



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERIA ELECTRONICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

TÍTULO:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

AUTORES:

**DURAN QUIÑONEZ SAMUEL ISMAEL
SEGURA CRUZ DANIELLO STALIN**

**“INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE UN SISTEMA
AUTOMÁTICO PARA MONITOREO Y CONTROL DE UN MOTOR
ELÉCTRICO CONECTADO EN DELTA UTILIZANDO UN EQUIPO
DE MEDICIÓN SENTRÓN PAC3200”**

TUTOR:

ING. TORRES PINO LUIS FERNANDO

**Guayaquil, Ecuador
2013**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERIA ELECTRONICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Samuel Ismael Duran Quiñonez y Daniello Stalin Segura Cruz, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica en Control y Automatismo.

TUTOR (A)

Ing. Luis Fernando Torres Pino

REVISOR(ES)

Ing. Armando Heras Sánchez

Ing. Fernando Palacios Melindez

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Armando Heras Sánchez

Guayaquil, a los 26 del mes de Octubre del año 2013



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERIA ELECTRONICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Samuel Ismael Duran Quiñonez y Daniello Stalin Segura Cruz**

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación **“Investigación y desarrollo de un sistema automático para monitoreo y control de un motor eléctrico conectado en delta utilizando un equipo de medición sentrón pac3200”** previa a la obtención del Título de **Ingeniero en Electrónica en Control y Automatismo**. ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 26 del mes de Octubre del año 2013

Samuel Ismael Duran Quiñonez

Daniello Stalin Segura Cruz



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERIA ELECTRONICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

AUTORIZACIÓN

Samuel Ismael Duran Quiñonez y Daniello Stalin Segura Cruz

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Investigación y desarrollo de un sistema automático para monitoreo y control de un motor eléctrico conectado en delta utilizando un equipo de medición sentrón pac3200**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 26 del mes de Octubre del año 2013

Samuel Ismael Duran Quiñonez

Daniello Stalin Segura Cruz

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser fuente suprema de toda sabiduría y ser la luz, guía de nuestros propósitos y metas a cumplir así como la fuerza que inspiró nuestro camino del día a día.

A nuestras familias, por ser los pilares fundamentales para alcanzar tan anhelado triunfo, que representa el final de una de las etapas más importantes de nuestras vidas y el inicio de otras que serán aún más enriquecedores.

Al cuerpo docente de la Universidad Católica, al Ing. Luis Torres Pino, nuestro Director de tesis, por el apoyo y orientación brindada para la culminación del presente proyecto.

DANIELLO STALIN SEGURA CRUZ, SAMUEL ISMAEL DURAN QUIÑONEZ

DEDICATORIA

A Dios por haber permitido llegar a este muy importante momento para cada uno de nosotros el cual cumplimos una meta más en nuestras vidas por brindarnos salud y sabiduría.

A nuestros Familiares que estuvieron hay día a día guiándonos, regalándonos un empujoncito con sus consejos que nunca faltaron ni faltaran,

A Nuestros Compañeros que en el transcurso de los semestres siempre estaban para desarrollar tareas, proyectos en laboratorios.

DANIELLO STALIN SEGURA CRUZ, SAMUEL ISMAEL DURAN QUIÑONEZ

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Luis Fernando Torres Pino
PROFESOR GUÍA Ó TUTOR

Ing. Fernando Palacios Melindez
PROFESOR DELEGADO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERIA ELECTRONICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

CALIFICACIÓN

Ing. Luis Fernando Torres Pino

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	IX
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ANEXOS	XIV
TABLA DE GRAFICOS	XV

CAPÍTULO I	1
1. EL PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Delimitación del Problema	2
1.3 Justificación	3
1.4 Evaluación del Problema	3
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos Específicos.....	5
1.6 Justificación e Importancia.....	5
1.7 Hipòtesis	5
1.8 Metodología y Investigación	6

CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO TEÒRICO.....	7
2.1 Sistema Automatico de Control.....	7
2.1.1 Introducci3n	7
2.1.2 Necesidad y aplicaciones de los sistemas autom1ticos de control.....	8
2.2 Conceptos Basicos.....	9
2.2.1 Componentes b1sicos de un sistema de control.	9
2.2.2 Elementos de un Sistema de Control	10
2.2.2.1 Variable a controlar.....	10
2.2.2.2 Planta o Sistema.....	10
2.2.2.3 Sensor.....	10
2.2.2.4 Se1al de referencia.....	10
2.2.2.5 Actuador.	10
2.2.2.6 Controlador.	11
2.3 El PLC en los Sistemas de Control	11
2.3.1 Introducci3n	11
2.3.2 Sistemas de control a lazo abierto y lazo cerrado	12
2.3.3 Tipos de sistemas de control realimentados.....	16
2.3.4 Acciones b1sicas de control	18
2.3.5 Acci3n de dos posiciones	18
2.3.6 Acci3n proporcional (P).....	19
2.3.7 Acci3n proporcional Integral	21
2.3.8 Acci3n Proporcional Derivativa	22
2.3.9 Acci3n proporcional-integral-derivativo (PID).....	23
2.3.10 Automatismos Cableados vs Programables	25
2.3.11 Evoluci3n de los PLC.....	37
2.3.12 Componentes y Dise1o de un automatismo	40
2.3.13 Selecci3n del PLC	41
2.4 Funcionamiento del PLC.....	43
2.4.1 Introducci3n	43
2.4.2 Estructura Interna del PLC.....	43

2.4.3	Clasificación	44
2.4.4	Entradas y Salidas	46
2.4.5	Entradas Digitales	49
2.4.6	Salidas Digitales.....	51
2.4.7	Señales Analógicas.....	55
2.4.8	Entradas Analógicas.	56
2.4.9	Salidas Analógicas.....	59
2.4.10	Entradas y Salidas Especiales	61
2.5	Motores de Corriente Alterna	61
2.5.1	Introducción de motores trifasicos por induccion.	61
2.5.2	Motores de rotor de jaula de ardilla.....	63
2.5.3	Motores de rotor de anillos rozantes	64
2.5.4	Conexiones fundamentales de los motores electricos trifasicos	64
CAPÍTULO III.....		66
3	METODOLOGÍA.....	66
3.1	Diseño.....	66
3.2	Modalidad de la Investigacion	66
3.3	Justificacion del Metodo	67
3.4	Tipo de Investigacion.	68
3.5	Practicas básicas Realizadas.....	69

CAPÍTULO IV	70
4. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO PROPUESTO	70
4.1 Introducción	70
4.2 Sentron PAC 3200	71
4.3 Maneras de parametrización del sentron PAC3200	72
4.4 Características técnicas del sentron pac 3200	73
4.5 Contadores y valores medios (demanda) de potencia	74
4.6 Funciones de monitoreo	75
4.7 Visualización y manejo	75
4.8 Alimentación	76
4.9 Formato de instalación	76
4.10 Interfaz	77
4.11 Protección	77
4.12 Sentido de corriente	77
4.13 Visualización de magnitudes medidas en función del tipo de conexión	77
4.14 Totalización de los valores medios (demandas) de potencia	78
4.15 Contador universal configurable	79
4.16 Contador de horas de funcionamiento	79
4.17 Límites	79
4.18 Definición de límites	80
4.19 Vinculación lógica de límites:	80
4.20 Indicación de violaciones de límite	81
4.21 Comportamiento en caso de fallo y restablecimiento de la red	82
4.22 Abertura de inserción en la parte posterior del dispositivo	82
4.23 Lugar de montaje	83
4.24 Posición de montaje	83
4.25 Espacio de montaje y ventilación	84
4.26 Condiciones ambientales	84
4.27 Finalidad del SENTRON PAC3200	85

CAPÍTULO V.....	87
5. IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO Y RESULTADOS.....	87
5.1 Levantamiento Técnico del Módulo de Prueba.....	87
5.2 Implementación del Módulo de Pruebas.....	88
5.3 Montaje de equipos eléctricos y cableado.....	88
5.4 Comprobación del Simulador SENTRON PAC3200 en la PC.....	90
5.5 Conexión del SENTRON PAC3200.....	91
5.6 Historial de Datos.....	93
5.7 Grabación de Datos.....	97
CAPÍTULO VI.....	98
6.1 CONCLUSIONES.....	98
6.2 RECOMENDACIONES.....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	100
ANEXO A.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Equivalencias entre algunos símbolos eléctricos y su instrucción en el PLC.....	30
Tabla 2.2: Listado de asignación de entradas y salidas para el programa.....	32
Tabla 2.3: Ventajas de los sistemas programables frente a los sistemas cableados	36
Tabla 4.1: Valores de contadores y valores de extremos	81
Tabla 4.2: Rangos de temperaturas.....	85

ANEXO A

Diagrama de la conexión eléctrica del PAC3200 con el motor trifásico y visualizados en el monitor de un computador.....	102
---	-----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 2:

Figura # 2.1: Componentes básicos de un Sistema de Control.	10
Figura # 2.2: Sistema de control de temperatura a lazo abierto.	12
Figura # 2.3: Diagrama en bloques de un sistema de control a lazo abierto. ...	13
Figura # 2.4: Sistema de control de temperatura a lazo cerrado.	15
Figura # 2.5: Diagrama en bloques de un sistema de control a lazo cerrado. ...	16
Figura # 2.6: Diagrama de bloque de un control de dos posiciones	19
Figura # 2.7: Diagrama de bloque de un control de dos posiciones	19
Figura # 2.8: Diagrama en bloque de un control proporcional	21
Figura # 2.9 : Diagrama en bloque de un control PID	24
Figura # 2.10: Sistema de control de nivel de agua	26
Figura # 2.11: Implementación del sistema de control de nivel mediante relés.	26
Figura # 2.12: Implementación del Sis. Control de nivel mediante técnicas digitales.....	27
Figura # 2.13: Implementación del sistema de control de nivel mediante un PLC.	29
Figura # 2.14: Método para la conversión de un esquema eléctrico	31
Figura # 2.15: Programa para el control de nivel en lenguaje de contactos o ladder.....	31
Figura # 2.16: Variante de auto-retención mediante las funciones.	32
Figura # 2.17: Programa para el control de nivel en lenguaje de bloques	33
Figura # 2.18: Programa para el control de nivel en lenguaje	34

Figura # 2.19: Lógica para arranque y parada de motores.	34
Figura # 2.20: Panel de operación y especificaciones técnicas Panel 800 de ABB.....	38
Figura # 2.21: Controlador AC800M de ABB, con entradas y salidas remotas S800.	39
Figura # 2.22: Arquitectura de controladores AC800M de ABB,	40
Figura # 2.23: Controlador AC800M HI de ABB.....	40
Figura # 2.24: Componentes de un automatismo.	41
Figura # 2.25: PLC compactos de la línea AC31 y modulares de la línea AC500.	42
Figura # 2.26: Bloques internos que componen un PLC.....	43
Figura # 2.27: Instalación de un módulo de ampliación en un PLC compacto .	47
Figura # 2.28: Direcciones que toman las entradas y salidas de los módulos .	48
Figura # 2.29: Etapas que conforman una interfaz de entrada digital.....	49
Figura # 2.30: Especificaciones técnicas y conexionado de un módulo de 8 entradas.....	51
Figura # 2.31: Etapas que conforman una interfaz de salida digital.....	52
Figura # 2.32: Especificaciones técnicas y conexionado de un módulo de 8 entradas	53
Figura # 2.33: Conexionado de un módulo combinado de 4 entradas digitales.	54
Figura # 2.34: Conversión de una variable analógica de proceso a una señal analógica	55
Figura # 2.35: Estructura de la palabra binaria y curva con los valores decimales.....	57

Figura # 2.36: Etapas que conforman una interfaz de entrada analógica.....	59
Figura # 2.37: Etapas que conforman una interfaz de salida analógica.....	60
Figura # 2.38: Partes de un motor	63
Figura # 2.39: Rotor jaula de ardilla	63
Figura # 2.40: Rotor de anillos rozantes y comprobacion	64
Figura # 2.41: Esquema de conexión en estrella	65
Figura # 2.42: esquema de conexión en triangulo	66

CAPÍTULO 3:

Figura # 3.1: Etapas de Análisis.....	69
---------------------------------------	----

CAPÍTULO 4:

Figura # 4.1: Sentron PAC 3200.....	72
Figura # 4.2: SENTRON PAC3200 (vista frontal. Menú principal)	73
Figura # 4.3: Conexión del modulo profibus	77
Figura # 4.4: Visualización de la tensión medida para el tipo de conexión 3P4W	78
Figura # 4.5: Visualización de la tensión medida con el tipo de conexión 1P2W	78
Figura # 4.6: Parámetro ajustable "LÍMITE LÓGICO"	80
Figura # 4.7: Representación de la violación de límites.....	81
Figura # 4.8: Abertura para tarjeta de memoria y compartimento de baterías. .	83
Figura # 4.9: El sentido preferente de visión sobre la pantalla es el oblícuo. ...	84
Figura # 4.10: Visualizacion de variables voltaje, amperaje y watts..	85

CAPÍTULO 5:

Figura # 5.1: Estudio del multimedidor SENTRON PAC3200.....	87
Figura # 5.2: Perforaciones del módulo de pruebas y cortes de material galvanizado.....	88
Figura # 5.3: Montaje de equipos eléctricos	89
Figura # 5.4: Ventana principal del visualizador del SENTRON PAC3200	90
Figura # 5.5: Conexión punto a punto.....	91
Figura # 5.6: Conexión por medio de un interruptor.....	92
Figura # 5.7: Ventana principal	92
Figura # 5.8: Ventana con valores de potencia.....	93
Figura # 5.9: Configuración de grabación del historial	94
Figura # 5.10: Donde y Como Almacenar Datos.....	95
Figura # 5.11: Variable a controlar	96
Figura # 5.12: Variable a registrar.....	96
Figura # 5.13: Definir tiempo para la muestra de datos	97
Figura # 5.14: START Grabación de datos.....	97

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

Concientizar en el ahorro de energía, así como ampliar los conocimientos en aplicaciones eléctricas, es un factor importante en el mundo actual, a tal punto que existen empresas que suministran equipos para la configuración, visualización y control del consumo energético, lográndose alcanzar una mayor sensibilidad frente a cuestiones como una eficiente adquisición, procesamiento, presentación y archivo de datos de energía. Esto permite al usuario reducir los gastos en ingeniería, representando un impacto positivo en la competitividad.

El objetivo de esta tesis es analizar y ahondar en los beneficios tecnológicos que posee el equipo de medición y monitoreo el SENTRON PAC3200, adicionalmente profundizar y fortalecer el estudio, desarrollo y configuración de los parámetros de la aplicación o sistema de automatización para el monitoreo y control de motores eléctricos conectados en forma delta.

Para lograr este objetivo se utilizó el Equipo SENTRON PAC3200 DE SIEMENS que medirá y almacenará la información de la energía eléctrica suministrada al motor, este dispositivo se lo puede utilizar para registrar más de 50 parámetros eléctricos como tensión, corriente, potencias, valores de energía, frecuencia, factor de potencia y asimetría.

Los instrumentos del panel de mando compacto suministran datos básicos que ofrecerán un resumen de dónde se consume y por dónde fluye la energía en el sistema eléctrico, luego esta información será capturada en línea en el sistema de gestión de energía eléctrica el cual permitirá representar y evaluar con facilidad los valores energéticos, con la asistencia de numerosas funciones previamente parametrizadas y configuradas, de tal modo que no sólo se

obtendrá una representación transparente del consumo energético del motor sino que también la asignación a la cuenta costeadora que origina el gasto y un manejo automático de las cargas.

1.1 Planteamiento del Problema

Con un análisis previo se ha podido determinar que la FET de la UCSG, cuenta con un equipo industrial, Controlador Automático Programable (PAC) que censa, controla, y permite visualizar variables de potencia, voltaje, corriente, etc. Equipo que es gran ayuda didáctica en el aprendizaje de la cátedra de sistemas de medición, pero no es suficiente tener el equipo es necesario implementar directrices encaminadas a crear soluciones en lo que se refiere a la enseñanza de control y automatismo, creando sistemas automáticos de protección para maquinas eléctricas basadas en el SENTRON PAC, lo cual permitirá un desarrollo integral de la carrera, que es la fortaleza de la UCSG, que brinda profesionales altamente capacitados y actualizados en la tecnología industrial.

1.2 Delimitación del Problema

De acuerdo a lo indicado anteriormente esta tesis es delimitada de la siguiente manera:

Explicar y comprobar a través de un sistema automático el monitoreo y control de los diferentes parámetros eléctricos de medición que el equipo SENTRON PAC3200 captura al momento el funcionamiento de un motor conectado en delta.

1.3 Justificación

El desarrollo de la educación es el pilar fundamental para manejar un entorno competitivo. En el Laboratorio de Control y Automatismo de la Facultad Técnica para el Desarrollo de la UCSG, es necesario implementar proyectos que utilicen sistemas de gestión de energía, esto permitirá facilitar el aprendizaje al estudiante como también familiarizarse con equipos de supervisión de procesos industriales.

Muchas veces la energía eléctrica es mal implementada en algunas ocasiones por razones desconocidas, El monitoreo del consumo energético es primordial ya que con el sistema de supervisión de energía aplicado a un motor generador de variables no solo se evita la paralización del suministro sino que además permite fijar tiempos y la mejor planeación de los mantenimientos preventivos y correctivos.

Esto se traduce en ventajas considerables a largo y corto plazo en los costos de producción y operatividad.

1.4 Evaluación del Problema

El Control Automático ha tenido un vertiginoso desarrollo en los últimos años, con lo que a través del tiempo ha sufrido un proceso de evolución que se inició, aproximadamente, en el año 300 a.C., cuando los griegos tuvieron la necesidad de medir de una forma experimental el tiempo, y que ha continuado con etapas tan importantes como lo fueron la Revolución Industrial y las Guerras Mundiales.

Cuando la máquina de vapor fue inventada y se dio inicio a la Revolución Industrial, se inició paralelamente la necesidad de realizar un sistema de control para poder manipular los diferentes parámetros de esta máquina. Un ejemplo

de esto fue el desarrollo del regulador de presión con el fin de controlar este parámetro en el sistema.

Tanto en la Primera como en la Segunda Guerra Mundial, la necesidad de implementar diferentes controles para barcos, aviones y demás, motivó y, a su vez, provocó que diferentes personas se vieran involucradas en el desarrollo de los mismos, dándose en estas etapas un gran aporte al desarrollo del Control Automático.

Desde el año de 1957, cuando empieza la era espacial y de la informática, y hasta nuestros días, con el desarrollo tecnológico en las diferentes áreas, el Control Automático es algo con lo que se convive día a día, y haciendo que la vida de cada persona sea más fácil.

En resumen, a lo largo de la historia, el desarrollo de esta gran área ha estado estrechamente relacionado con la necesidad de los diferentes grupos humanos de manipular los diferentes sistemas con el objeto de conseguir que la vida de cada persona sea más fácil y placentera.

1.5 Objetivos

Los objetivos planteados para este proyecto de investigación son los siguientes:

1.5.1 Objetivo General

Investigar y desarrollar un sistema automático para monitoreo y control de un motor eléctrico conectado en delta utilizando un equipo de medición SENTRON PAC3200.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Revisar el marco teórico del SENTRON PAC3200.
- Desarrollar la parametrización, opciones de conexión y criterios de factibilidad para la utilización del equipo SENTRON PAC3200 de Siemens, como un sistema de supervisión y control.
- Realizar la práctica obteniendo las diferentes variables de medición que brinda el SENTRON PAC3200 y también visualizar el comportamiento de los diferentes equipos que se utilizarán en la interconexión Profibus.
- Exponer el funcionamiento del equipo SENTRON PAC3200.
- Demostrar que el equipo SENTRON PAC3200 refleja lecturas de diferentes variables de manera precisa y óptima.

1.6 Justificación e Importancia

Por medio del proyecto a desarrollarse, se pretende la supervisión y control de los valores eléctricos como Voltajes, Corrientes, Potencias y energías consumidas generados por un motor en tiempo real.

Posteriormente se obtendrá resultados de forma experimental y conocer los cambios que presentan las diversas magnitudes eléctricas en el arranque, durante y al finalizar el funcionamiento de la conexión delta.

1.7 Hipótesis

El Multimedidor SENTRON PAC3200 permitirá el control y monitoreo del sistema de protección de máquinas eléctricas industriales.

1.8 Metodología de Investigación

Los métodos utilizados y aplicados en este trabajo de Tesis son:

- Método de Análisis y Síntesis.
- Método de la Inducción y Deducción
- Método de Medición y Observación.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Sistema Automático de Control.

Un sistema automático de control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir sin intervención de agentes exteriores (incluido el factor humano), corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento.

2.1.1 Introducción

Un sistema automático de control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir sin intervención de agentes exteriores (incluido el factor humano), corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento.

Actualmente, cualquier mecanismo, sistema o planta industrial presenta una parte actuadora, que corresponde al sistema físico que realiza la acción, y otra parte de mando o control, que genera las órdenes necesarias para que esa acción se lleve o no a cabo.

En Automática se sustituye la presencia del ser humano por un mecanismo, circuito eléctrico, circuito electrónico o, más modernamente por un ordenador. El sistema de control será, en este caso automático.

Un ejemplo sencillo de sistema automático lo constituye el control de temperatura de una habitación por medio de un termostato, en el que se programa una temperatura de referencia que se considera idónea. Si en un instante determinado la temperatura del recinto es inferior a la deseada, se producirá calor, lo que incrementará la temperatura hasta el valor programado, momento en que la calefacción se desconecta de manera automática.

2.1.2 Necesidad y aplicaciones de los sistemas automáticos de control.

En la actualidad los sistemas automáticos juegan un gran papel en muchos campos, mejorando nuestra calidad de vida:

En los procesos industriales:

- Aumentando las cantidades y mejorando la calidad del producto, gracias a la producción en serie y a las cadenas de montaje.
- Reduciendo los costes de producción.
- Fabricando artículos que no se pueden obtener por otros medios.

En los hogares:

Mejorando la calidad de vida. Podría citar desde una lavadora hasta un control inteligente de edificios (domótica).

Para los avances científicos:

Un claro ejemplo lo constituyen las misiones espaciales.

Para los avances tecnológicos:

Por ejemplo en automoción es de todos conocidos los limpiaparabrisas inteligentes, etc.

Como se puede observar las aplicaciones son innumerables. De esta manera surge toda una teoría, La Regulación Automática, dedicada al estudio de los sistemas automáticos de control.

2.2 Conceptos Básicos.

Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado.

De esta forma se podría considerar en un sentido lo más amplio posible un sistema de control como aquel sistema que ante unos objetivos determinados responde con una serie de actuaciones.

2.2.1 Componentes básicos de un sistema de control.

Los componentes básicos de un sistema de control se pueden describir mediante:

- Objetivos de control
- Componentes del sistema de control
- Resultados o salidas

La relación básica entre estos tres componentes se ilustra en la siguiente figura. En términos más técnicos, los objetivos se pueden identificar como entradas, o señales actuantes, y los resultados también se llaman salidas, o variables controladas en general el objetivo de un sistema de control es controlar las salidas en alguna forma prescrita como indica la figura #2.1 mediante las entradas a través de los elementos del sistema de control.



Figura # 2.1: Componentes básicos de un Sistema de Control Ogata, K. (2003).
Ingeniería de Control Moderna. Madrid: Pearson Educación.

2.2.2 Elementos en un Sistema de Control.

Los sistemas de control se clasifican en los siguientes elementos:

2.2.2.1 Variable a controlar.

Generalmente se le conoce como señal de salida. Constituye la señal que deseamos que adquiera unos valores determinados.

2.2.2.2 Planta o Sistema.

La planta o sistema constituye el conjunto de elementos que realizan una determinada función.

2.2.2.3 Sensor.

El sensor es el elemento que permite captar el valor de la variable a controlar en determinados instantes de tiempo.

2.2.2.4 Señal de referencia.

Es la señal consigna o valor que deseamos que adquiera la señal de salida (objetivo de control).

2.2.2.5 Actuador.

El actuador es el elemento que actúa sobre el sistema modificando de esta forma la señal de salida.

2.2.2.6 Controlador.

El controlador o regulador es el elemento que comanda al actuador en función del objetivo de control.

Todos estos elementos aparecen de alguna u otra forma en casi todo sistema de control. Identificar y estudiar cada uno de ellos de una forma correcta resulta esencial para poder diseñar un controlador que permita alcanzar el objetivo de control deseado en todo instante.

2.3 El PLC en los Sistemas de Control.

2.3.1 Introducción

En un principio, los obreros eran responsables de planear y ejecutar la producción que les era encomendada, realizando las tareas según la forma que ellos creían más correcta. Las propuestas de Frederick W. Taylor, a fines del siglo XIX, optimizaron y dieron uniformidad a los procesos productivos, instaurando el concepto de la especialización de tareas. De esta manera, se dividió un proceso en pequeñas celdas de trabajo, logrando que los operarios adquieran más destreza y ganen más tiempo realizando una función limitada e iterativa todos los días. La producción a gran escala involucra tareas repetitivas, donde se debe mantener, además, un conjunto de magnitudes (por ejemplo la presión, la temperatura, etc.) dentro de márgenes preestablecidos.

La aplicación de los dispositivos electromecánicos y electrónicos en el área industrial permitió automatizar las tareas repetitivas, aumentando así los niveles de producción, y controlar las magnitudes físicas en forma más precisa. Automatizar y controlar, las principales funciones que desempeñan los sistemas de control.

2.3.2. Sistemas de control a lazo abierto y lazo cerrado

Un sistema de control es un arreglo de componentes cuyo objetivo es comandar o regular la respuesta de una parte del proceso, conocida como planta, sin que el operador intervenga en forma directa sobre sus elementos de salida. El operador manipula únicamente magnitudes de baja potencia denominadas de consigna, mientras que el sistema de control, a través de los accionamientos conectados en sus salidas, se encarga de producir los cambios energéticos en la planta.

La Figura 2.2 muestra un sistema de control cuyo objetivo es controlar la temperatura dentro del recipiente. El operador ajusta el valor de temperatura deseado mediante el potenciómetro (magnitud de consigna o setpoint) y, de acuerdo a la posición del mismo, el sistema de control se encargará de aumentar la corriente sobre el resistor calefactor mediante su etapa de potencia. Esto se traduce en un mayor calentamiento y, en consecuencia, en un aumento de la temperatura dentro del recipiente.

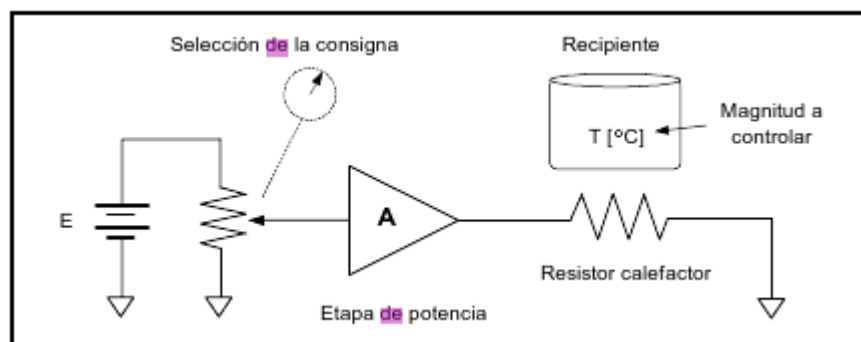


Figura # 2.2: Sistema de control de temperatura a lazo abierto.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA .

Este sistema de control requiere de una calibración inicial. Para lograrla, se debe medir el valor de temperatura dentro del recipiente para diferentes

posiciones del mando del potenciómetro e ir rotulando el mismo en términos de temperatura.

De esta forma, el operador puede luego seleccionar, a través del cursor, la temperatura deseada dentro del recipiente (magnitud de consigna) y el sistema de control suministrará la potencia necesaria para conseguirla.

El tipo de sistema de control mencionado se denomina a lazo abierto, por el hecho que no recibe ningún tipo de información del comportamiento de la planta. Se puede definir un sistema a lazo abierto como aquél en el cual la acción de control es independiente de la/s señales de salida. Por ejemplo, el sistema de control no realizará acción alguna para compensar variaciones en la temperatura del recipiente en caso de perturbaciones externas, tales como, variación de la temperatura ambiente, cambios en la densidad del líquido, etc. El diagrama en bloques presentado en la Fig. 2.3 corresponde al de un sistema de control a lazo abierto.

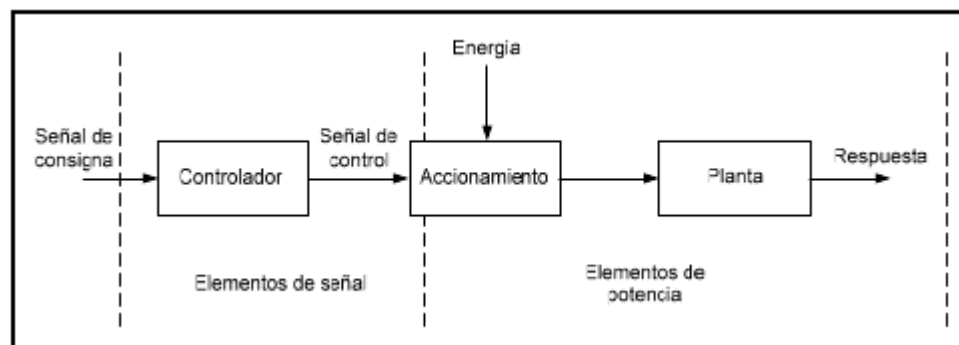


Figura # 2.3: Diagrama en bloques de un sistema de control a lazo abierto.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina:

Editorial Hispano Americana HASA .

Lo habitual, sin embargo, es que el sistema de control se encargue de la toma de ciertas decisiones ante determinados comportamientos de la planta, hablándose entonces de sistemas de control automáticos.

Para ello se requiere la existencia de sensores que detecten el comportamiento de dicha planta y brinden, mediante interfaces de adaptación, estas señales a las entradas del sistema de control quien se encargará de ejecutar las acciones correctivas.

Este tipo de sistemas se denomina a lazo cerrado ya que su estructura denota claramente una cadena directa y un retorno o realimentación, formando lo que se denomina lazo de control. Puede considerarse entonces un sistema de control a lazo cerrado como aquel en el cual la acción de control es, en cierto modo, dependiente de la(s) señales de salida.

A modo de ejemplo, en la Figura 2.4 se puede apreciar un control de temperatura a lazo cerrado que incorpora una termocupla como dispositivo sensor. Esta termocupla brinda una diferencia de potencial proporcional a la temperatura medida, que se reinyecta a la entrada como resta de la magnitud de consigna.

Por lo tanto, una vez ajustado el valor de referencia, si la temperatura en el recipiente tiende a subir debido a una perturbación externa, también lo hará la tensión de la termocupla, haciendo que el valor a restar sea mayor y, en consecuencia, disminuya la corriente sobre el resistor calefactor.

Esto hará que la temperatura disminuya compensando así el alza que produjo a partir de la perturbación. En consecuencia, el sistema de control reaccionó de forma automática para mantener la variable de salida constante.

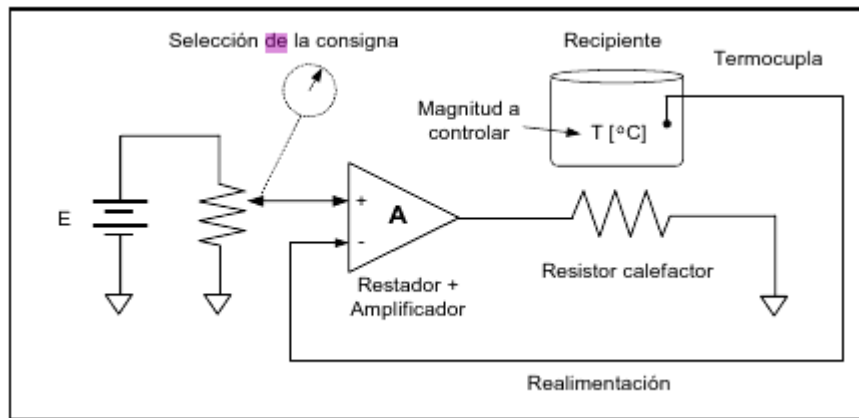


Figura # 2.4: Sistema de control de temperatura a lazo cerrado.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

El diagrama en bloques de la Figura 2.5 permite observar las distintas etapas que componen un sistema de control a lazo cerrado. El bloque controlador compara el valor efectivo de la salida de la planta con el valor deseado o de referencia, generando así la señal de error y la señal de control. La forma o tipo de respuesta con que el sistema de control produce la señal de control recibe el nombre de acción de control. Las acciones de control más comunes son las siguientes:

- Control de dos posiciones: ON – OFF.
- Control Proporcional + Integral: PI.
- Control Proporcional + Derivativo: PD.
- Control Proporcional + Integral + Derivativo: PID.

Las diferentes acciones de control se desarrollarán más adelante.

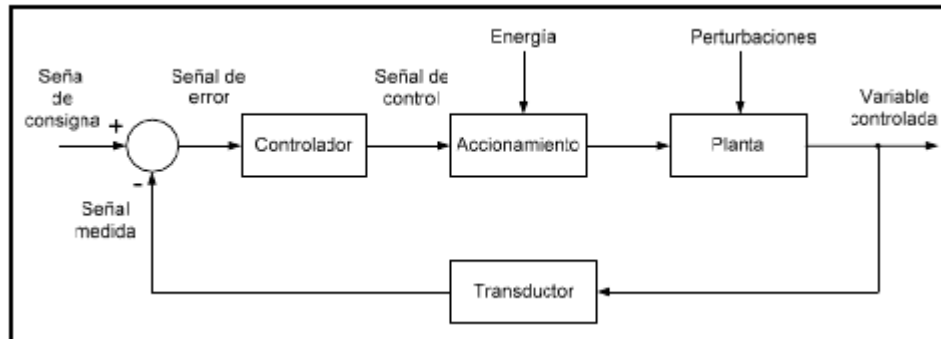


Figura # 2.5: Diagrama en bloques de un sistema de control a lazo cerrado.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Tanto el ejemplo citado como el esquema en bloques, muestran una realimentación negativa.

Dependiendo de la magnitud a controlar y las características del proceso, puede ocurrir que la realimentación sea positiva.

2.3.3 Tipos de sistemas de control realimentados

Los sistemas de control realimentados se pueden clasificar de diversas formas, dependiendo del propósito de clasificación, por ejemplo, de acuerdo con el método de análisis y diseño, los sistemas de control se clasifican en:

- Lineales
- No Lineales

Variantes con el tiempo e Invariantes con el tiempo, de acuerdo con los tipos de señales usados en el sistema, se hace referencia a sistemas en tiempo continuo y tiempo discreto, o sistemas modulados o no modulados, a menudo los sistemas de control se clasifican de acuerdo con su propósito principal, por ejemplo un sistema de control de posición y un sistema de control de velocidad

controlan las variables de salida de acuerdo con la forma como su nombre lo indica.

El tipo de un sistema de control se define de acuerdo con la forma de la función de transferencia en lazo abierto. En general, existen muchas formas de identificar un sistema de control de acuerdo con alguna función especial del sistema.

Es importante que algunas de estas formas comunes de clasificar a los sistemas de control sean conocidas para obtener una perspectiva propia antes de realizar su análisis y diseño.

Muy a menudo las características no lineales son introducidas en forma intencional en un sistema de control para mejorar su desempeño o proveer un control más efectivo. Por ejemplo para alcanzar un control de tiempo mínimo, un tipo de controlador prendido-apagado (relevador) se emplea en muchos misiles o sistemas de control de naves espaciales. Típicamente en estos sistemas, los motores de reacción están a los lados del vehículo para producir un par de reacción para control de altitud, estos motores son controlados en una forma o totalmente prendidos o apagados, por lo que una cantidad fija de aire es aplicada desde un motor de reacción dado durante cierto tiempo para controlar la altitud del vehículo espacial.

Para sistemas lineales, existen una gran cantidad de técnicas analíticas y gráficas para fines de diseño y análisis, los sistemas no lineales son difíciles de tratar en forma matemática, y no existen métodos generales disponibles para resolver una gran variedad de clases de sistemas no lineales. En el diseño de sistemas de control, es práctico, primero diseñar el controlador en base a un modelo de un sistema lineal despreciando las no linealidades del sistema. Entonces el controlador diseñado se aplica al modelo del sistema no lineal para su evaluación o rediseño mediante simulación en computadora.

2.3.4 Acciones básicas de control

La forma en que el control automático produce la señal de control se denomina acción de control. En los controles automáticos industriales son muy comunes los siguientes tipos de acciones de control:

- Acción de dos posiciones (ON-OFF).
- Acción proporcional (P).
- Acción integral (I).
- Acción proporcional-integral (PI).
- Acción proporcional-integral-derivativo (PID).

2.3.5 Acción de dos posiciones

Este tipo de acción también se conoce con el nombre de ON-OFF o de todo o nada. Es un control relativamente simple y por eso muy empleado tanto en aplicaciones industriales como domésticas. En los sistemas de control con acción de dos posiciones, el elemento actuante solo tiene dos posiciones fijas, que casi siempre son: conectado y desconectado. La señal de control $u(t)$ en este tipo de control permanece en un valor máximo o mínimo en dependencia del error actuante $e(t)$, o sea:

$$u(t) = M_1 \text{ para } e(t) > 0$$

$$u(t) = M_2 \text{ para } e(t) < 0$$

Los controles de dos posiciones son normalmente dispositivos eléctricos, por lo general una válvula con un solenoide como actuador, En la figura 2.6 se muestra el diagrama de bloques de un control de dos posiciones.

Como la conmutación se realiza en $e = 0$, un pequeño cambio en cualquier sentido lo haría conmutar, por lo que esta es muy frecuente. Esto haría que se deteriorara con rapidez el elemento de acción final o actuador. Para reducir este efecto, se provee al control deliberadamente de una brecha diferencial (Figura

2.7). Esta brecha diferencial hace que la salida del control $u(t)$ mantenga su valor hasta que la señal de error actuante haya pasado levemente del valor de cero.

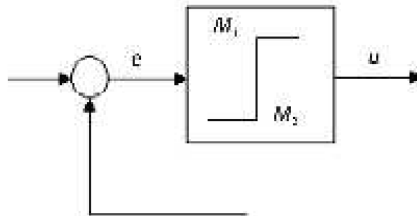


Figura # 2.6: Diagrama de bloque de un control de dos posiciones

Fuente: Gómez Sarduy, J. R. (2008). Temas especiales de instrumentación y control. Cuba: Editorial Félix Varela.

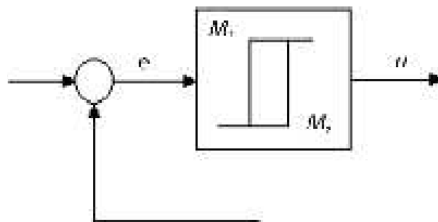


Figura # 2.7: Diagrama de bloque de un control de dos posiciones con brecha diferencial

Fuente: Gómez Sarduy, J. R. (2008). Temas especiales de instrumentación y control. Cuba: Editorial Félix Varela.

2.3.6 Acción proporcional (P)

Como el propio nombre lo indica, la relación que une la variable manipulada m con el error e , es una relación lineal, expresada por la siguiente ley matemática:
 $u(t) = K_p \cdot e(t) + U_0$ Donde:

K_p : ganancia proporcional.

U_0 : valor de salida del controlador cuando $e(t) = 0$ y se suele seleccionar en el medio de la gama de salida del controlador. En los controladores comerciales se recomienda situar la condición inicial de la salida de la manera siguiente:

Señales eléctricas

4-20 mA $U_0 = 12 \text{ mA}$

1-5 V $U_0 = 3 \text{ V}$

Señales neumáticas

3-15 psi $U_0 = 9 \text{ psi}$

0,2-1 kgf /cm² $U_0 = 0,6 \text{ kgf/cm}^2$

20-100 kPa $U_0 = 60 \text{ kPa}$

La ganancia proporcional es igual a la variación de la señal de control u cuando existe una variación unitaria del error e :

$$KP \frac{\Delta u(t)}{\Delta e(t)}$$

En magnitudes transformadas de Laplace:

$$KP \frac{U(s)}{E(s)}$$

El diagrama de bloques de la acción proporcional se muestra en la Figura # 2.8.

El control proporcional es esencialmente un amplificador de ganancia ajustable. Es muy común que en los controladores comerciales este parámetro no se dé como ganancia, sino como el inverso de la ganancia, conocido como banda proporcional.

$$\% \text{ Banda proporcional} = \frac{100}{K_P}$$

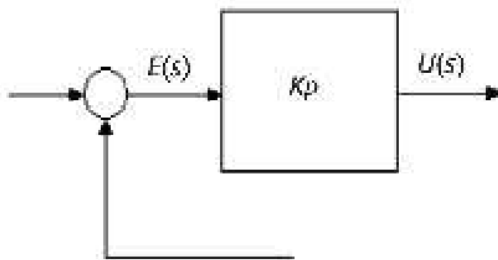


Figura # 2.8: Diagrama en bloque de un control proporcional

Fuente: Gómez Sarduy, J. R. (2008). Temas especiales de instrumentación y control. Cuba: Editorial Félix Varela.

2.3.7 Acción proporcional Integral (I)

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. El *error* es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado; Luego es multiplicado por una constante **I**. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control P + I con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

El modo integral presenta un desfase en la respuesta de 90° que sumados a los 180° de la retroalimentación (negativa) acercan al proceso a tener un retraso de 270°, luego entonces solo será necesario que el tiempo muerto contribuya con 90° de retardo para provocar la oscilación del proceso. La ganancia total del lazo de control debe ser menor a 1, y así inducir una

atenuación en la salida del controlador para conducir el proceso a estabilidad del mismo. Se caracteriza por el tiempo de acción integral en minutos por repetición. Es el tiempo en que delante una señal en escalón, el elemento final de control repite el mismo movimiento correspondiente a la acción proporcional.

El control integral se utiliza para obviar el inconveniente del offset (desviación permanente de la variable con respecto al punto de consigna) de la banda proporcional.

La fórmula del integral está dada por:

$$I_{sal} = K_i \int_0^t e(T)dT$$

2.3.8. Acción Proporcional Derivativa (D)

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral).

El *error* es la desviación existente entre el punto de medida y el valor consigna, o "*Set Point*".

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante **D** y luego se suma a las señales anteriores (P+I). Es importante adaptar la respuesta de control a los cambios en el sistema ya que una mayor derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordeamente.

La fórmula del derivativo está dada por:

$$D_{sal} = K_d \frac{de}{dt}$$

El control derivativo se caracteriza por el tiempo de acción derivada en minutos de anticipo. La acción derivada es adecuada cuando hay retraso entre el movimiento de la válvula de control y su repercusión a la variable controlada.

Cuando el tiempo de acción derivada es grande, hay inestabilidad en el proceso. Cuando el tiempo de acción derivada es pequeño la variable oscila demasiado con relación al punto de consigna. Suele ser poco utilizada debido a la sensibilidad al ruido que manifiesta y a las complicaciones que ello conlleva.

El tiempo óptimo de acción derivativa es el que retorna la variable al punto de consigna con las mínimas oscilaciones

Ejemplo: Corrige la posición de la válvula (elemento final de control) proporcionalmente a la velocidad de cambio de la variable controlada.

La acción derivada puede ayudar a disminuir el rebasamiento de la variable durante el arranque del proceso. Puede emplearse en sistemas con tiempo de retardo considerables, porque permite una repercusión rápida de la variable después de presentarse una perturbación en el proceso.

2.3.9. Acción proporcional-integral-derivativo (PID)

Un PID (Proporcional Integral Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo.

El valor Proporcional determina la reacción del error actual.

El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto nos asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero, el derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a un calentador, por ejemplo. Ajustando estas tres variables en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar. La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "set point", y el grado de oscilación del sistema.

El uso del PID para control no garantiza control óptimo del sistema o la estabilidad del mismo. Algunas aplicaciones pueden solo requerir de uno o dos modos de los que provee este sistema de control. Un controlador PID puede ser llamado también PI, PD, P o I en la ausencia de las acciones de control respectivas. Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control en la siguiente figura #2.9 se muestra un diagrama físico del PID.

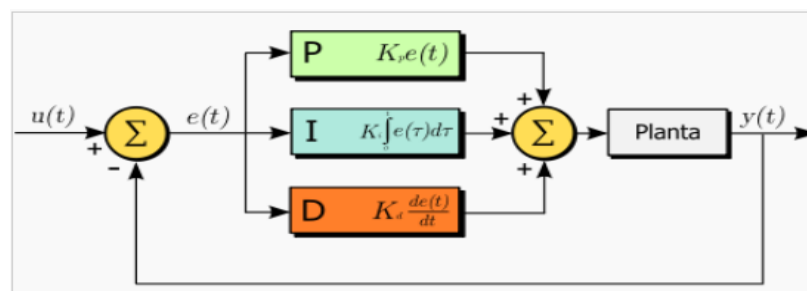


Figura # 2.9: Diagrama en bloque de un control PID

Fuente: Por Arturo Urquizo (Trabajo propio) [CC-BY-SA-3.0
 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>) undefined GFDL
 (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)], undefined

Un sistema de control puede tener varios componentes. Para mostrar las funciones que lleva a cabo cada componente en la ingeniería de control, por lo general se usa una representación denominada diagrama de bloques.

En un diagrama de bloques se enlazan una con otra todas las variables del sistema, mediante bloques funcionales. El bloque funcional o simplemente bloque es un símbolo para representar la operación matemática que sobre la señal de entrada hace el bloque para producir la salida.

Un diagrama contiene información relacionada con el comportamiento dinámico, pero no incluye información de la construcción física del sistema. En consecuencia, muchos sistemas diferentes y no relacionados pueden representarse mediante el mismo diagrama de bloques.

2.3.10 Automatismos Cableados vs Programables

Un automatismo es un sistema que realiza una labor de manera automática de acuerdo a los parámetros con los cuales ha sido diseñado. Los objetivos de un automatismo son mejorar la eficiencia del proceso incrementando la velocidad de ejecución de las tareas, la calidad y la precisión, disminuyendo además los riesgos que se podrían tener si las mismas fuesen manuales.

En la Figura. 2.10 se puede observar un sistema compuesto de un tanque que suministra agua al resto de un proceso productivo. La finalidad del automatismo a implementar es mantener el nivel del líquido dentro del tanque entre los niveles L y H.

Para ello se utilizarán dos detectores de nivel y una bomba que impulsa líquido al interior del tanque. Cada detector de nivel dispone de un contacto eléctrico que está normalmente cerrado y se abre en caso de censar líquido.

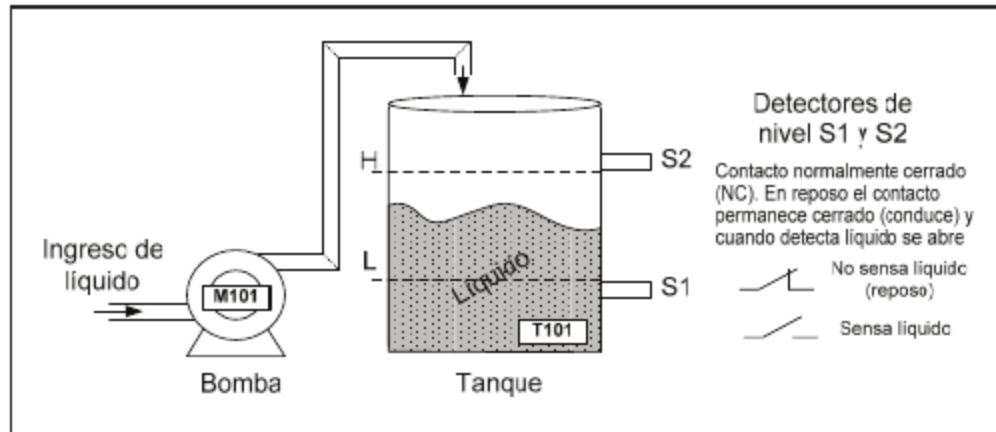


Figura # 2.10: Sistema de control de nivel de agua

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Existen diferentes alternativas para obtener un sistema automático que cumpla con lo requerido. Una posibilidad es mediante el uso de relés tal como se muestra en la Figura. 2.11.

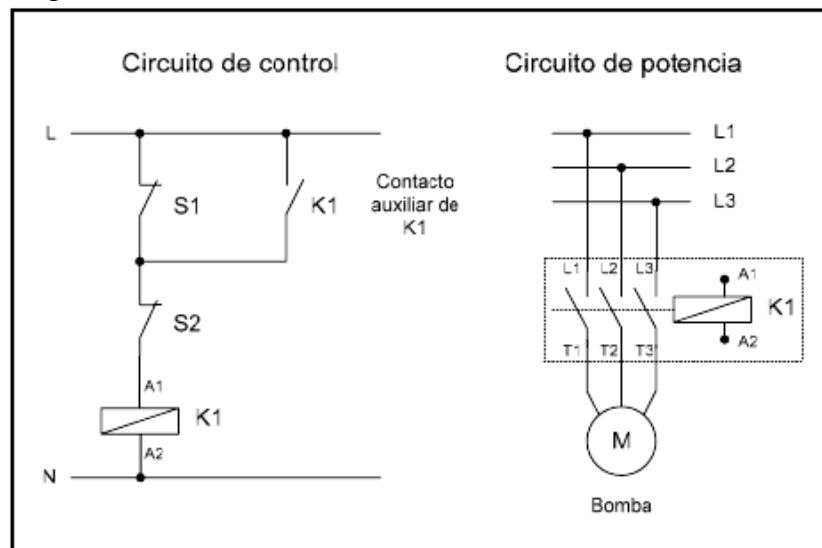


Figura # 2.11: Implementación del sistema de control de nivel mediante relés.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Si el nivel de líquido se encuentra entre L y H, el interruptor S1 estará abierto y S2 cerrado. Cuando el nivel esté por debajo de L, se cerrará S1 y se activará el contactor K1, accionando la bomba mediante sus contactos de potencia. Esto provocará que ingrese líquido al tanque aumentando el nivel.

Una vez que el nivel supera L, el interruptor S1 se abrirá pero la bomba se mantendrá en funcionamiento debido a que el contacto auxiliar de retención de K1 mantendrá la bobina energizada. Cuando el nivel esté por encima de H se abrirá el contacto S2 desconectando el contactor K1.

También, es factible implementar este sistema de control utilizando técnicas digitales. En la Figura. 2.12 se muestra un circuito basado en un flip-flop SR (Set-Reset).

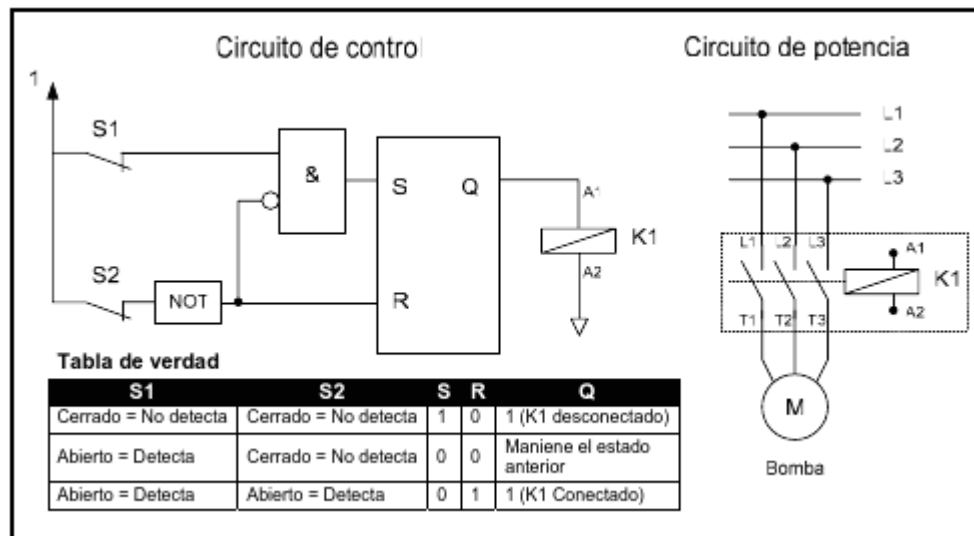


Figura # 2.12: Implementación del sistema de control de nivel mediante técnicas digitales.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

El detector S1 se conecta a una compuerta AND cuya finalidad es evitar el estado prohibido $S = 1; R = 1$, haciendo que tenga prioridad la entrada R por sobre la S del flip-flop (S-R dominante).

Por otra parte, el detector S2 se vincula a la R a través de un negador, que invierte el nivel lógico de la señal. La salida Q comanda un contactor K1 que activa la bomba mediante sus contactos de potencia. Cuando el nivel de líquido se encuentre por debajo de S1, ambos interruptores S1 y S2 estarán cerrados, y debido al negador de S2 quedará $S = 1$ y $R = 0$. Esto hará $Q = 1$ y la bomba se encenderá. El nivel comenzará a subir, pero mientras se encuentre por encima de L y por debajo de H, S1 estará abierto y S2 cerrado, haciendo que las entradas S y R estén en cero manteniendo así el estado anterior de Q (salida activada). Cuando se supere el nivel H, el interruptor S2 se abrirá y se obtendrá $S = 0$ y $R = 1$, provocando $Q = 0$ y deteniendo la bomba.

Otra alternativa, es resolver este simple automatismo aplicando un PLC. Podemos definir a un PLC (Programmable Logic Controller - Controlador Lógico Programable) como un equipo electrónico, programable por el usuario en lenguaje no informático, y que está destinado a gobernar, dentro de un entorno industrial, máquinas o procesos lógicos y/o secuenciales.

Un PLC consta de un hardware estándar, con capacidad de conexión directa a las señales de campo (niveles de tensión y corriente compatibles con los sensores y actuadores industriales) y programable por el usuario para que desempeñe una determinada función, una vez programado, el PLC trabaja de forma cíclica. Durante su funcionamiento, primero se leen los estados de las entradas memorizándose en un área de memoria denominada imagen de proceso de las entradas (PAE).

Con esta información se ejecuta luego el programa de control y, de acuerdo a su lógica, se va modificando otra área de memoria conocida como imagen de

proceso de las salidas (PAA). En la última etapa del ciclo, los estados memorizados en la PAA se transfieren a las salidas físicas. Seguidamente comienza de nuevo el ciclo.

Para utilizar un PLC como controlador del nivel del tanque será necesario entonces conectar cada detector a una entrada y el contactor K1 que comanda la bomba a una salida (ver Figura. 2.13). Luego se necesita realizar el programa en una PC para después ser descargado al PLC mediante un cable de comunicación.

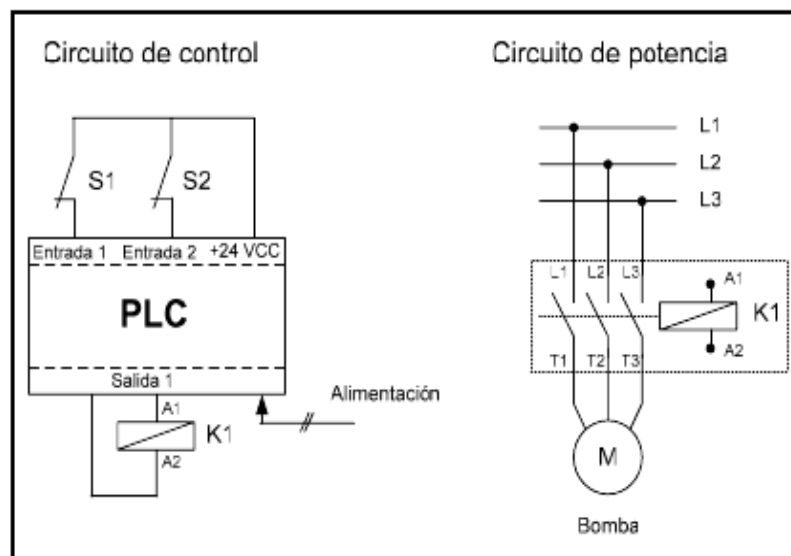


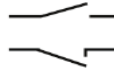





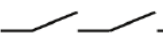



Figura # 2.13: Implementación del sistema de control de nivel mediante un PLC.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Este programa consiste en una secuencia en instrucciones que el PLC ejecutará en forma repetitiva dándole una funcionalidad específica. Una vez programado, el PLC almacena este programa y no se requiere la conexión de la PC para su funcionamiento.

La programación de los PLC puede ser realizada en diferentes lenguajes, tales como ladder o KOP, bloques de función o FUP, listado de instrucciones o AWL, texto estructurado, etc. En la Tabla 2.1 se pueden observar las equivalencias entre algunos de los símbolos eléctricos y su instrucción en el PLC.

Tabla 2.1: Equivalencias entre algunos símbolos eléctricos y su instrucción en el PLC.

	Símbolo en esquema eléctrico	Instrucción de lenguaje <i>ladder</i> en el PLC	Descripción de la función
Contacto normalmente abierto (NA)			Si circula corriente por el contacto, el resultado de la instrucción es verdadero I
Contacto normalmente cerrado (NC)			Si no circula corriente por el contacto, el resultado de la instrucción es verdadero I
Bobina			La bobina se activa si se la alimenta con un valor verdadero
Contactos en serie (condición Y)			Combinación Y . Para que circule corriente deberán estar cerrados el primer Y el segundo interruptor
Contactos en paralelo (condición O)			Combinación O . Para que circule corriente deberán estar cerrados el primer O el segundo interruptor

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Al programar en ladder o KOP, se emplea un formato de programación gráfico, compuesto por varios segmentos. En dichos segmentos se pueden encontrar contactos en estado normal abierto y/o cerrado, bobinas y cuadros de funciones especiales. Este lenguaje está basado en un esquema de contactos eléctricos similar al mostrado en la Figura. 2.11 lo cual resulta de simple interpretación para quienes están habituados a la lectura de circuitos electromecánicos. Para pasar de un esquema eléctrico a un programa en lenguaje ladder o KOP, en primer lugar se debe girar el esquema eléctrico 90° hacia la izquierda. De esta

manera, la línea de fase L se ubica a la izquierda y el neutro N a la derecha, quedando en el centro los contactos del circuito (ver Figura. 2.14).

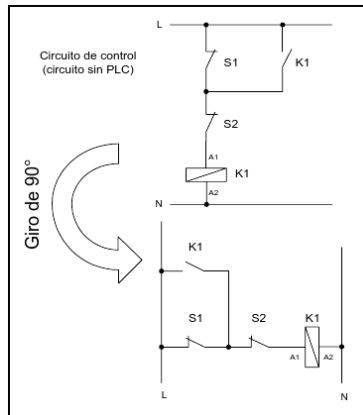


Figura # 2.14: Método para la conversión de un esquema eléctrico a un programa en ladder

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

De acuerdo a lo mencionado, la parte del esquema que representa la lógica control (lógica de maniobra) será sustituida por el PLC, pero no es posible reemplazar a los sensores. (ver Figura. 2.15).

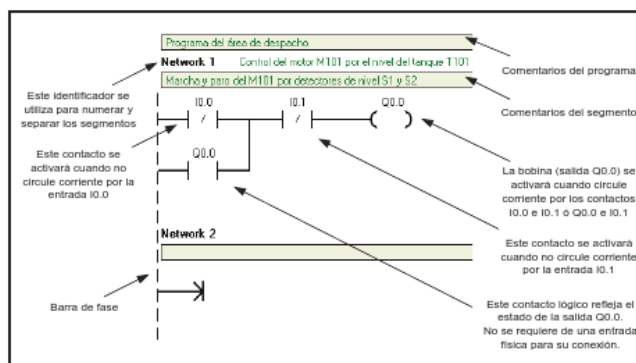


Figura # 2.15: Programa para el control de nivel en lenguaje de contactos o ladder.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Tabla 2.2: Listado de asignación de entradas y salidas para el programa de la Fig. 2.15

Entradas	
Identificación	Dirección
S1	I0.0
S2	I0.1
Salidas	
Identificación	Dirección
K1	Q0.0

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Si el nivel en el tanque es inferior a L, no circula corriente por S1 ni S2 y, por lo tanto, se activa la salida Q0.0. Durante el ciclo de ejecución siguiente (tras pocos milisegundos) aparecerá cerrado el contacto Q0.0 conectado en paralelo a I0.0. Esto hace que actúe la auto-retención. El contacto normalmente cerrado I0.1 permite, que si se actúa sobre el detector S2 (al detectar nivel superior a H), se anule la auto-retención. El contacto Q0.0 es un contacto lógico interno (no físico) que se cierra cuando se activa la salida Q0.0. Existe otra variante para la programación de una auto-retención. En lugar de realimentar la salida, como vimos en el ejemplo de la Figura. 2.15, se puede recurrir a las funciones Poner a 1 (S) y Poner a 0 (R), tal como se muestra en el esquema de contactos de la Figura. 2.16

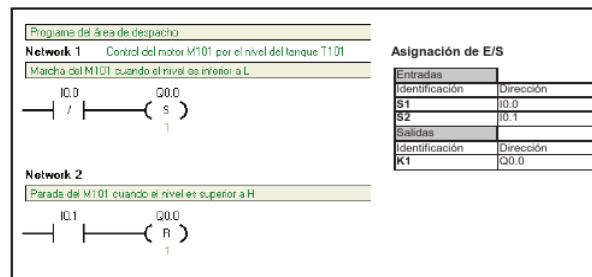


Figura # 2.16: Variante de auto-retención mediante las funciones.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*.

Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Estas funciones actúan como un flip-flop SR (Set-Reset). Por lo tanto, un impulso en I0.0 permite, gracias a la operación Poner a 1 (S), que se conecte permanentemente Q0.0. En cambio, un impulso en I0.1 hace, a través de la operación Poner a 0 (R), que Q0.0 se vuelva a desconectar.

Si disposición se en cambio, utilizamos un lenguaje del tipo de bloques de función o FUP, notaremos que su asemeja a un esquema de técnicas digitales, como el presentado en la Fig. 2.12 Esto resulta amigable para aquéllos que desarrollaban lógicas usando compuertas y otros componentes lógicos. En la Figura. 2.17 se puede apreciar el programa del control de nivel en lenguaje de bloques de función o FUP.

En el lenguaje de programación AWL, cada línea de programa contiene una operación que utiliza una abreviatura nemotécnica para representar una función determinada. En la Figura. 2.18 se puede ver el mismo programa en formato AWL. Este tipo de lenguaje, similar al assembler utilizado en la programación de microcontroladores, es altamente potente, pero requiere conocer el juego de instrucciones que soporta el modelo de PLC a programar, aumentando así la complejidad.

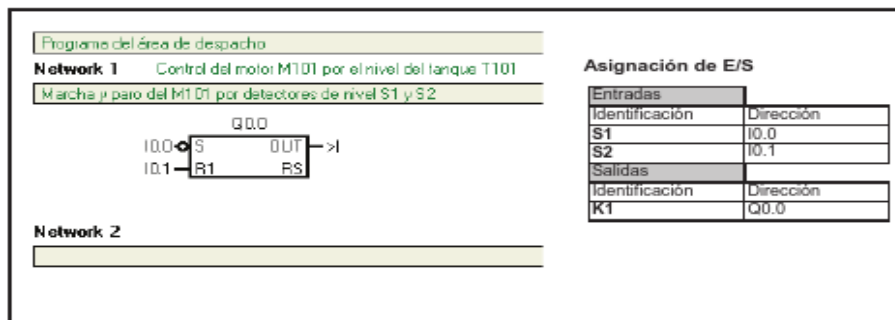


Figura # 2.17: Programa para el control de nivel en lenguaje de bloques.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

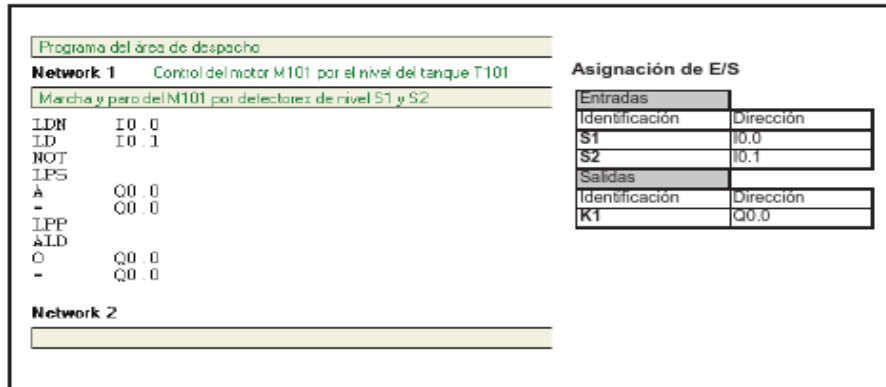


Figura # 2.18: Programa para el control de nivel en lenguaje.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Una variante de la auto-retención presentada en la Figura. 2.15 se utiliza frecuentemente para el comando de motores. En la Figura. 2.19 se puede observar la lógica de control donde se empleó un pulsador NA para dar la marcha al motor y otro NC para detenerlo.

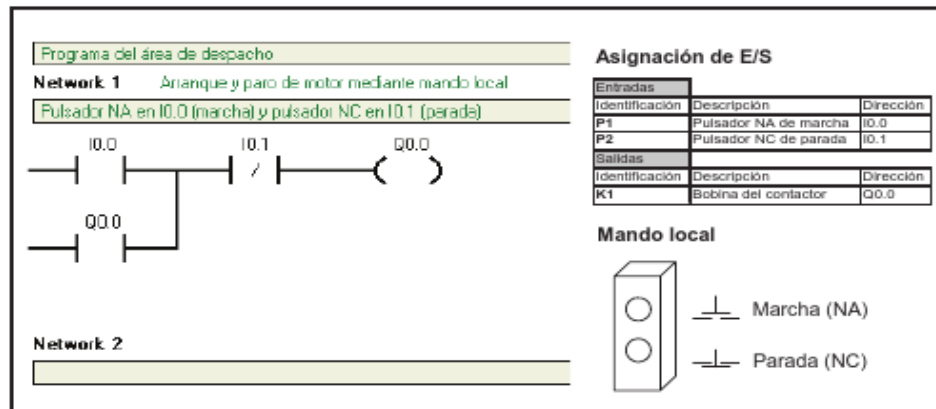


Figura # 2.19: Lógica para arranque y parada de motores.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

El P2 es un pulsador con un contacto normalmente cerrado que entrega un 0 cuando se presiona.

En el programa, esta señal se invierte mediante un contacto normalmente cerrado en I0.1. Es decir, Q0.0 se pone a 0 cuando se presiona el P2. Por lo tanto, en caso de rotura de un cable, el automatismo presenta un mecanismo de seguridad implícito que garantiza la desconexión de la bomba.

- Sistemas cableados.
- Sistemas programables.

Los primeros realizan una función de control fija, que depende de los componentes que lo constituyen y de la forma como se han interconectado. Por lo tanto, la única forma de alterar la función de control es modificando sus componentes o la forma de interconectarlos.

En los sistemas programables, en cambio, se pueden realizar distintas funciones de control sin alterar su configuración física, sólo cambiando el programa de control.

En los PLC, el programa puede ser realizado y modificado por el usuario (no siendo una lógica fija a medida), con lo cual se obtienen los beneficios de un equipo multifunción con un hardware estándar.

En la Tabla 2.3 vemos las ventajas que presentan los sistemas programables basados en PLC, frente a los realizados a medida (como por ejemplo con microcontroladores) y los sistemas cableados, particularmente de relés.

Tabla 2.3: Ventajas de los sistemas programables frente a los sistemas cableados.

Características		Sistemas cableados	Sistemas programables	
		De relés	Lógica a medida	PLC
Tamaño		Alto	Bajo	Bajo
Consumo		Alto	Bajo	Bajo
Velocidad de respuesta		Baja	Baja	Baja
Interconexión con otros procesos		Difícil	Difícil	Fácil
Desgaste		Alto	Bajo	Bajo
Robustez		Alta	Baja	Media
Ampliación (escalabilidad)		Difícil	Muy Difícil	Fácil
Flexibilidad		Baja	Nula	Alta
Costo por variable interna		Alto	Media	Bajo
Costo para E/S > 15				
Pequeñas series		Alto	Medio	Bajo
Grandes series		Alto	Bajo	Medio
Especialización del personal de mantenimiento		Baja	Alta	Media
Herramientas de diagnóstico de fallas		Nula	Baja	Alta
Modificaciones sin parar el proceso (en línea)		Nula	Nula	Alta
Cantidad de mano de obra para la implementación del un proyecto		Alta	Media	Baja
Hardware estándar para diferentes aplicaciones		Nula	Nula	Alta
Repuestos en el mercado		Altos	Nulos	Medios
Funciones	Lógica combinacional	Sí	Sí	Sí
	Lógica secuencial	Limitada	Sí	Sí
	Instrucciones aritméticas	No	Sí	Sí
	Lazos de control PID	No	Sí	Sí
	Textos y gráficos	No	Sí	Sí
	Protocolos de comunicación estándar	No	Sí	Sí
	Toma de decisiones	Bajo nivel	Sí	Sí
	Lenguajes de programación estándar	No	No	Si

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

2.3.11 Evolución de los PLC

En sus comienzos, los controladores se limitaban a realizar procesos secuenciales repetitivos y se programaban exclusivamente con listas de instrucciones usando equipos de programación pesados y voluminosos.

A partir de la aparición del microprocesador, los equipos eran capaces de manejar mayor cantidad de datos y realizar operaciones aritméticas sencillas. A medida que estas operaciones fueron más complejas, los controladores pudieron tomar los datos del campo en forma numérica, resolver ecuaciones y generar señales correctivas al proceso (lazos cerrados).

Por otra parte, la comunicación cada vez más sencilla con computadoras permitió utilizarlas para la programación y almacenar los proyectos en archivos para facilitar la reprogramación.

El desarrollo de memorias con cada vez más capacidad de almacenamiento en menor espacio hizo que los controladores disminuyeran su tamaño (reducción de espacio en tableros) y guardasen programas mucho más grandes y complejos.


Junto con la evolución de las comunicaciones se creó una gran variedad de paneles de operación e indicación. El objetivo de estos equipos es brindarle al usuario de la máquina o del proceso una interfaz de operación gráfica y sencilla.

En la Figura. 2.20 se puede observar un panel de operación PP845 de la línea Process Panel 800 de ABB, junto con las especificaciones técnicas de la misma.

Fue posible además, colocar entradas y salidas remotas en forma distribuida y a veces a grandes distancias del controlador, lo cual significa un ahorro

considerable de instalación y cableado y, por consiguiente, una gran sencillez de mantenimiento.

Con entradas y salidas remotas, viajan por un solo par de cables un conjunto de señales, que de otra manera, necesitarían miles de cables, cajas de paso con borneras, tableros, etc.

	PP836	PP846	
Tamaño del panel	6,5 "	10,4 "	
Resolución	640 × 480 pixels	800 × 600 pixels	
Tipo de interacción	Teclas de función	Teclas de función	
LED	16 (2 colores)	20 (2 colores)	
Consumo	0,4 A	0,5 A	
Dimensiones	285 × 177 × 6 mm	382 × 252 × 6 mm	
Puertos serie	RS422/485/RS232	RS422/485/RS232	
Puerto ethernet	RJ45 10/100 Mbit/s	RJ45 10/100 Mbit/s	
USB	Sí	Sí	

	PP835	PP845	PP865
Tamaño del panel	6,5 "	10,4 "	15 "
Resolución	640 × 480 pixels	800 × 600 pixels	1024 × 768 pixels
Tipo de interacción	Táctil	Táctil	Táctil
LED	-	-	-
Consumo	0,4 A	0,5 A	1,2 A
Dimensiones	219 × 154 × 6 mm	302 × 228 × 6 mm	398 × 304 × 6 mm
Puertos serie	RS422/485/RS232	RS422/485/RS232	RS422/485/RS232
Puerto ethernet	RJ45 10/100 Mbit/s	RJ45 10/100 Mbit/s	RJ45 10/100 Mbit/s
USB	Sí	Sí	Sí

Figura # 2.20: Panel de operación y especificaciones técnicas de la línea Process Panel 800 de ABB.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

La Figura. 2.21 se muestra un controlador de la línea AC800M de ABB con módulos de entradas y salidas remotas de la línea S800 de ABB. La aparición

de entradas y salidas de alta velocidad permitió al controlador recibir señales de generadores de pulsos y así incursionar en el control de posición.

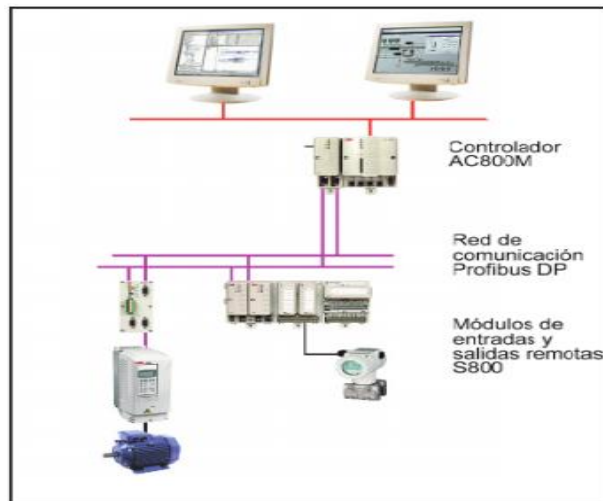


Figura # 2.21: Controlador AC800M de ABB, con entradas y salidas remotas S800.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

El vínculo entre los controladores y las computadoras creció rápidamente y se sucedieron gran cantidad de paquetes de software para ejecutar en la PC y convertir a éstas desde simples visualizadores del proceso, hasta conjuntos de supervisión y control sumamente avanzados.

Otro desarrollo muy importante fue la posibilidad de construir redes con muchos controladores, computadoras y sistemas de control distribuidos (ver Figura. 2.22).

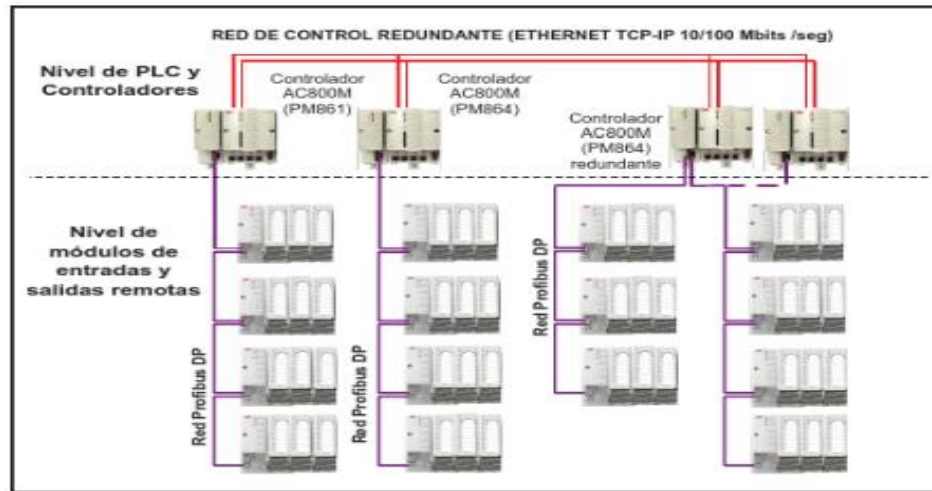


Figura # 2.22: Arquitectura de controladores AC800M de ABB, comunicados entre sí a través de una red Ethernet redundante.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

En cuanto a la evolución del hardware se ha llegado a equipos muy veloces con gran capacidad de manejo y variedad de entradas y salidas, control del tipo proporcional-integral-derivativo (PID), aplicaciones de inteligencia artificial, sistemas instrumentados de seguridad, etc. (ver Figura. 2.23).



Figura # 2.23: Controlador AC800M HI de ABB, utilizado en sistemas instrumentados de seguridad.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

2.3.12 Componentes y Diseño de un automatismo

Los automatismos están compuestos por tres partes fundamentales, como es la obtención de señales mediante sensores, el procesamiento de dichas señales por lógicas de control y la ejecución de las respuestas mediante los actuadores (ver Figura 2.24).

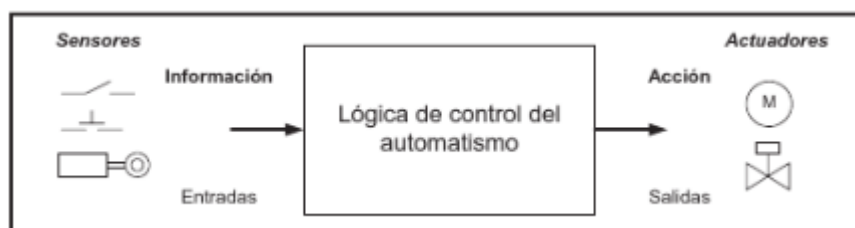


Figura # 2.24: Componentes de un automatismo.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Como mencionan anteriormente, numerosos procesos industriales consisten en la realización de una serie de actividades u operaciones, de forma iterativa y siguiendo una secuencia determinada.

2.3.13 Selección del PLC

Para la selección correcta del PLC se deben tener en cuenta, fundamentalmente, el número de señales de entrada y de salida que son capaces de manejar, y la complejidad de operaciones que es capaz de realizar. Se entiende por señales de entrada al conjunto de consignas y de realimentaciones que ingresan al controlador, y por señales de salida, al conjunto de señales de control obtenidas del PLC. Tanto las señales de entrada como las de salida, pueden ser analógicas y/o digitales. Al momento de elegir el equipo, suele ser conveniente destinar un 20% de reserva, tanto de canales de entrada, como de salida para futuras expansiones.

La mayoría de los PLC poseen la característica de ser modulares. Esto significa que el hardware está fragmentado en partes que se pueden interconectar y permiten configurar un sistema a la medida de las necesidades.

Los PLC que adoptan la definición de modulares, suelen tener la CPU, la fuente de la alimentación y los módulos de entrada y salida por separado.

Los equipos compactos suelen incluir una CPU, una fuente interna y un mínimo de entradas y salidas, y luego tienen previstas una serie de unidades de expansión que les permiten ampliar considerablemente el número entradas y salidas.

En la Figura. 2.25 se pueden apreciar los PLC compactos AC31 y los modulares AC500, de ABB.

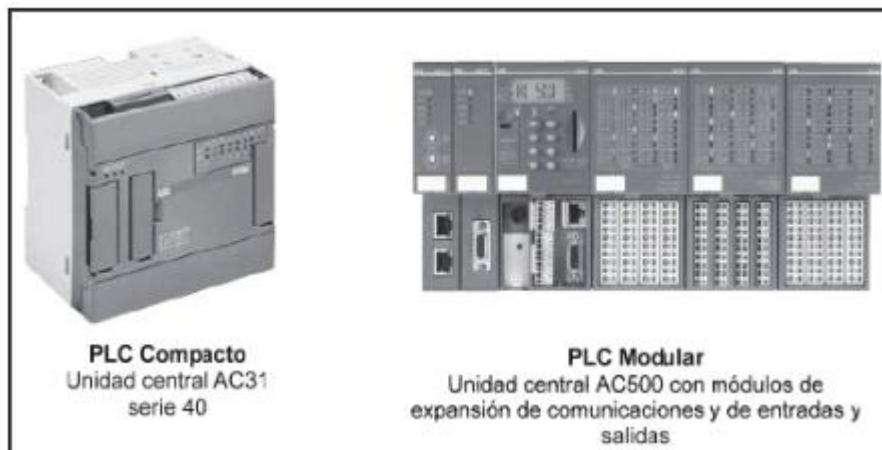


Figura # 2.25: PLC compactos de la línea AC31 y modulares de la línea AC500, de ABB.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

2.4 Funcionamiento del PLC

2.4.1 Introducción

Un PLC permite controlar un proceso o realizar una secuencia de acciones de manera automática a partir de un programa definido por el usuario. Esto lo realiza ejecutando en forma cíclica una secuencia de instrucciones que, a partir de la información que llega a sus entradas desde los sensores, deciden cuándo conmutar sus salidas, donde se encuentran conectados los actuadores. En este capítulo se describirán las partes que componen un PLC y sus principales características. Por otra parte, se analizará la forma cómo un PLC ejecuta la lógica escrita por el usuario y las rutinas de verificación internas.

2.4.2 Estructura Interna del PLC

El diagrama en bloques de la Figura. 2.26 muestra la estructura interna de un controlador lógico programable (PLC).

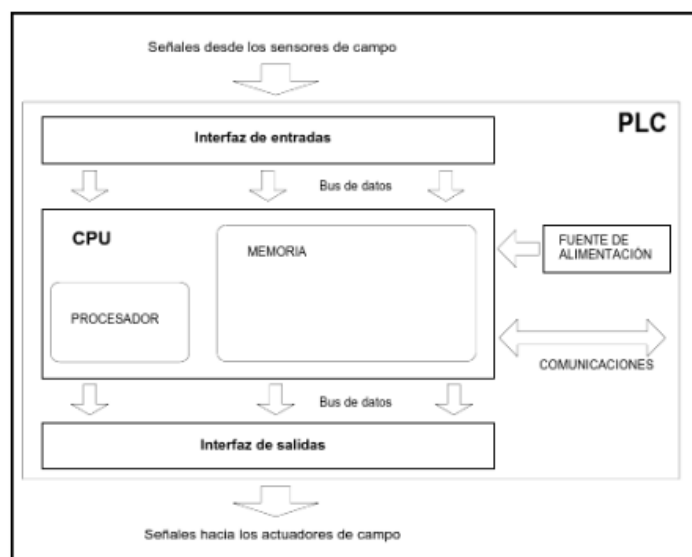


Figura # 2.26: Bloques internos que componen un PLC.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Sus partes fundamentales son la unidad central de proceso o CPU, y las interfaces de entrada y salida. La CPU es el cerebro del PLC y está formada por el procesador y la memoria. El procesador se encarga de ejecutar el programa escrito por el usuario que se encuentra almacenado en la memoria. Además, el procesador se comunica con el exterior mediante sus puertos de comunicación y realiza funciones de autodiagnóstico.

La interfaz de entrada se ocupa de adaptar las señales provenientes de los elementos captadores, tales como botoneras, llaves, límites de carrera, sensores de proximidad, presostatos, sensores fotoeléctricos, etc., a niveles que la CPU pueda interpretar como información. Por otra parte, cuando la CPU resuelve, a través de su programa interno, activar algún elemento de campo, la interfaz de salida es la encargada de administrar la potencia necesaria para comandar el actuador.

Los controladores programables más comunes poseen un solo procesador, pero a medida que su capacidad de control aumenta pueden tener varios procesadores dedicados a tareas específicas como resolución de lazos, comunicaciones, diagnóstico, etc.

Para poder gobernar todo el sistema, el procesador necesita de un programa escrito por el fabricante denominado firmware. Este programa no es accesible al usuario y se encuentra almacenado en una memoria no volátil, de tipo flash, que forma parte del bloque de memoria de la CPU.

2.4.3 Clasificación

Para poder establecer una clasificación entre los diferentes PLC se deben considerar distintos aspectos:

Construcción. Se puede clasificar a los controladores en compactos o modulares.

- Los compactos alojan todas sus partes, tales como interfaces de entradas, de salidas, CPU y fuente de alimentación, en un mismo gabinete. Esta construcción compacta se da solamente en controladores de baja cantidad de entradas y salidas, comúnmente llamados micro PLC. Las unidades de expansión son simplemente entradas y salidas que se vinculan al equipo compacto mediante una conexión al bus de datos. La mayor ventaja que ofrecen es su bajo costo, y las desventajas residen en las limitaciones a la hora de expandir el equipo.
- En los modulares, su fuente de alimentación, CPU e interfaces de entradas y salidas, son partes componibles que se arman sobre un bastidor, base de montaje o rack, permitiendo conformar un PLC según la necesidad de la aplicación. Su capacidad de ampliación es muy superior a la de los compactos y disponen de mayor flexibilidad a la hora del montaje. Como desventaja, su construcción completamente modular posee un mayor costo cuando se emplean poca cantidad de canales de entradas y salidas.

Capacidad y cantidad de entradas y salidas (E/S). Si bien no se puede establecer una clasificación exacta de acuerdo a la capacidad, los fabricantes ofrecen diversas características, tales como el tamaño de su memoria, la cantidad de puertos de comunicación, el conjunto de protocolos de comunicación que soporta, su repertorio de instrucciones, etc., que diferencian tecnológicamente unos modelos de otros. Algunas marcas además definen como parámetros de selección la cantidad máxima de entradas y salidas que el controlador puede manejar. Este indicador permite clasificar a los PLC de la siguiente forma:

- Micro PLC: hasta 64 E/S.
- PLC pequeño: 65 a 255 E/S.
- PLC mediano: 256 a 1023 E/S.
- PLC grande: más de 1024 E/S.

2.4.4 Entradas y Salidas

Las entradas y salidas (input/output) son las partes del controlador programable que lo vinculan con el campo. Como se mencionó, su función es adaptar las señales de los captadores para que puedan ser reconocidas por la CPU en el caso de las entradas, o activar un elemento de potencia ante una orden de la CPU en el caso de las salidas.

El PLC realiza las acciones de control mediante sus entradas y salidas. Las entradas vigilan las señales de los dispositivos de campo, por ejemplo sensores e interruptores, mientras que las salidas comandan las bombas, motores u otros actuadores del proceso.

Debido a que no todas las señales de campo son iguales, existen interfaces de E/S para los tipos de señales eléctricas más comunes. Los canales de entrada o salida se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Digitales.** También llamadas on/off o discretas, pueden tomar sólo dos estados, 0 y 1.
- **Analógicos.** Pueden tomar una cantidad de estados dentro de un cierto rango de tensión o corriente, por ejemplo, 4 a 20 mA, 0 a 20 mA, 0 a 10 V y -10 a 10 V).

- **Especiales.** Son variantes de los anteriores que se emplean en aplicaciones específicas, como por ejemplo el conteo de alta velocidad, etc.

En los PLC compactos, las entradas y salidas integradas de la CPU tienen direcciones fijas. Para añadir a la CPU entradas y salidas adicionales, se pueden conectar módulos de ampliación a la derecha de la CPU (ver Figura. 2.27), siempre y cuando no se exceda su capacidad máxima.

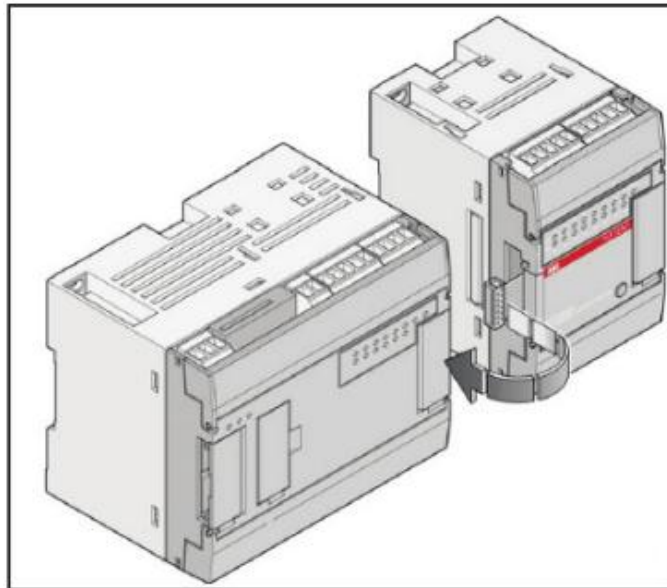


Figura # 2.27: Instalación de un módulo de ampliación en un PLC compacto de la línea AC31 de ABB

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

En los PLC de la línea Siemens, las direcciones de las E/S de cada módulo vienen determinadas por el tipo de E/S y la posición del módulo en la cadena, con respecto al anterior módulo de entradas o de salidas del mismo tipo. Por

ejemplo, un módulo de salidas no afecta las direcciones de un módulo de entradas y viceversa.

Igualmente, los módulos analógicos no influyen en el direccionamiento de los módulos digitales y viceversa. Los módulos de ampliación digitales reservan siempre un espacio de la memoria en incrementos de ocho bits (un byte), dependiendo de la cantidad de canales de E/S que contenga. Los módulos de ampliación analógicos se prevén siempre en incrementos de 4 bytes. Si un módulo no ofrece E/S físicas para cada uno de dichos puntos, se pierden los mismos y no se pueden asignar a los módulos siguientes en la cadena de E/S. (ver Figura. 2.28).

Disposición física de la CPU y los módulos de ampliación									
Módulo 0		Módulo 1		Módulo 2		Módulo 3		Módulo 4	
CPU 224		4 DI / 4 DO		8 D		3 AI / 1 AO		3 DO	

Direcciones que se utilizan desde el programa para acceder a los canales de entrada y salida									
DI	DO	DI	DO	DI	AI	AO	DO	AI	AO
I0.0	Q0.0	I2.0	Q2.0	I3.0	AIW0	AQW0	Q3.0	AIW8	AQW4
I0.1	Q0.1	I2.1	Q2.1	I3.1	AIW2		Q3.1	AIW10	
I0.2	Q0.2	I2.2	Q2.2	I3.2	AIW4		Q3.2	AIW12	
I0.3	Q0.3	I2.3	Q2.3	I3.3			Q3.3		
I0.4	Q0.4			I3.4			Q3.4		
I0.5	Q0.5			I3.5			Q3.5		
I0.6	Q0.6			I3.6			Q3.6		
I0.7	Q0.7			I3.7			Q3.7		
I1.0	Q1.0								
I1.1	Q1.1								
I1.2									
I1.3									
I1.4									
I1.5									

DI (Digital Input): Entrada digital
DO (Digital Output): Salida digital
AI (Analog Input): Entrada analógica
AO (Analog Output): Salida analógica

Figura # 2.28: Direcciones que toman las entradas y salidas de los módulos de ampliación en un PLC Siemens de la línea S7-200, CPU224.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

2.4.5 Entradas Digitales

Los fabricantes ofrecen diversas alternativas para este tipo de entradas. Se disponen alternativas con distinta cantidad de entradas por módulo, parámetro conocido como densidad de canales, y para distintos niveles de tensiones, siendo las más comunes de 24 VCC, 24 VCA, 110 VCA y 220 VCA. En la Figura. 2.31 se puede observar un esquema en bloques de una salida digital

La estructura típica de una interfaz de entrada digital se puede separar en una cadena de bloques por donde pasará la señal desde los bornes de campo hasta la CPU, donde se interpretará como un 0 ó un 1.

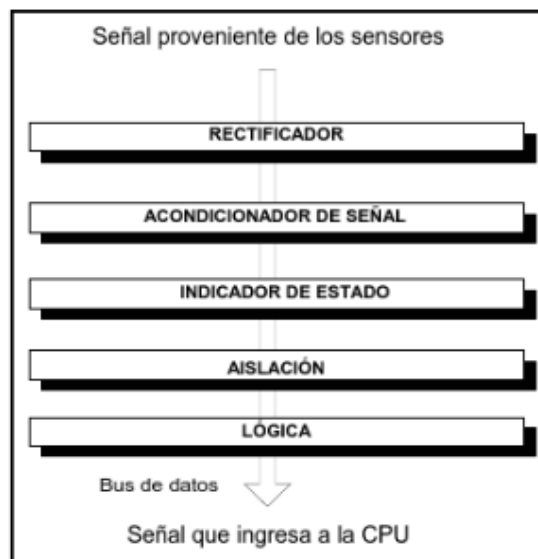


Figura # 2.29: Etapas que conforman una interfaz de entrada digital.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

La función de los bloques mencionados es la siguiente:

- **Rectificador.** Cuando se trata de entradas de CA, esta etapa convierte la señal en continua. En el caso de entradas de CC impide daños por inversión de polaridad.
- **Acondicionador de señal.** Disminuye la tensión a un nivel lógico para que se pueda procesar en el resto de los circuitos, elimina ruidos, y detecta el umbral de activación y desactivación.
- **Indicador de estado.** Contiene un LED que se enciende cuando hay tensión en la entrada.
- **Aislamiento:** consiste en un aislamiento galvánico del tipo óptico para que si aparecen sobretensiones externas, el daño causado afecte sólo a la entrada y no perjudique al resto del equipo.
- **Lógica.** Es la encargada de informarle a la CPU el estado de la entrada, 0 ó 1, cuando ésta la interroga.

El paso de la señal por todos estos bloques insume un tiempo que se conoce como tiempo de respuesta de la entrada. Éste, sumado al que le toma al PLC realizar el barrido del programa, debe ser inferior al tiempo de permanencia de la señal digital para que la misma sea correctamente detectada. En la Figura. 2.30 se pueden observar algunas características técnicas y el esquema de conexionado de un módulo de 8 entradas digitales de 24 VCC, modelo EM 221 para un PLC Siemens de la línea S7-200.

Código de producto	6ES7 221-1BF22-0XA0
Número de entradas	8 (sink/source)
Valores mínimos para la detección de un 1 lógico	15 VCC a 5 mA
Valores máximos para la detección de un 0 lógico	5 VCC a 1 mA
Corriente máxima para la entrada apagada.	1 mA
Tiempo de respuesta de la entrada	4,5 ms
Consumo de la fuente interna	30 mA
Aislación	500 VCA durante 1 m

Figura # 2.30: Especificaciones técnicas y conexionado de un módulo de 8 entradas digitales de 24 VCC, modelo EM 221 para un PLC Siemens de la línea S7-200.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

2.4.6 Salidas Digitales

Las salidas digitales pueden ser por relé, triac o transistor. Las salidas por relé se pueden utilizar para cargas en CC o CA, ya que utilizan un contacto libre de potencial; las de transistor sólo para CC y las de triac sólo para CA. En todos los casos se debe verificar que la tensión y la corriente a manejar sean compatibles con las salidas seleccionadas.

Las salidas por triacs y transistores se prefieren en los casos que requieren mayor velocidad de operación, ya que las de relés son más lentas, cerca del

doble de tiempo para su conmutación. Además, la vida útil de las salidas a relé es dependiente de la cantidad de maniobras.

Una cuestión muy importante en la instalación es utilizar protectores cuando se conectan a cargas inductivas, para limitar los picos producidos por éstas, en la Figura. 2.31 se puede observar un esquema en bloques de una salida digital.

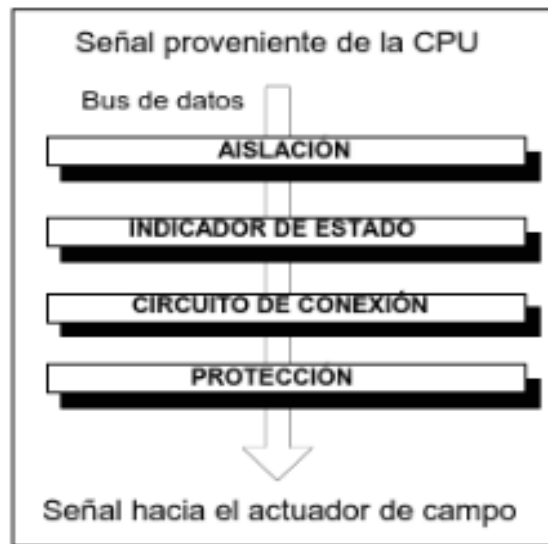


Figura # 2.31: Etapas que conforman una interfaz de salida digital.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

A continuación se describen las partes del diagrama en bloques:

- **Aislación.** Entre la lógica de la CPU y la salida se utilizan optoaisladores para que un cortocircuito o mala conexión al campo no dañe más que el elemento final. No se usan optoaisladores cuando se trata de salidas por relé ya que la bobina de éste es comandada por la CPU y sólo sus contactos se conectan al campo. De esta forma, una falla externa sólo dañaría a los contactos o a un fusible de protección.

- **Indicador de estado.** Generalmente se coloca antes de la opto aislación un LED indicador de estado.
- **Circuito de conexión.** Es el elemento final de la salida, el que maneja la carga conectada por el usuario. Existen tres tipos de elementos finales de conexión: transistores, triacs y relés.
- **Protección.** Puede consistir en un fusible en serie con los contactos de salida para protegerlos de cortocircuitos en el campo o también puede incluir un varistor o un circuito RC para eliminar picos generados por la naturaleza de la carga. En la Figura. 2.32 se pueden observar algunas características técnicas y el esquema de conexionado de un módulo de 8 salidas digitales de 24 VCC, modelo EM 222 para un PLC Siemens de la línea S7-200.

Código de producto	6ES7 222-1BF22-0XA0	
Número de salidas	8	
Corriente de salida por canal	0,75 A	
Tipo de salida	De estado sólido - MOSFET	
Valores mínimos para la entrega de un 1 lógico	20 VCC	
Valores máximos para la entrega de un 0 lógico	0,1 VCC	
Corriente máxima para la entrada apagada.	1 mA	
Tiempo de respuesta máximo de conmutación de OFF a ON / ON a OFF	50 μ s / 200 μ s	
Consumo de la fuente interna	50 mA	
Aislación	500 VCS durante 1 minuto	

Figura # 2.32: Especificaciones técnicas y conexionado de un módulo de 8 entradas digitales de 24 VCC, modelo EM 222 para un PLC Siemens de la línea S7-200.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

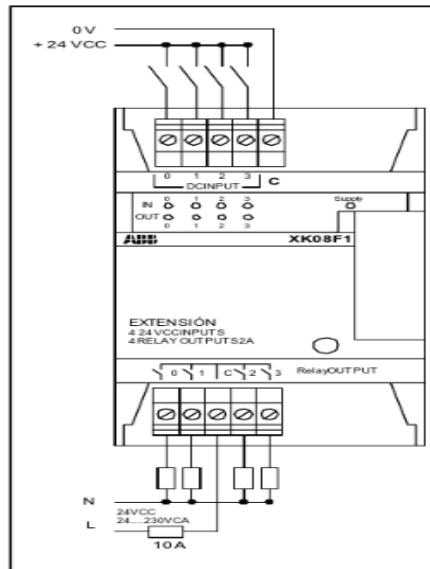


Figura # 2.33: Conexión de un módulo combinado de 4 entradas digitales de 24 VCC y 4 salidas digitales a relé de 2 A, modelo XK08F1 para los PLC de la línea AC31 de ABB.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Para algunos modelos de PLC o controladores de mayor envergadura, existen módulos de entradas y salidas redundantes. Estos módulos tienen todos sus canales duplicados, y en caso de detectar una falla en un elemento de entrada o de salida conmuta y utilizan automáticamente el de reserva. Se aplican en sistemas de control que requieren una alta disponibilidad de funcionamiento.

A modo de ejemplo, en la Fig. 2.33 se incluye el conexionado de un módulo de ampliación combinado, con 4 entradas digitales de 24 VCC y 4 salidas digitales a relé de 2 A, modelo XK08F1 para los PLC de la línea AC31 de ABB.

2.4.7 Señales Analógicas

Los PLC pueden procesar señales analógicas sólo de índole eléctrica. Si la variable de proceso que se desea tomar es una presión, ésta se deberá convertir a una señal eléctrica mediante un dispositivo llamado transductor o transmisor, para luego poder ser conectada a un PLC.

Suponiendo que la variable de proceso varía entre 0 y 10 bar, se puede utilizar un transmisor P/I con salida 4 a 20 mA, que cuando reciba 0 bar entregue 4 mA y cuando reciba 10 bar entregue 20 mA. Si su respuesta es lineal, sus valores intermedios serán proporcionales, obteniéndose, por ejemplo, 12 mA cuando se detecte 5 bares de presión. El hecho de obtener una corriente mínima mayor que cero cuando la presión es cero, permite detectar un corte de cableado, falla en la fuente del instrumento, etc.

Las formas de adaptación de las señales analógicas desde y hacia un PLC mediante el uso de transmisores, son extensivas para temperaturas, velocidades, caudales, y otras magnitudes físicas (ver Figura. 2.34).

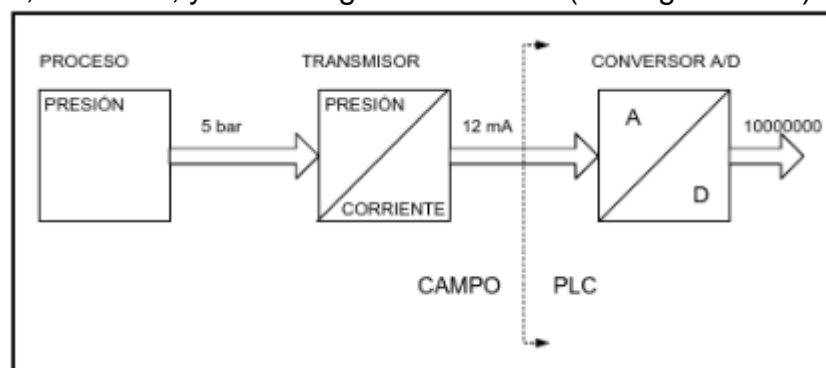


Figura # 2.34: Conversión de una variable analógica de proceso a una señal analógica eléctrica para ser conectada a un canal estándar del PLC.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina:

Editorial Hispano Americana HASA

Si bien los canales de entrada y salida analógicos suelen ser de tensión o corriente, en el rango de 4 a 20 mA, 0 a 20 mA, 0 a 10 V o -10 a 10 V, existen módulos de entradas analógicas que tienen transductores incorporados para la conexión directa de termocuplas, RTD, celdas de carga, etc.

2.4.8 Entradas Analógicas.

Internamente el PLC maneja únicamente dos estados lógicos 0 y 1, (0-1 / on-off / sí-no), por lo tanto la única manera que el PLC posee para trabajar con valores analógicos es que éstos se representen por números en formato binario, es decir, por combinaciones de ceros y unos. Por lo mencionado, la función principal de una entrada analógica es convertir la señal eléctrica aplicada a un número binario, utilizando para ello un conversor analógico digital (A/D).

En cualquier sistema de numeración (decimal, hexadecimal, binario) la cantidad de valores distintos que se pueden lograr depende de la cantidad de símbolos que se emplean para representar los valores (B) y la cantidad de cifras utilizadas (n). La relación para calcular la cantidad de valores es B^n . Por ejemplo, si se utilizan dos dígitos o cifras, con un sistema de numeración decimal, que tiene 10 símbolos diferentes (del 0 al 9), se pueden representar 100 valores distintos, de 00 a 99. Esto se puede obtener haciendo $10^2 = 100$.

Si ahora consideran que un PLC trabaja con 8 bits (de 00000000 a 11111111), cabe aclarar que 1 bit equivale a un dígito binario, entonces entenderá $B^n = 2^8 = 256$ valores (entre 000 y 255).

Como mención, la función principal de las entradas analógicas es convertir una señal analógica en un número binario. Si se utilizan 12 bits, se pueden lograr $B^n = 2^{12} = 4096$ valores diferentes. Una entrada analógica de 12 bits podrá dividir entonces el rango 4 a 20 mA en 4096 partes, por lo que su resolución será $(20 \text{ mA} - 4 \text{ mA})/4096 = 3,9 \mu\text{A}$, o bien, siguiendo el ejemplo anterior de una presión de 0 a 10 bar $(10 \text{ bar}/4096) = 2,44 \text{ mbar}$.

Los conversores A/D que utilizan los PLC son, por lo general, de 12 bits, aunque se pueden obtener con mayor resolución.

El valor de la conversión A/D se almacena en la memoria como una palabra binaria de 16 bits, en la cual el bit más significativo o de mayor peso se usa para determinar si el valor es positivo o negativo. Si este bit, conocido como MSB, es igual a 0, el valor es positivo, sino es negativo. En la Figura 2.35 se observa la estructura de la palabra de 16 bits cuando el conversor A/D tiene una resolución de 12 bits. Como se puede apreciar, los bits de menor peso se rellenan con ceros para completar el tamaño de la palabra. Esto determina los valores decimales mostrados en la curva de la que serán los que en definitiva se utilicen en el programa del PLC.

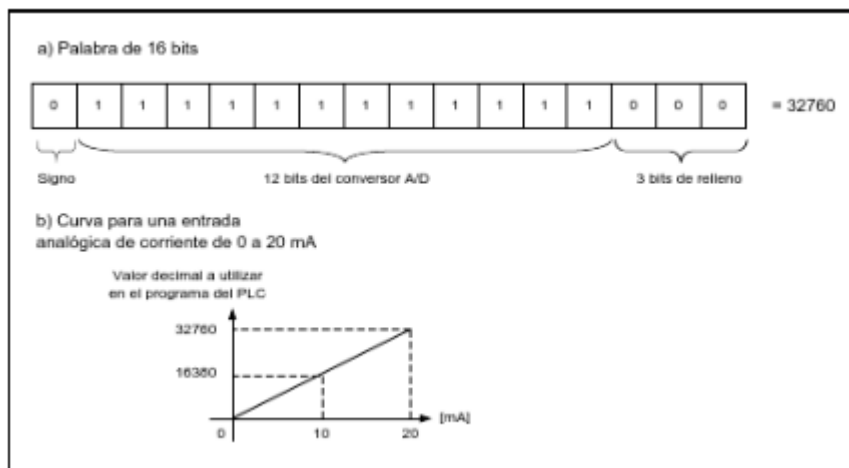


Figura # 2.35: Estructura de la palabra binaria y curva con los valores decimales para una entrada de 0 a 20 mA con un conversor de 12 bits.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

En la Figura 2.36 se puede observar la estructura interna de una entrada analógica donde se distinguen las siguientes partes básicas:

Protección. Impide daños al canal en caso de una conexión con polaridad inversa o si la señal de entrada está fuera del rango permitido.

- **Acondicionador de señal.** Elimina los posibles ruidos que ingresen a través de la instalación y ajusta los niveles de la señal para que sea compatible con las etapas de multiplexado y el conversor A/D.
- **Multiplexado.** Consiste en un circuito selector (multiplexador analógico) que envía de a un canal de entrada por vez al conversor A/D.
- **Conversor analógico/digital (A/D).** Convierte la señal analógica en un número binario que la CPU pueda interpretar.
- **Aislación.** Algunos modelos incorporan, luego del conversor, una aislación galvánica (optoaislación) para separar el PLC del campo.
- **Buffer.** Memoria donde se almacenan los valores convertidos mientras el conversor A/D opera sobre los demás canales.



Figura # 2.36: Etapas que conforman una interfaz de entrada analógica.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Los fabricantes suelen ofrecer módulos desde 2 hasta 16 canales de entrada analógica en los rangos de 4 a 20 mA, 0 a 20 mA, 0 a 10 V y -10 a 10 V.

2.4.9 Salidas Analógicas

El concepto básico de funcionamiento es el inverso al de una entrada analógica. En este caso, la CPU emite un número binario que se convierte en una señal analógica de corriente o tensión, mediante el uso de un conversor digital analógico (D/A).

A continuación se describen las etapas que componen una salida analógica (ver Figura 2.37):

- **Buffer.** Memoria en el módulo donde la CPU escribe los valores binarios a convertir.

- **Aislación.** Aislación galvánica (opto aislación) para proteger al PLC del campo.
- **Multiplexado.** Circuito que selecciona de a uno por vez los valores almacenados en el buffer y los manda al convertor. A su vez, selecciona el canal a donde se envía el valor convertido.
- **Convertor digital/analógico (D/A).** Convierte un valor numérico emitido desde la CPU en una señal analógica.
- **Acondicionador de señal.** Adapta la señal de salida del convertor D/A al rango de tensión o corriente estándar.
- **Protección.** Protege al PLC ante una inversión de la polaridad o una sobretensión proveniente del campo, en caso de utilizar una fuente externa.

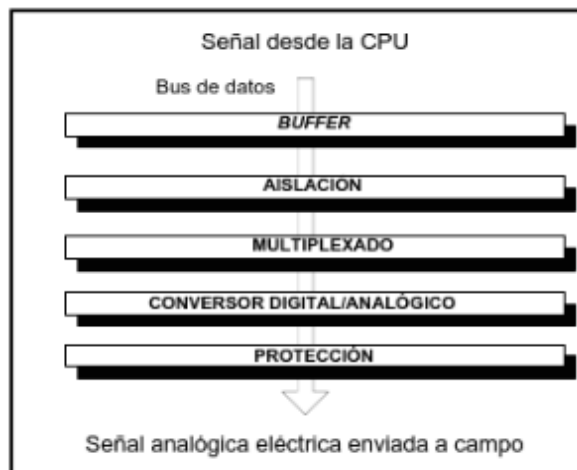


Figura # 2.37: Etapas que conforman una interfaz de salida analógica.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

Los módulos de salidas analógicas suelen contener de 2 a 16 canales, que se pueden utilizar por tensión o corriente, con rangos de 4 a 20 mA, 0 a 20 mA, 0 a 10 V y -10 a 10 V.

2.4.10 Entradas y Salidas Especiales

Además de los módulos de ampliación de entradas y salidas convencionales, existen otros para aplicaciones específicas, que permiten el conteo de pulsos de alta velocidad, la conexión directa de celdas de carga, la conexión de termocuplas, etc.

Los módulos contadores de alta velocidad poseen una CPU dedicada y le permiten al PLC contar pulsos de hasta 100 kHz, generándole interrupciones cuando se alcanza el valor prefijado, esto no sería posible hacerlo con la CPU del PLC debido a los recursos que le insume la ejecución del programa de usuario. Estos módulos se utilizan para conectar encoders, caudalímetros a turbina. Por lo general, disponen además de entradas que le permiten discriminar el sentido de giro de los encoders y efectuar así conteos ascendentes y descendentes, los módulos de entradas para termocuplas incorporan una etapa de acondicionamiento de la señal y funciones de linealización y compensación de juntura fría.

2.5 Motores de Corriente Alterna

2.5.1 Introducción de motores trifásicos por Inducción.

Los motores de corriente alterna están previsto para ser conectados a redes de alimentación trifásica o bifásica, ambos tipos son de construcción análoga y solo difieren en sus conexiones internas de sus arrollamientos.

Los motores trifásicos se fabrican de las más diversas potencias desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos. Tienen una característica de

velocidad sensiblemente constante, y una característica de par que varía ampliamente según los diseños, otros en cambio lo poseen reducidos.

Hay tipos diseñados para que absorban una corriente de arranque más bien moderada y otros que están previstos para absorber una corriente de arranque elevada. Se los construye para prácticamente todas las tensiones y frecuencias de servicio normalizadas y muy a menudo están equipadas para trabajar a dos tensiones nominales distintas. Estos motores trifásicos se emplean para accionar maquinas, herramientas, bombas, montacargas, ventiladores, maquinaria elevada, etc. Y constan en dos partes fundamentales.

- **Rotor.-** Es la parte móvil de un motor y se compone de tres partes, la primera de ella es el núcleo formado por un paquete de láminas o chapas de hierro de elevada calidad magnética, la segunda es el eje sobre el cual va ajustado a presión el paquete de chapas, la tercera es el arrollamiento llamado “jaula de ardilla”, que consiste en una serie de barras de cobre de gran sección, alojadas en sendas ranuras axiales practicadas en la periferia del núcleo y unidas en cortocircuito mediante dos gruesos aros de cobren situados uno a cada extremo del núcleo.
- **Estator.-** Es la parte fija de un motor y se compone de un núcleo de chapas de acero con ranuras semicerradas, de una pesada carcasa de acero o de fundición dentro de la cual esta introducido a presión el núcleo de chapas, y de dos arrollamientos de hilo de cobre aislado alojados en la ranura y llamados respectivamente arrollamiento principal o de trabajo y arrollamiento auxiliar o de arranque.

A continuación se describen las partes de un motor. (Ver Figura 2.38):

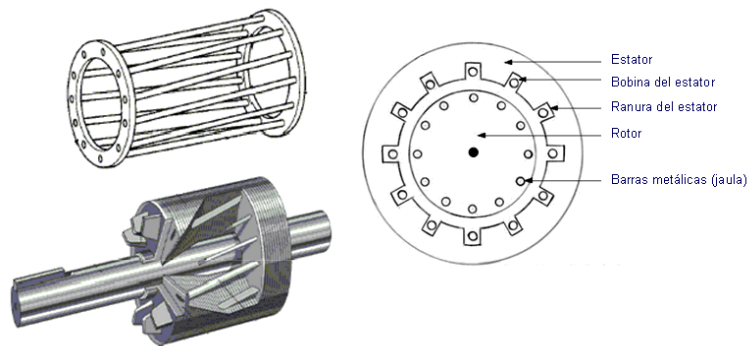


Figura # 2.38: Partes de un motor

Fuente: RRosenberg (reparacion de motores electricos).

2.5.2 Motores de rotor de jaula de ardilla

El motor de rotor de jaula de ardilla, también llamado de rotor en cortocircuito ya que se compone de una serie de barras de cobre de gran sección que van alojadas dentro de las ranuras del paquete de chapas retórico; dichas barras están soldadas por ambos extremos a gruesos aros de cobre que las encierran en cortocircuito, la mayoría de motores llevan un arrollamiento retórico con barras y aros de aluminio fundidos en una sola pieza. A continuación se puede apreciar un rotor jaula de ardilla. (Ver Figura 2.39):



Figura # 2.39: Rotor jaula de ardilla

Fuente: RRosenberg (reparacion de motores electricos) arrollamiento de jaula de ardilla

2.5.3 Motores de rotor de anillos rozantes

Estos motores asíncronos llevan un arrollamiento especial dispuesto en las ranuras del núcleo cuyos terminales están conectados a tres anillos metálicos en el eje igual que en los demás motores los dos escudos se afianzan firmemente uno a cada lado de la carcasa y van montado los cojinetes sobre los cuales se apoya y gira el eje del rotor, a tal efecto se emplean indistintamente cojinetes de bolas y cojinetes de resbalamiento, facilitando un control de la velocidad y corriente de arranque con un elevado par de arranque y un mejor factor de potencia que con el rotor en jaula de ardilla. A continuación se apreciara en la Figura 2.40 el rotor de anillo y su comprobación.

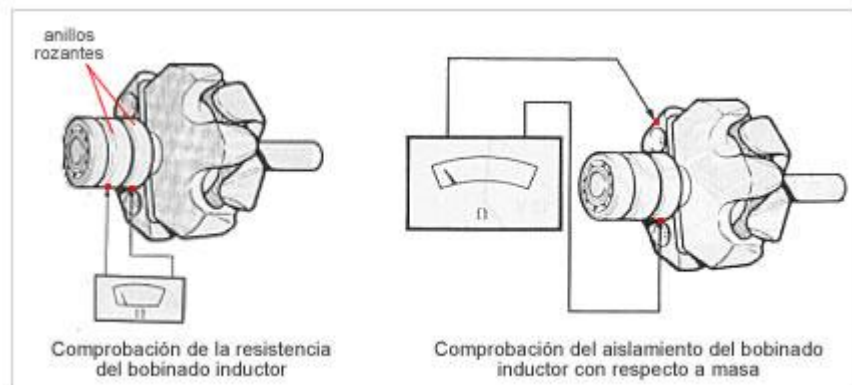


Figura # 2.40: Rotor de anillos rozantes y comprobación

Fuente: RRosenberg (reparacion de motores electricos) Rotor Bobinado
(wagner electric company)

2.5.4 Conexiones fundamentales de los motores eléctricos trifásicos

Casi todos los motores trifásicos están provistos de un arrollamiento estatorico en doble capas es decir, con igual número de bobinas que de ranuras. Las bobinas van conectadas formando tres arrollamientos independientes llamados fases, las cuales se designan generalmente por letras A, B, C (fase A, fase B, fase C).

Las tres fases de un motor trifásico están siempre conectadas en estrella o en triángulo, en el tipo de conexión estrella los finales de las fases están unidos conjuntamente en un punto común (centro de estrella) y cada principio de fase va conectado a una de las líneas de alimentación de la red, el nombre de estrella con que se designa dicha conexión es debido a la forma como se adoptan las fases en el esquema de la misma y se representa abreviadamente por el símbolo. A continuación se apreciara en la Figura 2.41 la conexión en estrella.

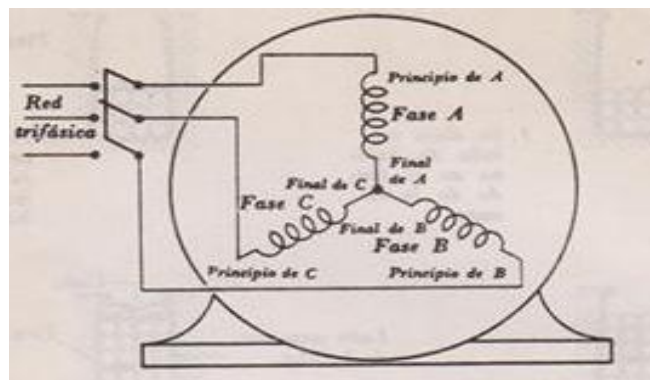


Figura # 2.41: Esquema de la conexión en estrella

Fuente: RRosenberg (reparacion de motores electricos) Conexión fundamentales de motores

La conexión en triángulo es cuando el final de cada fase está unido al principio de la siguiente, en la Figura 2.42 se muestra esta conexión en la cual se aprecia que el final de la fase A esta unida con el principio de la fase B, el final de la fase B al principio de la fase C y el final de la fase C al principio de la fase A. de cada punto de unión o vértice parte una conexión hacia la red.

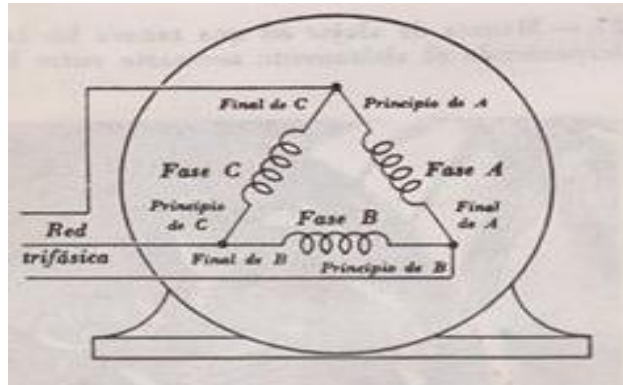


Figura # 2.42: Esquema de la conexión en triángulo
Fuente: RRosenberg (reparacion de motores electricos) Conexión
fundamentales de motores

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 Diseño

En el Diseño del Módulo de Prueba se incorporó un Multimedidor de variables SENTRON PAC3200 con el método de lograr pruebas y captar dichas variables generadas por un motor en conexión delta toda esa adquisición de datos fueron supervisadas por el Ing. Carrasco en el laboratorio de Control y Automatismo como también la configuración del equipo.

Se Diseña también un método de conexión integrada (red Profibus Ethernet) que permita gestionar el control entre los diferentes equipos asociados al Sentron PAC3200. Este proceso es sistemáticamente mediante la toma de datos efectivos necesarios para obtener su máxima efectividad en su aplicación y los estudiantes se familiaricen con los sucesos de monitoreo.

3.2 Modalidad de la Investigación

Estos métodos se justifican por que consiste en la manipulación de una (o más) variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente

controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

En este caso se trata de monitorear y controlar un motor eléctrico conectado en conexión delta utilizando un equipo de medición SENTRON PAC3200 donde se manipularán variables como tipo de corriente, tipo de conexión, tiempo, cantidad de voltaje, cantidad de corriente, etc., de tal forma que estas variables serán controladas ya sea para aumentarlas o disminuirlas y con esto observar y verificar sus efectos y conductas.

Para alcanzar los objetivos propuestos del diseño se seleccionaron los siguientes métodos de investigación.

- Método de análisis
- Método de Organización
- Método de Investigación acción y exploratoria
- Método de comprobación y de observación (pre-Experimental)

3.3 Justificación del método.

Este trabajo investigativo se orienta en un esquema empírico analítico realizando pruebas experimentales y funcionales de la operación del SENTRON PAC3200 mediante un software, que pueda llegar a controlar diferentes variables visualizadas fácilmente en una pantalla LCD. El proceso es desarrollado sistemáticamente mediante la toma de datos efectivos necesarios para obtener su máxima efectividad en su aplicación.

Finalmente todo esto es llevado a la práctica con la ayuda del computador y el programa de simulación DATA VISUALIZATION PAC3200-Version: Beta 1.0, que permite adquirir y visualizar datos de los equipos asociados al SENTRON PAC 3200, con el fin de que los estudiantes puedan observar los distintos sucesos y formas de visualización que el equipo arroja durante su funcionamiento, adicionalmente asociar el PLC S7-300, que controlará a un motor, visualizando las diferentes variables y medidas en el equipo SENTRON PAC3200.

3.4 Tipo de Investigación

En esta tesis se realizó los métodos de comprobación y de observación (pre-Experimental), del paradigma empírico analítico con un enfoque cuantitativo, para la realización de las prácticas, con procedimientos propios de ciencias naturales con conocimientos científicos de la realidad, observando y comprobando los diferentes sucesos de cada uno de los circuitos y sistemas simulados.

Continuando con la organización que demanda la realización de esta tesis se prestó el laboratorio de control y automatismo, para inmediatamente iniciar con la planificación y procedimientos a seguir para las prácticas, en la Figura. 3.1 se puede observar las etapas de los análisis a seguir en el procedimiento de esta tesis.

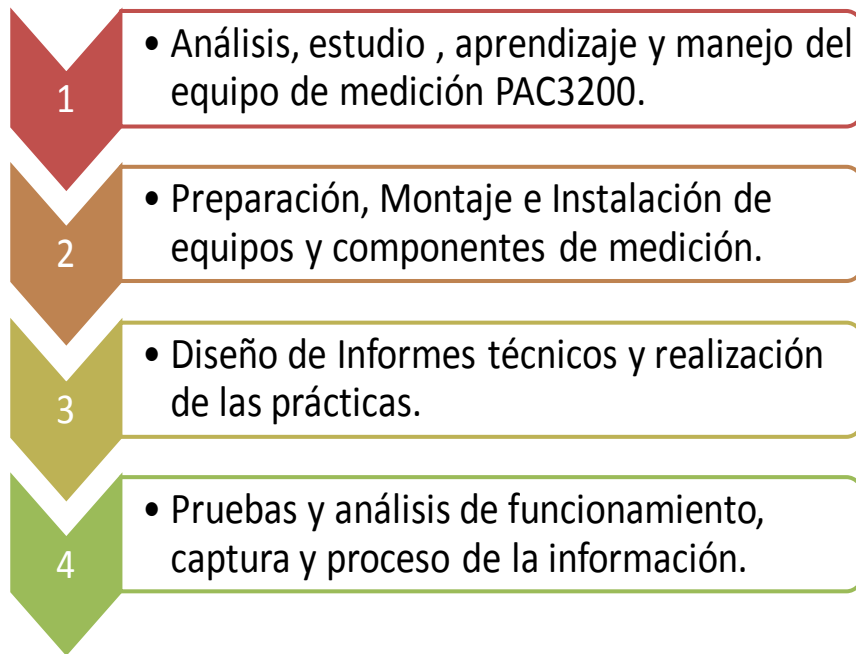


Figura # 3.1: Etapas de Análisis.

Fuente: Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA

3.5 Prácticas Básicas Realizadas

El SENTRON PAC3200, bajo la configuración adecuada con todas las referencias o características de motor como de los transformadores, se tomó todas las pruebas básicas en tiempo real.

Estas pruebas reflejan la precisión y que tan rentable podría ser la supervisión de voltaje en gran escalas, esta adquisición es tan bien una prueba para seguir implementando y equipando el Laboratorio de Control y Automatismo el cual puedan interactuar para proyectarse al campo industrial.

CAPÍTULO IV

4 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO PROPUESTO

4.1 Introducción

El SENTRON PAC3200 es diseñado de una manera compacta con una gama de funciones que representa un sustituto ideal para los instrumentos análogos, cuenta con un amplio rango de tensión de medida, el SENTRON PAC3200 puede conectarse en tensiones bajas de 690V, como en conexiones directas de hasta 500V.

En la actualidad la tecnología está evolucionando con la misma rapidez que lo hacen los procesos industriales. En el medio local como a nivel mundial se están implementando muchas maneras de llegar a optimizar los costos innecesarios por el mal uso de la energía eléctrica, logrando diseñar equipos intrínsecos que logran supervisar diferentes variables, como por ejemplo, motores de gran escala hasta diferentes tipos de generadores de variables, el cual garantice su eficiencia de trabajo como mantener el periodo de trabajo de los equipos.

Es muy importante mantener monitoreados los consumos eléctricos de cada equipo es vital en la actualidad, esto sumado a la precisión que obtendré con el Multimetro SENTRON PAC3200, siemens facilita una perspectiva muy clara de cuanta energía se consume, en tiempo en el cual se visualiza los rangos y las magnitudes activas durante el proceso industrial.

Este Multimetro provee la información del estado de su instalación suministrando la medición de los valores máximos, mínimos y medios de magnitudes eléctricas tales como tensiones, intensidades, corrientes, potencias,

frecuencia, factor de potencia, simetría y THD (Distorsión del tercer armónico), este dispositivo permite captar todos los consumos y datos adicionales relevantes para la calidad de la red sobre todo fácil visualización consta de un display LCD gráfico el cual permite observar de manera clara los datos adquiridos.

4.2 El Sentron PAC3200

El SENTRON PAC3200 es un multímetro tipo central de medida para la visualización de todos los parámetros de red relevantes en la distribución de energía eléctrica en baja tensión. Puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, y puede utilizarse en redes (sistemas) en esquema TN, TT e IT de dos, tres o cuatro conductores, posee un diseño compacto en formato 96 x 96 mm representa un sustituto ideal para los instrumentos analógicos convencionales.

Gracias a su amplio rango de tensión medida, el SENTRON PAC3200 con fuente de alimentación multirango puede conectarse directamente a cualquier red de baja tensión con una tensión nominal de hasta 690 V (máx. 600 V para UL). Para la variante con fuente de alimentación de muy baja tensión está permitida la conexión directa a redes de hasta 500 V., pueden medirse tensiones superiores si se usan transformadores de tensión. Para la medida de corrientes se pueden utilizar transformadores de corriente x/1 A o x/5 A.

La gran pantalla gráfica de cristal líquido permite la lectura incluso a grandes distancias. El SENTRON PAC3200 dispone de una retroiluminación regulable para garantizar una lectura óptima incluso en condiciones lumínicas desfavorables. Ofrece un manejo intuitivo para el usuario gracias a cuatro teclas de función, e información multilingüe en texto claro. Adicionalmente, el usuario experimentado dispone de una navegación directa, la cual permite realizar una selección rápida del menú deseado.

El SENTRON PAC3200 dispone de una serie de útiles funciones de monitoreo, diagnóstico y servicio técnico, un contador de tarifa doble de energía activa y reactiva, un contador universal y un contador de horas de funcionamiento para monitorear el tiempo de servicio de consumidores conectados.

Para la comunicación se puede utilizar la interfaz Ethernet integrada o un módulo de interfaz opcional, además, el SENTRON PAC3200 dispone de una entrada y una salida digitales multifuncionales. La parametrización puede realizarse directamente en el dispositivo o a través de una interfaz de comunicación, para evitar accesos no autorizados se ha integrado un sistema de protección por clave en la parte frontal del dispositivo.



Figura # 4.1: Sentron PAC 3200

Fuente: <http://www.siemens.com/entry/cc/en/>

4.3 Maneras de parametrización del SENTRON PAC3200

La parametrización puede realizarse directamente en el dispositivo o a través de una interfaz de comunicación, la figura siguiente # 4.2 muestra el menú principal de los parámetros básicos en el cual se logra ingresar de la manera directa para la modificación de datos.

Los parámetros ajustables del dispositivo se subdividen en los siguientes grupos.

El menú "AJUSTES" permite la selección de los grupos:

- Idioma/regional
- Parámetros básicos
- Demanda de potencia
- Comunicación
- Pantalla



Figura # 4.2: SENTRON PAC3200 (vista frontal. Menú principal)

Fuente: <http://www.siemens.com/entry/cc/en/>

4.4 Características técnicas del SENTRON PAC3200

- Obtención de más de 50 magnitudes medidas a partir de las magnitudes básicas con valores máximos y mínimos (función de indicador de arrastre), así como valores medios para tensiones simples y compuestas y corrientes. Además de los valores medios se muestran también sus correspondientes mínimos y máximos.

- Dotado de fuente de alimentación multirango, el SENTRON PAC3200 puede conectarse directamente a redes industriales de 690 V (máx. 600 V para UL) (categoría de medición III, grado de ensuciamiento 2). Mayores tensiones si se usan transformadores de tensión.
- Equipado con fuente de alimentación de muy baja tensión, el SENTRON PAC3200 puede conectarse directamente a redes de hasta 500 V.
- Para transformadores de corriente x/1 A y x/5 A. Relación del transformador y sentido de corriente programables.
- Para redes de 2, 3 y 4 conductores. Apto para redes TN, TT e IT.
- Alta precisión de medida 0,5% del valor medido para energía.

4.5 Contadores y valores medios (demanda) de potencia

- Un total de 10 contadores de energía totalizan la energía activa, reactiva y aparente para tarifas bajas y altas, energía importada y exportada.
- Determinación y memorización del último valor medio del periodo de demanda de la potencia activa y reactiva, para la generación sencilla de perfiles de carga mediante software. Periodo de demanda programable de 1 a 60 minutos.
- Contador universal configurable para contar violaciones de límites, modificaciones de estado en la entrada o salida digital, o para visualizar la energía activa o reactiva entregada vía generador de impulsos, p. ej. interfaz S0.

- Contador de horas de funcionamiento para el monitoreo del tiempo de servicio de un consumidor conectado.

4.6 Funciones de monitoreo

- Monitoreo de 6 valores límite. Se pueden vincular lógicamente los valores límite mediante operadores lógicos Y / O. Un operador O permite generar un aviso agrupado que indicará la violación de al menos un límite.
- Monitoreo del sentido de giro.
- Monitoreo del estado de la entrada digital.
- Monitoreo del estado de servicio del SENTRON PAC3200.

4.7 Visualización y manejo

- Gran pantalla gráfica retroiluminada de cristal líquido para una lectura óptima incluso a grandes distancias.
- Parametrización y manejo a través de menús en pantalla en texto claro.
- Selección de idioma para la visualización de menús y textos en pantalla.
- Identificadores de fases seleccionables (L1, L2, L3 \Leftrightarrow a, b, c).

4.8 Alimentación

- Fuente de alimentación multirango AC/DC:

Alimentación con 95 a 240 V AC $\pm 10\%$ / 50 / 60 Hz ó

110 a 340 V DC $\pm 10\%$.

- Fuente de alimentación DC de muy baja tensión:

Alimentación con 24 V, 48 V y 60 V DC $\pm 10\%$ ó

22 a 65 V DC $\pm 10\%$.

4.9 Formato de instalación

- Formato de instalación en cuadro/tablero 96 x 96 mm.
- Tan sólo 51 mm de profundidad sin módulo de ampliación; 73 mm de profundidad con módulo de alimentación. El conector de interfaz se enchufa lateralmente en el módulo de ampliación, por lo que no incrementa la profundidad de montaje.

4.10 Interfaz

- Interfaz Ethernet integrada.
- Ampliable con módulo opcional (p. ej. módulo de ampliación PAC PROFIBUS DP). (ver Figura. 4.3).
- Ampliable con módulo opcional (p. ej. módulo de ampliación PAC RS485).

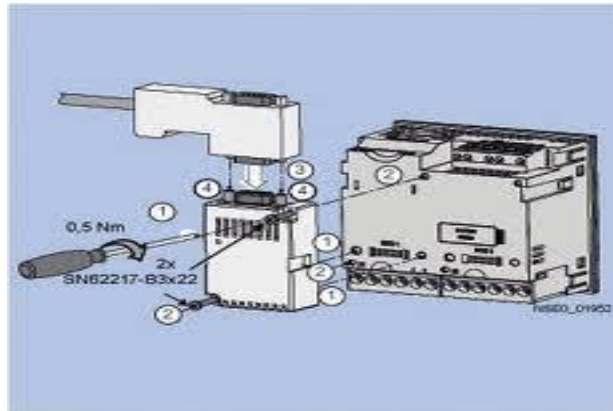


Figura # 4.3: Conexión de módulo profibus

Fuente: <http://www.siemens.com/entry/cc/en/>

4.11 Protección

- Sistema de protección por clave en el dispositivo mediante código de 4 dígitos.

4.12 Sentido de corriente

El sentido de circulación de la corriente puede cambiarse en el dispositivo o vía la interfaz conjuntamente para todas las fases. De esta forma, en caso de conexión equivocada no es necesario permutar posteriormente las conexiones del transformador de corriente.

4.13 Visualización de magnitudes medidas en función del tipo de conexión

- El alcance total de las magnitudes medidas representables está limitada por el tipo de conexión del dispositivo. (ver Figura. 4.4).
- Las magnitudes medidas no representables a causa del tipo de conexión se muestran en la pantalla mediante una raya "----". (ver Figura. 4.5).



Figura # 4.4: Visualización de la tensión medida para el tipo de conexión 3P4W

Fuente: <http://www.siemens.com/entry/cc/en/>



Figura # 4.5: Visualización de la tensión medida con el tipo de conexión 1P2W

Fuente: <http://www.siemens.com/entry/cc/en/>

4.14 Totalización de los valores medios (demandas) de potencia

Valores legibles:

- El SENTRON PAC3200 suministra los valores medios de potencia del último periodo de demanda finalizado.
- Valores medios de potencia activa y potencia reactiva, importada y exportada.
- Valor mínimo y máximo durante el periodo.
- Extensión del periodo de demanda en segundos. El periodo puede resultar más corto en caso de sincronización externa.

- Tiempo en segundos desde la última sincronización o desde la conclusión del último periodo.

4.15 Contador universal configurable

La unidad SENTRON PAC3200 dispone de un contador configurable que permite contar, a elección:

- Impulsos a través de la entrada digital para kWh/kvarh
- Cambios de estado en la entrada digital (únicamente flanco creciente)
- Cambios de estado en la salida digital (únicamente flanco creciente)
- Violaciones de límite

4.16 Contador de horas de funcionamiento

El contador de horas de funcionamiento vigila el tiempo de servicio de un consumidor conectado. (Sólo cuenta para totalización de energía).

4.17 Límites

- El SENTRON PAC3200 dispone de una función para monitorear hasta 6 límites. Es posible monitorear violaciones de límites superiores e inferiores. Se pueden programar determinadas acciones en caso de violación de los límites.
- Adicionalmente, los límites pueden vincularse entre sí mediante una función lógica. El resultado lógico puede utilizarse, al igual que los distintos límites, para provocar determinadas acciones.
- Las violaciones de los límites se muestran en la pantalla.

4.18 Definición de límites

Para definir la violación de límites se precisan los siguientes datos para cada uno de los seis límites:

- Monitoreo de límite activado/desactivado
- Magnitud monitoreada
- Violación de límite superior o inferior
- Límite
- Retardo
- Histéresis

4.19 Vinculación lógica de límites:

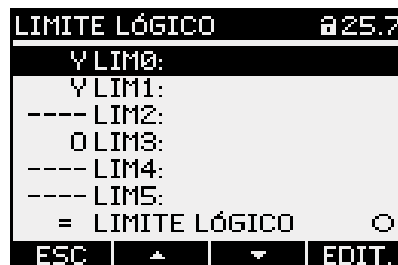


Figura # 4.6: Parámetro ajustable "LÍMITE LÓGICO"

Fuente: <http://www.siemens.com/entry/cc/en/>

Operadores disponibles:

- Y
- O

El comodín "----" significa: este límite no está vinculado lógicamente a otro.

La lógica vincula los límites 0 a 5 de la siguiente manera:

(((((opLIM0 LIM0 opLIM1 LIM1) opLIM2 LIM2) opLIM3 LIM3) opLIM4 LIM4) opLIM5 LIM5). LIM0 Significa límite 0, LIM1 Significa límite 1, LIMx Significa límite x, op Aparece en la fórmula para el operador lógico Y/O Los paréntesis en la fórmula indican que la regla de prioridad Y/O no es válida. El resultado lógico es el denominado "LÍMITE LÓGICO" tal como lo muestra la figura 4.6

4.20 Indicación de violaciones de límite

Visualización en pantalla de la violación del límite (ver Figura. 4.7).

"MENÚ PRINCIPAL > AJUSTES > AVANZADO > LÍMITES" y "... > LÍMITES > LÍMITE LÓGICO".

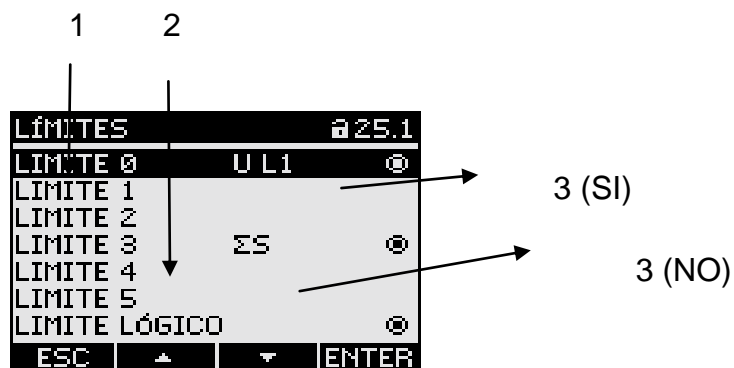


Figura # 4.7: Representación de la violación de límites

Fuente: <http://www.siemens.com/entry/cc/en/>

- (1) Designación del límite.
- (2) Fuente de datos monitoreada.
- (3) Límite violado actualmente: SI, NO.

- Indicación de la violación de límite en la salida digital.
- Indicación de la violación de límite a través de la interfaz.
- Recuento de las violaciones de límite a través del contador universal.

4.21 Comportamiento en caso de fallo y restablecimiento de la red

Si la red falla, el dispositivo comienza a calcular desde cero los valores medios (demandas) de la potencia activa total y la potencia reactiva total.

Los datos de los contadores y los valores extremos (máx. / mín.) Se escriben desde la memoria volátil en la memoria no volátil conforme a los siguientes intervalos: tal como se lo muestra en la Tabla 4.1.

Tabla # 4.1 Valores de Contadores y Valores Extremos.

Valores de los contadores	Cada 5 min
Valores extremos (máx. /mín:)	Cada 5 seg., siempre que existan

4.22 Abertura de inserción en la parte posterior del dispositivo

El SENTRON PAC3200 no incluye ningún lector de tarjetas ni precisa pila.

Las aberturas como se muestra en la Fig. 4.8 son visibles y se ubican en la parte posterior del SENTRON PAC3200 no se pueden utilizar y están bloqueadas con un elemento al efecto.

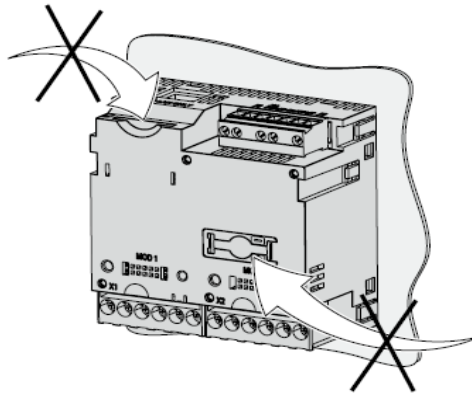


Figura # 4.8: Abertura para tarjeta de memoria y compartimento de baterías.

Fuente: <http://www.siemens.com/entry/cc/en/>

4.23 Lugar de montaje

El SENTRON PAC3200 ha sido diseñado para ser instalado en paneles de tableros/cuadros fijos ubicados en salas cerradas.

Los paneles y puertas conductores de tableros/cuadros deben estar puestos a tierra.

Las puertas del tablero/cuadro deben estar conectadas a éste mediante un cable de tierra.

4.24 Posición de montaje

El dispositivo se debe montar verticalmente. Tal como se muestra en la figura 4.9

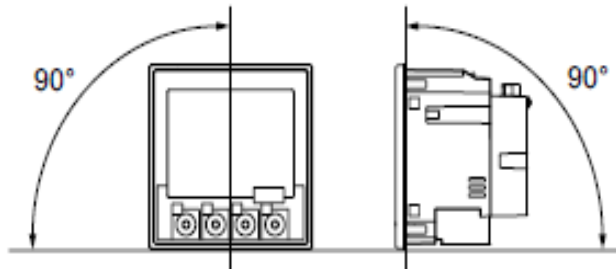


Figura # 4.9: El sentido preferente de visión sobre la pantalla es el oblicuo desde abajo.

Fuente: <http://www.siemens.com/entry/cc/en/>

4.25 Espacio de montaje y ventilación

Al objeto de garantizar la temperatura de empleo permitida se debe mantener una distancia lo suficientemente grande con respecto a otros componentes.

Reserve espacio suficiente para:

- Ventilación
- Cableado
- Conector RJ45 y llegada de cable en la parte superior del dispositivo
- Módulo de ampliación opcional conectable en la parte posterior del dispositivo, incluido conector y llegada de cable.

4.26 Condiciones ambientales

Utilice el SENTRON PAC3200 únicamente en aquellos lugares en los que las condiciones ambientales permitan su correcto servicio:

Tabla # 4.2 Rangos de temperaturas.

Rango de temperatura de empleo	- 10 °C a + 55 °C
Rango de temperatura en almacenamiento	- 25 °C a + 70 °C
Humedad relativa del aire	95 % a 25 °C sin condensación (en condiciones normales)
Altitud de empleo sobre nivel del mar	hasta 2000 m
Grado de contaminación	2
Grado de protección según IEC 60529	
Frente	IP65
Lado posterior	IP20, NEMA 1 ^a

Fuente: Manual Sentron PAC3200.

4.27 Finalidad del SENTRON PAC3200

- Medición directa o a través de transformador de tensión. Las entradas voltimétricas del dispositivo miden directamente a través de impedancias de protección. Para medir tensiones superiores a las nominales de entrada admisibles es necesario utilizar transformadores de tensión externos.
- Tensión medida hasta 400 V/690 V (máx. 347 V / 600 V para UL) con fuente de alimentación multirango. El dispositivo está diseñado para soportar tensiones de entrada de hasta 400 V respecto al neutro y 690 V entre fases.

- Tensión medida hasta 289 V/500 V con fuente de alimentación de muy baja tensión. El dispositivo está diseñado para soportar tensiones de entrada de hasta 289 V respecto al neutro y 500 V entre fases. Ver figura 4.10



Figura # 4.10: Visualización de variables Voltaje, Amperaje y Watts

Fuente: <http://www.siemens.com/entry/cc/en>

CAPÍTULO V

5. IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO Y RESULTADOS.

5.1 Levantamiento técnico del Módulo de Pruebas

Se generó un listado de materiales y el estudio del multimedidor recopilando toda la información necesaria para complementar la parte del diseño del módulo como también el montaje eléctrico y así tener una plataforma de trabajo. Luego se trabajó en la parametrización y pruebas del SENTRON PAC3200 utilizando la conexión delta a un motor VAC, marca SIEMENS. (Ver Figura 5.1):



Figura # 5.1: Estructurando la plataforma de trabajo

Fuente: Autoría propia

5.2 Implementación del Módulo de Pruebas.

La implementación del módulo o chasis fue realizada en las instalaciones del taller mecánico de la Empresa de Plásticos Internacionales C. A. (Ver figura 5.2): El cual se utilizó maquinaria industrial para realizar las debidas perforaciones y calar los cortes para el montaje de los equipos, El material que se utilizo para el modulo es una lata galvanizada de un espesor de 1.5 mm.



Figuras # 5.2: Perforaciones del Módulo de Pruebas y Cortes de material galvanizado

Fuente: Autoría propia

5.3 Montaje de Equipos Eléctricos y Cableado

Se realizó el montaje y conexión de los equipos. La implementación se la realizo de acuerdo al manual de conexiones. (Ver Figura 5.3):



Figuras # 5.3: Montaje de equipos eléctricos

Fuente: Autoría propia

5.4 Comprobación del simulador SENTRON PAC3200 en la PC.

Una vez que el "Simulador PAC3200" se ejecuta, la ventana principal se despliega de tal forma como lo muestra la figura 5.4:

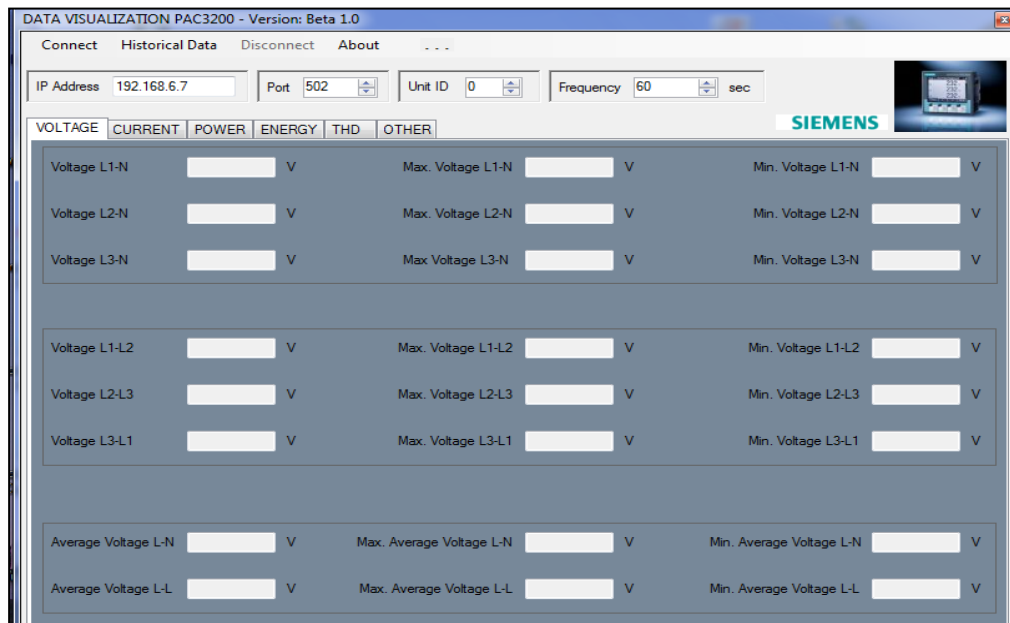


Figura # 5.4: Ventana Principal del Simulador del SENTRON PAC3200.

Fuente: Manual Sentron PAC3200.

Para efectuar la comunicación con el SENTRON PAC3200 hay que configurar el software estableciendo algunos puntos:

1. **Dirección IP:** Es una identificación numérica (dirección lógica) que se asigna a los dispositivos que participan en la red de ordenadores que utilizan el protocolo de Internet. Tiene que ser un juego en el dispositivo de vigilancia PAC3200. Para conexiones punto a punto los primeros tres bytes de los PAC y las direcciones del PC debe ser por lo general idénticos (es decir PAC 129.211.25.12 y 129.211.25.15 PC) 1234.

2. **Puerto:** identificador numérico de las estructuras de datos de los puntos finales para el host a host comunicaciones en el protocolo TCP. Puerto 502 se utiliza por defecto y debe trabajar para la mayoría de las conexiones.
3. **ID de la unidad:** número de servidores necesarios para la identificación del telegrama Modbus TCP. La unidad ID es 1 por defecto y normalmente no debe ser cambiado.
4. **Frecuencia:** tiempo de la muestra de datos. Predeterminado de fábrica es 1 segundo. Sin embargo, puede ser configurado para 3600 segundos, que puede ser útil para el seguimiento a largo plazo de datos históricos.

5.5 Conexión del SENTRON PAC3200.

Para la conexión punto a punto se debe utilizar un cable cruzado de Ethernet y conectarlo tal como lo muestra la figura 5.5:

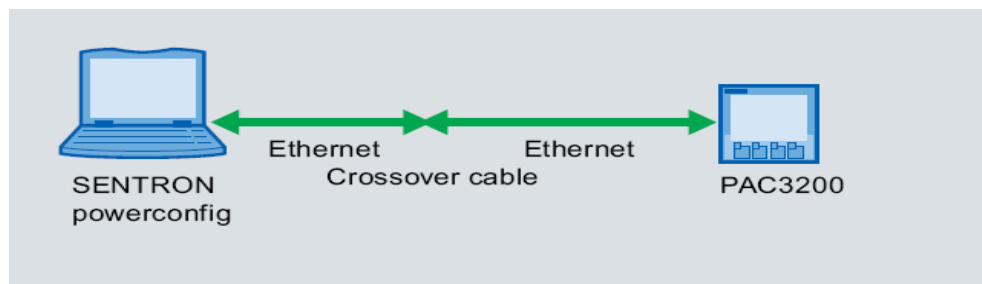


Figura # 5.5: Conexión Punto a Punto.

Fuente: Manual Sentron PAC3200.

El uso de un Hub/Switch en una red Ethernet también es posible. En este caso se debe conectar como lo muestra la figura 5.6:

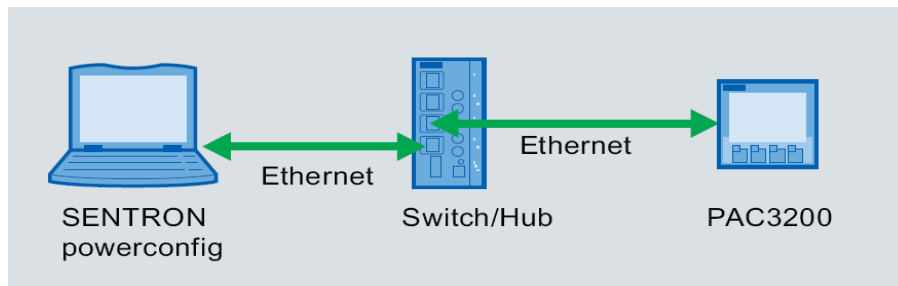


Figura # 5.6: Conexión por medio de un interruptor.

Fuente: Manual Sentron PAC3200.

Si los puntos fueron concretados es posible visualizar el equipo SENTRON PAC3200 en el computador, en el simulador para que comience a funcionar dar un clic en "Conectar". Si la conexión está correcta, la ventana de presentación del programa de simulación se abrirá como se muestra en la figura 5.7:

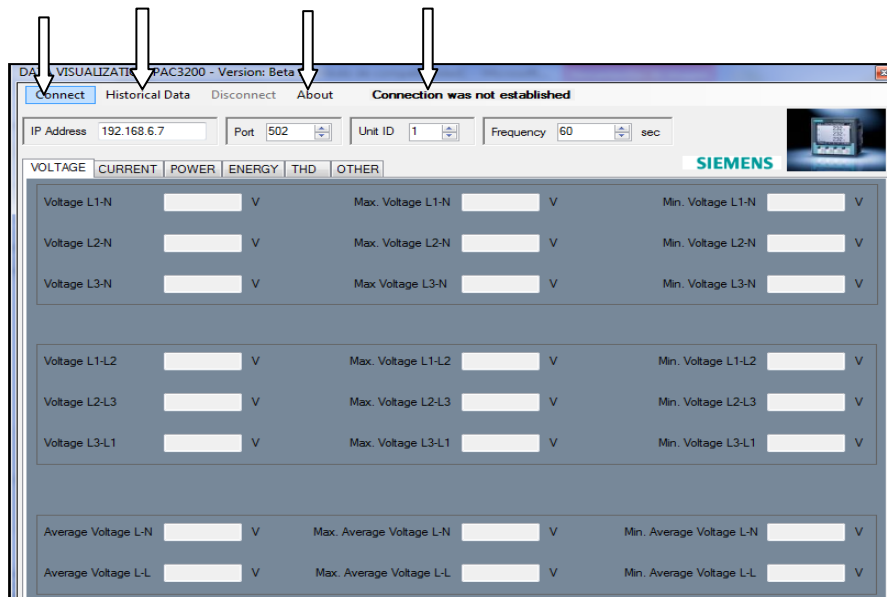


Figura # 5.7: Ventana Principal.

Fuente: Manual Sentron PAC3200.

Los datos que se observan en la pantalla del software de simulación del SENTRON PAC3200 son de Potencia, para visualizar las otras variables se debe dar clic sobre el botón apropiado tal como lo muestra la figura 5.8:

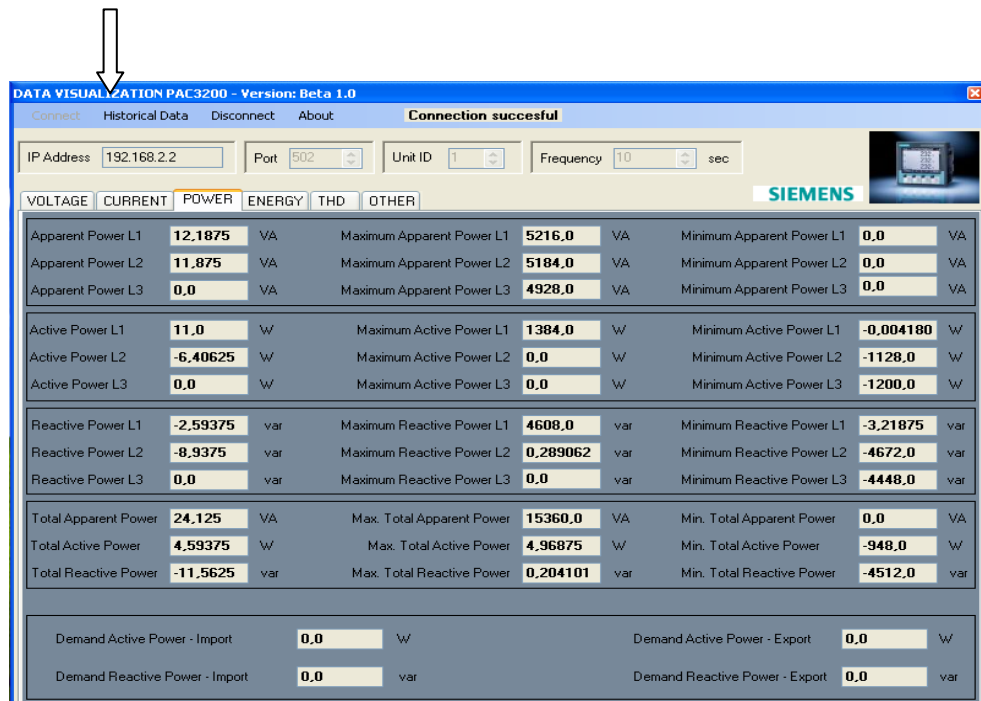


Figura # 5.8: Ventana con valores de potencia.

Fuente: Manual Sentron PAC3200.

5.6 Historial de Datos.

La adquisición de datos permite crear un historial muy importante para incidir como prevenir daños, hasta lograr un mantenimiento en base al periodo de tiempo (es decir, para fallas en la red de monitoreo, tales como caídas de tensión temporal). Que se puede lograr utilizando la función de los datos históricos de SENTRON PAC3200 software de visualización de datos.

Antes de conectar el simulador al PC, se debe realizar la siguiente configuración para poder adquirir el histórico de datos, para ello se debe dar clic en el botón “Historial Data” del Programa de Simulación, como se muestra en la figura 5.9:

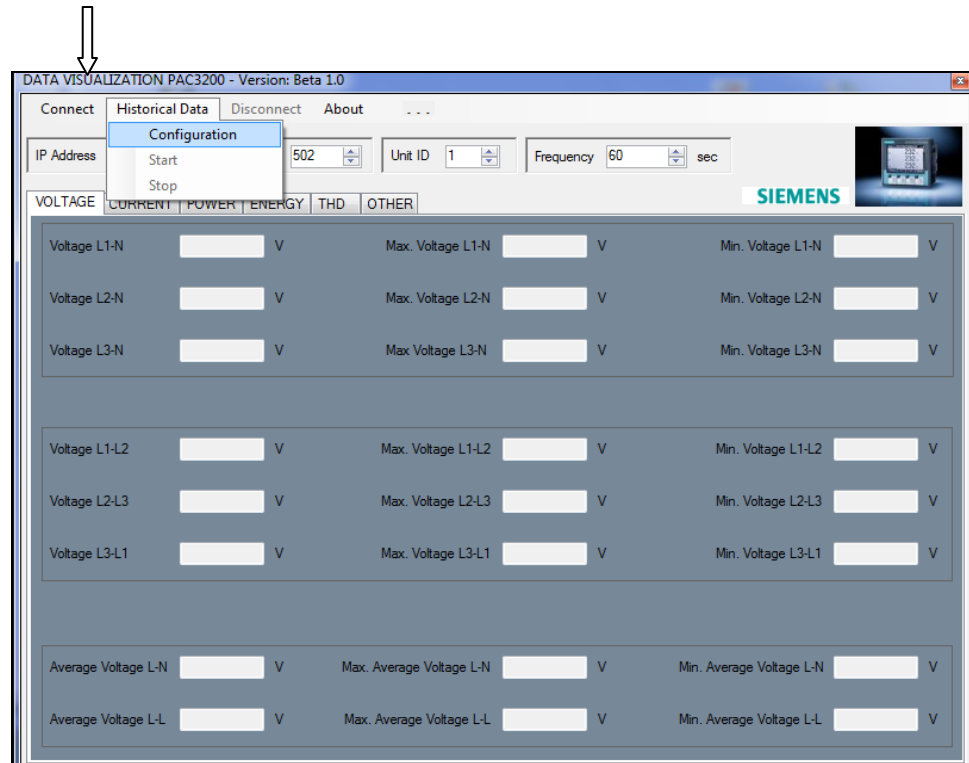


Figura # 5.9: Configuración de grabación del Historial.

Fuente: Manual Sentron PAC3200.

Esta ventana permite guardar dónde y cuánto tiempo registra el historial de variables captadas por el multimedidor, como también lo muestra la siguiente figura 5.10:

1. **Carpeta:** Seleccionar el lugar de destino, en el que el archivo CSV se va a almacenar sea en el disco duro del computador o en una memoria externa.
2. **Los datos monitoreados:** Seleccionar la variable a controlar, más de una variable puede ser registrada en el mismo tiempo.
3. **Tiempo sugerido de la muestra de datos:** Es el periodo en el que las variables seleccionadas se registran. Este valor debe establecerse en función del tiempo de frecuencia seleccionada en la ventana principal. Para un mejor rendimiento los tiempos de muestra sugeridos se encuentran en el programa de simulación y debe seleccionar el tiempo con el que va a trabajar el operador del simulador.
4. **Separador de listas:** Es el separador de lista utilizado para dividir de un valor a otro en el archivo CSV. Para esta versión beta 1.0.

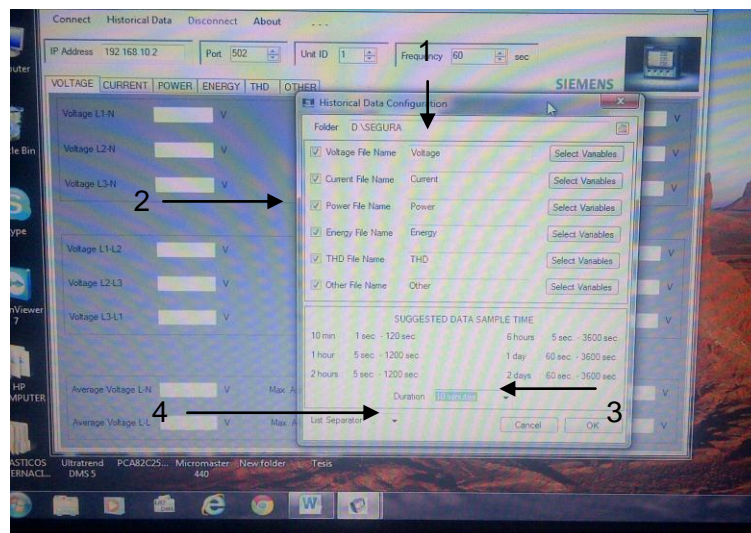


Figura # 5.10: Donde y Como Almacenar Datos.

Fuente: Manual Sentron PAC3200.

Una vez seleccionada la carpeta, lo siguiente es definir la variable a controlar ya sea corriente, potencia o voltaje, como se muestra en la figura 5.11:

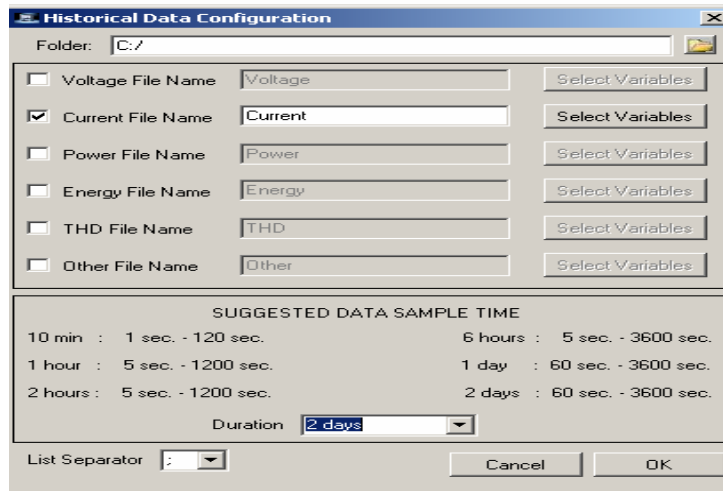


Figura # 5.11: Variable a Controlar.

Fuente: Manual Sentron PAC3200.

Luego marcar el número de fases o variables a registrar, a continuación dar un clic en Aceptar (OK), como se muestra en la figura 5.12:

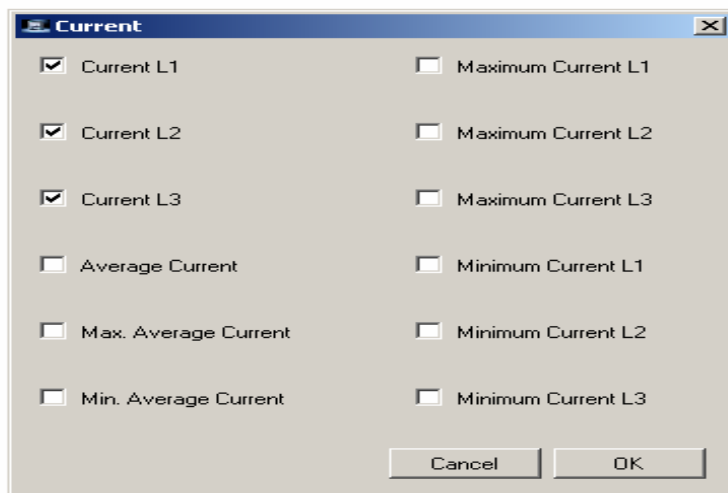


Figura # 5.12: Variable a Registrar.

Fuente: Manual Sentron PAC3200.

En el programa de simulación, el cuadro de configuración posee una lista de tiempos que se encuentran establecidos de acuerdo a la frecuencia con la que quiera repetir la adquisición de datos automáticamente, seleccione una opción y haga clic sobre ella, como se muestra en la figura 5.13:

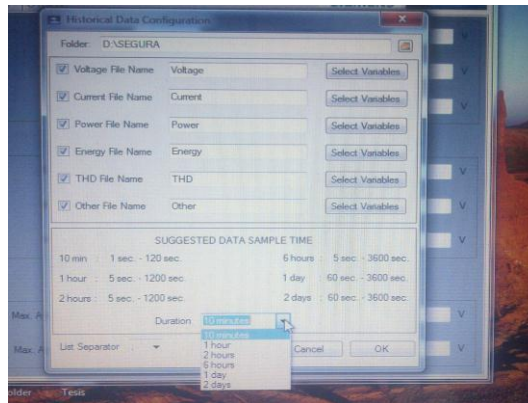


Figura # 5.13: Definir Tiempo para la muestra de Datos.

Fuente: Manual Sentron PAC3200.

5.7 Grabación de datos.

Luego de todos los registros de variables como también la configuración del equipo se realiza la grabación de datos el cual se abre la ventana de (grabación de los datos) los históricos se encuentran activos, realizar un clic en el botón de datos históricos - > Iniciar (Start), como se muestra en la figura 5.14:

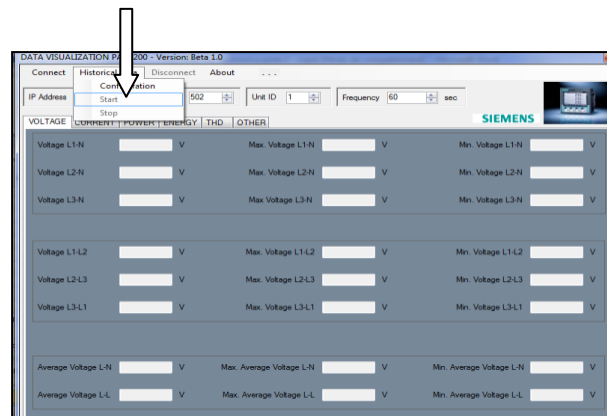


Figura # 5.14: Start Grabación de Datos.

Fuente: Manual Sentron PAC3200.

Importante:

Hay dos formas de detener el registro de datos: Esperar hasta que el tiempo haya transcurrido en cualquier momento hacer clic en el botón de datos históricos - > Detener (Stop). Para este ejemplo, la frecuencia seleccionada fue de 1 segundo y el tiempo de muestreo de datos fue de 10 minutos. Esto significa que 600 valores de datos se han registrado, siempre y cuando se detenga automáticamente.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.

La meta planteada fue lograr la implementación del Módulo de Pruebas con el Multimedidor y a su vez ser configurarlo para el funcionamiento óptimo del equipo SENTRON PAC3200, pudiendo sacar el mayor provecho posible del mismo para el campo didáctico y a su vez saber cómo trabaja en el campo industrial ya que en la implementación se realizaron varias adquisiciones de datos del motor en conexión delta y hay otras formas de uso del instrumento antes mencionado, como en lugares donde se desea supervisar los valor de consumo eléctrico.

Los equipos de medición industriales modernos poseen software de fácil instalación y de amigable familiarización en su programación para él usuario, convirtiéndose en una herramienta esencial para el campo industrial brindando la precisión y control del consumo de equipos eléctricos en tiempos reales, también sirve para realizar proyectos innovadores dentro y fuera de la institución.

La implementación de este instrumento de Monitoreo SENTRON PAC 3200 será utilizado en el laboratorio de control y movimiento de la UCSG permitiendo desarrollar nuevas prácticas y así adquirir un aprendizaje aparte de lo teórico, lo práctico ya que en el campo laboral podremos tener la capacidad de poder manipular o configurar un equipo de esta magnitud.

6.2 Recomendaciones

El uso del equipo SENTRON PAC3200 presenta muchas ventajas tanto en las infinitas magnitudes a medir como también en la cadena de equipos que a este se le pueden conectar por lo que lo hace una herramienta industrial de fácil uso, e incluso los estudiantes se familiarizan por la facilidad y simplicidad en la ejecución del programa de simulación de mencionado equipo industrial.

Se debe de tomar en cuenta que por muy robusto que sea un programa de simulación, estos no son más que una aproximación a la realidad, en consecuencia nunca podrán sustituir al manejo real en equipos industrializados.

El SENTRON PAC3200 realiza las tareas que le encomiendan, y no debe perderse la perspectiva de que es una herramienta, tampoco dar por válidos los resultados sin un debido control y seguimiento.

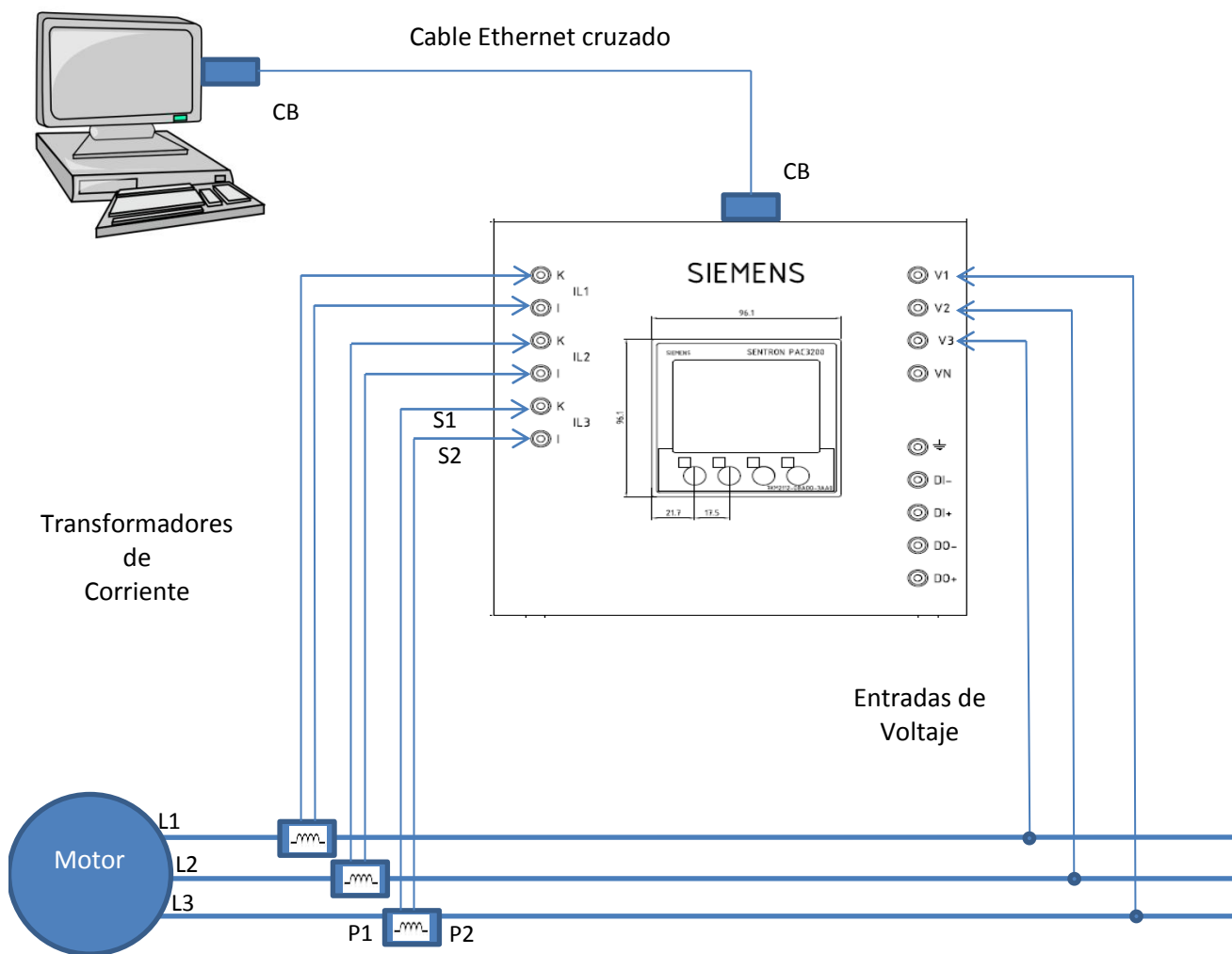
BIBLIOGRÀFIAS.

- F, M. (8 de Noviembre de 2011). *Google. Recuperado el 8 de Noviembre de 2011, de Google: http://www.sea.siemens.com/us/internet-dms/btlv/ACCESS/ACCESS/Docs/SENTRON_pac3200_manual_ul_PSC_en.pdf*
- Garza, C. (2006). *Interconexiones Modulos Ethernet y Fibra Optica Signamax. Chicago.*
- Murillo, F. (2008). *Tipos de Conexiones Motores Trifasicos . ABB , 60.*
- Ramon Romero, J. (5 de Octubre de 2011). *google. Recuperado el 5 de Octubre de 2011, de google: http://issuu.com/iberdidac/docs/201011_sce_soluciones_para_formaci_n_sp_.*
- *Soluciones de red para PROFIBUS. Sitio web: www.automation.siemens.com/mcms/infocente (2010) IEC 61158/61784.*
- Vogel, G. (11 de noviembre de 2011). *Google. Recuperado el 11 de noviembre de 2011, de Google: <http://www.automation.siemens.com/mcms/process-control-systems/SiteCollectionDocuments/efiles/pacs7/pdf/78/e20001-a112-l300-x-7800.pdf>*

- Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Argentina: Editorial Hispano Americana HASA .
- Harper, G. E. (2005). *Fundamentos de control de motores eléctricos en la industria*. Mexico: Editorial Limusa.
- InfoPLC. (2012). Motores Eléctricos. *InfoPLC* , 287-306.
- Net WEg Transformando Energía en Soluciones. (2012). Selección y Aplicación de Motores Eléctricos. *InfoPLC* , 1-3.
- Pazos, C. B. (16 de Diciembre de 2009). <http://www.infoplcn.net>. Recuperado el 3 de Diciembre de 2012, de http://www.infoplcn.net/files/documentacion/motion_control/infoplcn_net_eficiencia_motores.pdf
- Viloría, J. R. (2005). *Motores eléctricos: automatismos de control*. Madrid: Thomson Paraninfo.
- Garrigós, J. (1 de Noviembre de 2011). (I. A. Vanderviría, Ed.) Recuperado el 1 de Noviembre de 2011.
- R. Rosengberg (Reparación de motores eléctricos) GG Mexico

ANEXO A

Diagrama de la conexión eléctrica del PAC 3200 con el motor trifásico y visualizados en el monitor de un computador



V1: Voltaje de entrada 1

V2: Voltaje de entrada 2

V3: Voltaje de entrada 3

K1/K2/K3: Entrada corriente S1

I1/I2/I3: Salida de corriente S2

IL1/IL2/IL3: Corriente en la línea 1/2/3

CB: Cable Ethernet

P1: Entrada del cable al transformador de corriente

P2: Salida del cable del transformador de corriente

