



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Unidad Culhuacan

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

POR LA OPCION DE TITULACION:

SEMINARIO

CONTROL MODERNO APLICADO A MÁQUINAS ELÉCTRICAS
ROTATORIAS Y A SISTEMAS AUTOMATIZADOS

REG: FNS5122005/08/2008

PRESENTA: OCÁDIZ YÁÑEZ RICARDO

TEMA:

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE
TEMPERATURA PARA SILOS POR MEDIO DE RECIRCULACIÓN
DE AGUA, BASADO EN PLC”**

Fecha: México D. F. a 29 de Agosto de 2008



IPN

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD CULHUACAN

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

POR LA OPCION DE TITULACION:

SEMINARIO

CONTROL MODERNO APLICADO A MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATORIAS Y A SISTEMAS AUTOMATIZADOS

REG: FNS5122005/08/2008

PRESENTA: OCÁDIZ YÁÑEZ RICARDO

TEMA:

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA SILOS POR MEDIO DE RECIRCULACIÓN DE AGUA, BASADO EN PLC”

CAPITULADO

CAPITULO I. OBJETIVOS
CAPITULO II. BASE TEORICA
CAPITULO III. METODOLOGIA
CAPITULO IV. ALGORITMOS DE CONTROL
CAPITULO V. RESULTADOS
CAPITULO VI. CONCLUSIONES

Fecha: México D. F. a 29 de Agosto de 2008

M. EN C. LAZARO EDUARDO CASTILLO BARRERA
COORDINADOR ASESOR

ING. EDGAR MAYA PÉREZ
ASESOR

M. EN C. GUILLERMO TRINIDAD SANCHEZ
ASESOR

M. EN C. HECTOR BECERIL MENDOZA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE I.C.E.

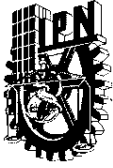


INDICE

PORTADA	
INDICE	
CAPITULO I.	1
I.1 .- INTRODUCCIÓN	1
I.2.- OBJETIVO DEL PROYECTO	2
I.3.- JUSTIFICACIÓN	2
I.4.- ESTADO DEL ARTE	2
<i>I.4.1.- Objetivos de la automatización</i>	3
CAPITULO II.	9
II.1.- BASE TEORICA	9
II.1 SIMBOLOS Y DIAGRAMAS	9
<i>II.1.1.- Identificación del Instrumento</i>	9
<i>II.1.2.- Símbolos en el Control de Procesos</i>	13
II.2 .- RECONOCIMIENTO DE SIMBOLOS	14
<i>II.2.1.- Temperatura</i>	15
<i>II.2.2.- Presión</i>	16



<i>II.2.3.- Nivel</i>	16
<i>II.2.4.- Flujo</i>	17
II.3.- ELEMENTOS FINALES DE CONTROL.	17
<i>II.3.1.- Diversos Símbolos</i>	18
II.4.- APLICACIONES	19
<i>II.4.1.- Diagramas de lazos</i>	20
<i>II.4.2.- Instalación</i>	21
<i>II.4.3.- Diagrama de Alambrado</i>	23
II.5.- OTROS TIPOS DE SIMBOLOS	25
II.6.- EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.	27
<i>II.6.1.- El muestreo de la señal</i>	34
<i>II.6.2.- La cadena de medida.</i>	37
<i>II.6.3.- Procesos Industriales.</i>	38
II.7.- SENSORES GENERADORES	39
<i>II.7.1.- Termopares</i>	39
<i>II.7.2.- Curva de calibración.</i>	40
<i>II.7.3.- Tipos de termopares.</i>	41
<i>II.7.4.- Encapsulado.</i>	41



<i>II.7.5.- Ventajas.</i>	42
<i>II.7.6.- Inconvenientes.</i>	42
II.8.- SENSORES DE PRESIÓN.	43
<i>II.8.1.- Galgas extensométricas</i>	43
CAPITULO III.	44
III.1.- METODOLOGÍA	44
<i>III.1.1.- Planteamiento del problema</i>	44
<i>III.1.2.- Diseño del DTI del proceso del sistema</i>	46
<i>III.1.3.- Análisis y cuantificación de señales.</i>	47
<i>III.1.4.- Señales y filosofía de control</i>	50
CAPITULO IV.	53
IV.1.- ALGORITMOS DE CONTROL	53
CAPITULO V.	62
V.1.- RESULTADOS	62
V.2.- COSTO DEL PLC	64
V.3.- DIAGRAMA DE CONTROL, DTIS	65
CAPITULO VI.	67
VI.1.-CONCLUSIONES	67
VI.2.- RECOMENDACIONES A FUTURO	68
ANEXOS	70
BIBLIOGRAFIA	80



CAPITULO I:

I.1 INTRODUCCIÓN

El proyecto consiste en controlar y monitorear y controlar las variables del sistema conformado por dos Silos de almacenaje de materia prima (Grasa Vegetal) los cuales se encuentran encaquetados, y un sistema de calentamiento a base de agua caliente. Actualmente el sistema no contiene ningún control automático y tiene un sistema manual de calentamiento a base de vapor que ingresa al encaquetado de los tanques; lo que genera, que se caliente la materia prima hasta sobrepasar su temperatura y pierde sus propiedades, perdiendo el control de calidad del producto final.

Se pretende diseñar un sistema de control de temperatura, a base de recirculación de agua caliente por el encaquetado de los silos, así como, el calentamiento del agua de recirculación almacenada en un tanque de balance, por inyección de vapor.

El sistema controlará la temperatura en los silos, así como, la temperatura del agua de recirculación, de los niveles, controlará las válvulas, bombas, y será monitoreado por una pantalla gráfica, la cual mostrará el estado del sistema.

El sistema propuesto estará basado por un PLC (Controlador Lógico Programable), así como, los elementos finales de control como válvulas y bombas, y por medio de sensores se adquirirán la información para que el controlador PLC gobierne el sistema de forma automática.

Este sistema logrará que el producto final no tenga cambios en la calidad, y será instalado en una empresa productora de leche en polvo, con calidad de exportación para Latinoamérica, esta leche es para consumo humano en especial para niños de 0 a 2 años de edad.

El alcance del proyecto será: diseñar el sistema de control a nivel de ingeniería de control, documentarlo y hacer la simulación del control a nivel laboratorio.

El alcance no incluye: la compra de los equipos, la colocación pruebas en sitio, calibración del sistema, ni la puesta en marcha del sistema.



I.2.- OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo del Proyecto: Diseño, documentación y simulación de Sistema de Control de temperatura para silos por medio de recirculación de agua, basado en PLC S7-200, controlando las variables que engloban el sistema, temperaturas, niveles, apertura y cierre de válvulas on-off y proporcionales y sistema de bombeo, para poder automatizar y generar confianza de que la temperatura de los silos de almacenamiento de materia prima no salgan de los parámetros establecidos y así, no pierda sus características al sobrecalentarse por el sistema deficiente con el que actualmente cuenta.

I.3.- JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de este sistema se realiza con la necesidad de mantener estable la temperatura de la materia prima ya que actualmente se realiza por medio de métodos manuales y generando la posibilidad de errores humanos de forma inexacta, además de subjetiva ya que el personal abría o cerraba las válvulas del vapor dependiendo de los sensores de indicación local. Debido a las pérdidas ocasionadas por la falta de calidad de este producto, la empresa tiene alta posibilidad de implementarlo.

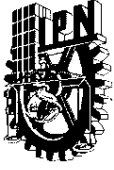
I.4.- ESTADO DEL ARTE

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

Parte de Mando

Parte Operativa



La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores ..y los captadores como fotodiodos, finales de carrera ...

La Parte de Mando suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada) . En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable esta en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

1.4.1.- Objetivos de la automatización

Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.

Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.

Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.

Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.

Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.

Integrar la gestión y producción.



Un autómata programable industrial (API) o Programable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

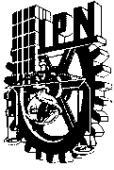
Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.



Campos de aplicación: El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc. , por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:



Espacio reducido
Procesos de producción periódicamente cambiantes
Procesos secuenciales
Maquinaria de procesos variables
Instalaciones de procesos complejos y amplios
Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

Ejemplos de aplicaciones generales:

Maniobra de máquinas
Maquinaria industrial de plástico
Máquinas transfer
Maquinaria de embalajes
Maniobra de instalaciones:
Instalación de aire acondicionado, calefacción...
Instalaciones de seguridad
Señalización y control: Chequeo de programas, Señalización del estado de procesos

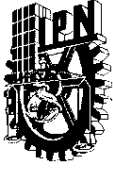
Ventajas e inconvenientes: No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones me obligan a referirme a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

Ventajas

Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

No es necesario dibujar el esquema de contactos

No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.



La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.

Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.

Mínimo espacio de ocupación.

Menor coste de mano de obra de la instalación.

Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.

Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.

Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado

Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

Inconvenientes

Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento. El coste inicial también puede ser un inconveniente.

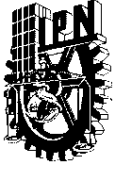
Funciones básicas de un PLC

Detección: Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

Mando: Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.

Diálogo hombre máquina: Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.

Programación: Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata. El diálogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata controlando la máquina.



Redes de comunicación: Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.

Sistemas de supervisión: También los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

Control de procesos continuos: Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

Entradas- Salidas distribuidas: Los módulos de entrada salida no tienen porqué estar en el armario del autómata. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.

Buses de campo: Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

El término estructura externa o configuración externa de un autómata programable industrial se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques o elementos en que está dividido.

Actualmente son tres las estructuras más significativas que existen en el mercado:

Estructura compacta.

Estructura semimodular. (Estructura Americana)

Estructura modular. (Estructura Europea)



Estructura compacta: Este tipo de autómatas se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc...

Son los autómatas de gama baja o nanoautómatas los que suelen tener una estructura compacta. Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.

Estructura semimodular: Se caracteriza por separar las E/S del resto del autómata, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S. Son los autómatas de gama media los que suelen tener una estructura semimodular (Americana).

Estructura modular: Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el autómata como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc. La sujeción de los mismos se hace por carril DIN, placa perforada o sobre RACK, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen.



CAPITULO II.

II.1.- BASE TEORICA

II.1 SIMBOLOS Y DIAGRAMAS

Los símbolos y diagramas son usados en el control de procesos para indicar la aplicación en el proceso, el tipo de señales empleadas, la secuencia de componentes interconectadas y de alguna manera, la instrumentación empleada. La Sociedad de Instrumentistas de América (ISA por sus siglas en inglés Instruments Society of America) publica normas para símbolos, términos y diagramas que son generalmente reconocidos en la industria. Este capítulo está basado en esas normas y ayudará a utilizar e interpretar los símbolos utilizados en el control de procesos.

II.1.1.- Identificación del Instrumento

Los instrumentos son generalmente identificados por números en una etiqueta. El número de la etiqueta identifica (1) la función en el proceso y (2) el lazo de control en el cual está localizado. La figura 2-1 indica cómo las letras y los números son seleccionados y agrupados para lograr una rápida identificación.

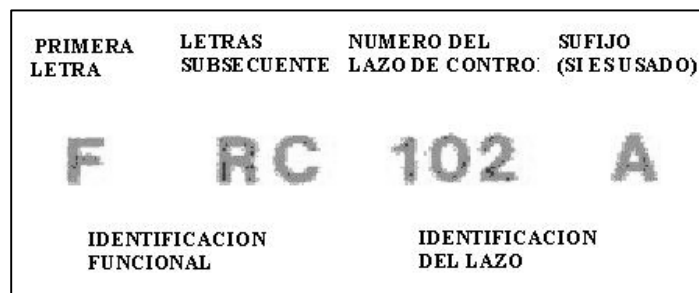


Fig. 2.1 Letras y Números Utilizados para Números de Etiquetas



La función o variable de proceso puede ser fácilmente asociada con el tipo de medición hecha en el proceso. Así, el FRC (Flow Recorder Controller por sus siglas en inglés) mostrado en la figura. 2.1 identifica un controlador registrador de flujo. Las letras del alfabeto son utilizadas para formar la combinación de estos nombres. En la figura. 2-2 su muestra la tabla con las letras correspondientes a cada termino.

PRIMERA LETRA(S)		LETRAS POSTERIORES		
VARIABLE DE PROCESO	MODIFICADOR	READOUT	OUTPUT	MODIFIER
A análisis		A alarma		
B quemador de flama		*	*	*
C conductividad			C controlador	
D densidad	D diferencial			
E voltaje		E elemento primario		*
F flujo	F relacion			
G gaping		G vidrio		
H hand				H alto
I corriente		I indicador		
J potencia	J muestrear			
K tiempo			K estación de control	
L nivel		L light		
M humedad				M medio
N *		*	*	*
O *		O orificio		
P presión		P punto		
Q cantidad	Q integrado			
R radioactividad		R recorder		
S velocidad	S safety		S interruptor	
T temperatura			T transmisor	
U multivariable		U multifunción	U multifunction	U multifunción
V viscosidad			V válvula	
W peso		W pozo		
X				
Y *			Y relay	
Z position			Z drive	
*as desired				

Fig. 2.2 Identificación del Instrumento con Letras

Los números para la identificación del lazo de control tienen una base diferente y sirve para un propósito diferente. El FRC de la figura 2.1, por ejemplo, es también el número del lazo del instrumento en este caso 102 en un proceso. Este número puede ser modificado posteriormente para indicar la localización del instrumento.



Por ejemplo, la figura 2.1 podría haber sido numerada también FRC 25- 102 ó 25 FRC 102. Ambos códigos se leen de la siguiente manera: controlador registrador de flujo No. 102, construcción 25.

Normalmente cuando se tiene varios instrumentos del mismo tipo se agrega una letra después del número.

Por ejemplo, si el registrador de flujo recibe señales de dos transmisores de flujo separados, la etiqueta de un transmisor se podría leer FT 102 A (flow transmitter por sus siglas en ingles) y la otra se podría identificar por FT 102 B.

En los diagramas los números de la etiqueta son colocados dentro de círculos. La figura 2.3 muestra varias normas de arreglos de círculos. Note que la identificación funcional está siempre en la mitad superior del globo mientras que el número del lazo de control está en la mitad inferior. Una línea dibujada en el centro indica un instrumento montado en el panel de control.

Un círculo sin línea en el centro indica que está montado en forma local o en el campo. Una línea punteada indica que está montado atrás del tablero de control. Cuando dos círculos son dibujados unidos (Figura 2.3) están indicando múltiples funciones.

Por ejemplo si el FRC (Control registrador de flujo) mostrado en la figura 2.1 incluye una segunda plumilla para graficar presión, un círculo doble aparecería en el dibujo para indicar su función.

Un número colocado fuera del círculo identifica el tablero de control donde el instrumento está instalado (Figura 2.3).

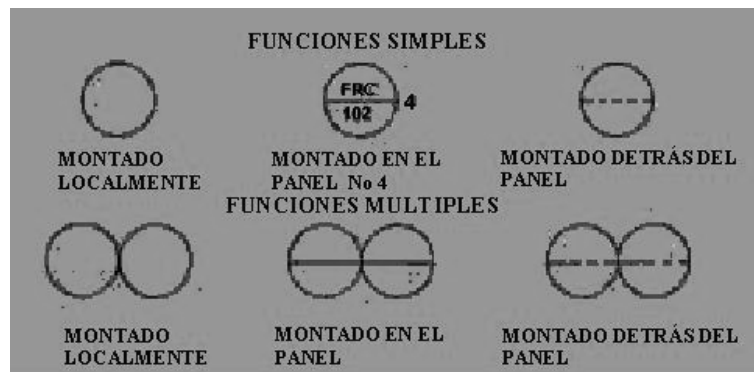


Fig. 2.3 Símbolos Estándar

Las señales de instrumentación utilizadas en el control de procesos son usualmente de los siguientes tipos: Neumática, electrónica (eléctrica), capilar, hidráulica, sónica o indicando radioactividad. Cada señal tiene un símbolo diferente y los símbolos son mostrados en la figura 2.4.

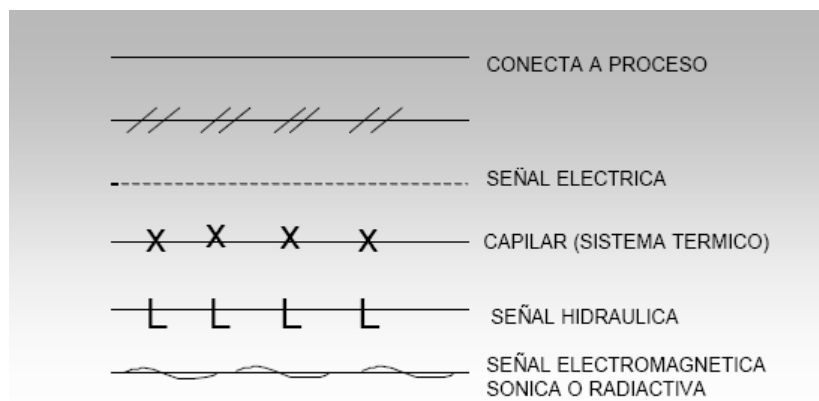


Fig. 2.4. Líneas de Conexión de Instrumentos



II.1.2.- Símbolos en el Control de Procesos

Los símbolos de los instrumentos que representan un proceso de intercambio de calor están mostrados en la figura 2.5. Note que se utilizan varios elementos primarios y varios tipos de señales son utilizados. Aunque las señales eléctricas y neumáticas no son comúnmente utilizadas juntas, ambas son utilizadas en este diagrama para demostrar aplicaciones típicas de los símbolos de instrumentos.

Así el registrador de flujo 100 que está montado en el panel, tiene una entrada neumática y el controlador registrador de temperatura 101 que está montado en el panel, tiene un sistema de llenado térmico o entrada capilar.

Usualmente se puede obtener considerable información sobre procesos e instrumentación estudiando un dibujo similar a la figura 2-5. Aquí los lazos combinados para la medición del flujo de vapor (FR-102) y la presión del vapor (PR 103) ilustran cómo son aplicados los símbolos.

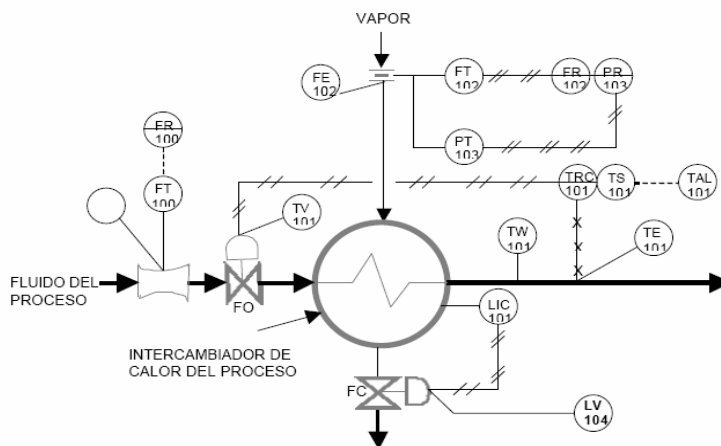


Fig. 2.5 Símbolos de Instrumentos en un Proceso Simple



Como un ejemplo, note el símbolo para medición del flujo de vapor. Este componente aparece en la figura 2.6 como una placa de orificio biselado (FE 102).

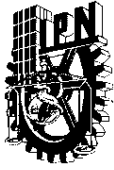
La salida neumática del transmisor montado localmente FT 102 (figura. 2.5) envía una señal al registrador que está en el panel de control con la identificación FR 102. El 1 identifica la localización en el panel. Información similar del lazo de presión (PT 103 y PR 103) incluye el hecho que la presión de salida es registrada. Cuando se miden fluidos compresibles (gas, aire, vapor), el uso de la presión de entrada o la de salida afectará significativamente la cantidad final o el volumen que se calcule con los datos registrados en las graficas. En el ejemplo mostrado en la figura 2.5, el vapor fluye al intercambiador para calentar el fluido del proceso.

La línea que une el transmisor de presión al proceso es colocada en el intercambiador en el lado de salida de la placa de orificio, lo cual indica que se registra la presión de salida. En el lazo de flujo 100, el elemento de flujo o dispositivo primario difiere del que se utilizó en el lazo de vapor. De acuerdo a la figura 2.6, éste es un tubo de Venturi. La señal de salida del transmisor es electrónica.

En el lazo de temperatura (TRC 101), el elemento final de control es una válvula. Las letras FO justo debajo del símbolo de la válvula, indica que la válvula abre si el diafragma se rompe, o la señal de aire falla, o si existe una condición similar. El segundo círculo unido al TRC (TS 101) significa que se utiliza un interruptor para activar un TAL (alarma por baja temperatura por sus siglas en ingles Temperature Alarm Low), la cual también está localizada en el panel de control.

II.2.- RECONOCIMIENTO DE SIMBOLOS

Si se requiere determinar el significado de las conexiones de los lazos, deberá estar capacitado para reconocer los símbolos representativos de los elementos primario y final. Los dispositivos primarios para temperatura, presión, nivel y flujo son mostrados de la figura 2.6 a la 2.9. La figura 2.10 está dedicada a los dispositivos finales. Existen otros dispositivos primarios y finales además de los mostrados en las figuras. Sin embargo, si domina los aquí presentados los otros serán fáciles de reconocer.



II.2.1.- Temperatura

En la figura 2.6, los TW (termopozos por sus siglas en ingles termo well) son incluidos dentro de los elementos primarios. Por ejemplo el elemento primario TR 31 indica un registrador de temperatura que está directamente conectado a la tubería del proceso por un sistema de llenado térmico. Un TW es usualmente instalado de 10 a 12 pulgadas (250 a 475 mm) dentro del elemento térmico.

Para probar los instrumentos instalados con exactitud y sin mover o reemplazar el elemento primario, inserte un termómetro de vidrio, termopar de prueba o un bulbo de resistencia en el termopozo . Este procedimiento es más exacto que uno donde el elemento primario es reemplazado durante la prueba. En el último caso, la temperatura del TW podría cambiar durante el cambio del nuevo elemento primario y la lectura sería inexacta.

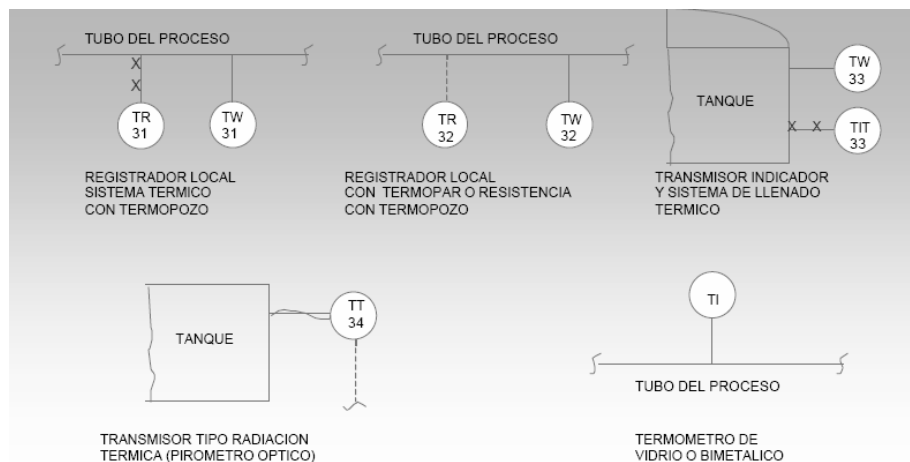
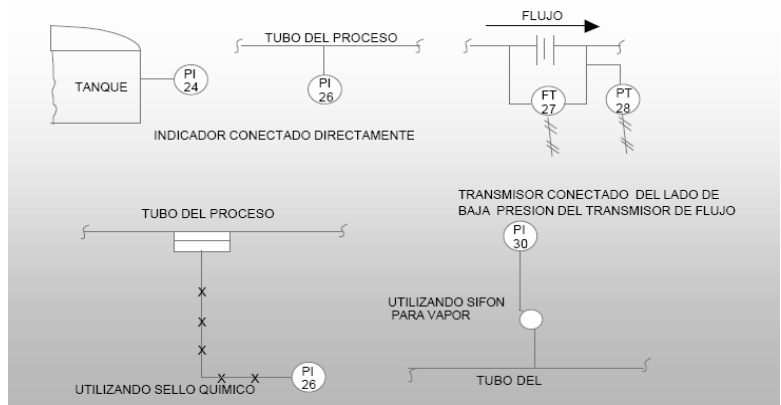


Fig. 2.6 Elementos Primarios para Control de Temperatura



II.2.2.- Presión



La figura 2.7 muestra algunas aplicaciones de medición de presión más comunes en instrumentación de procesos.

II.2.3.- Nivel

La figura 2.8 muestra que los símbolos de nivel y las instalaciones actuales tienen mucho en común. Note la diferencia entre LT 18 y LT 19. El LT 18 tiene una derivación diferencial aplicada a un recipiente cerrado o presionado y el LT 19 es conectado a un tanque abierto, además el lado de baja presión es ventado a la atmósfera.

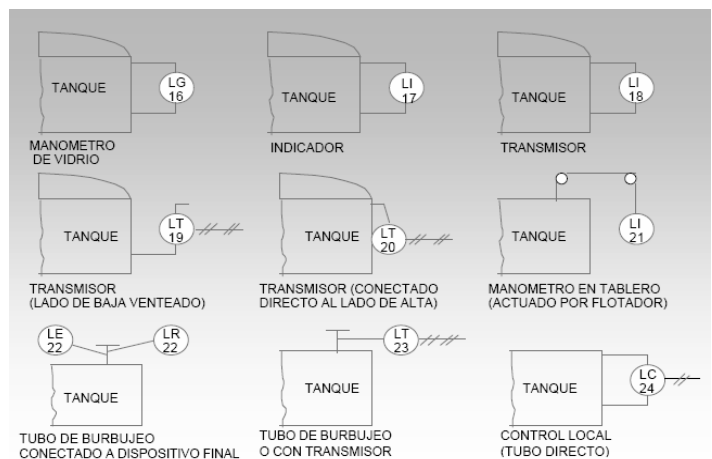
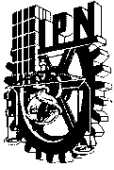


Fig. 2.8 Elementos Primarios de Control de Nivel



II.2.4.- Flujo

En la figura 2.9, el FE-5 es un tubo Pitot y el FE 9 (Flow element) es un medidor de tipo propela, ambos dibujos se asemejan en los mecanismos de los medidores de flujo que representan , porque se buscó que los símbolos fueran lo más parecido posible a los aparatos medidores.

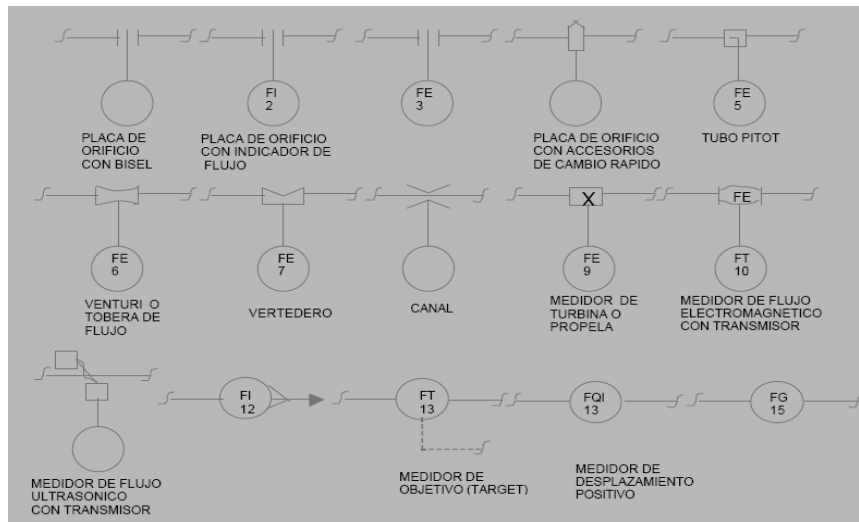


Fig. 2.9 Elementos Primarios para Control de Flujo

II.3.- ELEMENTOS FINALES DE CONTROL.

Las válvulas, elementos finales en los lazos de control se muestran en la figura 2.10 las válvulas son los elementos de control más comunes, sin embargo se utilizan también otros elementos finales de control como son los amortiguadores, controles de velocidad o circuitería de posición. Nótese que cualquiera de los actuadores listados puede ser utilizado con cualquiera de los cuerpos de las válvulas mostradas. Usualmente se utilizan sólo los símbolos más simples y se reservan las especificaciones detalladas para los diagramas de los lazos de control.



II.3.1.- Diversos Símbolos

La figura 2.11 muestra otros símbolos frecuentemente utilizados porque varios ejemplos de éstos aparecen en los dibujos subsecuentes, es importante que usted se familiarice con ellos.

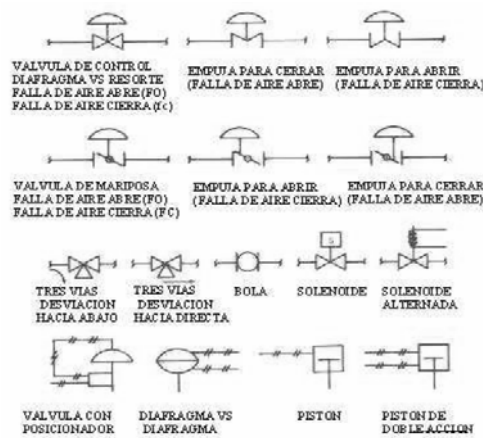


Fig. 2.10 Elementos Finales de Control



Fig. 2.11 Diversos Símbolos



II.4.- APLICACIONES

Para mostrar un proceso y el control de procesos particularmente, se utilizan cuatro tipos de diagramas.

P&Id o DTI (Diagrama de Tuberías e Instrumentación) o DPI (Diagrama de Proceso e Instrumentos). El P & ID (por sus siglas en inglés Diagrama de Tubería e Instrumentación) es la base de cualquier diseño de procesos.

Básicamente es un diagrama que puede medir más de 40 pies (12.2 m) de longitud, dado que los recipientes, bombas y otros componentes se muestran en este tipo de dibujo.

Las líneas en el DTI representan, la tubería que se requiere para operar el proceso. Así, el DTI es un "diagrama de rutas" de los caminos tomados por los diferentes fluidos del proceso. Las dimensiones de bombas y los tubos están contenidos en el DTI.

Un DTI bien detallado, simplifica sus decisiones sobre cómo controlar o instrumentar el proceso. No todos los instrumentos mostrados en el P & ID trabajan como instrumentos de control.

Los indicadores de presión, temperatura o registradores, son meramente indicadores. Todos aparecen en el DTI en su posición apropiada y los instrumentos incluidos en el DTI son aquellos que son básicos en el proceso y reflejan el conocimiento del diseñador en la operación.

El DTI muestra el proceso entero y proporciona una guía completa para las operaciones del proceso y los instrumentos involucrados, también permite al técnico, instrumentista o mecánico, visualizar todos los sistemas de control.

Revisión de especificaciones de instrumentos

Ubicación. Los diagramas de ubicación muestran con detalle la posición de la instrumentación y equipo instalado en y alrededor del proceso.



La figura 2.12 es una vista simplificada de un evaporador de doble efecto. Este diagrama es en realidad un plano que muestra las principales partes del equipo del proceso, tales como calefactores, cabezales de vapor y bombas. Los círculos adyacentes identifican los instrumentos utilizados en el sistema. Debajo de cada círculo que representa un instrumento, está una notación indicando la elevación a la cual el instrumento está instalado.

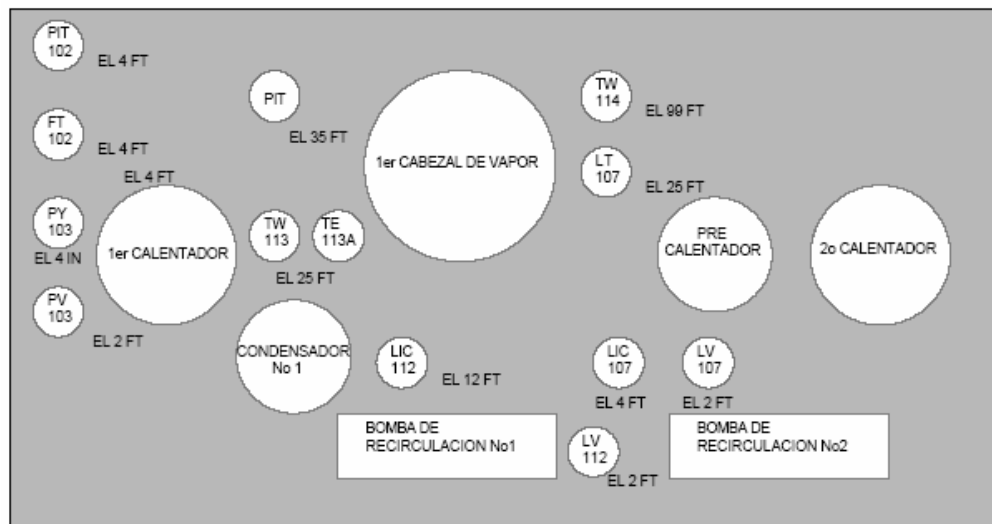


Fig. 2.12 Dibujo Típico de Localización de instrumentos y equipos. (EL 4FT significa elevación a 4 pies)

Un diagrama de ubicación es especialmente útil para el mecánico o técnico que no está familiarizado con el área; sin embargo, es también de bastante valor para el que instala el equipo, puesto que da una elevación definida y una posición para cada uno de los instrumentos y equipos del proceso.

La información restante puede ser obtenida de los diagramas de puntos y líneas. Tales diagramas muestran la tubería de aire del instrumento y las principales vías de las señales del instrumento.

II.4.1.- Diagramas de lazos

Los diagramas de lazos de control son probablemente los más importantes para el técnico o



instrumentista de mantenimiento. La figura 2.13 es un diagrama de lazo de control típico, muestra un lazo de flujo con un transmisor diferencial electrónico conectado a una placa de orificio.

Ambas secciones del tubo, la entrada y la salida, son condicionadas en función del diámetro interior del tubo por donde fluye el fluido. La razón β y el tamaño del barreno son mostrados para la placa de orificio, se da más información sobre si un bisel es incluido o no.

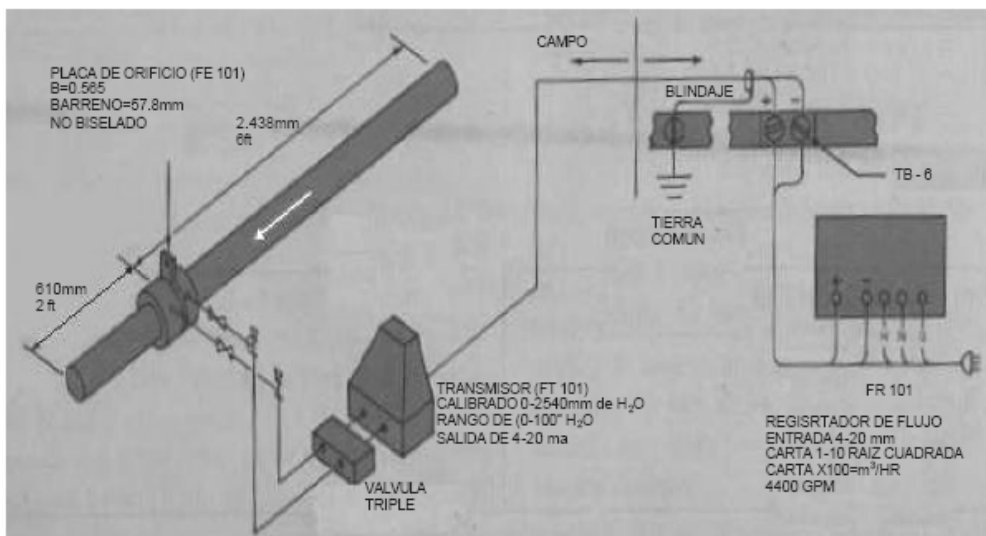


Fig. 2.13 Diagrama de un Lazo de control

La información restante podría estar indicando si el orificio está excéntrico o segmentado. Este dato le permite hacer la calibración, probar o determinar una posible falla.

II.4.2.- Instalación

La figura 2-14 muestra un dibujo típico del detalle de instalación de un transmisor de presión diferencial para medición de flujo con salida electrónica.

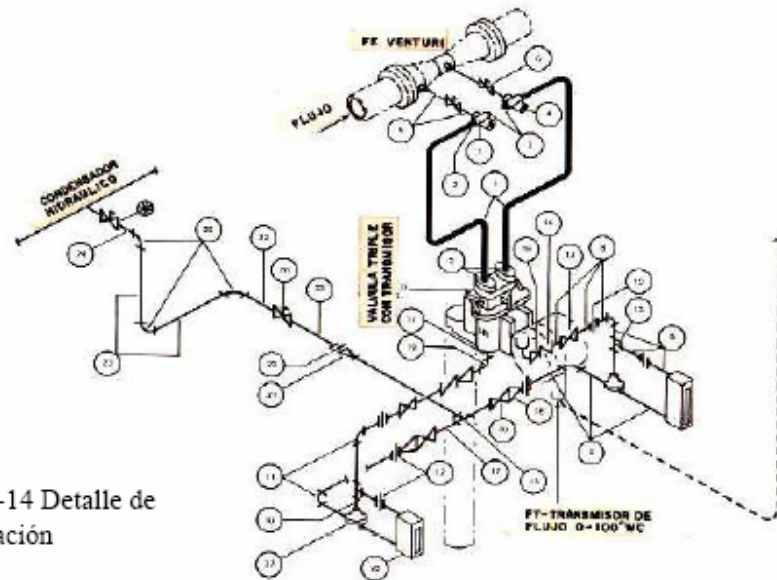


Fig. 2-14 Detalle de Instalación

Este será posteriormente montado y conectado a un venturí. Se introduce un fluido de purga es introducido en el mismo transmisor para mantener el diafragma limpio.

Cada conexión, nipple, válvula, unión o sección de tubería tiene un número de identificación. Este número referido a la lista de material, da una breve descripción de la parte. El número 18, por ejemplo, es listado como una T de 1/2", roscada, de acero forjado, número 3000, ASTM A-181, GR 1 y sólo se requiere una.



MATERIAL LIST					
ITEM	QTY	DESCRIPTION	ITEM	QTY	DESCRIPTION
1	40' 0"	3/4 in. OD sm/s 304 ss tubing 0.035 wall (ASTM A.269)	15	2	1/2 in. check valve bronze spec #107
2	4	3/8 in. OD X 1/2 in. NPT steel male conn. gyrolok #6 CMBs	16	4	1/2 in. X 1/2 in. swage nipple, TBE, XH, sm/s ASTM A.106, GR B
3	2	1/2 in. plug, eq. hd., scrd, forged steel, 3000# ASTM A.181, GR 1	17	4	1/2 in. X 2 in. long scrd nipple, XH, sm/s, ASTM A.106, GR B
4	2	3/4 in. plug, eq. hd., scrd, forged steel 3000# ASTM A.181, GR 1	18	1	1/2 in. tee, scrd, forged steel, 3000# ASTM A.181, GR 1
5	4	1/2 in. X 4 in. long scrd nipple, XH, sm/s, ASTM A.106, GR B	19	2	1/2 in. 90° elbow, scrd, forged steel 3000# ASTM A.181, GR 1
6	2	3/4 in. steel ball valve FPT ends	20	2	1/2 in. steel ball valve FPT ends Spec. #184
7	2	1/2 in. X 3/4 in. cross Spec IA-121	21	1	1 1/2 in. X 1/2 in. swage nipple, the, XH, sm/s ASTM, A.106, GR B
8	12	1/2 in. X 2 in. long scrd nipple, XH, sm/s ASTM A.106, GR B	22	1	3/4 in. union, scrd, forged steel, 3000# ASTM A.181, GR 1
9	10' 0"	1/2 in. SCH 80, sm/s steel pipe ASTM A.106, GR B T & C	23	40' 0"	1 1/2 in. SCH 80, sm/s, steel pipe ASTM A.106, GR B, T & C
10	2	1/2 in. close scrd nipple, XH, sm/s ASTM A.106, GR B	24	3	1 1/2 in. X 6 in. long scrd nipple, XH, sm/s ASTM A.106, GR B
11	4	1/2 in. 90° elbow, scrd, forged steel 3000# ASTM A.181, GR 1	25	3	1 1/2 in. 90° elbow, scrd forged steel 3000# ASTM A.181, GR 1
12	6	1 1/4 in. union, scrd, forged steel 3000# ASTM A.181, GR 1	26	1	1 1/2 in. steel ball valve, FPT ends spec. #184
13	2	4 in. tee, scrd, forged steel 3000# ASTM A.181, GR 1	27	2	Flow controller 315 ss, 1/2 in. conn. Moore #63SD
14	2	1/2 in. steel needle valve FPT ends spec #37	28	2	Rotameter, 1/2 in. NPT conn. S & K #20-701D

II.4.3.- Diagrama de Alambrado

La figura 2.15 ilustra un concepto de alambrado que es único por las siguientes razones.

Dado que todos los alambres se conectan en una tira terminal y no hay alambres conectándose de un componente a otro. Entonces cualquier equipo puede ser desconectado sin alterar la señal del resto de los instrumentos.

1. El diagrama en pocas líneas
2. Los componentes son divididos en dos clasificaciones: los principales instrumentos del frente del panel están numerados. Las piezas secundarias del equipo, tales como extractores de raíz cuadrada o interruptores de alarmas, son identificados con letras.

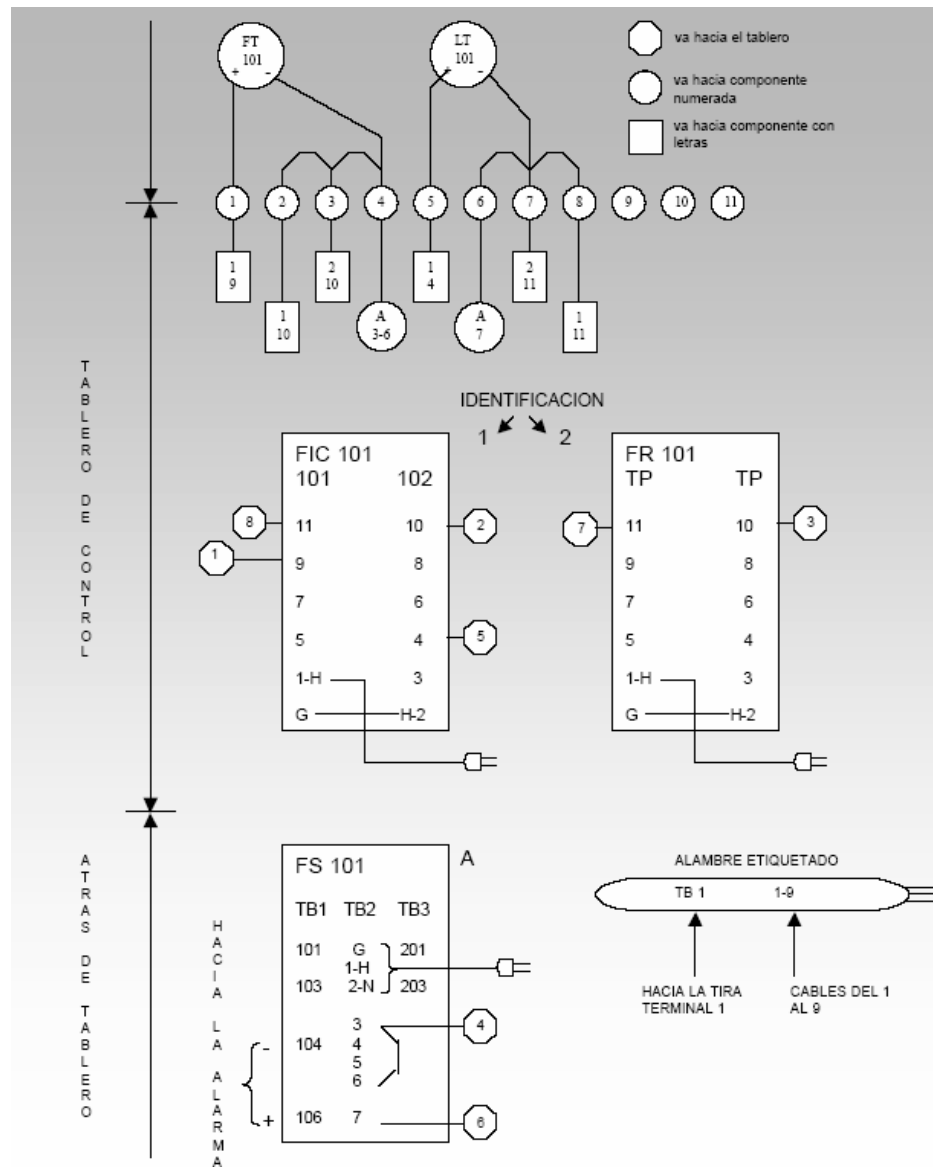


Fig. 2.15 Diagrama de Alambrado



3. El técnico o instrumentista de mantenimiento no necesita un impreso dado que el sistema de etiqueta en ambas terminales de cada alambre, proporciona toda la información requerida.

Note que los "puentes" de las terminales 2 a 3 a 4 en el equipo de campo son tres conexiones negativas que están separadas para un lazo de control FT 101. El lado negativo se conecta como se indica: la terminal 2 al poste 10 en el componente 1, la terminal 3 al poste 10 en el componente 2 y la terminal 4 a los postes 3 y 6 del componente A.

Los cuadros indican que los alambres van a un instrumento en el panel frontal. Los círculos indican que los alambres van a un instrumento en el panel trasero. Con un poco de practica se estará rápidamente familiarizando con este tipo de diagramas

II.5.- OTROS TIPOS DE SIMBOLOS

La figura 2-16 ilustra un sistema de control de combustión mostrado en simbología lógica o funcional.

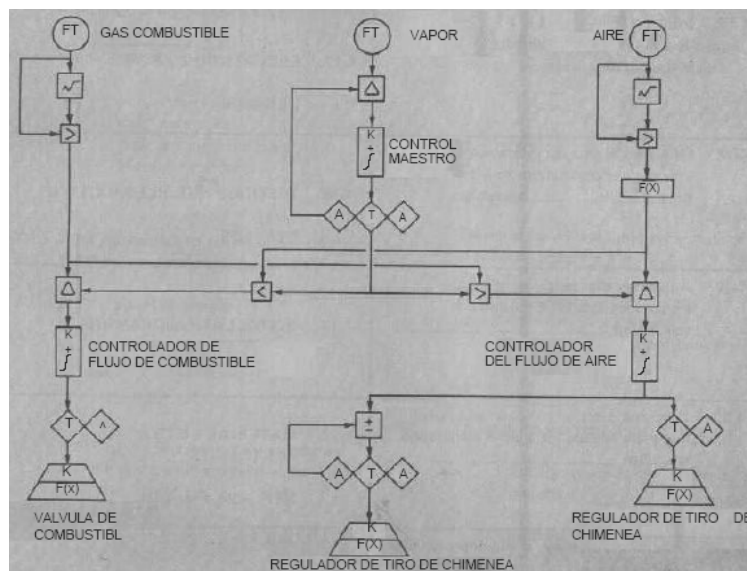


Fig. 2-16 Sistema de Control de Combustión



Una explicación de estos símbolos publicados por SAMA (Asociación de Fabricantes de Aparatos Científicos) está dado en la figura 2.17

SÍMBOLOS	FUNCIÓN	SÍMBOLOS	FUNCIÓN	SÍMBOLOS	SIGNIFICADO
Σ	SUMA	$f(t)$	FUNCIÓN DE TIEMPO		MEDIDOR O LECTOR
Σ/n	PROMEDIO	$>$	ALTO		PROCESAMIENTO DE SEÑAL AUTOMÁTICA
Δ	DIFERENCIA	$<$	BAJO		PROCESAMIENTO DE SEÑAL MANUAL
K or P	PROPORCIONAL	\triangleright	LÍMITE ALTO		ELEMENTO FINAL DE CONTROL
\int or I	INTEGRAL	\triangleleft	LÍMITE BAJO		
du/dx or D	DERIVATIVO	$-K$ or $-P$	PROPORCIONAL INVERSO		
X	MULTIPLICANDO	$V \triangleright$	LIMITADOR DE VELOCIDAD		
\div	DIVIDIENDO	$+ or - or \pm$	POLARIZACIÓN		
$\sqrt{\quad}$	EXTRACCIÓN RAÍZ	A	GENERADOR DE SEÑAL ANALÓGICA		
x^n	EXPONENCIAL	T	TRANSFERENCIA		
$f(x)$	NO LINEAL O FUNCIÓN NO ESPECIFICADA	H/L or H/L	MONITOR DE SEÑAL		

Fig.2.17. Tabla de Funciones Lógicas

Un sistema de identificación de instrumentos podría incluir los siguientes componentes:

1. Etiqueta con números para definir la función en el proceso y la localización del instrumento.
2. Símbolos para identificar las señales del control de procesos neumáticas, hidráulicas, capilares, electrónicas, sónicas o radiactivas.
3. Símbolos para representar dispositivos de control primarios y finales que gobiernan el flujo, nivel, presión y temperatura.

Se utilizan cuatro tipos de dibujos en sistemas de control de procesos.

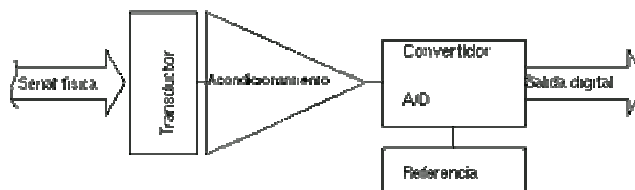
1. El DTI (tubería e instrumentación) como la base de cualquier diseño de procesos.
2. Localización de esquemas para indicar la posición de los instrumentos y equipos instalados



3. Esquemas de instalación para proporcionar detalles de partes y posiciones de los instrumentos
4. Diagramas de lazos de control para calibración y localización de fallas.

II.6.- EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

Un sistema de adquisición de datos es un equipo que nos permite tomar señales físicas del entorno y convertirlas en datos que posteriormente podremos procesar y presentar. A veces el sistema de adquisición es parte de un sistema de control, y por tanto la información recibida se procesa para obtener una serie de señales de control. Estructura de un sistema de adquisición de datos. En este diagrama podemos ver los bloques que componen nuestro sistema de adquisición de datos:



Los bloques principales son estos:

- o El transductor
- o El acondicionamiento de señal
- o El convertidor analógico-digital
- o La etapa de salida (interfaz con la lógica)



El transductor es un elemento que convierte la magnitud física que vamos a medir en una señal de salida (normalmente tensión o corriente) que puede ser procesada por nuestro sistema. Salvo que la señal de entrada sea eléctrica, podemos decir que el transductor es un elemento que convierte energía de un tipo en otro. Por tanto, el transductor debe tomar poca energía del sistema bajo observación, para no alterar la medida.

El acondicionamiento de señal es la etapa encargada de filtrar y adaptar la señal proveniente del transductor a la entrada del convertidor analógico / digital. Esta adaptación suele ser doble y se encarga de:

- Adaptar el rango de salida del transductor al rango de entrada del convertidor. (Normalmente en tensión).
- Acoplar la impedancia de salida de uno con la impedancia de entrada del otro.

La adaptación entre los rangos de salida del convertidor y el de entrada del convertidor tiene como objetivo el aprovechar el margen dinámico del convertidor, de modo que la máxima señal de entrada debe coincidir con la máxima que el convertidor (pero no con la máxima tensión admisible, ya que para ésta entran en funcionamiento las redes de protección que el convertidor lleva integrada).

Por otro lado, la adaptación de impedancias es imprescindible ya que los transductores presentan una salida de alta impedancia, que normalmente no puede excitar la entrada de un convertidor, cuya impedancia típica suele estar entre 1 y 10 k.

El convertidor Analógico / Digital es un sistema que presenta en su salida una señal digital a partir de una señal analógica de entrada, (normalmente de tensión) realizando las funciones de cuantificación y codificación.

La cuantificación implica la división del rango continuo de entrada en una serie de pasos, de modo que para infinitos valores de la entrada la salida sólo puede presentar una serie determinada de valores. Por tanto la cuantificación implica una pérdida de información que no podemos olvidar.



La codificación es el paso por el cual la señal digital se ofrece según un determinado código binario, de modo que las etapas posteriores al convertidor puedan leer estos datos adecuadamente. Este paso hay que tenerlo siempre en cuenta, ya que puede hacer que obtengamos datos erróneos, sobre todo cuando el sistema admite señales positivas y negativas con respecto a masa, momento en el cual la salida binaria del convertidor nos da tanto la magnitud como el signo de la tensión que ha sido medida.

La etapa de salida es el conjunto de elementos que permiten conectar el s.a.d con el resto del equipo, y puede ser desde una serie de buffers digitales incluidos en el circuito convertidor, hasta un interfaz RS 232, RS 485 o Ethernet para conectar a un ordenador o estación de trabajo, en el caso de sistemas de adquisición de datos comerciales.

A continuación describiremos las características esenciales que hemos de tener en cuenta para realizar nuestras medidas de un modo decente.

- Impedancia de entrada
- Rango de entrada
- Número de bits
- Resolución
- Tensión de fondo de escala
- Tiempo de conversión
- Error de conversión

Hay una serie de características que son comunes a otros tipos de circuitos que no detallaremos, aunque siempre hay que tener en cuenta, como la impedancia de entrada, fan-out, etc. Número de bits: Es el número de bits que tiene la palabra de salida del convertidor, y por tanto es el número de pasos que admite el convertidor. Así un convertidor de 8 bits sólo podrá dar a la salida $2^8=256$ valores posibles.



Resolución: Es el mínimo valor que puede distinguir el convertidor en su entrada analógica, o dicho de otro modo, la mínima variación, V_i , en el voltaje de entrada que se necesita para cambiar en un bit la salida digital.

La tensión de fondo de escala depende del tipo de convertidor, pero normalmente se fija a nuestro gusto, en forma de una tensión de referencia externa,

Tiempo de conversión: Es el tiempo que tarda en realizar una medida el convertidor en concreto, y dependerá de la tecnología de medida empleada. Evidentemente nos da una cota máxima de la frecuencia de la señal a medir.

Este tiempo se mide como el transcurrido desde que el convertidor recibe una señal de inicio de conversión (normalmente llamada SOC, Start of Conversión) hasta que en la salida aparece un dato válido. Para que tengamos constancia de un dato válido tenemos dos caminos:

- Esperar el tiempo de conversión máximo que aparece en la hoja de características.
- Esperar a que el convertidor nos envíe una señal de fin de conversión.

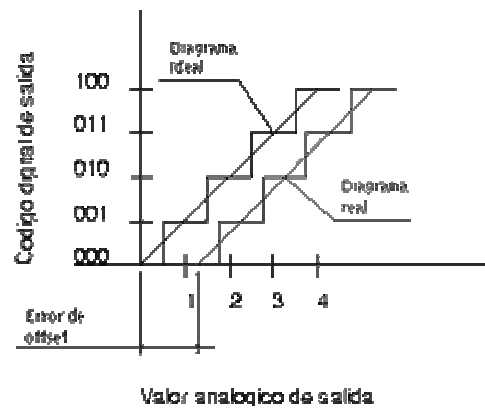
Si no respetamos el tiempo de conversión, en la salida tendremos un valor, que dependiendo de la constitución del convertidor será:

- Un valor aleatorio, como consecuencia de la conversión en curso
- El resultado de la última conversión

Un convertidor no es un circuito perfecto, sino que que presenta una serie de errores que debemos tener en cuenta. Algunos de los que más importancia tienen son los siguientes:



Error de offset: El error de offset es la diferencia entre el punto nominal de offset (cero) y el punto real de offset. Concretamente, para un convertidor A/D este punto es el punto central de todos aquellos valores de la entrada que nos proporcionan un cero en la salida digital del convertidor. Este error afecta a todos los códigos de salida por igual, y puede ser compensado por un proceso de ajuste.



Error de cuantificación: Es el error debido a la división en escalones de la señal de entrada, de modo que para una serie de valores de entrada, la salida digital será siempre la misma. Este valor se corresponde con el escalonado de la función de transferencia real, frente a la ideal. Podemos verlo en esta figura: Como vemos, cada valor digital tiene un error de cuantificación de $\pm \frac{1}{2}$ LSB (Bit menos significativo). Por tanto, cada código digital representa un valor que puede estar dentro del $\frac{1}{2}$ LSB a partir del punto medio entre valores digitales continuos.

Error de linealidad (linealidad integral): Este error es la manifestación de la desviación entre la curva de salida teórica y la real, de modo que para iguales incrementos en la entrada, la salida indica distintos incrementos.



Error de apertura: Es el error debido a la variación de la señal de entrada mientras se está realizando la conversión. Este error es uno de los más importantes cuando se están muestreando señales alternas de una frecuencia algo elevada, (como por ejemplo el muestreo de voz) pero tiene poca importancia cuando medimos señales cuasi-continuas, como temperatura, presión, o nivel de líquidos. Para minimizar este tipo de error se usan los circuitos de muestreo y retención.

Este error es importante, ya que si no lo tenemos en cuenta raramente podemos digitalizar adecuadamente señales alternas.

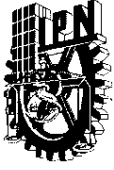
Si consideramos un error que no afecte a la precisión total de la conversión, (por lo que habrá de ser menor que $\frac{1}{2}$ LSB).

El circuito de muestreo y retención puede estar a veces integrado dentro de la misma cápsula del convertidor, lo que nos puede simplificar el diseño enormemente.

La etapa de acondicionamiento de la señal

Con más detalle, en una etapa de acondicionamiento podemos encontrar estas etapas, aunque no todas están siempre presentes:

- Amplificación
- Excitación
- Filtrado
- Multiplexado
- Aislamiento
- Linealización



Amplificación: Es el tipo más común de acondicionamiento. Para conseguir la mayor precisión posible la señal de entrada deber ser amplificada de modo que su máximo nivel coincida con la máxima tensión que el convertidor pueda leer.

Aislamiento: Otra aplicación habitual en en acondicionamiento de la señal es el aislamiento eléctrico entre el transductor y el ordenador, para proteger al mismo de transitorios de alta tensión que puedan dañarlo. Un motivo adicional para usar aislamiento es el garantizar que las lecturas del convertidor no son afectadas por diferencias en el potencial de masa o por tensiones en modo común.

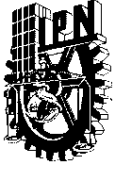
Quando el sistema de adquisición y la señal a medir están ambas referidas a masa pueden aparecer problemas si hay una diferencia de potencial entre ambas masas, apareciendo un "bucle de masa", que puede devolver resultados erróneos.

Multiplexado: El multiplexado es la conmutación de las entradas del convertidor, de modo que con un sólo convertidor podemos medir los datos de diferentes canales de entrada. Puesto que el mismo convertidor está midiendo diferentes canales, su frecuencia máxima de conversión será la original dividida por el número de canales muestreados.

Filtrado: El fin del filtro es eliminar las señales no deseadas de la señal que estamos observando. Por ejemplo, en las señales cuasi-continuas, (como la temperatura) se usa un filtro de ruido de unos 4 Hz, que eliminará interferencias, incluidos los 50/60 Hz de la red eléctrica.

Las señales alternas, tales como la vibración, necesitan un tipo distinto de filtro, conocido como filtro antialiasing, que es un filtro pasabajo pero con un corte muy brusco, que elimina totalmente las señales de mayor frecuencia que la máxima a medir, ya que se si no se eliminasen aparecerían superpuestas a la señal medida, con el consiguiente error.

Excitación: La etapa de acondicionamiento de señal a veces genera excitación para algunos transductores, como por ejemplos las galgas extesométricas, termistores o RTD, que necesitan de la misma, bien por su constitución interna, (como el termistor, que es una resistencia variable con la temperatura) o bien por la configuración en que se conectan (como el caso de las galgas, que se suelen montar en un puente de Wheatstone).



Linealización: Muchos transductores, como los termopares, presentan una respuesta no lineal ante cambios lineales en los parámetros que están siendo medidos. Aunque la linealización puede realizarse mediante métodos numéricos en el sistema de adquisición de datos, suele ser una buena idea el hacer esta corrección mediante circuitería externa.

II.6.1.- El muestreo de la señal

El muestreo de la señal implica pérdida de información respecto a la señal de entrada, ya que de un número infinito de valores posibles para la entrada sólo tenemos un valor finito de valores posibles para la salida. Por tanto es fundamental saber cuántas muestras hemos de tomar.

La respuesta a esta pregunta depende del error medio admisible, el método de reconstrucción de la señal (si es que se usa) y el uso final de los datos de la conversión.

Independientemente del uso final, el error total de las muestras será igual al error total del sistema de adquisición y conversión más los errores añadidos por el ordenador o cualquier sistema digital.

Para dispositivos incrementales, tales como motores paso a paso y conmutadores, el error medio de los datos muestreados no es tan importante como para los dispositivos que requieren señales de control continuas.

Para ver el error medio de muestreo en los datos, consideremos el caso en el que se toman dos muestras por ciclo de señal sinusoidal, y la señal se reconstruye directamente desde un convertidor D/A sin filtrar (reconstrucción de orden cero). El error medio entre la señal reconstruida y la original es la mitad de la diferencia de áreas para medio ciclo, que es un 32% para una reconstrucción de orden cero, o del 14 % para una reconstrucción de orden uno.

De cualquier modo, la precisión instantánea en cada muestra es igual a la precisión del sistema de adquisición y conversión, y en muchas aplicaciones esto puede ser más que suficiente.

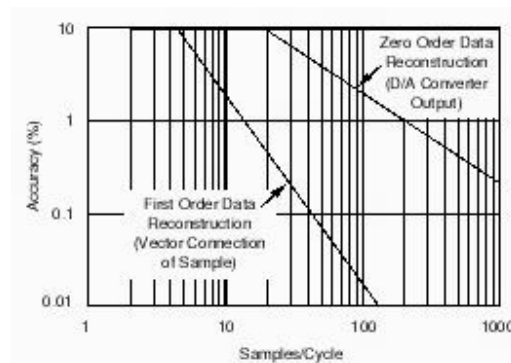
La precisión media de los datos muestreados puede mejorarse con estos métodos:

- Aumentar el número de muestras por ciclo



- Filtrado previo al multiplexado
- Filtrar la salida del convertidor digital / analógico

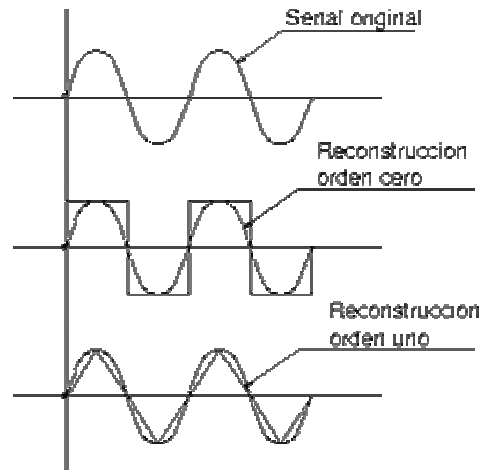
La mejora en la precisión media es espectacular con un pequeño aumento en el número de muestras por ciclo, como podemos ver en esta figura.



Para una reconstrucción de orden cero, podemos ver que con más de 10 muestras por ciclo de señal, podemos conseguir precisiones del 90 % o mejor. Normalmente se usan entre 7 y 10 muestras por ciclo.

El teorema de Nyquist o teorema de muestreo: El objetivo fundamental de la adquisición es el poder reconstruir la señal muestreada de una manera fiel. Este teorema nos dice que la frecuencia mínima de muestreo para poder reconstruir la señal ha de ser el doble de la frecuencia de la señal a medir. Pero ojo, para que la reconstrucción sea fiable, deberemos tomar muestras a una frecuencia unas 10 veces superior a la de la señal a evaluar.

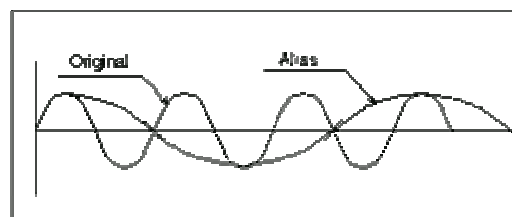
En la figura siguiente podemos ver una señal sinusoidal, que es muestreada con dos medidas por ciclo y su reconstrucción mediante los dos métodos que más se usan (reconstrucción de orden cero y reconstrucción de orden uno)



Como se ve, aplicando el teorema de Nyquist podemos saber al menos la frecuencia de la señal medida, aunque no su tipo, ni si el muestreo es eficaz o no.

Por último comentar que la reconstrucción de orden cero es la salida directa de un convertidor analógico digital, mientras que la de orden uno es la interpolación simple mediante rectas, de modo que la señal se aproxima más a la original.

Efectos de Aliasing: El aliasing se produce cuando la frecuencia de muestreo es menor que la de la señal que se muestrea, y se refiere al hecho de que podemos interpretar de una manera no exacta la señal, apareciendo un "alias" de la señal (de ahí el término). Este efecto se pone de manifiesto en la siguiente figura:

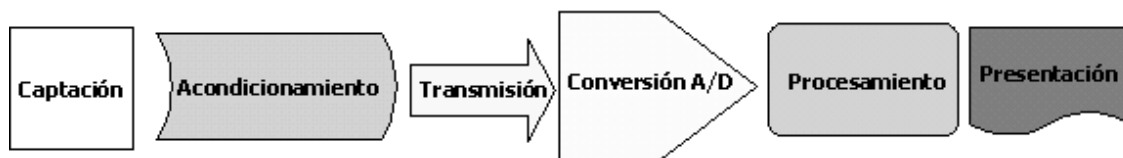


Como se aprecia, al tomar varias muestras con un periodo de muestreo superior al de la señal medida, llegamos a creer que la señal tiene una frecuencia mucho menor de la que realmente tiene. En este efecto también influyen los armónicos señales que interfieren con la señal a medir, de modo que pueden



aparecer señales de alta frecuencia superpuestas, como ruido, y otras senoidales, que aparentemente no son ruido, pero que también afectan a la señal bajo medida . Por tanto, cualquier frecuencia de muestreo excesivamente baja nos da información falsa sobre la señal

II.6.2.- La cadena de medida.



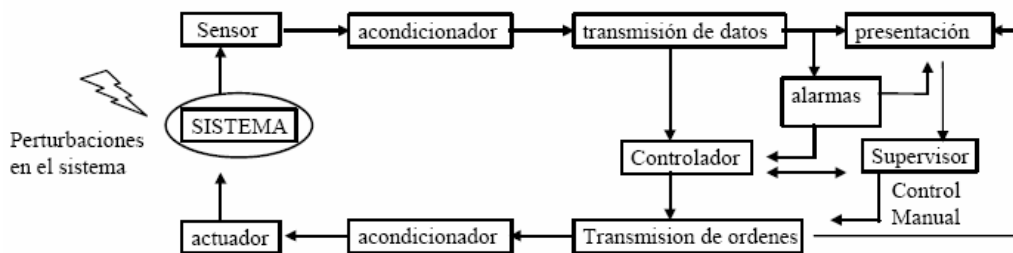
Tendremos en cuenta dos aplicaciones genéricas distintas a la hora de organizar la cadena de medida, una será en los procesos industriales y la otra en un entorno de test y medida de laboratorio.

En un entorno de test y medida, la información puede venir dada no sólo por sensores, sino también directamente por otros aparatos (osciloscopios, multímetros, generadores de funciones, fuentes de alimentación, etc.). A partir de la información recogida podemos cambiar las condiciones de la prueba, reconfigurando parámetros en los aparatos.





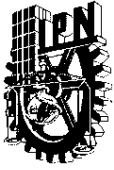
II.6.3.- Procesos Industriales.



En los procesos industriales existirán fundamentalmente unos sensores que serán los que suministren información, convenientemente acondicionada, al elemento controlador del sistema. El elemento controlador, que normalmente será un microprocesador, recibirá la información de los sensores directamente o mediante un proceso de comunicación.

Junto con la representación de la información y las correspondientes alarmas, el elemento controlador dará las ordenes a los actuadores para que el proceso funcione dentro de los márgenes previstos. La flexibilidad que se añade al sistema gracias al software que lo controla es importante en la actualidad, y depende del sistema de control que hayamos escogido. Para un mismo entorno de trabajo, los mismos sensores y actuadores, podemos controlar el proceso en base a un interés concreto en un momento determinado. Primar el ahorro energético, el número mínimo de maniobras o la precisión puede depender del producto final que deseemos obtener.

II.6.4.- Elementos principales.



Sensor: Los transductores eléctricos (que son los que nos interesan) son dispositivos que modifican una magnitud eléctrica (V, I, R) en función del fenómeno físico.

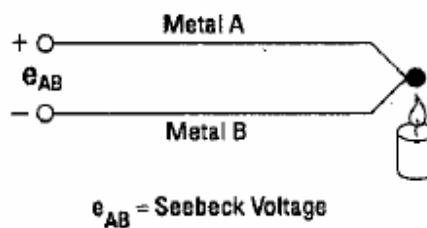
Acondicionamiento de señal: Modificar la señal eléctrica para facilitar su posterior análisis y/o digitalización.

Conversión A/D: Conversión de señal eléctrica a datos binarios.

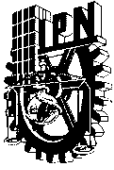
Procesamiento: Modificar la señal digital para extraer la información de interés.

II.7.- SENSORES GENERADORES

II.7.1.- Termopares



Cuando se somete a la unión de dos metales distintos a una temperatura distinta del cero absoluto, se genera una diferencia de potencial entre sus extremos e_{AB} del orden de $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

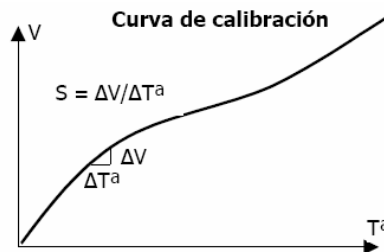


Medida a 2 hilos de la resistencia del clip = 0,102 Ω , pero si medimos la resistencia de los cables usados obtenemos $R_c = 0,1 \Omega$. Observamos que el error es muy grande.

Si realizamos la medida a 4 hilos, obtenemos 0,00370429 Ω . La diferencia con lo esperado (0,002 Ω) se debe al efecto termopar que se produce por ser el clip y los cables de distinto metal. Si calentamos el clip el error aumenta.

II.7.2.- Curva de calibración.

- La relación Tensión-temperatura NO es lineal. Sin embargo tomando incrementos de T^a pequeños,



Por lo tanto el fabricante nos proporcionará la relación V/T de dos formas:

Tabla de calibración: Cada tipo de termopar proporciona la tabla de calibración con el valor de la T^a para cada tensión.



II.7.3.- Tipos de termopares.

Según los metales que lo componen, los termopares se dividen en tipos designados por una letra:

<u>TYPE</u>	<u>COMPOSITION</u>	<u>MEASUREMENT LIMITS (°C)</u>
J	Fe vs Cu-Ni	-210 to 760
K	Ni-Cr vs Ni-Al	-270 to 1372
T	Cu vs Cu-Ni	-270 to 400
E	Ni-Cr vs Cu-Ni	-270 to 1000
R	Pt-13% Rh vs Pt	0 to 1768
S	Pt-10% Rh vs Pt	0 to 1768
B	Pt-30% Rh vs Pt-6%Rh	0 to 1820
C	W-5% Re vs W-26% Re	0 to 2320
N	Ni-14.2% Cr-1.4% Si vs Ni-4.4% Si-0.1%Mg	-270 to 1300

II.7.4.- Encapsulado.

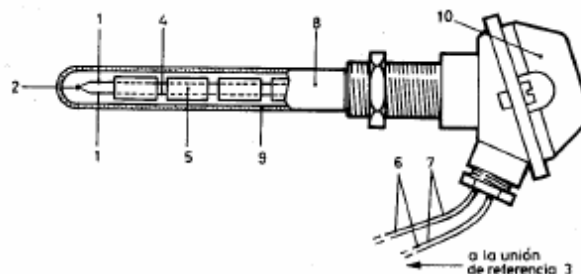


Figura 6.4 Termopar industrial con vaina

- | | |
|---|---|
| 1. Conductores (diferentes) | 7. Cables de compensación, diferentes de los del termopar pero con f.t.e.m. pequeña |
| 2. Unión de medida | 8. Caña pirométrica |
| 3. Unión de referencia | 9. Protector (cubierta externa) |
| 4. Hilos de termopar sin aislar | 10. Cabeza de la caña |
| 5. Hilos de termopar aislados | |
| 6. Cables de extensión iguales a los del termopar | |



II.7.5.- Ventajas.

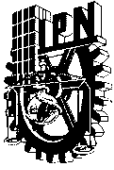
- No requiere alimentación. Simple y robusto Barato Amplio rango de temperaturas.

II.7.6.- Inconvenientes.

- Alinealidad, Baja sensibilidad del orden de $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, Como se verá a continuación, su acondicionamiento requiere otro sensor que mida la temperatura de referencia.

Materiales y polaridades de los termopares

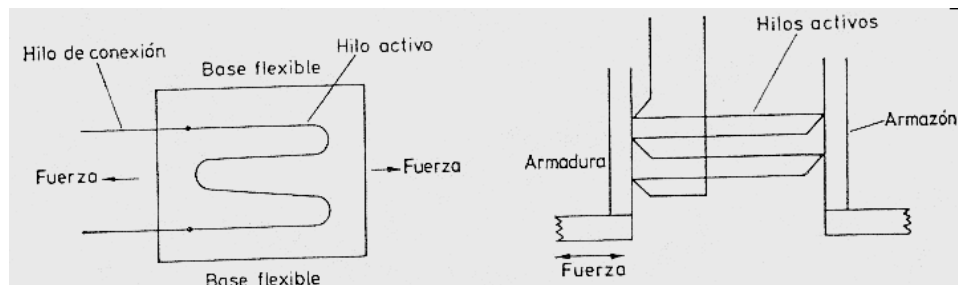
Tipo	Elemento Positivo	Elemento Negativo	Rangos Usuales de Temperatura	
			$^\circ\text{F}$	$^\circ\text{C}$
B	Platino 30% rodio	Platino 6% Rodio	1600 – 3100	870 – 1700
E	Cromel	Constantán	32 – 1600	0 – 870
J	Hierro	Constantán	32 – 1400	0 – 760
K	Cromel	Alumel	32 – 2300	0 – 1260
R	Platino 13% rodio	Platino	32 – 2700	0 – 1480
S	Platino 10% rodio	Platino	32 – 2700	0 – 1480
T	Cobre	Constantán	-300 - 700	-180 – 370



II.8.- SENSORES DE PRESIÓN.

II.8.1.- Galgas extensométricas

Se basan en la variación de longitud y de diámetro, y por lo tanto de resistencia, que tiene lugar cuando un hilo de resistencia se encuentra sometido a una tensión mecánica por la acción de una presión.



Existen dos tipos de galgas extensométricas: galgas cementadas figura formadas por varios bucles de hilo muy fino que están pegados a una hoja base de cerámica, papel o plástico, y galgas sin cementar en las que los hilos de resistencia descansan entre un armazón fijo y otro móvil bajo una ligera tensión inicial.

En ambos tipos de galgas, la aplicación de presión estira o comprime los hilos según sea la disposición que el fabricante haya adoptado, modificando pues la resistencia de los mismos.

La galga forma parte de un puente de Wheatstone figura y cuando está sin tensión tiene una resistencia eléctrica determinada. Se aplica al circuito una tensión nominal tal que la pequeña corriente que circula por la resistencia crea una caída de tensión en la misma y el puente se equilibra para estas condiciones.

Cualquier variación de presión que mueva el diafragma del transductor cambia la resistencia de la galga y desequilibra el puente.

El intervalo de medida de estos transductores varía de 0-0,6 a 0-10 000 bar y su precisión es del orden de $\pm 0,5\%$



CAPITULO III.

III.1.- METODOLOGÍA

III.1.1.- Planteamiento del problema

El Proyecto consiste en controlar la temperatura de 2 silos de grasa con una capacidad de 30 000 lts. Construido a base de acero inoxidable 304L enchaquetado por la parte de abajo, con agitador para mantener la materia prima (grasa vegetal) en forma homogénea.

Estos dos silos de grasa alimentan a una línea de producción y pasan a una placa diversota, a través de una tubería en acero inoxidable 304L enchaquetada para que no pierda temperatura en el transcurso de su recorrido, son controlados por una válvula on-off y pasa a través de una placa diversota.

Actualmente el calentamiento de los silos a partir de vapor, el cual genera calentamientos excesivos al producto, dando la calidad de la materia prima y perdiendo propiedades.

Se pretende diseñar un sistema de control de recirculación de agua caliente controlada, a través de 2 bombas en bypass provenientes de un tanque de balance, el cual será inyectado vapor de la línea de la planta, en un tanque de 1500 lts.

El vapor inyectado estará en lazo con el sensor de temperatura del tanque de balance, con una válvula neumática proporcional con un sistema de cuadro de válvulas para entrar en mantenimiento.

Los silos de grasa se instrumentarán con un sensor de peso para medir el nivel del producto, a base de celdas de carga que indican si el tanque está lleno o vacío en forma proporcional al peso.

Un sensor de temperatura a través de termopares (pt100) con 6" de longitud el cual gobierna la válvula de entrada de agua caliente proporcional con el fin de calentar el enchaquetado y medir la temperatura estable dentro del tanque de almacenamiento.



El tanque tiene un filtro de venteo, por lo tanto se considera como tanque abierto, y no tiene presurización dentro del mismo.

El producto entra por la placa diversota y es transportado por una pipa con su propio sistema de bombeo.

El tanque silo de almacenamiento tiene un sistema de agitación para recircular el producto y mantenerlo homogéneo tanto en temperatura como con sus propiedades.

El sistema de agitación está basado en un motoreductor controlado con un variador de velocidad, para cada tipo de producto (materia prima) la velocidad de agitación es diferente por lo que la velocidad será controlada manualmente.

La tubería que conecta del tanque silo a la placa diversota será enchaquetada y tendrá el sistema de recirculación de agua caliente.

Este mismo sistema estará instalado para el segundo tanque silo de almacenamiento.

El tanque de balance tendrá un filtro de venteo para mantener el tanque sin presurización.

El tanque de balance tendrá un sensor de temperatura a base de termoposo con conexión clamp y gobernará la válvula proporcional de la entrada de vapor.

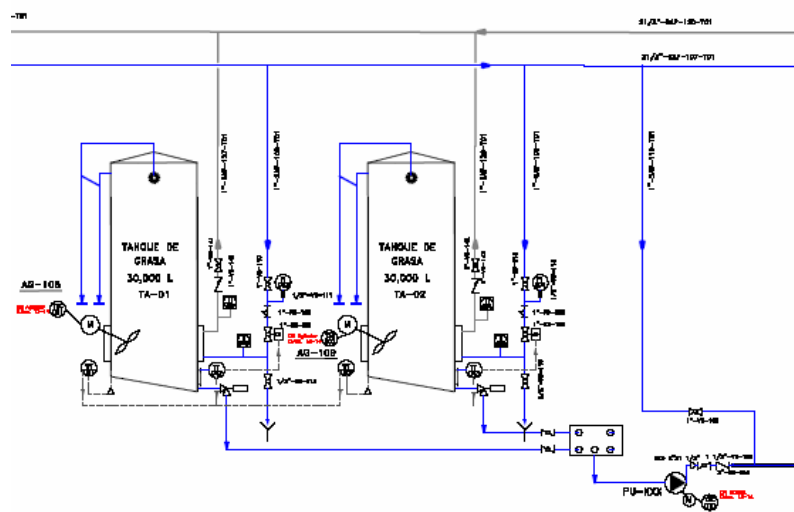
Debido al incremento de nivel por la condensación del vapor inyectado al tanque de balance; se colocará una válvula de descarga on-off, la cual será gobernada por un sensor de nivel basado en presión columna de agua debido a que el tanque es abierto o con filtro de venteo, este sistema ayudará a que el tanque no se presurice.

Para la recirculación del agua se cuenta con un sistema de bypass para el bombeo. El sistema de bypass, será gobernado automáticamente por periodos preestablecidos previamente por el operador.

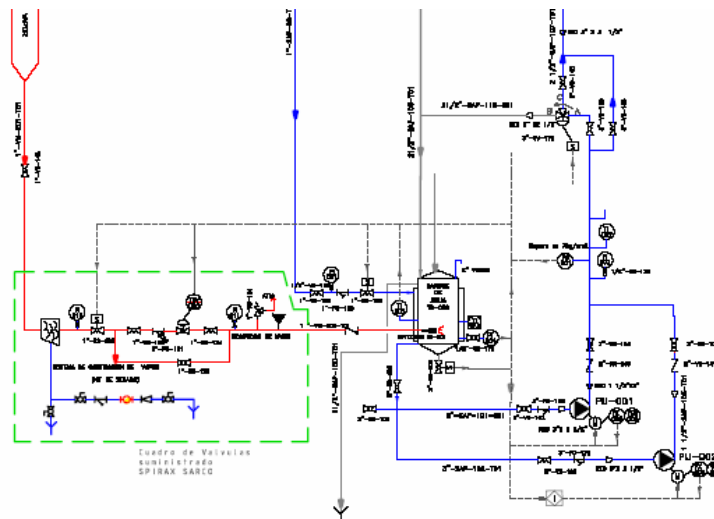


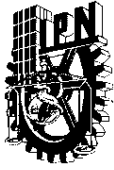
III.1.2.- Diseño del DTI del proceso del sistema

En este diagrama se muestra parte de los silos los cuales se deben mantener a temperatura estable. Asi como su instrumentación y válvulas de control.



En este diagrama se muestra parte del control de el sistema de calentamiento de los silos y la bombas de recirculación del agua.





III.1.3.- Análisis y cuantificación de señales.

No.	Señal	Entradas		Salidas	
		Digitales	Analogicas	Digitales	Analogicas
1	Botón de arranque de sistema	1			
2	Botón de paro del sistema	1			
3	Selector sistema manual-automático	1			
4	Botón de arranque bomba 1	1			
5	Botón de arranque bomba 2	1			
6	Botón de paro bomba 1	1			
7	Botón de paro bomba 2	1			
8	Luminaria sistema encendido			1	
9	Luminaria sistema en automático			1	
10	Luminaria bomba 1 encendida			1	
11	Luminaria bomba 2 encendida			1	
12	Botón de arranque de agitador silo 1	1			
13	Botón de arranque de agitador silo 2	1			
14	Botón de paro de agitador silo 1	1			
15	Botón de paro de agitador silo 2	1			
16	Luminaria Agitador Silo 1			1	
17	Luminaria Agitador Silo 2			1	
18	Valvula de Drenado tanque 1			1	
19	Boton arranque de valvula de drenado tanque 1	1			
20	Boton paro de valvula de drenado tanque 1	1			
21	Lampara indicadora de valvula de drenado tanque 1			1	



No.	Señal	Entradas		Salidas	
		Digitales	Analogicas	Digitales	Analogicas
21	Válvula de by-pass bomba 1			1	
22	Válvula de by-pass bomba 2			1	
23	Selector válvula activa manual o automático	1			
24	Valvula de producto (silo 1)			1	
25	Valvula de producto (silo 2)			1	
26	Botón activación de válvula de producto (silo 1)	1			
27	Botón paro de válvula de producto (silo 1)	1			
28	Botón activación de válvula de producto (silo 2)	1			
29	Botón paro de válvula de producto (silo 2)	1			
30	Luminaria de válvula de producto (silo 1)			1	
31	Luminaria de válvula de producto (silo 2)			1	
32	Válvula de vapor de inyección.			1	
33	Botón arranque de válvula de vapor de inyección	1			
34	Botón paro de válvula de vapor de inyección	1			
35	Lampara indicadora de valvula de vapor de inyección			1	
36	Válvula de enchaquetado Silo 1			1	
37	Selector Válvula de enchaquetado Silo 1 manual- automático	1			
38	Botón arranque de válvula de enchaquetado Silo 1	1			
39	Botón paro de válvula de enchaquetado Silo 1	1			
40	Lampara indicadora de válvula de enchaquetado Silo 1			1	
41	Válvula de enchaquetado Silo 2			1	



No.	Señal	Entradas		Salidas	
		Digitales	Analogicas	Digitales	Analogicas
41	Botón arranque de válvula de enchaquetado Silo 2	1			
42	Botón paro de válvula de enchaquetado Silo 2	1			
43	Lampara indicadora de válvula de enchaquetado Silo 2			1	
44	Sensor de temperatura tanque 1		1		
45	Sensor de temperatura Silo 1		1		
46	Sensor de temperatura Silo 2		1		
47	Sensor de nivel tanque 1		1		
48	Sensor de nivel Silo 1		1		
49	Sensor de nivel Silo 2		1		
50	Set-Point temperatura Tanque 1 (potenciometro)		1		
51	Set-Point temperatura Silo 1 (potenciometro)		1		
52	Set-Point temperatura Silo 2 (potenciometro)		1		
53	Alarma temperatura Alta en tanque 1			1	
54	Alarma temperatura Alta en Silo 1			1	
55	Alarma temperatura Alta en Silo 2			1	
56	Alarma nivel alto Tanque 1			1	
57	Alarma nivel alto Silo 1			1	
58	Alarma nivel alto Silo 2			1	
59	Alarma nivel bajo Tanque 1			1	
60	Alarma nivel bajo Silo 1			1	
61	Alarma nivel bajo Silo 2			1	
	Total de señales	23	9	29	0

**III.1.4.- Señales y filosofía de control**

No.	Señal	PLC indicador	Filosofía de control
1	Botón de arranque de sistema	I0.0	Se acciona para poner en marcha el sistema
2	Botón de paro del sistema	I0.1	se acciona para parar el sistema
3	Selector para sistema manual-automático	I0.2	Coloca el sistema en modo manual o automático
4	Botón de arranque bomba 1	I0.3	Acciona cuando el sistema esta en manual y arranca la bomba 1
5	Botón de arranque bomba 2	I0.4	Acciona cuando el sistema esta en manual y arranca la bomba 2
6	Botón de paro bomba 1	I0.5	Acciona cuando el sistema esta en manual y para la bomba 1
7	Botón de paro bomba 2	I0.6	Acciona cuando el sistema esta en manual y para la bomba 2
8	Botón de arranque de agitador silo 1	I0.7	Acciona cuando el sistema esta en manual y activa el agitador del silo 1
9	Botón de arranque de agitador silo 2	I1.0	Acciona cuando el sistema esta en manual y activa el agitador del silo 2
10	Botón de paro de agitador silo 1	I1.1	Acciona cuando el sistema esta en manual y detiene el agitador del silo 1
11	Botón de paro de agitador silo 2	I1.2	Acciona cuando el sistema esta en manual y detiene el agitador del silo 2
12	Boton arranque de válvula de drenado tanque 1	I1.3	Acciona cuando el sistema esta en manual y acciona la válvula de drenado de tanque 1
13	Boton paro de válvula de drenado tanque 1	I1.4	Acciona cuando el sistema esta en manual y detiene la válvula de drenado de tanque 1
14	Botón activación de válvula de producto (silo 1)	I1.5	Acciona cuando el sistema esta en manual y activa la válvula de producto Silo 1
15	Botón paro de válvula de producto (silo 1)	I1.6	Acciona cuando el sistema esta en manual y detiene la válvula de producto Silo 1
16	Botón activación de válvula de producto (silo 2)	I1.7	Acciona cuando el sistema esta en manual y activa la válvula de producto Silo 2
17	Botón paro de válvula de producto (silo 2)	I2.0	Acciona cuando el sistema esta en manual y detiene la válvula de producto Silo 2
18	Boton arranque de válvula de vapor de inyección	I2.1	Acciona cuando el sistema esta en manual y acciona la válvula de vapor de inyección
19	Boton paro de válvula de vapor de inyección	I2.2	Acciona cuando el sistema esta en manual y detiene la válvula de vapor de inyección
20	Boton arranque de válvula de enchaquetado Silo 1	I2.3	Acciona cuando el sistema esta en manual y acciona la válvula de enchaquetado de Silo 1
21	Boton paro de válvula de enchaquetado Silo 1	I2.4	Acciona cuando el sistema esta en manual y detiene la válvula de enchaquetado de Silo 1
22	Botón arranque de válvula de enchaquetado Silo 2	I2.5	Acciona cuando el sistema esta en manual y acciona la válvula de enchaquetado de Silo 2



No.	Señal	PLC indicador	Filosofía de control
23	Botón paro de válvula de enchaquetado Silo 2	I2.6	Acciona cuando el sistema esta en manual y detiene la válvula de enchaquetado de Silo 2
24	Sensor de temperatura tanque 1	AIW0	Señal de entrada de 4 a 20 mA del sensor de temperatura del tanque 1
25	Sensor de temperatura Silo 1	AIW1	Señal de entrada de 4 a 20 mA del sensor de temperatura del Silo 1
26	Sensor de temperatura Silo 2	AIW2	Señal de entrada de 4 a 20 mA del sensor de temperatura del silo 2
27	Sensor de nivel tanque 1	AIW3	Señal de entrada de 4 a 20 mA del sensor de nivel de tanque 1
28	Sensor de nivel Silo 1	AIW4	Señal de entrada de 4 a 20 mA del sensor de nivel de Silo 1
29	Sensor de nivel Silo 2	AIW5	Señal de entrada de 4 a 20 mA del sensor de nivel de Silo 2
30	Set-Point temperatura Tanque 1 (potenciometro)	AIW6	Ajuste manual de la temperatura del tanque 1 a traves de un potenciometro
31	Set-Point temperatura Silo 1 (potenciometro)	AIW7	Ajuste manual de la temperatura del Silo 1 a traves de un potenciometro
32	Set-Point temperatura Silo 2 (potenciometro)	AIW8	Ajuste manual de la temperatura del Silo 2 a traves de un potenciometro
33	Luminaria sistema encendido	Q0.0	Acciona cuando el sistema esta encendido
34	Lampara indicadora de válvula de drenado tanque 1	Q0.1	Acciona cuando la valvula de drenado del tanque 1 esta activada
35	Luminaria sistema en automático	Q0.2	Acciona cuando el sistema esta en automatico y esta apagada cuando el sistema esta en manual
36	Luminaria bomba 1 encendida	Q0.3	Acciona cuando la bomba 1 esta encendida y apagada cuando la bomba 2 esta apagada o cuando ninguna bomba esta encendida
37	Luminaria bomba 2 encendida	Q0.4	Acciona cuando la bomba 2 esta encendida y apagada cuando la bomba 1 esta apagada o cuando ninguna bomba esta encendida
38	Luminaria Agitador Silo 1	Q0.5	Acciona cuando el agitador del silo 1 esta activado
39	Luminaria Agitador Silo 2	Q0.6	Acciona cuando el agitador del silo 1 esta activado
40	Valvula de Drenado tanque 1	Q0.7	Acciona cuando el nivel del tanque ha sobrepasado el 90 % de su nivel máximo
41	Válvula de by-pass bomba 1	Q1.0	Acciona cuando la bomba 1 esta encendida y apagada cuando la bomba 2 esta apagada o cuando ninguna bomba esta encendida
42	Válvula de by-pass bomba 2	Q1.1	Acciona cuando la bomba 2 esta encendida y apagada cuando la bomba 1 esta apagada o cuando ninguna bomba esta encendida
43	Valvula de producto (silo 1)	Q1.2	Se acciona en forma manual con el botón de accionamiento, con el fin de liberar el producto para que pase a proceso.
44	Valvula de producto (silo 2)	Q1.3	Se acciona en forma manual con el botón de accionamiento, con el fin de liberar el producto para que pase a proceso.
45	Luminaria de válvula de producto (silo 1)	Q1.4	Acciona para indicar que la valvula de producto (silo 1) esta accionada
46	Luminaria de válvula de producto (silo 2)	Q1.5	Acciona para indicar que la valvula de producto (silo 2) esta accionada
47	Válvula de vapor de inyección.	Q1.6	se activa cuando la temperatura del tanque 1 esta abajo del set-point y se apaga cuando la temperatura del tanque 1 esta por arriba del set point
48	Lampara indicadora de valvula de vapor de inyección	Q1.7	Acciona para indicar que la valvula de vapor de inyección esta accionada



No.	Señal	PLC indicador	Filosofía de control
49	Válvula de enchaquetado Silo 1	Q2.0	Se activa cuando la temperatura del silo 1 esta abajo del set-point y se apaga cuando la temperatura del silo 1 esta por arriba del set point
50	Lampara indicadora de valvula de enchaquetado Silo 1	Q2.1	Acciona para indicar que la valvula de enchaquetado del silo 1 esta accionada
51	Válvula de enchaquetado Silo 2	Q2.2	se activa cuando la temperatura del silo 2 esta abajo del set-point y se apaga cuando la temperatura del silo 2 esta por arriba del set point
52	Lampara indicadora de válvula de enchaquetado Silo 2	Q2.3	Acciona para indicar que la válvula de enchaquetado del silo 2 esta accionada
53	Alarma temperatura Alta en tanque 1	Q2.4	Acciona cuando la temperatura del tanque 1 esta arriba del set-point y se apaga cuando la temperatura del tanque 1 esta abajo del set point
54	Alarma temperatura Alta en Silo 1	Q2.5	Acciona cuando la temperatura del silo 1 esta arriba del set-point y se apaga cuando la temperatura del silo 1 esta abajo del set point
55	Alarma temperatura Alta en Silo 2	Q2.6	Acciona cuando la temperatura del silo 2 esta arriba del set-point y se apaga cuando la temperatura del silo 2 esta abajo del set point
56	Alarma nivel alto Tanque 1	Q2.7	Acciona cuando el nivel del tanque 1 esta arriba del 90% de su capacidad y se apaga cuando el nivel del tanque 1 esta abajo del 90% de su capacidad máxima
57	Alarma nivel alto Silo 1	Q3.0	Acciona cuando la temperatura del silo 1 esta arriba del 90 % de su capacidad y se apaga cuando el nivel del silo 1 esta abajo del 90% de su capacidad máxima
58	Alarma nivel alto Silo 2	Q3.1	Acciona cuando la temperatura del silo 2 esta arriba del 90 % de su capacidad y se apaga cuando el nivel del silo 2 esta abajo 90 % de su capacidad
59	Alarma nivel bajo Tanque 1	Q3.2	Acciona cuando el nivel del tanque 1 esta abajo del 40% de su capacidad y se apaga cuando el nivel del silo 2 esta arriba del 40% de su capacidad
60	Alarma nivel bajo Silo 1	Q3.3	Acciona cuando la temperatura del silo 1 esta abajo del 10% de su capacidad y se apaga cuando el nivel del silo 1 esta abajo del 10% de su capacidad máxima
61	Alarma nivel bajo Silo 2	Q3.4	Acciona cuando la temperatura del silo 2 esta abajo del 10% de su capacidad y se apaga cuando el nivel del silo 2 esta abajo del 10% de su capacidad máxima
	Total de señales		

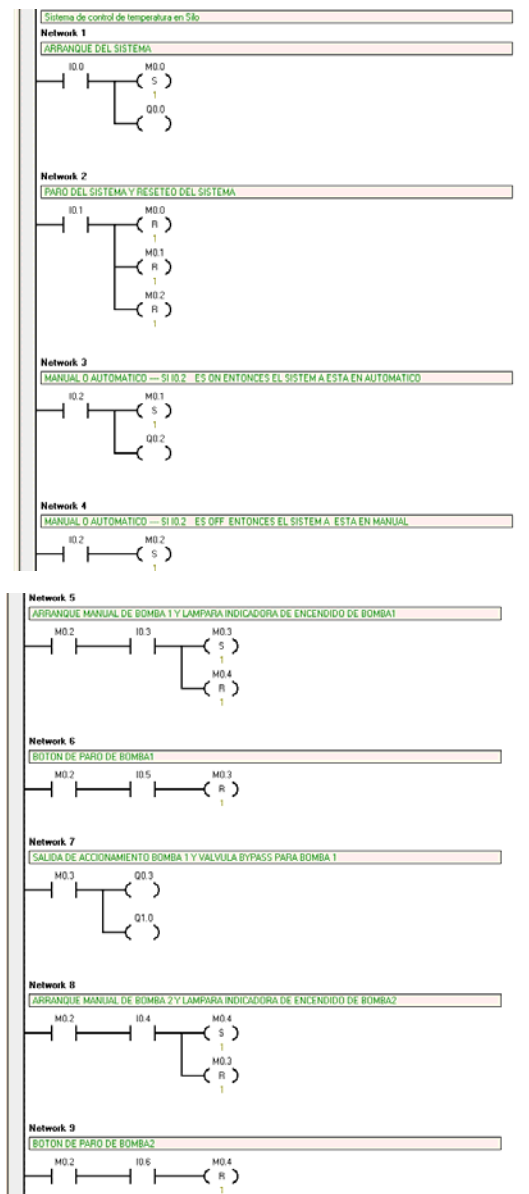
En esta tabla engloba la lógica de control del sistema propuesto de tal manera que gobernará al sistema de forma eficiente y con interacción con el usuario, a base de selector manual y automático con el fin de mantener el sistema en forma activa y bajo parámetros establecidos.

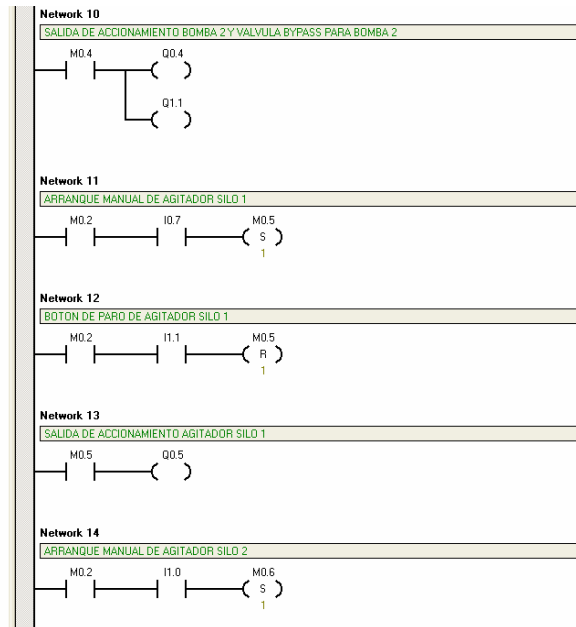
El sistema también emitirá alarmas en los niveles de las variables tanto niveles altos, como en niveles bajos según sea el caso y lo crítico de la variable.



CAPITULO IV.

IV.1.- ALGORITMOS DE CONTROL





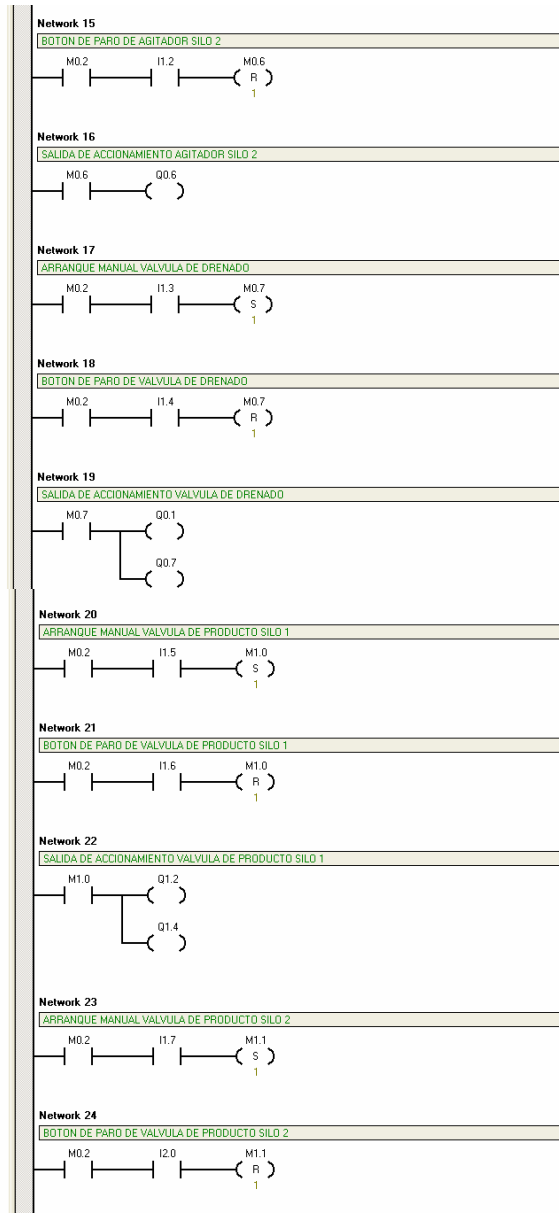
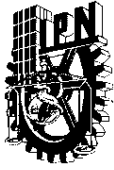
El sistema de control es basado en la filosofía de control, realizada en el programa STEP7 y programado para un CPU-224

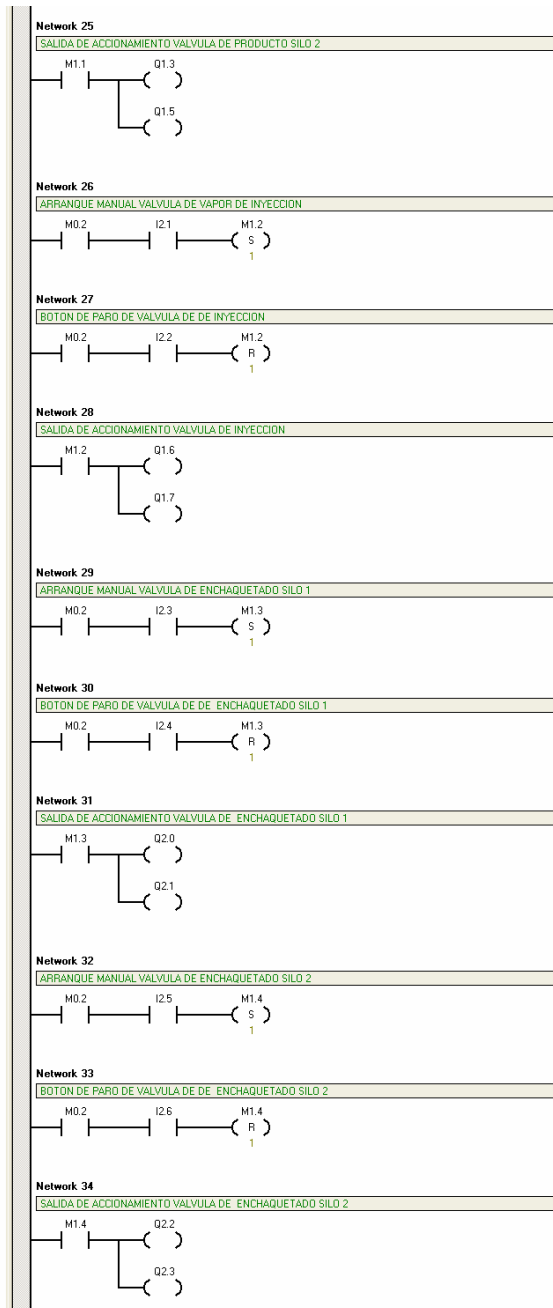
La lógica de control es dividida en dos partes: la parte manual y la parte automática, en la parte manual es seleccionado a través del botón selector y a partir de ese momento cada elemento final de control como son las bombas y válvulas son actuadas por medio de un botón de arranque y otro botón de paro.

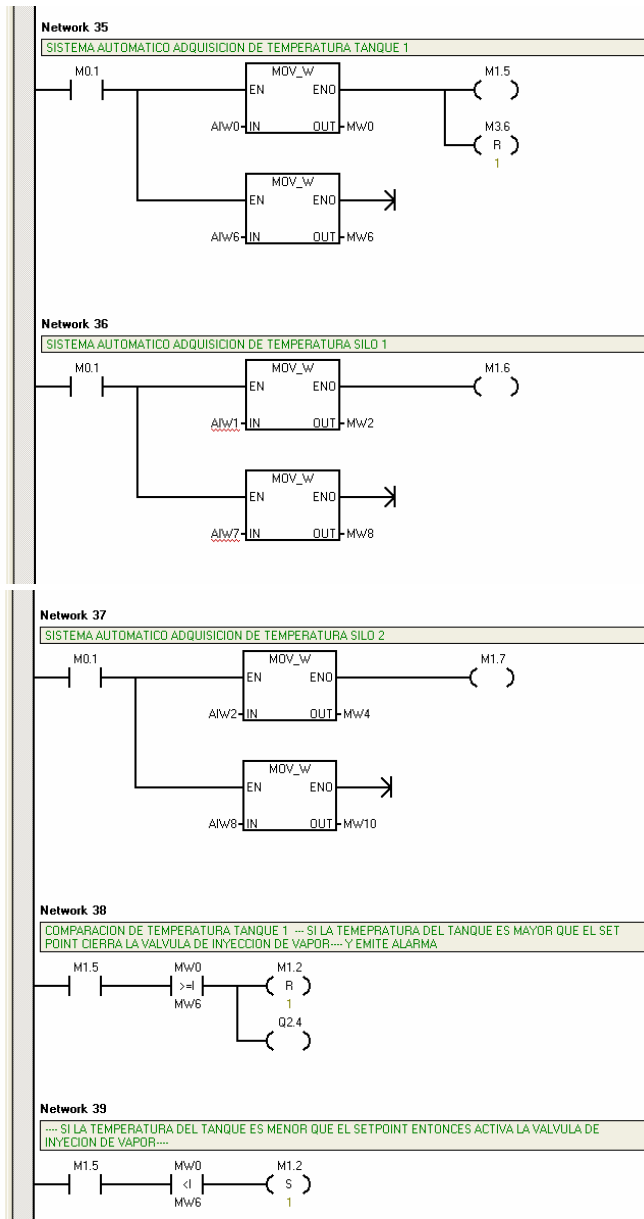
Cada elemento final de control tiene una lámpara indicadora la cual nos indicará el estado del elemento.

En forma automática cada elemento final de control se basa en el algoritmo de comparación relacionado a la filosofía de control.

La programación está basada en programación de escalera o ladder, en formato estándar, lo que lo hace fácil de comprender para posteriores análisis y control de cambios.



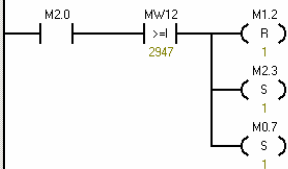






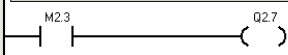
Network 48

COMPARACION DE NIVEL AL 90 % DE SU CAPACIDAD DEL TANQUE 1, ACTIVACION DE ALARMA Y APERTURA DE VALVULA DE DRENADO



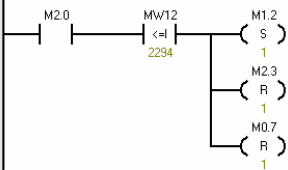
Network 49

ACTIVACION DE ALARMA DE NIVEL ALTO DEL TANQUE



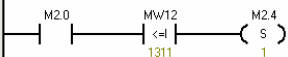
Network 50

COMPARACION DE NIVEL AL 70 % DE SU CAPACIDAD DEL TANQUE 1, DESACTIVACION DE ALARMA Y CIERRE DE LA DE VALVULA DE DRENADO



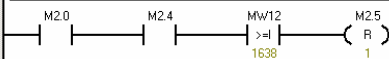
Network 51

COMPARACION DE NIVEL AL 40 % DE SU CAPACIDAD DEL TANQUE 1, ACTIVACION DE ALARMA BAJO NIVEL



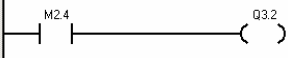
Network 52

DESACTIVACION DE ALARMA NIVEL BAJO AL 50 % DE SU NIVEL



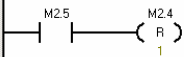
Network 53

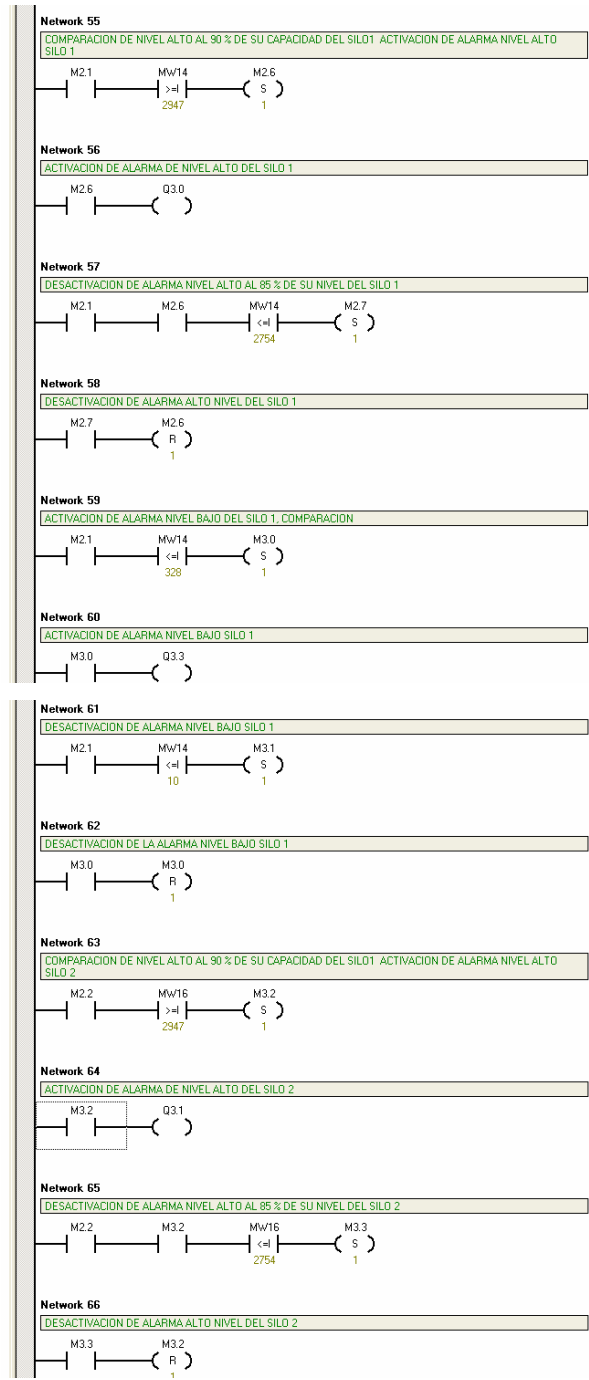
ACTIVACION DE ALARMA BAJO NIVEL

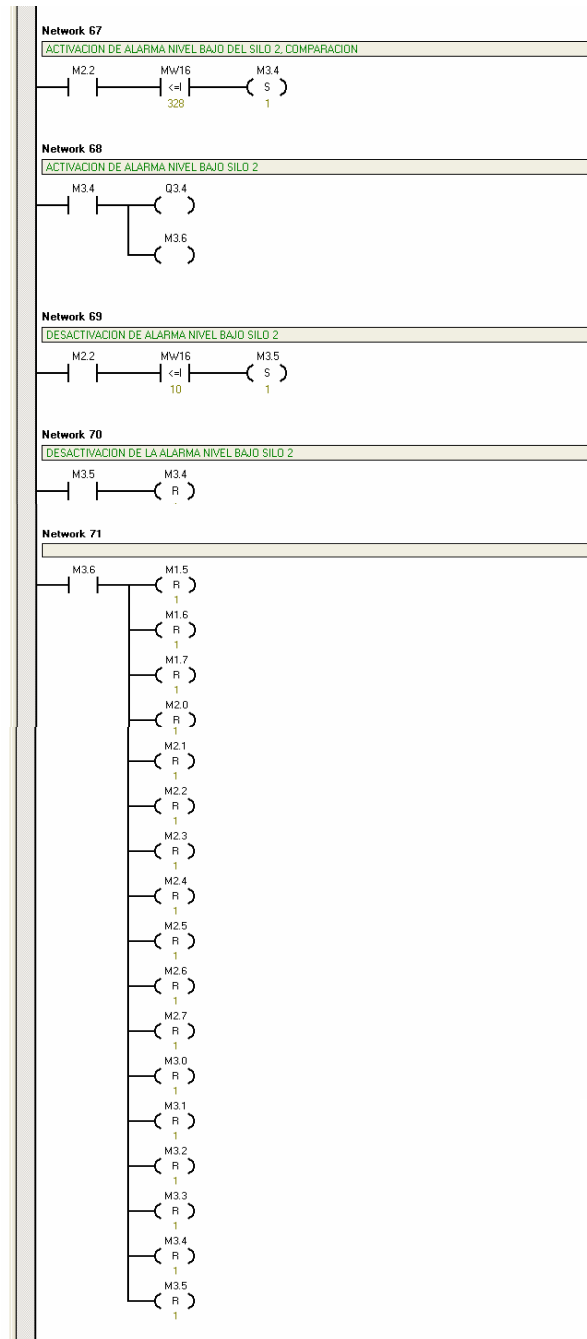


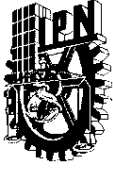
Network 54

DESACTIVACION DE ALARMA NIVEL BAJO









CAPITULO V.

V.1.- RESULTADOS

Al simular el sistema encontramos que la lógica de control es la parte medular y los algoritmos deben de ser apegados a la filosofía del control de lo contrario el usuario final no tendrá los resultados requeridos.

Para poder entender el proceso se desarrolló los DTI's del proceso, para poder entender la lógica de control, además para poder ubicar cada instrumento, sensor, válvulas. Motores de bombas y motores de agitadores.

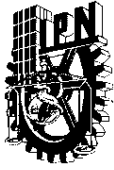
Las luminarias de indicación se pueden colocar en el tablero a través de lámparas indicadoras de marcas establecidas como Siemens, Schneider Electric, o Allen Bradley, y pueden ser color verde para las lámparas indicadoras de arranque o encendido y rojas para lámparas indicadoras de paro o falla.

Los selectores serán de dos posiciones con el fin de indicar si el sistema está en manual o en automático,

El sistema en manual y automático es de gran versatilidad para el usuario final ya que solo cuando quiera accionar una válvula en específico o cualquier elemento final de control, lo podrá hacer sin necesidad de que el sistema salga de sus parámetros y con la seguridad de tomar decisiones en sí control.

Debido al sensor de temperatura ubicado en cada silo, el sistema de calentamiento se hace independiente para el Silo 1 y para el Silo 2, y debido a que su válvula de encaquetado que permite calentar haciendo un lazo de control con el sensor, logra mantener la temperatura del producto independientemente de la cantidad de producto y del silo.

El agua caliente se recircula a toda hora por lo que es muy crítico que deje de funcionar, por lo que se planteó un sistema de Bypass, para poder mantener una bomba trabajando mientras que la otra está parada, lo que se puede programar mantenimientos preventivos a cada bomba.



El sistema tiene un algoritmo de control el cual nunca permitira que se activen las dos bombas al mismo tiempo.

Debido a que el inyector de vapor genera gran cantidad de condensados se planteo una válvula de drenado en el tanque para almacenar agua caliente, y un sensor de nivel, así como, un sistema de alarmas.

Cuando el nivel del tanque 1 es igual o mayor que el 90 % de su capacidad máxima, el sistema acciona la válvula de drenado y el sistema la cierra cuando el nivel del tanque baja al 80 % de su capacidad.

En este estado el sistema manda una alarma indicando el nivel alto del tanque esta alarma pude ser una torreta color rojo o puede ser un sistema audio visual debido a que dentro del área de proceso existe gran cantidad de ruidos lo que garantizaría una mejor visualización del evento.

Debido a que no se debe dejar de recircular agua caliente en el sistema y para poder garantizar el abasto a la red de tuberías de agua caliente, el tanque tiene una alarma de nivel bajo de agua caliente, la cual se acciona al 40 % de su capacidad máxima. En caso de que la tubería tenga fugas o que la válvula de drenado no selle correctamente y el inyector de vapor no este funcionando el nivel del tanque bajaría a un nivel crítico el cual ya no garantizaría que le agua caliente se estubiera recirculando.

Dentro del sistema de alarmas propuesto, se pretende visualizar el nivel alto y bajo de los silos, debido a que también es crítico la existencia de producto almacenado y con el fin de siempre poder abastecer a la línea de producción, se planteo que cuando el silo tuviera el 90% de su capacidad se consideraría como silo lleno y que accionará una alarma para indicar que ya no requiere ser llenado con más producto. Y por su parte el nivel bajo de producto será cuando el nivel tenga un 10% de su capacidad lo que permitirá tomar acciones para poder accionar el cambio de silo y su válvula de producto.

Los resultados obtenidos con esta simulación garantizán que el sistema al ser instalado prodrá ser operado con base a los requerimientos del usurio y dan mayor confianza a la lógica de programación.



V.2.- COSTO DEL PLC

No	Cantidad	Descripcion	No. De catalogo	Presio unitario USD	Prescio total USD
1	1	CPU 224XP AP. DC/DC/DC , 14 ED /10/ SD 2 EA, 1	6ES72142AD230XB0	\$672.00	\$672.00
2	1	16 ENTRADAS DIGITALES 24 VDC, GEN. 2	6ES72211BH220XA0	\$156.00	\$156.00
3	2	4 ENTRADAS ANALOGICAS, GEN. 2	6ES72310HC220XA0	\$242.00	\$484.00
4	3	8 SALIDAS A RELAY, GEN. 2	6ES72221HF220XA0	\$150.00	\$450.00
5		Total del PLC			\$1,762.00

Estos costos son basados en la lista de precios de Siemens del 2008 y los precios son el precio de lista, por lo que se tienen que cotizar con alguno de los distribuidores o puntos de ventas y se tienen que recotizar. Estos precios solo son de referencia.

Con este PLC tendremos la siguiente cantidad de señales disponibles:

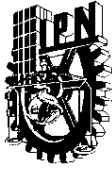
Señales de entrada Digitales= $14 + 16 \times 1 = 30$ señales

Señales de entrada Analógicas= $2 + 4 \times 2 = 10$ señales

Señales de Salidas Digitales= $10 + 8 \times 3 = 34$ señales

Señales de Salida Analógicas= 0 señales

Cantidad de tarjetas = 6



V.3.- DIAGRAMA DE CONTROL, DTIS

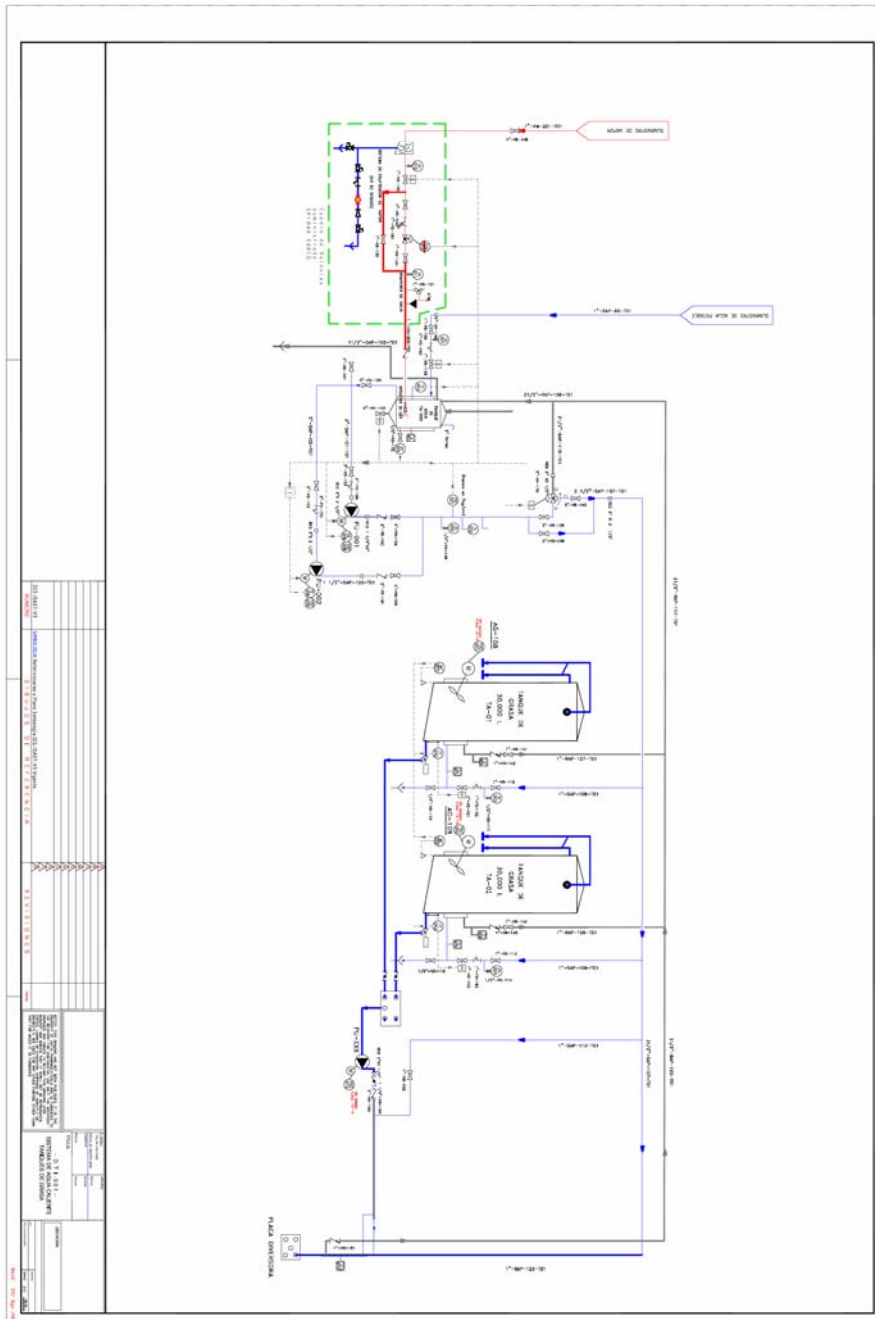


Fig. DTI del proceso, realizado en autocad.



CAPITULO VI.

VI.1.- CONCLUSIONES

El proyecto es basado en la necesidad real de una empresa farmaceutica la cual se dedica a la fabricación de leche en polvo, la principal variable a controlar a fue la temperatura, ya que se debe mantener el producto o materia prima a un set point establecido previamente por el usuario final, la temperatura es una variable lenta por lo que el sistema de control diseñado bajo el PLC tiene la capacidad de dar respuesta suficientemente rapida para poder gobernar al sistema.

El sistema fue diseñado para interactuar con el usuario final de tal modo que se pueda utilizar en forma manual y automático.

El sistema permite la utilización y accionamiento de cualquiera de las válvulas y bombas (elementos finales de control) de manera independiente para cuestiones de mantenimiento o simplemente para fines que el usuario final requiera dentro de su proceso.

El sistema de control es considerado como un sistema de multiples variables de entrada y multiples salidas, en lazo cerrado por ejemplo la temperatura del tanque de agua caliente hace lazo con el sensor de temperatura del tanque y la válvula de de control del vapor de inyeccion, así mismo, el sensor de temperatura del cada silo hace lazo con su respectiva válvula de entrada de agua a la chaqueta. Tambien es considerado como accionamiento on-off y no proporcional debido a que las válvulas de control son de accionamiento On- Off.

El proyecto cuenta con un sistema de alarmas para alertar al usuario de posibles fallas y las cueles deberan ser atendidas de inmediato. El sistema de alarmas es para niveles altos o bajos de temperatura, nivel de agua y niveles de producto.

El sistema de control para los silos de grasa es un sistema básico de control, basado en un PLC. Es considerado como basico ya que se pueden realizar modificaciones logrando automatizar con mayor complejidad, con algoritmos de control PID eficientando el sistema de tal manera que sea un sistema inteligente.



VI.2.- RECOMENDACIONES A FUTURO

Debido a que el sistema es de múltiples variables de entrada y de salida hacen las siguientes recomendaciones:

Es posible mejorar la lógica de control eficientando la energía y logrando un sistema de control más estable, por el hecho de tener elementos finales de control con accionamiento On.Off en especial las válvulas, ya que los sistemas de control On-off generan grandes pérdidas de energía, por lo cual se pueden proponer el cambio de válvulas On-Off a válvulas de accionamiento proporcional de 4 a 20 mA o de 0 a 10 y algoritmos de control basados en PIDs.

Recomiendo el uso de una pantalla de interface gráfica, HMI, donde podremos colocar los tanques representados con figuras, así como, las válvulas, y desde las pantalla podríamos dar instrucciones de accionamiento de algún elemento o mandar al sistema en accionamiento manual o automático.

Proponemos el uso de la tecnología y el uso del internet el cual podrá comunicar a varias personas involucradas en el proceso, como supervisores, personal de mantenimiento, gerencia de producción y gerencia de planta, así como, gerencias a nivel corporativo.

Actualmente en México los Sistemas SCADA están siendo implementados por las empresas para debido a la flexibilidad el uso de usuarios, comunicación via Internet, acceso, monitoreo y control desde cualquier parte del mundo, emisión de reportes personalizados según periodos de tiempo programables y definidos por el usuarios.

Debido a que el sistema es instalado para una empresa farmacéutica los sistemas SCADA deben cumplir con la normatividad del CFR 21 part 11 esto bajo los estándares de la FDA (Food Drugs Administration), por lo que deben tener control de accesos a usuarios mediante password, bitácora, sistemas audit.-Trail, reporte de variables bajo periodos establecidos por el usuario, base de datos de los parámetros medidos sin poder ser modificados por el usuario. Sistema de alarmas con reporte bajo periodos definidos por el usuario.



El Software Scada puede ser realizado bajo alguna de las plataformas para sistemas SCADA existentes en el mercado como por ejemplo, Wonderware, WinCC de Siemens, DeltaV de Emerson, o LabView de National Instruments.

Proponemos la utilización de LabView para la realización del SCADA debido a que es una plataforma de programación flexible, se pueden construir bases de datos inmutables, y queda en cumplimiento con el CRF 21 Part 11,

Debido a que la marca del PLC es diferente a la marca de National Instruments, cada marca maneja sus propios protocolos de comunicación e interface, se recomienda el uso del OPC-server de National Instruments, el cual hace transparente la visualización de las variables.



ANEXOS

SIMATIC Controllers

The innovative solution
for all automation tasks



Brochure • November 2006

simatic CONTROLLERS

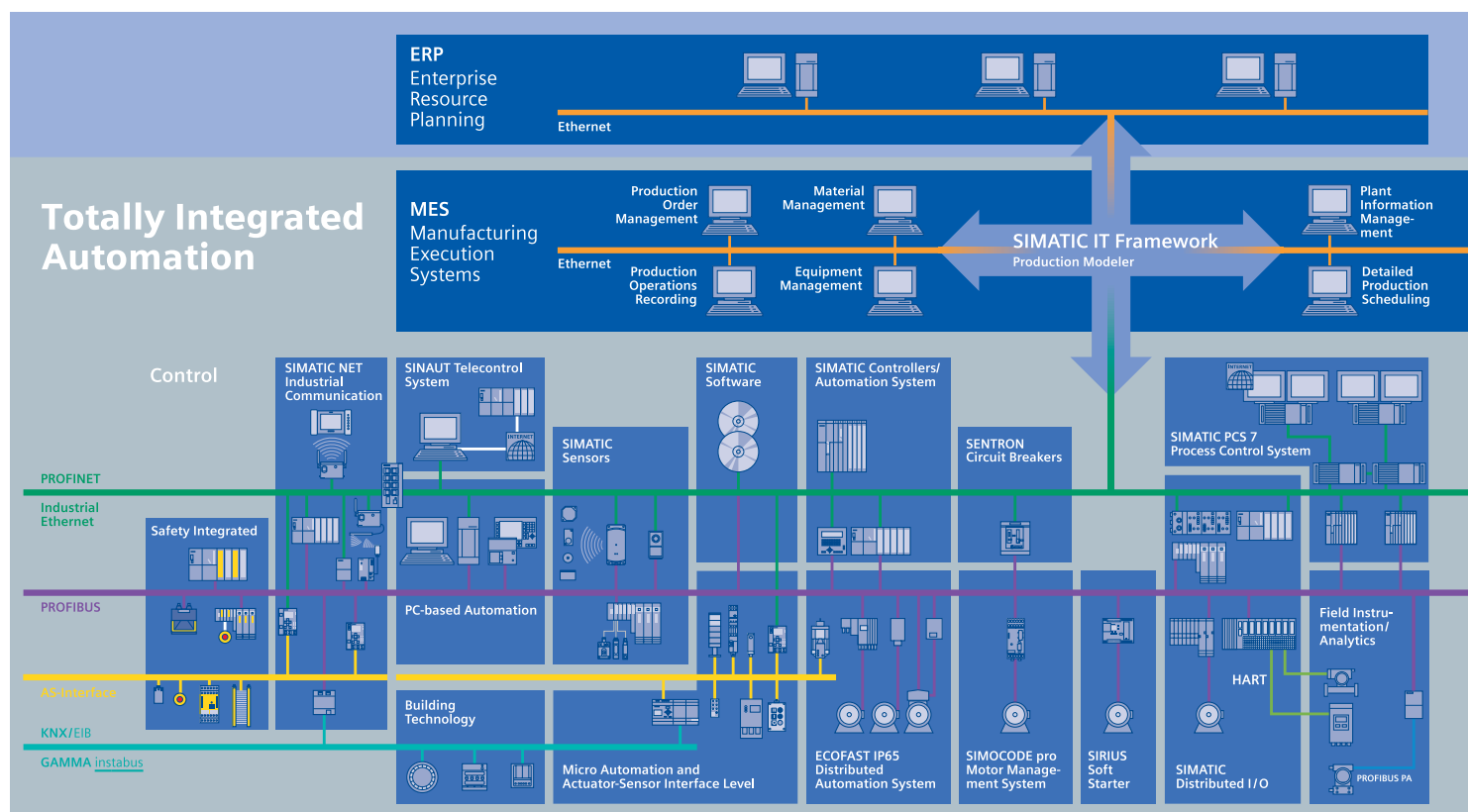


SIEMENS

Increase your competitiveness with Totally Integrated Automation

To be able to respond to the increasing international competitive pressure, it is more important than ever that you focus on the core competencies of your company. The medium-term and long-term strategic focus on innovative automation concepts will be a key factor that helps you achieve sustained success.


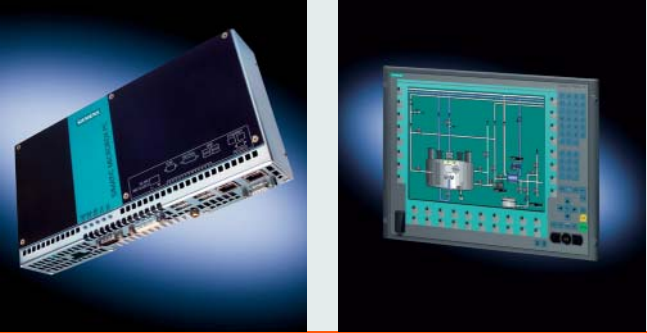

Siemens offers the ideal basis for this purpose - Totally Integrated Automation (TIA) - for all sectors, from incoming to outgoing logistics. Thanks to the unique integration of Totally Integrated Automation you can take advantage of the unrivalled interaction of all of our products and systems - even across different versions. Thus you protect your investments and simultaneously take advantage of future developments.



Product range

The individual desires of your customers are your priority. To meet this priority, you must also be able to adapt the automation system quickly to the most varied requirements and machine versions. With SIMATIC Controllers, you always achieve the necessary degree of flexibility.

Whether you want open-loop control "only", or you also want to cover other additional automation applications such as visualization, technology or data archiving – we always have the right solution for you! And with a unique level of integration in engineering, communication and diagnostics.

Controllers	Description
Modular Controllers	
	<p>Modular SIMATIC Controllers have been optimized for control tasks and specially designed for ruggedness and long-term availability. They can be flexibly expanded at any time using plug-in I/O modules, function modules, and communications modules. Depending on the size of the application, the right controller can be selected from a wide range according to performance, quantity frameworks, and communications interfaces. The modular controllers can also be used as fault-tolerant or fail-safe systems.</p>
Embedded Automation	
	<p>SIMATIC Embedded Automation products utilize the openness of PC-based systems and offer an increased level of ruggedness. The controller and PC applications run on the same rugged platform – without the use of rotating parts like hard disks or fans. The operating system used is tailored and optimized to the hardware architecture in each case. SIMATIC Embedded Automation products are ready to use and can be installed direct on DIN rails or at the machine on-site.</p>
PC-based Controllers	
	<p>SIMATIC PC-based Controllers can run on standard PC systems either as pure Software PLCs or as Slot PLCs in the form of a plug-in card. Any PC applications, visualization and control tasks, as well as technological functions can simply be combined here to form an overall automation solution. The extensive resources of an industrial PC, such as its user memory, are exploited here.</p>

Product range

Modular Controllers		
<p>LOGO! Logic module for switching and controlling</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Simple automation in industry, trade and utility building as a replacement for mechanical switchgear ■ Simplest possible programming with LOGO! Soft Comfort ■ Component part of Micro Automation <p>More information about LOGO! under www.siemens.com/logo</p>	
<p>SIMATIC S7-200 Low-cost micro system</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ For series mechanical equipment manufacture or as a stand-alone solution ■ Easy-to-learn engineering software STEP 7 Micro/WIN ■ Component part of Micro Automation <p>More information about SIMATIC S7-200 under www.siemens.com/s7-200</p>	
<p>SIMATIC S7-300 Modular PLC for system solutions in the manufacturing industry</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Compact design, mounting on DIN rail ■ Many functions are integrated into the CPU (I/O, technology functions, PROFIBUS/PROFINET connection) ■ Maintenance-free thanks to data retentivity on Micro Memory Card^{*)} ■ Isochronous mode on PROFIBUS ■ Failsafe versions ^{*) without battery} 	
<p>SIMATIC S7-400 Power PLC for system solutions in the manufacturing and process industries</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Rack system with various rack types ■ Extremely high-speed processing and communication performance ■ Changes to the configuration during operation ■ Isochronous mode on PROFIBUS ■ Fail-safe and fault-tolerant versions 	
<p>SIMATIC C7 Compact unit comprising controller and panel</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Complete machine control in the smallest possible space ■ Turnkey, compact installation direct at the machine ■ Can be expanded with S7-300 modules ■ Maintenance-free thanks to data retentivity on Micro Memory Card^{*)} <p>^{*) without battery}</p>	
<p>SIMATIC ET 200 Modular, distributed I/O system with local intelligence</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Design with degree of protection IP20 (in the control cabinet) and IP65/67 (without control cabinet) ■ Module replacement during operation ■ Failsafe version ■ Maintenance-free thanks to data retentivity on Micro Memory Card^{*)} <p>^{*) without battery}</p>	

Embedded Automation

SIMATIC Microbox 420-RTX
 Turnkey, rail-mounted PC with Software PLC

- Fan-free and diskless platform
- Real-time-enabled and deterministic software PLC on Windows XP Embedded
- Data retentivity^{*)}

^{*)} via integrated SRAM



SIMATIC Microbox 420-T
 Turnkey, rail-mounted PC with Software PLC and Motion Control

- Fan-free and diskless platform
- Real-time-enabled and deterministic software PLC on Windows XP Embedded
- PLCopen-compliant Motion Control functions
- Data retentivity^{*)}

^{*)} via integrated SRAM



SIMATIC Panel PC 477-HMI/RTX
 Turnkey Panel PC with Software PLC and visualization software

- Control and visualization on a single fan-free and diskless platform
- Real-time-enabled and deterministic software PLC on Windows XP Embedded
- Operator input using touch screen or membrane keyboard
- Data retentivity^{*)}

^{*)} via integrated SRAM



SIMATIC WinAC MP
 Software PLC on a multi-functional platform

- Control and visualization on a single fan-free and diskless platform
- Software PLC with real-time and deterministic capability on Windows CE
- Operator input using touch screen or membrane keyboard



PC-based Controllers

SIMATIC WinAC
 Software or Slot PLC – open, flexible and reliable

- Open, PC-based control based on Windows
- Software PLC for greater flexibility and openness - even for real-time and deterministic requirements
- Slot PLC for increased availability and operational safety



Selection assistance SIMATIC Controllers

Modular Controllers

SIMATIC S7-200



SIMATIC S7-300



SIMATIC product range		
Brief description	Modular micro controllers for control tasks in the low-end performance range	Modular controllers for system solutions in manufacturing automation in the low- to mid-performance range
Product range	<ul style="list-style-type: none"> ■ 5 compact CPUs 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 7 standard CPUs ■ 6 compact CPUs ■ 4 fail-safe CPUs ■ 2 technology CPUs
Spare parts guaranteed for	10 years	10 years
Temperature range	0...55 °C	0...60 °C ¹⁾
Performance		
Execution time for bit operation, min.	0.22 µs	0.01 µs (CPU 319)
Memory		
Main memory, max.	Program 24 KB, data 10 KB	1400 KB (CPU 319)
Load memory/mass storage, max.	Memory cassette 256 KB	Micro Memory Card 8 MB
Backup, max.	Program on EEPROM, dynamic data on integral capacitor or on battery module (option)	Program and data on Micro Memory Card (maintenance-free)
I/O		
I/O address area, max.	128 / 120 digital, 30 / 15 analog	8192/8192 bytes
Centralized - I/O integrated in CPU - I/O modules on CPU	<ul style="list-style-type: none"> ■ ■ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ (compact CPU) ■
Distributed - I/O modules on PROFIBUS - I/O modules on PROFINET		All ET 200 I/O devices ET 200S, ET 200pro
Technology functions		
Loadable function blocks	■	■
Basic functions integrated in CPU	■	■ (compact CPUs)
Special modules, plugged in centrally	■	■
Technology controllers		■ (technology CPUs)
Isochronous mode		■
Safety/availability		
Fail-safety		■ (Fail-safe CPUs)
Fault tolerance		■ (software redundancy)
Configuration changes during operation (CiR)		
Connection/disconnection of centralized I/O during operation (hot swapping)		
HMI functions		
Integrated		
PC functions		
C/C++ link		
Data acquisition and archiving		
Expandable with PC standard hardware		
Integration of PC standard HW/SW		
Engineering		
Configuration/programming software	STEP 7 Micro/WIN	STEP 7 / STEP 7 Professional
Programming languages	LAD, FBD, STL	KOP (LD), FUP (FBD), AWL (IL), S7-Graph (SFC), S7-SCL (ST), S7-HiGraph, CFC
Configuration of integral HMI functions		
Communication		
MPI	■	■
PTP	■ (freeport)	■ (also via CP)
AS-Interface	■ (via CP)	■ (via CP)
PROFIBUS	■ (via CP as DP slave)	■ ²⁾ (also via CP)
PROFINET		■ (also via CP)
Others integrated	Freeport, PPI, via CP: Ind. Ethernet	
Web server		■ (PN-CPU)

¹⁾ With SIPLUS components also for expanded temperature range ²⁾ For technology CPUs, also with PROFIdrive

SIMATIC S7-400



SIMATIC ET 200 with CPU



SIMATIC C7

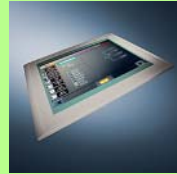


	ET 200S	ET 200pro	
Modular controllers for system solutions in manufacturing and process automation in the medium to upper performance ranges	Distributed, modular I/O system with local intelligence		S7-300 controller and operator panel as all-in-one unit
<ul style="list-style-type: none"> ■ 9 standard CPUs ■ 2 fail-safe CPUs ■ 2 fault-tolerant CPUs 	With degree of protection IP20 <ul style="list-style-type: none"> ■ 1 standard CPU ■ 1 fail-safe CPU 	With degree of protection IP65/67 <ul style="list-style-type: none"> ■ 1 standard CPU 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 5 versions (various CPU/Panel combinations) ■ Customized design on request
10 years	10 years		10 years
0...60 °C	0...60 °C	0...55 °C	0...50 °C
0,018 µs (CPU 417)	0.1 µs		0,1 µs
30 MB (CPU 417)	ET 200S	ET 200pro	
Memory card 64 MB	96 KB	256 KB	128 KB
Program and data by means of backup battery or program by means of MC FEPRM	Micro Memory Card 8 MB		Micro Memory Card 8 MB
16384/16384 bytes	Program and data on Micro Memory Card (maintenance-free)		Program and data on Micro Memory Card (maintenance-free)
	ET 200S	ET 200pro	
■	244/244 bytes	2048/2048 bytes	2048/2048 bytes
			■
			■
All ET 200 I/O devices ET 200S, ET 200pro	All ET 200 I/O devices		All ET 200 I/O devices ET 200S, ET 200pro (via CP)
■			■
■			■
■			
	ET 200S	ET 200pro	
■ (F-CPU, FH-CPU)	■		
■ (HI/FH CPUs or software redundancy)			■ (software redundancy)
■			
■			
			■ (Touch Panel or Operator Panel)
STEP 7 / STEP 7 Professional	STEP 7 / STEP 7 Professional		STEP 7 / STEP 7 Professional
KOP (LD), FUP (FBD), AWL (IL), S7-Graph (SFC), S7-SCL (ST), S7-HiGraph, CFC	KOP (LD), FUP (FBD), AWL (IL), S7-Graph (SFC), S7-SCL (ST), S7-HiGraph, CFC		KOP (LD), FUP (FBD), AWL (IL), S7-Graph (SFC), S7-SCL (ST), S7-HiGraph, CFC WinCC flexible (C7-613: STEP7)
	ET 200S	ET 200pro	
■	■	■	■
■ (via CP)			■ (via CP)
			■ (via CP)
■ (also via CP)	■	■	■ (also via CP)
■ (also via CP)		■	■ (via CP)
■ (PN-CPU)		■	

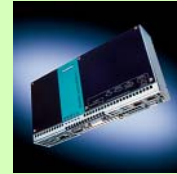
Selection assistance SIMATIC Controllers

Embedded Automation

SIMATIC WinAC MP



SIMATIC Microbox 420-RTX



SIMATIC product range		
Brief description	Software PLC on multifunctional platform (MP370, without fan, without hard disk) with Windows CE	Embedded DIN rail PC (without fan, without hard disk) with Windows XP Embedded and Software PLC
Product range	<ul style="list-style-type: none"> ■ Standard product ■ Customized design and OEM product on request 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Standard product ■ Customized design and OEM product on request
Spare parts guaranteed for	10 years	5 years
Temperature range	0...50 °C	0...50 °C
Performance		
Execution time for bit operation, min.	0.2 μs	0.02 μs (Celeron 400 MHz)
Memory		
Main memory, max.	5 MB Flash, 1 MB RAM	512 MB RAM
Load memory/mass storage, max.	1 MB integrated	2 GB CompactFlash card
Backup, max.	All data with UPS	Control data (25 KB SRAM) without UPS, all data with UPS
I/O		
I/O address area, max.	16384/16384 bytes	16384/16384 bytes
Centralized - I/O integrated in CPU - I/O modules on CPU		<ul style="list-style-type: none"> ■ (via PC/104-<i>plus</i> cards and ODK)
Distributed - I/O modules on PROFIBUS - I/O modules on PROFINET	All ET 200 I/O devices	All ET 200 I/O devices
Technology functions		
Loadable function blocks	■	■
Basic functions integrated in CPU		
Special modules, plugged in centrally		
Technology controllers		
Isochronous mode		
Safety/availability		
Fail-safety		
Fault tolerance		
Configuration changes during operation (CiR)		
Connection/disconnection of centralized I/O during operation (hot swapping)		
HMI functions		
Integrated	■ (Multi Panel)	
PC functions		
C/C++ link		■ (via ODK)
Data acquisition and archiving	■	■ (large data quantities)
Expandable with PC standard hardware		■ (max. 3 x PC/104- <i>plus</i> cards)
Integration of PC standard HW/SW		■ (via ODK, OPC)
Engineering		
Configuration/programming software	STEP 7 / STEP 7 Professional	STEP 7 / STEP 7 Professional
Programming languages	KOP (LD), FUP (FBD), AWL (IL), S7-Graph (SFC), S7-SCL (ST), S7-HiGraph, CFC	KOP (LD), FUP (FBD), AWL (IL), S7-Graph (SFC), S7-SCL (ST), S7-HiGraph, CFC
Configuration of integral HMI functions	ProTool	
Communication		
MPI	■	
PTP		■ (via CP distributed)
AS-Interface		
PROFIBUS	■	■
PROFINET		
Others integrated	Ind. Ethernet, USB, RS232	Ind. Ethernet, USB, RS232, DVI-I
Web server		



BIBLIOGRAFÍA

- INGENIERIA DE CONTROL MODERNA, Katsuhiko Ogata, Prentice Hall, Tercera edición. 1998.
- INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL, Antonio Creus Solé, AlfaOmega, Sexta edición. 1997.
- CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESO, Carlos A. Smith y Armando B. Corripio, Editorial Limusa, Primera Edición 1991.
- PRINCIPIOS DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL, Douglas A. Skoog, F. James Holler, Timothy A. Nieman, Mc Graw Hill, Quinta edición, 1992.
- VÁLVULAS, SELECCIÓN, USO Y MANTENIMIENTO, Richard W. Greene, Mc Graw Hill, Primer edición 1995.