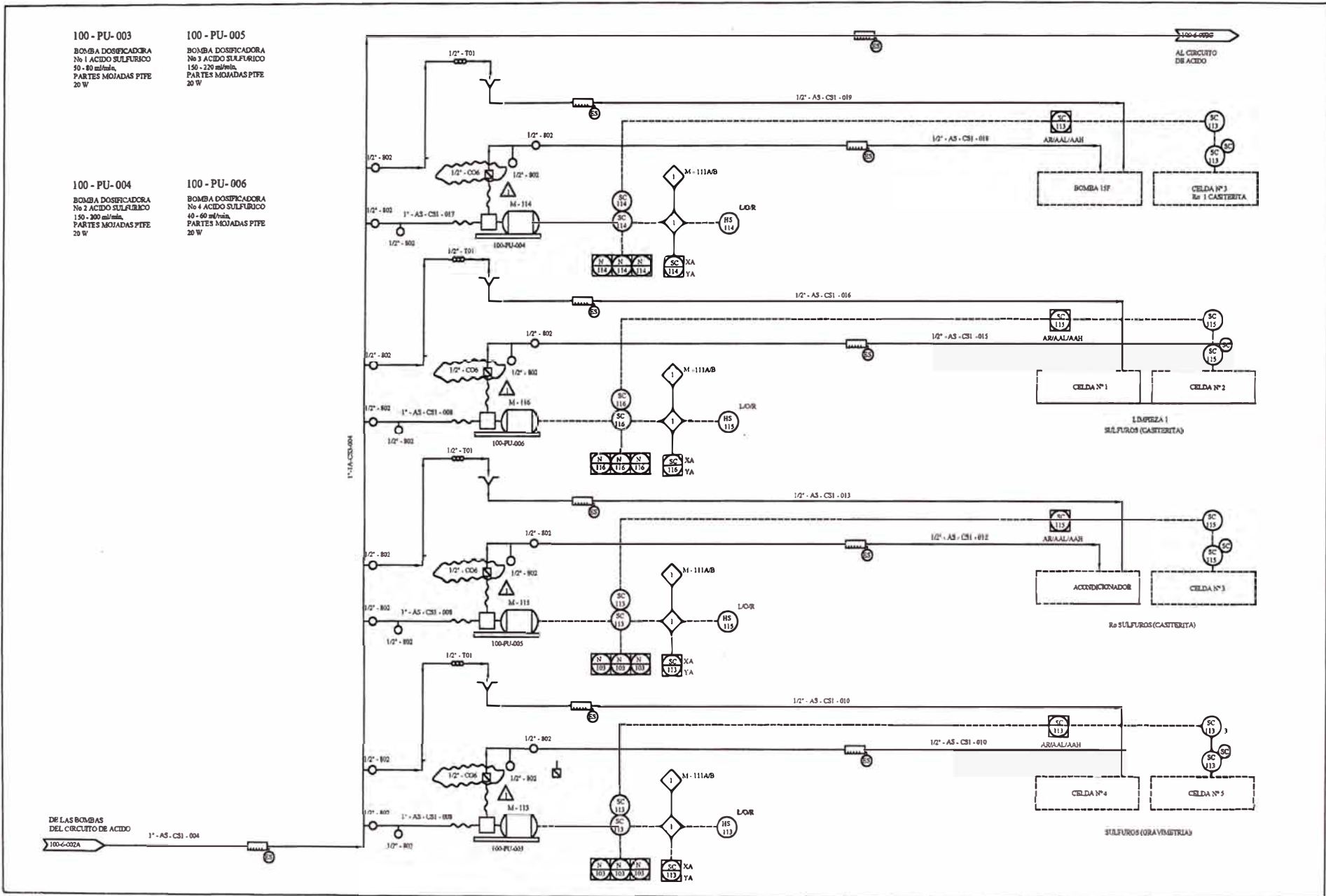


FIGURA 2.3 ' DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

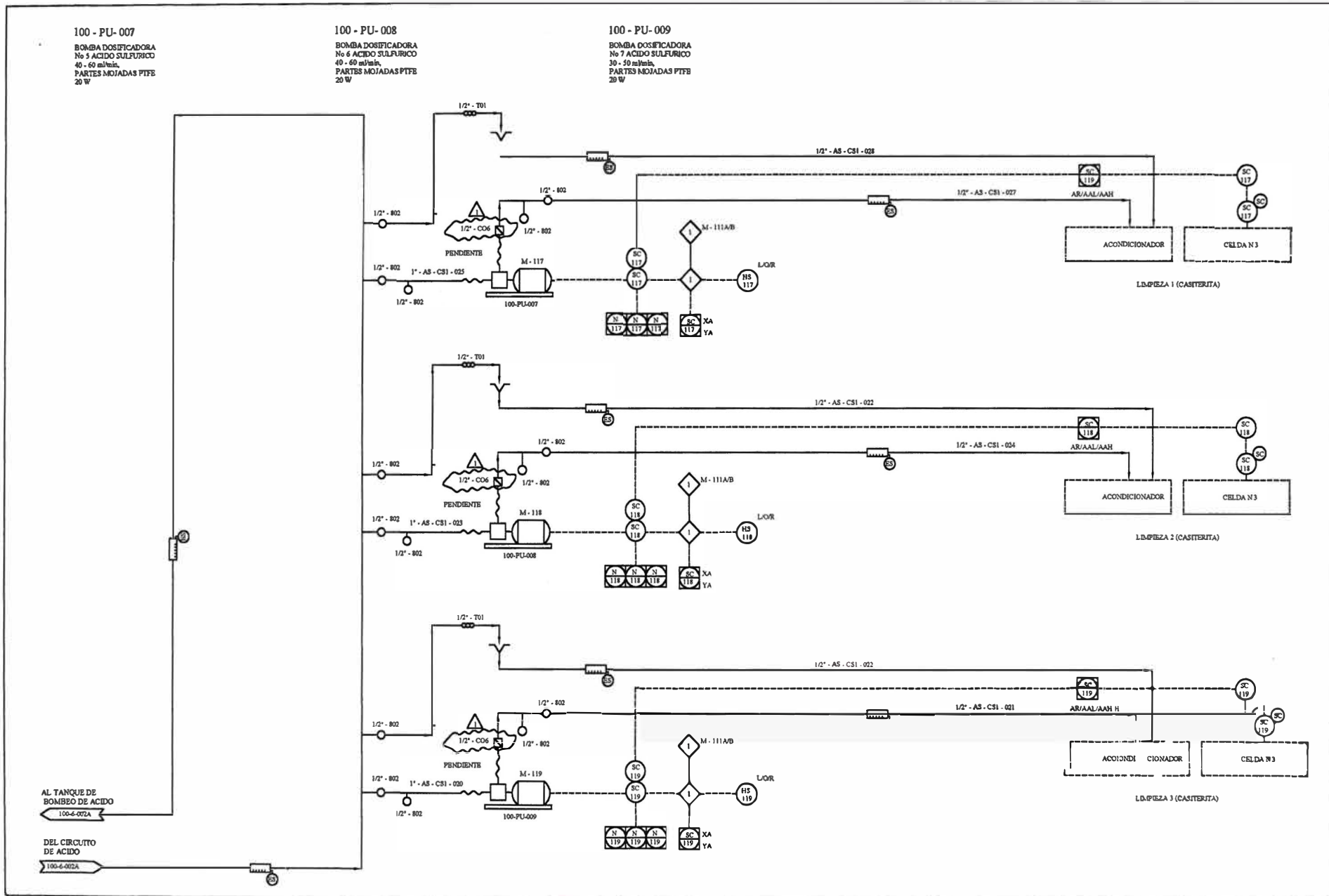


FIGURA 2.4 : DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



los calentadores o en forma remota a través del PLC que recibe la señal de los instrumentos de temperatura en sus entradas analógicas y mediante sus salidas digitales acciona el sistema de fuerza del calentador.

Cada tanque cuentan con un sensor de nivel (LE) / transmisor de nivel (LIT) y otro sensor de temperatura (TE) / transmisor de temperatura (TIT). Estos instrumentos mediante señales analógicas de 4-20ma transmitirán al PLC los valores de nivel y temperatura correspondientes equivalentes en las unidades de estas magnitudes.

Cabe señalar que los sensores (elementos) se encuentran en el mismo tanque captando el nivel o la temperatura en este caso a través del aceite del ácido sulfúrico.

En cambio los transmisores se encuentran cerca de los vías de tránsito del operador pues tiene que registrar periódicamente los valores indicados.

### **2.3.2 Tanque de almacenamiento diario (1 Unidades):**

Mediante la gravedad y a través de una válvula de control continua que recibe señales del PLC de 4 a 20ma. El ácido sulfúrico llega al tanque diario que tiene una capacidad 1.85 metros cúbicos de los tanques de almacenamiento. Cabe señalar que se calibra la válvula para que cuando el PLC le mande 4 ma la válvula este completamente cerrada y cuando llegue a los 20ma la válvula se abra completamente.

El tanque diario cuenta con un sensor/transmisor de nivel y también un sensor /transmisor de temperatura estos instrumentos mandan los valores de nivel y de temperatura del tanque a través de señales analógicas al PLC, el cual según estos valores ordena a la válvula el nivel de apertura de la misma conveniente para que el nivel del ácido sulfúrico se mantenga en un nivel apropiado 80% del nivel máximo. Cabe señalar que este tanque cuenta con un solo calentador de 3 KW cuyas características de control son similares a lo de los tanques de almacenamiento.

Este tanque servirá para alimentar de ácido sulfúrico al proceso mediante las bombas dosificadores y continuamente es alimentado desde los tanques de almacenamiento por gravedad.

### **2.3.3 Bombas dosificadores salida (2Und.):**

Estas dos bombas de 0.56KW cada una se encuentra cerca del tanque diario, el control de las mismas son independientes es decir pueden accionarse

independientemente una de la otra. Pueden ser accionadas en forma local mediante pulsadores locales o en forma remota mediante el PLC el cual los mantendrá encendido salvo que el tanque diario se quede sin ácido sulfúrico. Además el PLC mediante los Phmetros que se encuentran en las celdas de flotación de llegada mandara a mantener encendidos uno o las dos bombas según exista la necesidad del caudal necesario para alcanzar el Ph requerido en dichas celdas.

Estas bombas fundamentalmente inyectan el ácido sulfúrico a las tuberías, las cuales son tomas por las bombas dosificadores de llegada

#### **2.3.4 Bombas dosificadores de llegada (7Und.):**

Estas bombas de 20 W bastantes pequeñas se encuentran cerca de las celdas de flotación y toman el ácido sulfúrico de las tuberías y la bombean hacia dichas celdas las cuales cuentan con un Phmetro que indican al PLC el nivel de acidez o PH del fluido de las celdas de flotación. Las celdas de flotación son siete y por lo tanto se tiene un Phmetro y una bomba dosificadora por celda de tal forma que el PLC ordena a la bomba agregar o disminuir el caudal de ácido hacia las celdas hasta alcanzar la acidez requerida.

#### **2.3.5 Tuberías de transporte de ácido sulfúrico:**

Para calentar las tuberías donde se transporta el ácido sulfúrico se instalará el cable cinta calentador (Heat tracer) que permite mantener el ácido a una temperatura de 20° C que permitirá su circulación a través de las tuberías. El control de este cable Heat tracer se hace a través de un termostato por circuito. Este termostato controla el encendido y apagado del cable Heat tracer.

#### **2.4 Diagramas de Control:**

Los diagramas de control son aquellos donde se indican las conexiones existentes entre los diferentes equipos eléctricos y electrónicos que interviene en el proceso.

Existen varios formatos de diagramas de control, la experiencia en estos tipos de trabajo nos ha llevado a adoptar un tipo de diagrama el cual permite indicar la ubicación de las borneras de conexión en el sitio donde están ubicados sea dentro del tablero de control (PLC), en los tableros de arrancadores y en el campo es decir en los equipos, Botoneras, instrumentos, solenoides, etc.

#### **2.4.1 Análisis de los planos de Control:**

El tener un esquema eléctrico de control donde indique claramente los tableros, equipos de campo, cajas de paso, etc. Y en ellos cada bornera de conexión, da al técnico electricista encargado del cableado y conexionado los siguientes beneficios:

- Permite ubicar al técnico en los tableros o equipos donde se va a trabajar.
- Permite indicarle en forma sencilla la ruta de cada cable de control
- Permite optimizar el metrado de cable a utilizar debido a que el plano indica el recorrido y la cantidad de cables que van de un lugar a otro.
- Permite al técnico verificar si los códigos de los cables están de acuerdo a los grupos, slots y borneras en los PLC's.

Esto se puede verificar de la **figura 2.5** donde se tiene un esquema eléctrico de control típico de las bombas dosificadores. Este esquema lo hemos redibujado como se muestra en la **Figura 2.6**, de tal forma que se señala notoriamente el gabinete PLC, el arrancador de la bomba, la botonera de campo y los cables de enlace entre ellos, por esto lo denominaremos esquemas de enlace. Detallándose también las borneras que pertenecen a cada uno de los equipos.

Se puede apreciar claramente en la figura 2.6 la trayectoria de cada cable y la cantidad de cables que van de un equipo a otro.

Una de las cosas importante de ver este esquema es reconocer que la alimentación del sistema de control sale del gabinete PLC, es por ello que se puede dotar de un estabilizador o un UPS de capacidad apropiada para alimentar todo el sistema de control. En la actualidad es indispensable alimentar el PLC y el sistema de control con estos equipos de preferencia con un UPS para garantizar el buen funcionamiento del sistema.

Algo similar ocurre con los esquemas de control de los calentadores, el esquema típico es el de la **figura 2.7** y los esquemas de enlaces están en la **figura 2.8**.

Otra cosa importante de señalar de los esquemas de enlace es que uno puede apreciar claramente las entradas y salidas digitales que llegan al PLC. En los esquemas típicos puede resultar un poco difícil esta tarea, pudiéndose confundir con contactos de otros tableros.

Finalmente se presenta el plano de control del transmisor y sensor de nivel 101 (tanque de almacenamiento 1) **Figura 2.9**, con el mismo formato de los esquemas de enlace. Se puede apreciar que es una entrada analógica, con dos cables que conducen la señal de 4 a 20 MA y con la chaqueta del cable aterrada. Este es un esquema similar para todas las entradas y salidas analógicas que llegan al PLC, tales como para los transmisores y sensores de temperatura y los Phmetros.

## **2.5 Arquitectura del Sistema**

Se ha recalcado en este informe la importancia de la comunicación entre los módulos PLCs y los dispositivos electrónicos con capacidad para esto. Y es que con un simple cable de comunicación nos permite trasladar toda la información de un módulo a otro. Incluso a distancias enormes de varios kilómetros con el uso de cables de fibra óptica.

Los esquemas de arquitectura del sistema indican todos los módulos PLCs, las interfases hombre-maquina y otros dispositivos electrónicos que forman parte del sistema, también indican la ubicación de cada uno de ellos en la planta de refinado, y las trayectorias de los cables de comunicación que van uniendo cada uno de los equipos expresados.

En la **figura 2.10** se tiene la arquitectura de nuestro sistema analizado. Se observa cuatro puntos de ubicación de equipos:

### **Gabinete de PLC y Terminal de operador – Zona Reactivos:**

Es un gabinete donde se encuentra un PLC, también hay dos rack remotos, que son módulos de ampliación del PLC debido a que el tamaño estándar del PLC no alcanza a cubrir todas las señales y la reserva siempre necesaria. Y finalmente esta en el mismo gabinete un panel view, todos comunicados con un cable de comunicación coaxial.

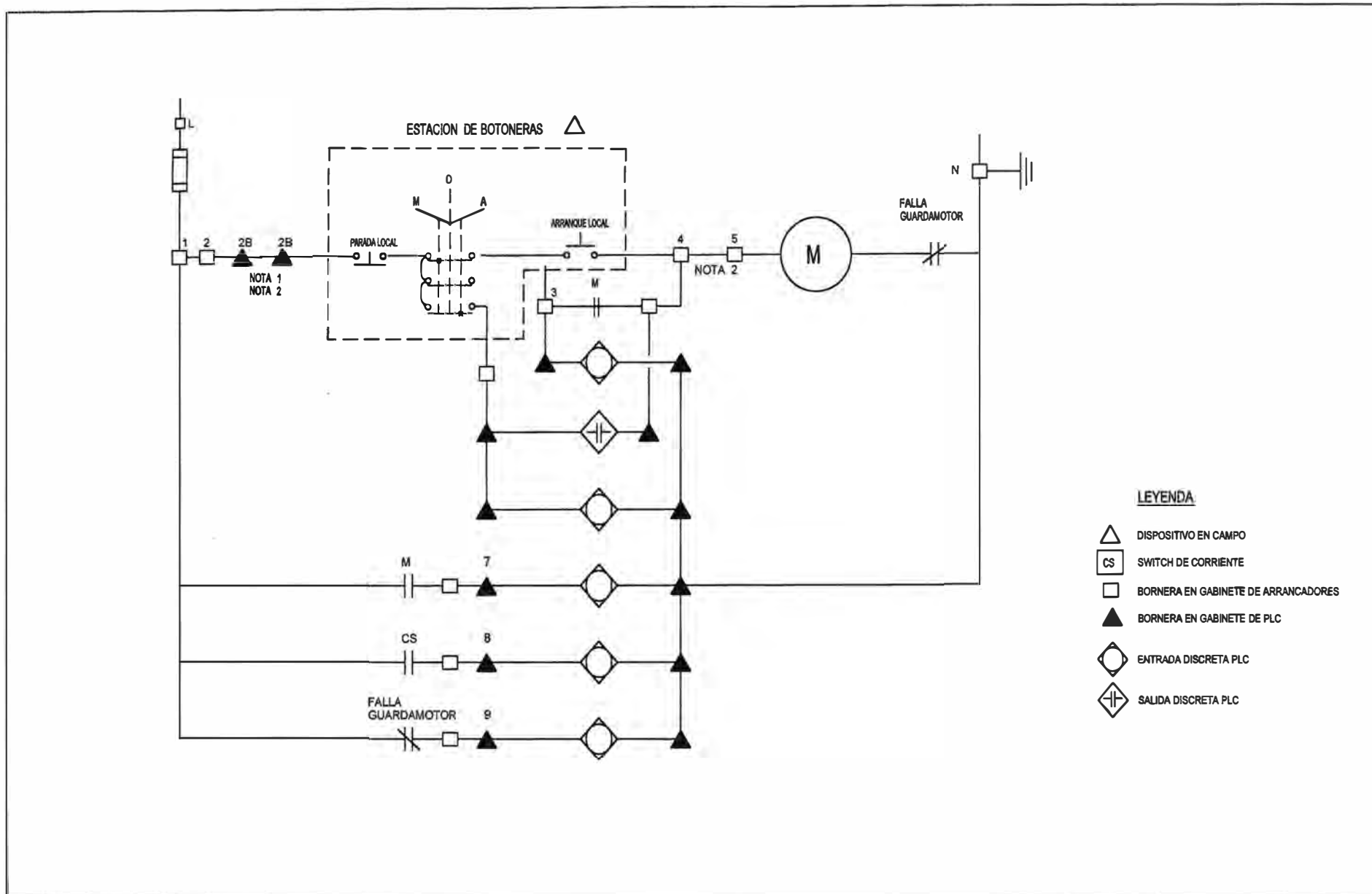
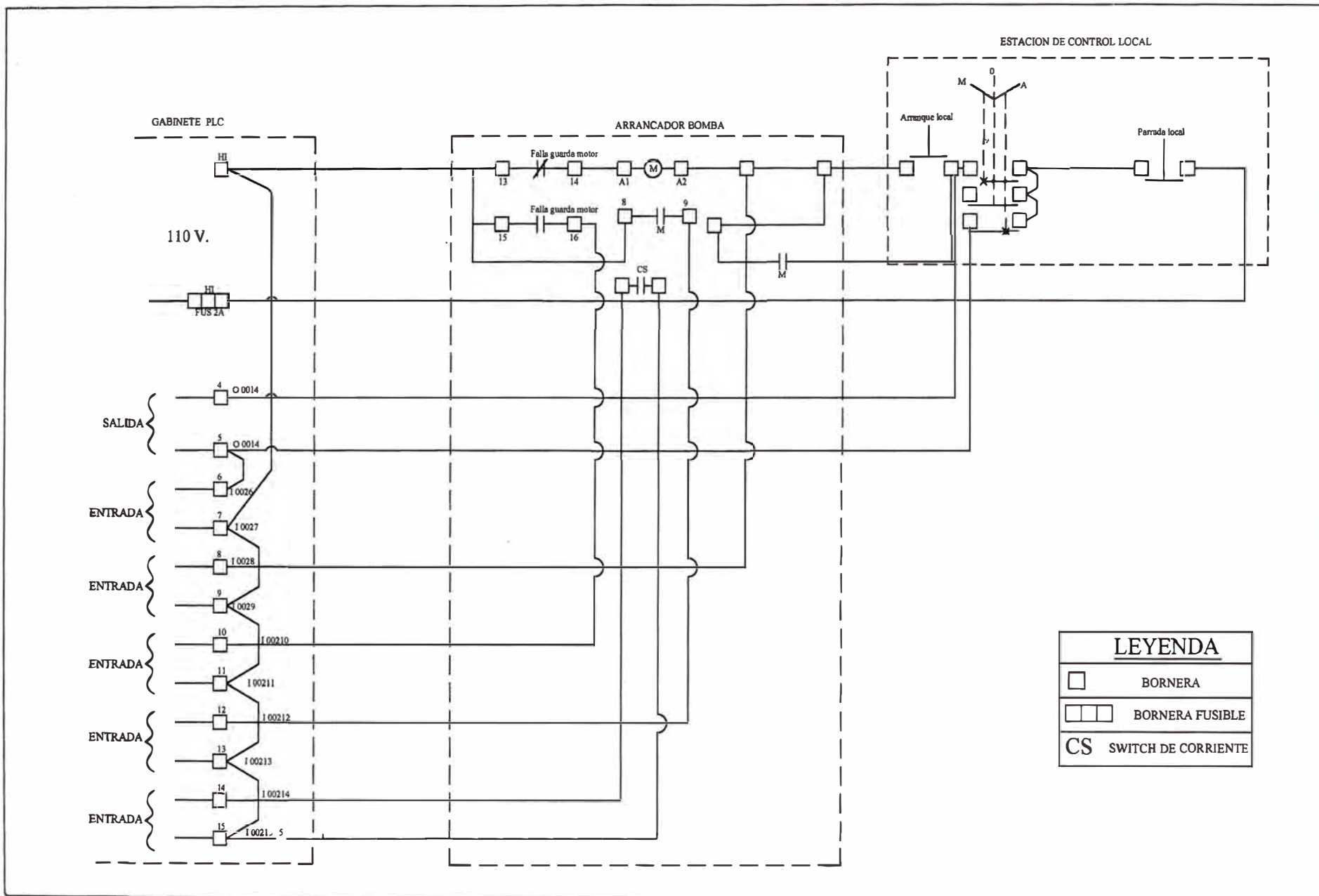


FIGURA 2.5 : ESQUEMA TIPICO DE CONTROL BOMBA DOSIFICADORA



LEYENDA	
	BORNERA
	BORNERA FUSIBLE
CS	SWITCH DE CORRIENTE

FIGURA 2.6 | ESQUEMA DE CONTROL BOMBA DOSIFICADORA

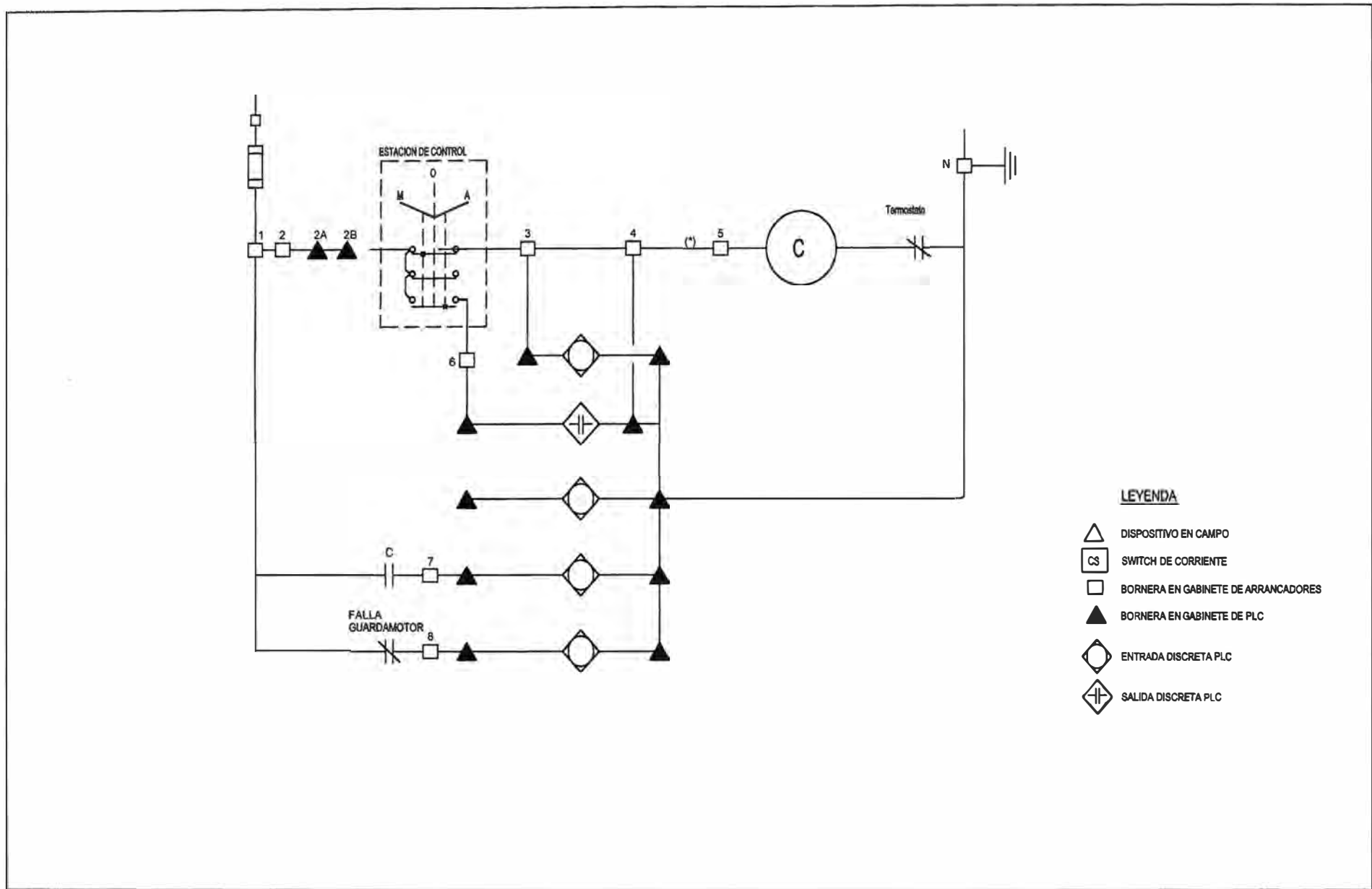
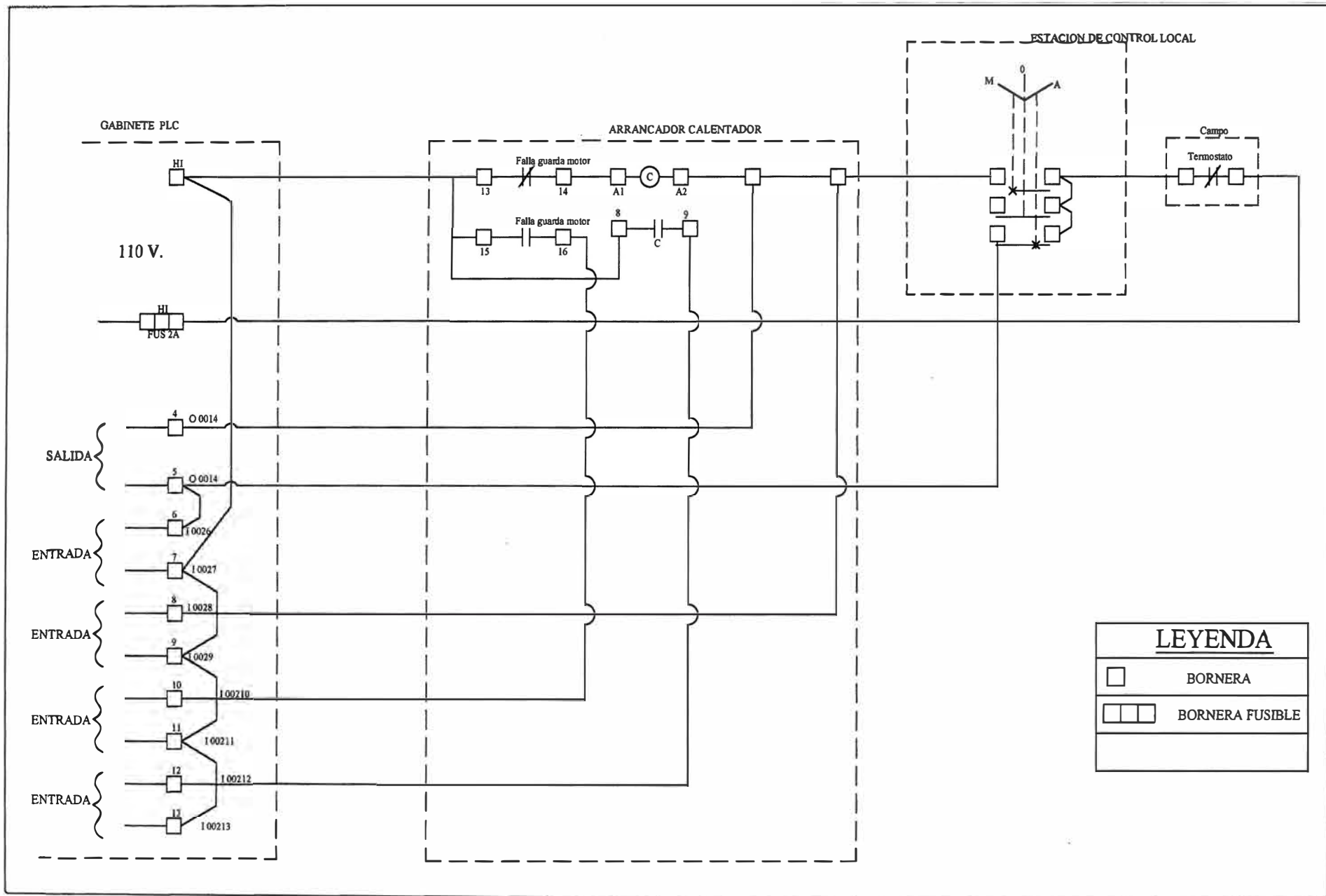


figura 2.7 : ESQUEMA TIPICO DE CONTROL CALENTADOR



LEYENDA	
	BORNERA
	BORNERA FUSIBLE

FIGURA 2.8 : ESQUEMA DE CONTROL DE CALENTADOR



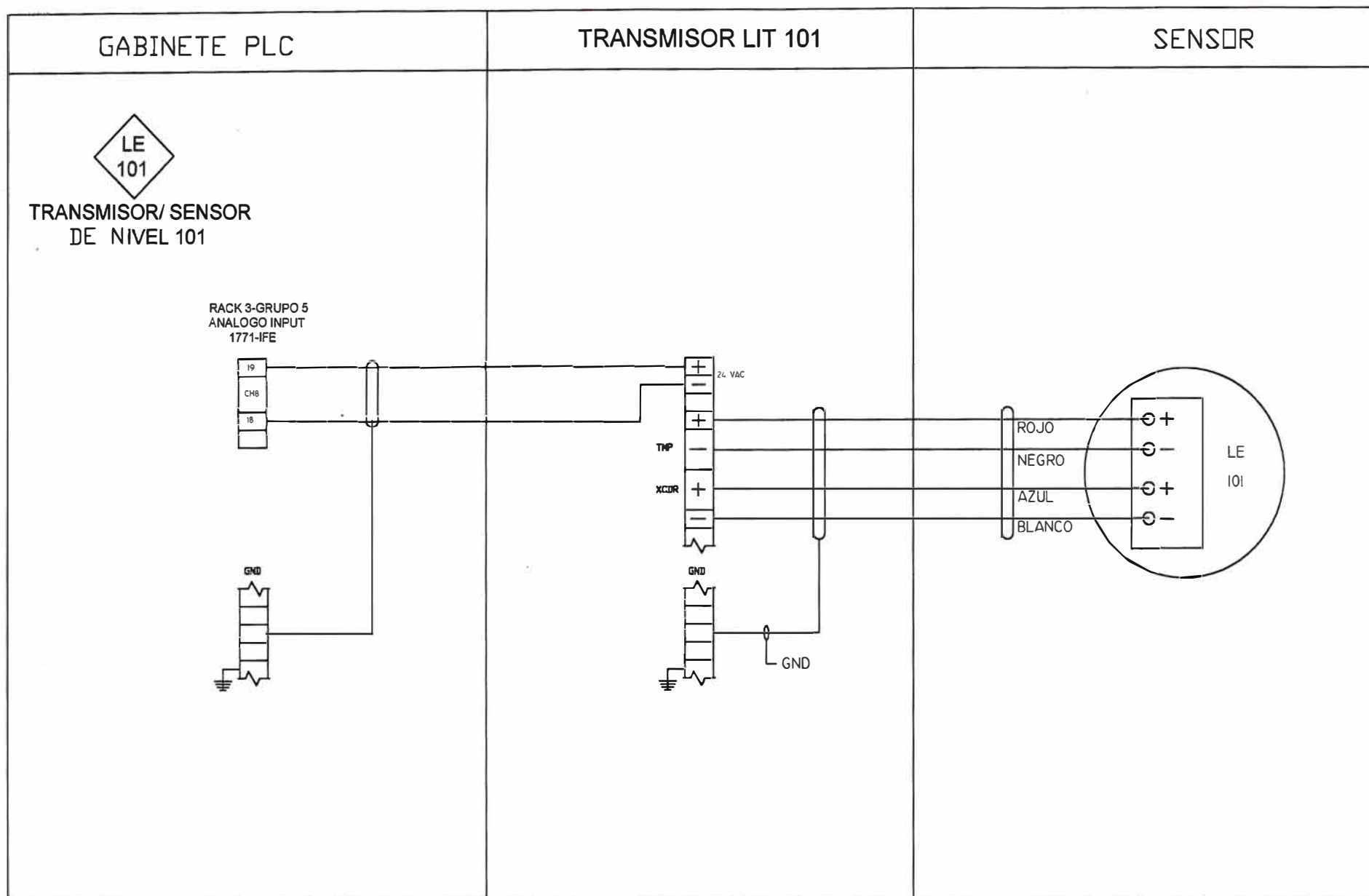


FIGURA 2.9 · ESQUEMA TIPICO DE INSTRUMENTACIÓN

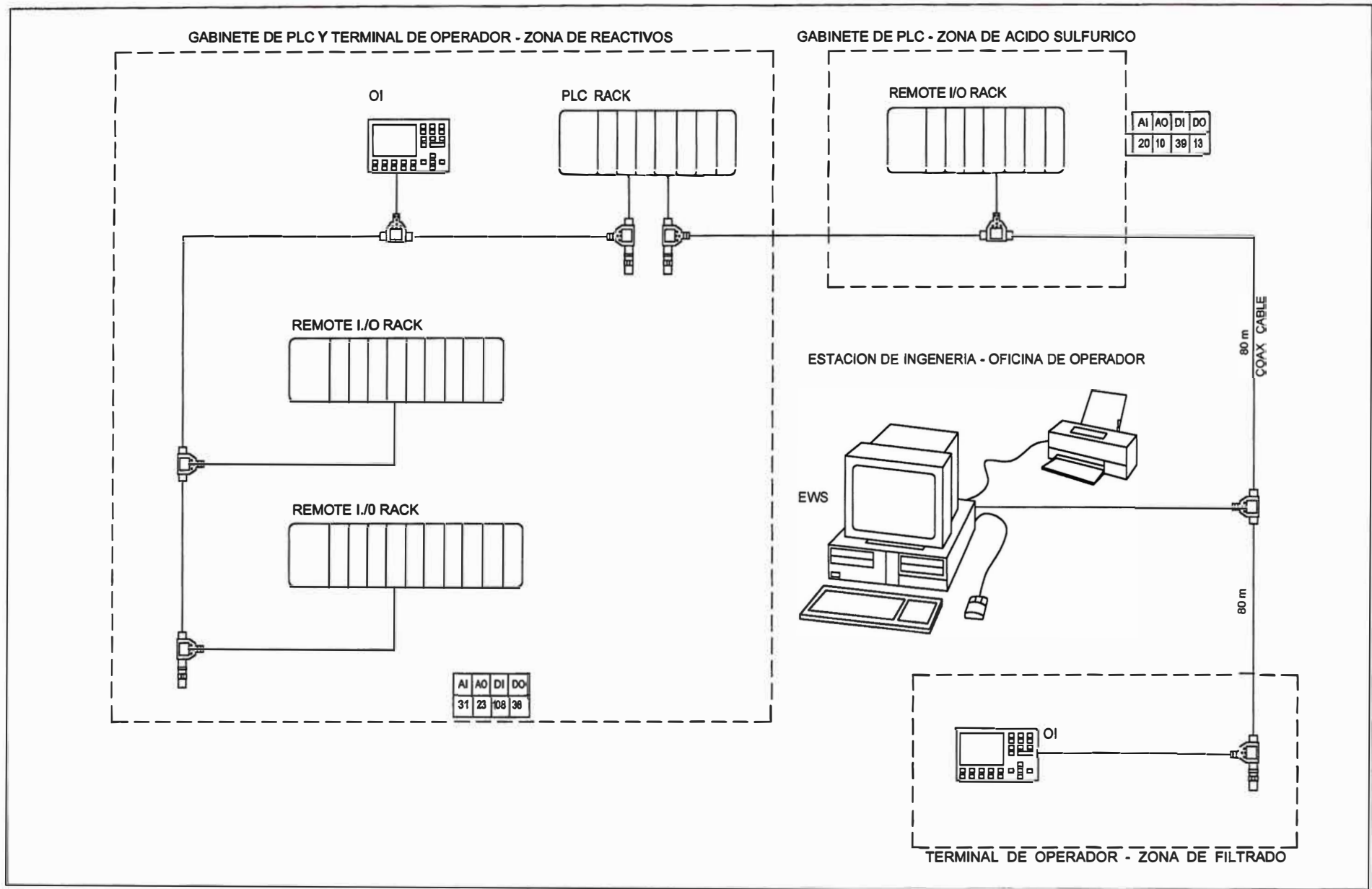


FIGURA 2.10 ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN

**Gabinete de PLC – Zona de ácido Sulfúrico:**

En este gabinete va un PLC solamente, donde va todas nuestras señales descritas en el proceso. Detallaremos más adelante todas las señales de nuestro proceso, los slots donde llegan estas señales y que forman parte del PLC. Este PLC esta comunicado como se observa con el gabinete anteriormente descrito.

**Estación de Ingeniería – Oficina del Operador:**

Esta estación va una computadora que esta conectado con el cable de comunicación a los gabinetes descritos anteriormente, desde esta computadora el operador recibe todos los mensajes y alarmas que se pueden producir del proceso.

**Terminal del Operador Zona de Filtrado:**

En el sector de filtrado se ha ubicado un Panel View que esta conectado con los dispositivos electrónicos descritos líneas arriba, desde el cual el operador de esta zona puede ver todos los mensajes, alarmas y parámetros de nuestro sistema.

El cable de comunicación coaxial utilizado, es adecuado para esta red debido a que las distancias entre los dispositivos electrónicos descritos son menores a 100 metros y no existe interferencias electromagnéticas con cables de fuerza por ejemplo.

Todo esto forma una red de comunicación Ethernet.

## **CAPITULO III ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS**

**Controlador Lógico Programable PLC - Zona de Ácido Sulfúrico:  
Es un PLC Alen Bradley con los siguientes componentes:**

### **3.1 Chasis:**

- Es metálico y permite alojar el CPU, el módulo de fuente y los módulos de entradas / salidas y el modulo de comunicaciones.
- También alojan borneras terminales de cableado que permiten la interconexión con el lote de borneras terminales hacia el exterior.
- El diseño del chasis tiene hasta 17 slots y pueden ser configurados para tener espacio amplio y de fácil mantenimiento.
- Los módulos de entradas y salidas se instalan de tal forma que se pueden remover fácilmente sin necesidad de realizar cambios en el conexionado

### **3.2 CPU:**

- El código del CPU es 1756-L55M23 esta conformado por módulos de memoria interna RAM para almacenamiento de programas, el mismo es respaldado por baterías incorporadas en el modulo fuente (Power supply).
- La memoria RAM puede ser aumentada mediante el añadido de sub módulos RAM. El programa del sistema también podrá almacenarse en sub módulos de memoria EPROM o EEPROM
- El CPU esta equipado con: Procesador, Memoria interna RAM, Memoria para timers y contadores, Block internos para multiplicación, división, conversiones binarias, escaldo analógico y manipuleo de comunicaciones, Sockets para adición de memoria externa, Puerto de comunicaciones par carga de programas, Conexión para panel view.

### 3.3 Módulos de Entradas y Salidas:

- Los módulos de entradas y salida son de dos tipos analógicos y digitales las cuales convertirán las señales internas y externas a las respectivas señales externas e internas que permiten ejecutar los controles del proceso. Son del tipo enchufables para reemplazo y mantenimiento sencillo por lo que el cableado se conecta al receptáculo que aloja el módulo.
- Los módulos de entradas y salidas serán del tipo 1754 con disponibilidad de recibir 4, 8 o 16 señales de este tipo.
- Todos los módulos tienen entradas y salidas aisladas, que usan acoplamiento óptico y de contacto seco para estos propósitos.
- Todos los módulos tienen un máximo de 16 entradas o salidas por módulo y toda señal tiene un indicador de estado (led) a la respectiva entrada y salida en el módulo.
- Las señales E/S deben ser conectadas usando cable Nro 16 AWG o 1.5mm<sup>2</sup> a las borneras intermedias localizadas entre el campo y los módulos de E/S.
- Las conexiones a los módulos de E/S deben ser hechas de manera que el reemplazo en los módulos no requiere remover dichas conexiones.
- Los módulos de entrada discretas deben ser de 0 a 120 Vca, 60 Hz, aislamiento óptico, corriente de entrada menor de 5 miliamperios.
- Los módulos de salida discretas son de contacto seco, deben manejar aproximadamente 2 A por salida (4 A máximo). Fuente externa 0 - 120 Vca y ellos deberán ser de tipo NA. Se provee de fusibles con led indicador individuales para cada módulo.
- Los módulos de entrada analógica deben estar preparados para recibir una señal de 4 a 20 mA a 2 hilos o a 4 hilos (Two wire), a fin de tener las dos alternativas en caso de que se requiera.

- Los módulos de salida analógicas deben estar preparados para emitir una señal de 4-20mA del tipo lineal.

### **3.4 Módulos de Comunicación:**

- El modulo de comunicaciones deben tener su propio procesador y memorias internas pudiendo de esta manera funcionar independiente del procesador principal permitiendo así que el controlador lógico programable opere sin congestionarse con operaciones de comunicación.
- Tendrá los módulos o puertos necesarios para asegurar la comunicación eficiente con los otros PLC del proceso o con los sistemas existentes de la planta.

### **3.5 Software de supervisión y programación:**

- RSLogix 5000 Versión 11.0.0.
- RSLinx Versión 2.31.
- RSView Versión 6.30.17 de 300 tags.

### **3.6 Especificación Técnica Interfase Hombre Máquina**

Las Interfases hombre – máquina utilizados son de la misma familia del PLC y son suministrados con su respectivo software de programación, el modelo es Panel View Plus de Allen Bradley Touch Screen a color de 640x480 píxeles con pantalla de matriz activa de reacción al tacto.

La pantalla de reacción al tacto (touch screen) es de membrana de poliéster resistente al impacto y con cobertura robusta y con vidrio químicamente endurecido. Funciona con suministro eléctrico de 120Vac, 60 Hz y una fase de tensión estabilizada. Según la figura 11 necesitaremos 2 Panel View.

Cada interfase hombre maquina estará protegida por interruptor termo magnético independiente alimentada con tensión estabilizada desde el gabinete PLC.

Los grados de protección requeridos son: NEMA 4/4X.

### 3.7 Identificación de señales al PLC I/O

En la figura 2.10 se observa adjunto a los PLC unos cuadros pequeños donde se tiene lo siguiente:

AI (Analogic Input) Entrada Analógica.

AO (analogic Output) Salida Analógica.

DI (Digital Input) Entrada Digital.

DO (Digital Output) Salida digital.

Esto cuadritos nos indican las cantidades de señales de cada tipo que ingresan o salen del PLC. En la sección de Especificaciones Técnicas se señalan las características técnicas de los módulos de entradas y salidas del PLC y en las figuras 2.6, 2.8 y 2.9 se indica como es el cableado hacia estos módulos.

El como identificar las señales que llegan al PLC de Ácidos, en nuestro proceso de adición de ácido sulfúrico al refinado de estaño, es el tema que cerraría este análisis.

**3.7.1 Transmisores/Sensores de Nivel (LIT/LE). 4 Unidades:** Estos sensores son del tipo Ultrasonido (se adjunta su hoja técnica). Y envían señales de 4-20mA al PLC, según el nivel del tanque censado (4mA. Mínimo nivel y 20 mA Máximo nivel) por lo tanto son **Entradas Analógicas**.

**3.7.2 Transmisores/Sensores de Temperatura (TIT/TE). 4 Unidades:** Estos instrumentos miden la temperatura del ácido que esta en los tanques (se adjunta su hoja técnica). Y envían señales de 4-20mA al PLC, según la temperatura del ácido del tanque censado (4mA. Mínima Temperatura indicada y 20 mA Máxima temperatura indicada en el transmisor) por lo tanto son **Entradas Analógicas**.

**3.7.3 Válvula de Ingreso al tanque diario (LV104). 1 Unidad:** Esta válvula se va abriendo o cerrando progresivamente según el PLC le ordena, dependiendo de la señal de nivel del tanque diario que recibe, por lo tanto es una **Salida Analógica**.

**3.7.4 Calentadores de Tanque (TSSH) 10 unidades:** Si observamos la figura o esquema 9 se tiene 1 salida digital y 4 entradas por calentador. Las señales digitales de salida son básicamente contactos secos normalmente abiertos que se cierran por orden

del PLC y las señales digitales de entrada son como pequeñas bobinas que al sentir la tensión nominal o de trabajo envían una señal al PLC.

**3.7.5 Bombas Dosificadoras (M) 9 Unidades:** Si observamos la figura 2.6 se tiene 1 salida digital y 5 entradas digitales, esto proporciona al PLC la información necesaria para que el PLC con las salida haga funcionar el sub sistema de control correctamente.

**3.7.6 Phmetros en celdas de Flotación (AIT/AT) 7 unidades:** Estos instrumentos mandan al PLC las medidas de valor del PH del fluido que se esta tratando en las celdas de flotación (se adjunta su hoja técnica). Estas señales que van 4 a20ma, son según el PH del fluido. (4mA. PH mínimo indicada y 20 mA PH máximo indicada en el transmisor) por lo tanto son **Entradas Analógicas**.

### **3.8 Total de Entradas y Salidas:**

AI (Analogic Input) = 15.

AO (analogic Output) = 1

DI (Digital Input) = 95

DO (Digital Output) = 19.



## **CAPITULO IV PUESTA EN OPERACIÓN DEL SISTEMA**

### **4.1 Introducción:**

Un aporte importante de este informe es la elaboración de los check list y protocolos que se requieren para la puesta en operación del sistema automatizado. He querido hacerlo en forma general es decir sistemas de control, fuerza e instrumentación, debido a que van de la mano para la puesta en operación. Lo escrito es básicamente producto de la experiencia en campo.

### **4.2 Amarillado de los Planos de Control:**

Algunos consideran este procedimiento como parte del precomisionamiento, yo particularmente lo considero dentro de la puesta en operación. Consiste en tomar cada plano de control e instrumentación y con un plumón resaltador amarillo preferentemente verificar cada cable que aparece en el plano este en el campo con las conexiones y marcas de acuerdo al mismo.

Es imprescindible realizar el amarillado de planos para tener la certeza de que los cables están conectados de acuerdo a los mismos y no sobre ni falte ninguno. Esto nos ayudara a no tener problemas en la puesta en operación.

### **4.3 Pre Comisionamiento:**

Para la puesta en operación del sistema es necesario realizar observaciones del sistema terminado (Pre-comisionamiento) que garanticen que el sistema se encuentra cumpliendo con todas las normas y estándares. Detectándose problemas.

Este pre-comisionamiento garantizará el éxito de la posterior puesta operación del sistema.

El primer paso para el precomisionamiento es hacer un check list de todas las instalaciones y equipos que nos permiten obtener mediante observaciones y medidas eléctricas la calidad de las instalaciones realizadas.

Al chequeo de esta lista en el campo se le conoce como pruebas estáticas, donde se va colocando un check a cada actividad, confirmándose que esta bien realizada

#### **4.4 Pruebas estáticas:**

Una vez terminado las conexiones finales procederemos a realizar las pruebas básicamente visuales que llamaremos estáticas debido a que no se necesitará mover o hacer mover ningún equipo o motor:

Para ello procedemos a realizar una lista de chequeo (Check List):

A continuación damos la **TABLA 4.1:**

TABLA 4.1: PRUEBAS ESTATICAS PARA PUESTA EN OPERACIÓN

<b>PRUEBAS ESTATICAS</b>	
DESCRIPCIÓN	OK
<b>TUBERIAS Y BANDEJAS</b>	
Revisar que las tuberías y bandejas cumplan las características técnicas de las especificaciones dadas en el proyecto, por ejemplo: calidad galvanizada o no, marcas especificadas, dimensiones.	
Revisar que las tuberías y bandejas estén ubicados en lugares apropiados, no expuestos a golpes o sustancias contaminantes o conductivos	
Revisar que todas las tuberías y bandejas del sistema estén correctamente soportadas y niveladas.	
Revisar que no existan filos en las uniones de las tuberías y bandejas y también en la llegada de las cajas de paso y tableros eléctricos.	
Revisar que todos los hilos sobrantes de las uniones de tuberías conduit estén correctamente protegidas con preservantes o pinturas conductivas como el galvanox	
Revisar que en el interior de las bandejas no existan filos, los pernos en las uniones deben ser tipo cabeza de coche con dicha cabeza en el interior de la bandeja.	
Los pernos tendrán solo a lo más tres hilos que sobresalen de la arandela y tuerca.	
Revisar que las tuberías y bandejas estén pintadas según el código de colores del cliente, para ducterías eléctricas identificándose los niveles de tensión (24V, 110V, 220V, 380V, 440V., 10,000V, etc.)	
Revisar que las tuberías y bandejas tengan controles visuales con las características eléctricas de los cables que contienen (instrumentación, control, fuerza, .M.T., etc.)	
Revisar que todas las bandejas estén con sus stickers de peligro, solo personal autorizado.	
Revisar que todas las cajas condulet y de paso esté con tapa, pernos completos y sus empaquetaduras correspondientes.	

Revisar que todas las bandejas estén bien tapadas y sujetas con pernos sobre todas las instaladas verticalmente.	
Verificar que las curvas de bandeja sean hechas en fabricas y con los radios apropiadas para los cables ha instalarse	
Revisar que todas las bandejas y tuberías se encuentren aterradas. Exista el cable desnudo que recorra la totalidad de la bandeja conectados con la misma con conectores apropiados.	
<b>TABLEROS</b>	
Revisar la existencia del zócalo o pedestal sobre el cual esta montado el tablero.	
Revisar el fijado del tablero, que este totalmente inmóvil ante las vibraciones de la planta industrial.	
Revisar la existencia de empaquetaduras o sellador entre el tablero y su zócalo y entre este y el piso	
Revisar que las tuberías y bandejas que llegan a los tableros no contengan filos que pueda dañar el aislamiento de los cables.	
Revisar el pintado del tablero exterior e interior que no exista raspones ni abolladuras	
Revisar la hermeticidad de los tableros en las llegadas de los cables exteriores y en general de todo el tablero.	
Revisar el marcado o etiquetado de todos los equipos (PLC, contactores, borneras, interruptores, etc) montados en el interior de los tableros según los códigos señalados en los planos.	
Revisar el etiquetado exterior de los tableros (código del tablero según planos, niveles de tensión, distancia de seguridad arc flash).	
Revisar la existencia del plano de distribución de equipos pegados en el interior del tablero con sus respectivos códigos y descripción.	
Revisar la existencia de los esquemas eléctricos del tablero en el porta planos del tablero	
Revisar el conexionado del neutro del sistema.	
Revisar el conexionado del sistema de tierra dentro de los tableros, puertas, mandiles y todas sus partes metálicas.	
Verificar el funcionamiento de la ventilación forzada en los tableros	

Verificar la iluminación interior apropiada en los tableros y su control de encendido y apagado.	
Verificar la existencia de tomacorrientes dentro del tablero para servicios auxiliares o una lap top.	
Verificar el funcionamiento del sistema de calentamiento en el interior del tablero y control de temperatura.	
Verificar en los tableros de PLC la existencia de una mesa porta Lap top para la programación de los PLC.	
<b>CABLES</b>	
Revisar que el color del aislamiento de los cables respeten los códigos de colores según el código de colores establecidos por nivel de tensión y tipo (AC-DC), suministrado mayormente por el cliente.	
Revisar que los cables montados en bandejas tipo escalerillas estén peinados y amarrados con atadores plásticos	
Revisar que los cables estén montados en las bandejas correspondientes (comunicación, control, fuerza, etc.). De acuerdo a su circuito.	
Revisar el uso de terminales en todos los cables en los tableros y en el campo (Equipos, instrumentos, cajas de borneras, etc.)	
Revisar el marcado de todos los cables según los códigos señalados en los planos.	
Revisar el conexionado de los cables en sus borneras. Verificar que no existan cables sueltos o mal conectados (Falso contacto).	
Revisar el peinado de los cables de control en los tableros y cajas de tal manera que no exista ningún esfuerzo mecánico en ellos.	
Revisar que los cables no existan vibraciones en los cables dentro de tableros y cajas	
<b>EQUIPOS</b>	
Revisar que todos los equipos de campo estén instalados en zonas libres de riesgos de sustancias peligrosas o conductivas.	
Revisar que los equipos no estén ubicados en zonas con peligro de golpes mecánicos.	

Revisar que los equipos no tengan abolladuras, ni raspones, que deterioren su protección exterior con el tiempo.	
Revisar que los equipos tengan los stiker de peligro, indicando su manipuleo solo por personal autorizado.	
Revisar que los equipos tengan su identificación, según los planos, donde se incluyan los niveles de tensión de alimentación.	
Revisar que los ingresos de cables y ductería a los equipos estén sellados herméticamente.	
<b>MEDIDAS</b>	
Verificar que los equipos de medidas utilizados tengan actualizado sus certificados de constrastaciones actualizados.	
Medir el aislamiento del cable de control con un meghometro de 500V.	
Medir el aislamiento de los cables de fuerza con meghometro de 1000V.	
Medir el aislamiento de los cables de M.T. con meghometro de 5000V.	
Medir la continuidad de los cables de control entre las borneras.	
Verificar que las tensiones que llegan al tablero general sea el requerido a lo largo del día e incluso alo largo de la semana. Pudiéndose regular los taps del transformador de potencia para ello.	
Verificar que las tensiones de los tableros de distribución, arrancadores y de control se han los adecuados.	
Verificar que los sistemas auxiliares (iluminación, tomacorrientes se han las adecuadas.	
Verificar las tensiones de los sistemas cada polo con respecto a neutro y a tierra. Estas medidas deben ser similares con respecto a cada uno de los polos.	
Verificar las tensiones entre neutro y tierra esta medida debe ser pequeña de algunos voltios.	

A continuación se presenta el **ANEXO C** donde se dan el código de colores de tuberías.

También se da el **Anexo D** donde se indica el código de colores de los cables.

#### **4.5 Protocolos:**

Es importante realizar los protocolos de prueba de los cables, tableros, transformadores, equipos de campo, motores, instrumentos, sistemas auxiliares, sistemas de tierra, etc.

Estos protocolos nos permiten tener los datos iniciales, de las medidas, calibraciones, características de los equipos, valores obtenidos, características de los equipos utilizados para las medidas, etc. Que nos permitirá comparar con el tiempo como evoluciona cada sistema, equipo, etc. De nuestra planta.

A continuación damos los protocolos de algunos equipos:

#### **4.6 Comisionamiento:**

Una vez concluido el precomisionamiento, verificado el cumplimiento del check list y elaborado los protocolos de instalación, se procederá a hacer funcionar el sistema.

##### **4.6.1 Tableros de control:**

Antes de funcionar el sistema se toma nuevamente la secuencia de fase, tensiones, frecuencia en la llegada del tablero y en la llegada de cada arrancador. Se verifica los parámetros de los arrancadores o variadores de velocidad y se verifica el seteo de los interruptores y reles térmicos. A lo largo de la puesta en operación se mide la temperatura de los componentes del tablero.

##### **4.6.2 Panel PLC:**

Antes de empezar la puesta en operación debe medirse las tensiones de llegada y salida en el gabinete PLC. Durante la puesta en marcha debe verificarse la llegada de las señales de entrada y salidas en los módulos del PLC, esto se puede realizar fácilmente

con las señales digitales verificando que los leds en cada slot o modulo se prenda o apague cuando la señal se activa o desactiva.

#### **4.6.3 Motores:**

Procedemos a arrancar los motores de las bombas, se toma los valores de las corrientes de arranque, los tiempos de arranque, corrientes de los motores de las bombas con carga en todo el proceso de bombeado del ácido y las temperaturas de los motores, chumaceras y partes móviles

#### **4.6.4 Equipos de campo:**

Durante la puesta en marcha se debe tomar las temperaturas de los dispositivos de campo (fines de carrera, pulsadores, desconectares locales, etc. y debe confirmarse su buen funcionamiento, de ser posible tomar las corriente de cada uno de ellos.

#### **4.6.5 Instrumentos:**

Antes de la puesta en marcha del sistema se debe verificar las tensiones de alimentación de los transmisores y la llegada de señal de los sensores al PLC. En la puesta en marcha se debe anotar los valores indicados en los transmisores a lo largo de este proceso y en el panel view. Debe confirmarse por otros métodos las veracidades de estos valores. Por ejemplo los valores dados por los sensores de nivel de los tanques pueden ser comparados con los valores resultantes de la formula matemática para obtener el volumen de los cilindros teniendo como dato la altura del ácido. Los del sensor de temperatura pueden ser comparados con las temperaturas dadas por un termómetro de luz infrarroja. Y los valores dado por los phmetros se pueden compara con los valores obtenidos con los buffer o papel de PH.



## CONCLUSIONES

1. Los PLC remplazan la lógica de reles, obteniéndose muchas ventajas, como el uso de menor espacio en los tableros, menor cableado, fácil detección de fallas, fácil mantenimiento, mayor poder de control y comunicación entre varios sistemas. Además incorpora la evaluación de señales analógicas (4-20mA).
2. Para el sistema de control utilizando PLC, la puesta a tierra deben ser de bajo Ohmiaje menores de 5 ohms.
3. Para proceder a automatizar un proceso debe contarse primero con el diagrama de flujo del proceso.
4. Los planos del sub sistema de control que denominamos de enlace son los de mayor utilidad para los técnicos electricistas en sus tareas de metrado, marcado de cables, cableado y conexionado, donde se ubican cada tablero, equipos de campo, etc. Y el cableado entre ellos.
5. El amarillado de los planos de control e instrumentación es una herramienta importante para evitar fallas en el sistema de control, evitando la falta de algún cable o una conexión equivocada.
6. La utilización de un check lista para comprobar el cumplimiento de los estándares de las instalaciones eléctricas es un medio eficaz.
7. Los protocolos de prueba de tableros, equipos de campo, instrumentos, sistema de tierra, etc. Garantizan el buen funcionamiento de los mismos en la puesta de operación.

## ANEXO A : GUIA DE SELECCIÓN DE PLC's



### PLC Twido Compacto:

**Alimentación 100..240 VCA Referencias**

Twido 6 E 24 Vcc- 4 S relé, 3x5Khz,  
1x20Khz, no extensible, bornera.

Opcionales: display, reloj calendario y  
memoria backup. **TWDLCAA10DRF**

Twido 9 E 24 Vcc- 7 S relé, 3x5Khz,  
1x20Khz, no extensible, bornera.

Opc.: display, reloj calendario, puerto  
serie(2) y memoria backup **TWDLCAA16DRF**

Twido 14 E 24 Vcc- 14 S relé, 3x5Khz,  
1x20Khz, extensible, bornera.

Opc.: display, reloj calendario, puerto  
serie(2) memoria backup y admite hasta  
4 extensiones de E/S. **TWDLCAA24DRF**



### PLC Twido Modular:

**Alimentación 24VCC Referencias**

Twido 12 E 24 Vcc- 8 S tr., 2x5Khz,  
2x20Khz, conector. Opcionales: display,  
reloj calendario, puerto serie (2),  
memoria backup y hasta 4 extensiones  
de E/S. **TWDLMA20D●K(1)**

Twido 12 E 24 Vcc- 6 S relé, 2 S tr NPN,  
2x5Khz, 2x20Khz, bornera. Opcionales:  
display, reloj calendario, puerto  
serie(2), memoria backup y hasta 7  
extensiones de E/S. **TWDLMDA20DRT**

Twido 24 E 24 Vcc- 16 S tr., 2x5Khz,  
2x20Khz, conector. Opcionales: display,  
reloj calendario, puerto serie (2),  
memoria backup y hasta  
7 extensiones de E/S. **TWDLMDA40D●K(1)**

(1) Reemplazar el (●) con U para salidas transistor PNP o con  
T para salidas NPN.

(2) Las bases compactas y modulares tienen un puerto de  
comunicación RS485, con la opción de agregar un segundo  
puerto RS232 o RS485 (excepto en la base  
TWDLCAA10DRF).

**ANEXO B : CARACTERISTICAS TÉCNICAS DEL PLC Y ACCESORIOS**

Hoja de Datos: PLC Acido Hoja 1		Equipment Tag No : PLC Acido Equipment: Tablero del PLC	
Pos	Características	Unidad	Especificado
<b>1.0</b>	<b>General</b>		
	a) Fabricante		Allen Bradley
	b) Normas Adoptadas		NEMA
	c) Alimentación	Vac	120
	d) Rango de temperatura de operación	°C	-20 a +25
	e) Arquitectura		modular
	g)Borneras cableadas e identificadas		si
	h) Capacidad de ampliación		si
	i) Configuración On-Line		si
	j) Sistema de autodiagnostico		Incluido
	k) Puerto adicional Modbus		si
<b>2.0</b>	<b>Gabinetes</b>		
	a) Tipo		Autosoportado
	b) Puertas frontales		si
	c) Dimensiones	mm	800x2400x600
	d) Ventilación Incorporada		no
	e) Cáncamo de izaje		si
	f) Clasificación NEMA		1
	g) Alumbrado Interno		si
	h) Control de alumbrado al abrir la puerta		si
<b>3.0</b>	<b>Chasis</b>		
	a) Tipo		metálico
	b) Bornera de interconexión		si
	c) Cantidad de Slots (Ranuras)		17 minimo
	d)Facilidad de conexión en modulos		si
	e) Espacio de reserva		si
<b>4.0</b>	<b>CPU Y MODULOS E/S</b>		
	a) Modulos memoria RAM		si
	b) Bateria de respaldo de CPU		si
	c) Capacidad de ampliación memoria RAM		si
	d) Modulos de energia	Vac	120
	e) Protección electrica incorporada		si
	f) Modulos tipo enchufable		si
	g) Modulos de comunicación con procesador		si
	h) Capacidad típica de Módulos		16 ent. ó salidas aisladas
	i) Bornera de conexión de modulos	mm <sup>2</sup> (AWG)	1.5 (16)
	j) Modulos de entrada discreta	Vac	0 a 20
	k) Modulos de salida discreta ( Contactos)	A(A)	2 (4 Max.)
	l) Modulos de entrada analogicas	ma	4- 20
	m) Hilos de entrada analógica		2 (4 Max.)
<b>5.0</b>	<b>BORNERAS, CABLEADO Y ETIQUETADO</b>		
	a) Borneras intermedias		si
	b) Interruptores termomagnéticos		Incluidos
	c) Borne de puesta a tierra de fuerza		si
	d) Borne de puesta a tierra de instrumentación		si
	e) Reserva de borneras	%	10
	f)Rotulo de gabinete		si

Hoja de Datos: PLC Acido Hoja : 2		Equipment Tag No : PLC Acido Equipment: Tablero del PLC	
Pos	Características	Unidad	Especificado
<b>6.0</b>	<b>Software de Programación de PLC's</b>		
	a) Software de programación		Existente
	b) Licencia de software		Incluida
	c) Compatible con PLC suministrado		si
	d) Tipo		Working
	e) Marca		Allend Bradley
	f) Modelo		RSLogix
<b>7.0</b>	<b>SOFTWARE DE SUPERVISIÓN</b>		
	a) Software de programación		Existente
	b) Licencia de software		Incluida
	c) Compatible con PLC suministrado		Working & Runtime
	d) Tipo		Working
	e) Marca		Allend Bradley
	f) Modelo		RSLogix
	g) Numero de tags	tags	5000
<b>8.0</b>	<b>PROGRAMACIÓN</b>		
	a) Preparada en modo de off line		Necesario
	b) Plazo de desarrollo y pruebas		30 dias
	c) Penalidades		contrato
<b>9.0</b>	<b>INTERFASE HOMBRE MAQUINA</b>		
	a) Modelo		Panel View
	b) Marca		Allen Bradley
	c) Tipo		Touch Screen
	d) Alimentación	Vac	120
	e) Clasificación NEMA		4
	f) Ubicación		Zona de acido sulfurico
	g) Contacto auxiliar informe de falla		si
	h) Software de programación y supervisión		Necesario
<b>10.0</b>	<b>ESTABILIZADOR</b>		
	a) Tipo		Ferroresonante
	b) Marca		
	c) Entrada	Vac	240
	d) Variación entrada		+/- 10%
	e) Salida	Vac	120
	f) Capacidad para el PLC acido	Kva	7.5
	g) Fases		1
	h) Frecuencia	Hz	60
	i) Ubicación		Gabinete PLC
<b>11.0</b>	<b>UPS</b>		
	a) Marca		
	b) Entrada	Vac	240
	c) Entrada	Vac	120
	d) Variación de entrada		+/- 10%
	e) Salida	Vac	120

Hoja de Datos: PLC Acido Hoja : 3		Equipment Tag No : PLC Acido Equipment: Tablero del PLC	
Pos	Características	Unidad	Especificado
	f)Capacidad		Según carga + 20%
	g)Bateria tipo		plomo -acido sellado
	h) Autonomia en plena carga	min	7
	i) Tiempo de recarga máximo	min	150
	j) Modos de operación		Normal-Emerg.-Recag-Byp
	k) Rectificador / cargador		a estado solido
	l) Filtro		incluido
	m) Control de corriente de entrada		si
	n) Bypass automático ante falla de UPS		si
	o) Inversor		a estado solido
	p) Capacidad de sobrecarga por 30 segundo	%	150
	q) Unidad de control		con microprocesador
	r) Diplay alfanumerico		s
	s) Tipo de display		Cristal liquido
	t) Conmutador de transferencia		a estado solido
	u) Operación		autonomia
	v) Reposición		autonomia
	w) Condición de transferencia		Sobrecarga inversor /
	x) Interruptor general de baterias		sobre o baja tensión
			/Protección de bateria
			excedida/ falla UPS
			si

## ANEXO C : CODIGO DE COLORES DE TUBERIAS

### OBJETIVO:

Facilidad al poder identificar por colores el contenido de cualquier tubería, permitiendo reconocer rápidamente el nivel de peligro inherente al fluido en ella contenido.

### REFERENCIAS:

Colores patrones utilizados en señales y colores de Seguridad (Norma ITINTEC 399.009)

### DESCRIPCION DEL ESTANDAR:

- Todas las tuberías deberán ser pintados con los colores básicos, de acuerdo al siguiente código de colores de la Empresa:

---

Verde	: Agua Industrial
Azul	: Aire Comprimido
Verde y Azul	: Agua Potable
Gris	: Vapor
Lila	: Acido
Naranja	: Electricidad
Rojo	: Contra Incendio

---

- Las tuberías y accesorios deberán pintarse completamente con los colores básicos.
- La dirección del fluido se indicará mediante flechas pintadas sobre los color básico de la tubería, en color blanco o negro, escogiendo el que mejor contraste.
- En interior mina todas las tuberías deberán señalizarse con cintas reflexiva a la luz artificial, con un ancho de 10 cm. por cada tramo de 20 metros por vez, a lo largo de toda la tubería.

### ELEMENTO NOSA:

1.25 Códigos de colores

### CONTROL:

La persona responsable del control de la rotulación de tuberías y de equipos eléctricos debe efectuar una inspección mensual. En caso de observarse alguna anomalía se deberá solucionar de inmediato.

### RESPONSABILIDAD:

El Superintendente o Jefe del área respectiva debe nombrar por escrito a la persona que realizará el control de la rotulación

## ANEXO D : CODIGO DE COLORES DE CABLES

### OBJETIVO:

Al poder identificar por colores el contenido de cables eléctricos, partes móviles de maquinarias y equipos, mercancías y otros riesgos potenciales podremos reconocer rápidamente el peligro donde no sea posible eliminarlo completamente.

### REFERENCIAS:

Colores patrones utilizados en señales y colores de Seguridad (Norma ITINTEC 399.009)

### DESCRIPCION DEL ESTANDAR:

- Todas los cables eléctricos deberán señalarse con dos cintas reflexiva: una de color naranja (siempre) y las que corresponden a los diferentes niveles de tensión de cada circuito, de acuerdo al siguiente código de colores establecido:

---

Rojo	: Circuito Eléctrico de Alta de 4160 V
Blanco Humo	: Circuito Eléctrico de Baja de 440 V
Azul	: Circuito Eléctrico de Baja de 220 V
Verde	: Circuito Eléctrico de Baja de 110 V
Amarillo	: Circuito telefónico General y Sistemas de Comunicación FLEXCOM

---

- El ancho de la banda señalizante debe permitir identificar con facilidad los diferentes niveles de tensión de cada cable eléctrico.
- La señalización de cada cable eléctrico debe ser realizada con un ancho de 10 centímetros de cinta reflexiva, por cada tramo de 20 metros, por vez.
- Los cables eléctricos deben guardar una altura necesaria de 2.5 mts. con respecto al nivel del suelo, evitando que algún vehículo lo colisione.
- En los puntos de sujeción, los cables eléctricos nunca van acompañados de conductos de aire comprimido y/o de tuberías de agua.
- Se debe indicar a través de carteles informativos la codificación de colores para conocimiento del personal que labora en las áreas de trabajo correspondientes.

### ELEMENTO NOSA:

1.25 Códigos de colores

### CONTROL:

La persona responsable del control de la rotulación de los cables eléctricos debe efectuar una inspección mensual. En caso de observarse alguna anomalía se deberá solucionar de inmediato.

### RESPONSABILIDAD:

El Superintendente o Jefe del área respectiva debe nombrar por escrito a la persona que realizará el control de la rotulación.

**ANEXO E : PROTOCOLO DE PUESTA EN OPERACIÓN  
SENSOR/TRANSMISOR DE TEMPERATURA**

**TAG. TE/TIT 101**

**SENSOR TRANSMISOR DE TEMPERATURA TANQUE 101**

Marca :  
YOKOGAWA

Modelo: YTA

SN : 1333

Fecha : 25 de Agosto 2004

Frente : Planta Concentradora

**INSPECCIÓN**

Sin daño físico

OK

Plano del proyecto

I.I.-1255

Power supply: 16.4- 42 VDC loop powered  
24 VDC

OK

Rango : 0 a 100 °C

Output : 4 a 20 mA

Verificado

Process Conexión :

OK

Electrical Connector :

OK

2 conectores tipo pin

OK

**Comentarios luego de la puesta en marcha :**

Indicación actual transmisor

7.4° C

Indicación actual Panel View :

7.4° C



**ANEXO F : PROTOCOLO DE PUESTA EN OPERACIÓN  
SENSOR/TRANSMISOR DE NIVEL**

**TAG. LE/LIT 101**

**SENSOR TRANSMISOR DE NIVEL TANQUE 101**

Marca : HAWK

Tipo : Ultrasonido

Modelo: LP 30 Smart (30khz)

SN : 2331

Fecha : 25 de Agosto 2004

Frente : Planta Concentradora

**INSPECCIÓN**

Sin daño fisico

OK

Plano del proyecto

I.I.-1254

Power supply: 12 - 30 VDC loop powered  
24 VDC

OK

Frecuencia : 30 khz

Output : 4 a 20 mA

Verificado

Process Conexión

OK

Electrical Connector :

OK

2 conectores tipo pin

OK

**Comentarios luego de la puesta en marcha**

Indicación actual transmisor :

1.65m3

Indicación actual Panel View :

1.63 m3

**ANEXO G : PROTOCOLO DE PUESTA EN OPERACIÓN  
SENSOR/TRANSMISOR DE PH**

**TAG. AE/AIT 113**

**SENSOR TRANSMISOR DE PH CELDA DE FLOTACIÓN Nro 3**

Modelo: PH202G

SN : 0334

Marca :  
YOKOGAWA

Fecha : 25 de Agosto 2004

Frente : Planta Concentradora

**INSPECCIÓN**

Sin daño fisico

OK

Plano del proyecto

I.I.-1256

Power supply: 24 VDC loop powered

OK

Maximo 40 VDC

Rango 1 a 14 PH

Output : 4 a 20 mA

Verificado

Seteo : 4 PH

Process Conexión :

OK

Electrical Connector :

OK

2 conectores tipo pin

OK

**Comentarios luego de la puesta en marcha :**

Indicación actual transmisor

4.5 PH

Indicación actual Panel View :

4.6 PH

## BIBLIOGRAFÍA

1. SCHNEIDER, "Manual y catálogo del electricista", Schneider – Perú, 2003
2. HAWK "Installation and operating instructions", Hawk – Australia, 1995.
3. PROMINENT "Operating instructions Manual", Prominent – Germany, 1999.
4. ALLEN BRADLEY "Discrete I/O Modules Allen Bradley", Rockwell – PERÚ, 1996.
5. ALLEN BRADLEY "SLC5/03 and SLC5/04 Modular Processors", Rockwell – PERÚ 1996.
6. ALLEN BRADLEY "Control Logix Voltage/Current Input Module", AB – USA, 2000.
7. ALLEN BRADLEY "Control Logix AC (79-132V) Input Module", AB – USA, 2000.
8. NEMA "IA 2.1 Programmable Controllers General Information", NEMA - USA, 2004.
9. NEMA "IA 2.2 Programmable Controllers Equipment Requirements and test" NEMA - USA, 2004.
10. NEMA "IA 2.3 Programmable Controllers Programming Languages", NEMA – USA, 2004.
11. MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, "Código Nacional de Electricidad"- Perú, 1978.