



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

T E S I S

**“CONTROL AUTOMÁTICO PARA
PAQUETES DE VIDRIO”**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA
ÁREA ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA**

**P R E S E N T A :
JOSÉ ALFONSO GAMA SORIA**

**ASESOR:
M. EN I. FIDEL GUTIÉRREZ FLORES**

BOSQUES DE ARAGÓN, ESTADO DE MÉXICO, 2011





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas; leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

A Dios:

Por haberme dado sabiduría y la fortaleza para que fuera posible alcanzar esta meta en mi vida profesional.

A mis Padres Jesús Gama e Hilda Soria

Mil gracias por el apoyo incondicional que me brindaron, por todos sus sacrificios que hicieron a lo largo no solo de mi carrera sino de toda mi vida escolar. Gracias por su cariño, su comprensión, su dedicación y su empeño por ayudarme a ser una mejor persona. Mi más notable admiración para ustedes porque son unos padres y abuelos maravillosos, que nunca se cansan de dar lo mejor para mí, mis hermanos y mis sobrinos. LOS AMO CON TODO MI CORAZÓN.

A mi Amada Esposa Carolina

A quien agradezco todo el apoyo brindado durante mi carrera y a lo largo de 15 años de matrimonio, eres la principal fuerza que me motiva a conseguir metas en mi vida profesional. Aprovecho este espacio para externarte mi más profundo amor que cada día es más grande, Gracias por tus palabras de aliento en este proyecto y los ajenos a éste TE AMO

A mis Hijos Nathalia y Josue

Por la enseñanza de ser padre que me han dado día a día, espero ser un ejemplo a seguir para ustedes quienes son la segunda fuerza que tengo para afrontar nuevos retos. Asimismo quiero decirles que tienen mi apoyo incondicional a todas sus aspiraciones LOS AMO

A mis Hermanos Maribel, Rocío, Evelyn y Omar

Gracias por brindar a mi familia y a mí su apoyo incondicional en los momentos de felicidad y de angustia.

A mi Alma Mater, La UNAM

Agradezco a esta gran institución por su invaluable enseñanza de vida y formación durante mis estudios preparatorianos y universitarios.

Al Ingeniero Raúl Barrón Vera (QEPD)

A mi asesor inicial de este proyecto quien fue un impulsor importante para que finalmente yo decidiera terminar con esta etapa importante de mi formación universitaria.

A los Ingenieros

M. en I. Fidel Gutierrez, Ing. Eleazar Margarito, Ing. Adrian Paredes, Ing. Ramón Patiño, Noé Avila, a quienes agradezco sus comentarios, observaciones y aclaración de mis dudas para que este trabajo de tesis fuera lo más adecuado posible.

A todos mis Familiares

Que de una u otra manera estuvieron al pendiente del desarrollo de este trabajo de titulación.

A mis Amigas y Amigos

Que siempre me apoyaron y alentaron en todo momento y con esto dieron confianza en mí mismo, Olga, Angelica, Rosalio, César Gutierrez, Israel, Norma Villatoro, Sonia, Norman Macdonald, Bill Marshall, Alfredo Sanchez

Al Sr. Francisco Martínez

Por apoyarme en todas mis necesidades de capacitación dentro de esta gran empresa Cooper Gay Martínez del Río y a quien admiro y respeto por su calidad humana.

Al Ing. Victor Bernal

Quien me ha apoyado en los últimos cuatro años de mi carrera profesional, compartiendo sus años de gran experiencia en el área de Inspección de Riesgos.

A mis Suegros Ruben y Josefina

Por su apoyo incondicional a mi familia en todo momento.

	Pagina
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1 GENERALIDADES	
1.1 HISTORIA DE LOS PLC'S	7
1.2 COMPARATIVA DE LOS PLC'S CONTRA OTROS SISTEMAS DE CONTROL	9
1.3 SEÑALES ANALOGICAS Y DIGITALES	10
1.3.1 EJEMPLO	10
1.4 CAPACIDAD DE ENTRADAS Y SALIDAS EN LOS PLC'S MODULARES	11
1.5 PROGRAMACION Y COMPONENTES DE UN PLC	11
1.6 COMUNICACIONES	15
CAPITULO 2 CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES	
2.1 ESPECIFICACIONES BASICAS DE DISEÑO	16
2.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA	17
2.3 DESCRIPCION MECANICA	18
2.4 DESCRIPCION DE INSTRUMENTACION DE CAMPO	18
2.4.1 CONTROL DE MOVIMIENTO	19
2.4.2 SISTEMA DE SEGURIDAD	19
2.5 OPERACIÓN	20
2.6 SELECCIÓN DE FOTOCELDA	20
2.6.1 FOTOCELDA OMRON RK/4-30	21
2.6.2 FOTOCELDA OMRON RK/93/4-3	22
2.7 SENSORES DE PROXIMIDAD	23
2.8 DIAGRAMAS A BLOQUES DEL SISTEMA	24
2.8.1 ARREGLO ELÉCTRICO INTERIOR DEL PANEL	24

2.8.2 DIAGRAMA ELÉCTRICO DE SUMINISTRO DE VOLTAJE DE 110VCA	26
2.9 DIAGRAMA DESCRIPTIVO PARA LAS FUENTES DE LOS PLC'S	27
2.9.1 ALIMENTACION DE FUENTES DE C. D.	28
2.10 ELEMENTOS DE PROTECCION	29
2.10.1 CÉDULA DE CABLEADO	31
2.11 ARREGLO DEL CONTROL	32
2.11.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	32
2.11.2 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE DE NUESTRO SISTEMA	33
2.11.3 COMPOSICIÓN DEL PLC	34
2.11.4 FUENTE DE ALIMENTACIÓN	34
2.11.5 CPU S/200	34
2.11.6 CICLO DEL CPU	35
2.11.7 LECTURA DE LAS ENTRADAS	35
2.11.8 EJECUCIÓN DEL PROGRAMA	36
2.11.9 PROCESAMIENTO DE LAS PETICIONES DE COMUNICACIÓN	36
2.11.10 EJECUCIÓN DEL AUTODIAGNOSTICO DEL CPU	36
2.11.11 ESCRITURA DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS	36
2.11.12 IMAGEN DEL PROCESO DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS	37
2.12 MODULOS PERIFERICOS	38
2.12.1 MODÚLOS DE ENTRADA DIGITAL	38
2.12.2 MODÚLOS DE SALIDA DIGITAL	38
2.12.3 MONTAJE	38
2.13 SOFTWARE DEL PLC	41
2.13.1 PROGRAMACIÓN ESCALERA	44
2.13.2 PROGRAMACIÓN EN LISTA DE INSTRUCCIONES	44
2.13.3 DIRECCIONAMIENTO	45
2.14 LOGICA DE FUNCIONAMIENTO	48
2.14.1 PROGRAMA DE ESCALERA DE NUESTRO SISTEMA	50
2.14.2 REFERENCIA CRUZADA	65
2.15 CONTROLADORES DE VELOCIDAD	73
2.15.1 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR DE VELOCIDAD	75
2.15.2 SELECCIÓN DEL MOTOR	75
2.15.3 CIRCUITO DE FRENADO	75
2.15.4 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE FRENADO	77

2.15.5 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL CONTROLADOR DE VELOCIDAD	77
2.16 AJUSTES DEL CONTROLADOR	80
2.17 INTERFASE DE OPERACIÓN	80
2.18 PC DE OPERACIÓN	81
2.18.1 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	82
2.19 TRANCEIVER	82
2.20 TARJETA DE COMUNICACIÓN CP 1430	82
2.21 TIPO DE CABLE DE RED	82
2.22 CARACTERISTICAS DEL SOFTWARE	83
2.23 INSTALACION Y ARRANQUE	84
2.23.1 INSTALACIÓN	84
2.23.2 COSTO APROXIMADO DEL SISTEMA	85
CAPITULO 3 CONTROLES AUTOMATICOS	
3.1 CONTROL AUTOMATICO	86
3.2 FUNCIONAMIENTO DEL CONTROL AUTOMATICO	87
3.3 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL	88
3.3.1 EL LAZO REALIMENTADO	88
3.3.2 REALIMENTACIÓN	89
3.3.3 CARACTERISTICAS DE REALIMENTACION	89
3.4 SISTEMAS DE CONTROL	90
3.5 VARIABLES DE MEDICIÓN	92
3.5.1 DEFINICION DE VARIABLE	92
3.5.2 CLASIFICACION DE LAS VARIABLES	92
3.5.2.1 VARIABLES TERMICAS	92
3.5.2.2 VARIABLES DE RADIACIÓN	93
3.5.2.3 VARIABLES DE FUERZA	93
3.5.2.4 VARIABLES DE VELOCIDAD	93
3.5.2.5 VARIABLES DE TIEMPO	93

3.5.2.6 VARIABLES GEOMETRICAS	94
3.5.2.7 VARIABLES DE PROPIEDADES FISICAS	94
3.5.2.8 VARIABLES DE COMPOSICION QUIMICA	94
3.5.2.9 VARIABLES ELECTRICAS	94
3.6 CLASIFICACION DE SEÑALES DE MEDICIÓN	95
3.6.1 SEÑALES DE MEDICION	95
3.6.2 SEÑALES DE FUERZA	96
3.6.3 SEÑALES ELECTRICAS	96
3.6.4 SEÑALES DE MEDICION DE TIEMPO MODULADO	97
3.7 CONTROLANDO EL PROCESO	97
3.7.1 CONTROL TODO- NADA	99
3.7.2 CONTROL PROPORCIONAL DE TIEMPO VARIABLE	99
3.7.3 CONTROL INTEGRAL	99
3.7.4 CONTROL DERIVATIVO	100
3.7.5 CONTROL PROPORCIONAL	102
3.7.6 CONTROL PROPORCIONAL + INTEGRAL + DERIVATIVO	102
CONCLUSIONES	104
ANEXO A INSTALACION DE UN PLC S7 / 200	106
ANEXO B MEMORIA DE LA CPU TIPOS DE DATOS Y DIRECCIONAMIENTO	107
ANEXO C INSTRUMENTACION DEL VOLTEADOR DE PAQUETES	108
ANEXO D DIAGRAMAS ELECTRICOS DE POTENCIA Y CONTROL	112
ANEXO E CONEXIONES DE MANDO DEL PLC S7 / 200	115
BIBLIOGRAFIA	117

INTRODUCCION

Debido a la globalización y el TLC, se ha tenido que buscar el camino correcto para que sean más competitivos los negocios ya establecido en nuestro país, esto es debido a los bajos costos de aranceles de los productos que entran a nuestro país, y esto se vuelve más crítico aun, por el apoyo que está ofreciendo el gobierno a las inversiones extranjeras en nuestro país.

Esto provoca que nuestro país busque el desarrollo tecnológico para poder colocar los productos nacionales en el extranjero y así competir con las compañías líderes de todo el mundo.

La alternativa más viable para las empresas es incrementar sus volúmenes de producción contando con la más alta tecnología llamada TECNOLOGIA DE PUNTA para la elaboración de sus productos, y es aquí en donde el área de control y automatización toma un papel importante y definitivo para las empresas.

Cabe hacer mención que no es la única alternativa de los negocios para hacer frente a la competencia, pero si es una parte muy importante para incrementar la calidad, reducción de costos de fabricación y así hacer frente a la competencia teniendo productos de alta calidad y volúmenes altos.

En nuestro país no es común que las empresas tengan sus procesos automatizados al 100% lo cual implicaría un despido innumerable de trabajadores, lo cual es un caso verídico en los EE UU y Europa en donde las empresas con el fin de aumentar sus volúmenes de producción funcionan automáticamente al 100%, pero lo que no debemos de dejar pasar por alto que estas máquinas necesitan del mantenimiento tanto correctivo como preventivo. Para el caso de nuestro país, en el que no tenemos la cultura y no contamos con la infraestructura necesaria para automatizar por completos nuestros procesos y debido a los altos índices de competencia, nos obligan a tener gente más capacitada para enfrentar la globalización.

Debemos de ver al Automatización no como una forma de reducir empleos, sino como una cultura en la vida laboral de los empresarios y quienes trabajamos en los procesos directamente.

OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo principal de nuestro proyecto, fue atender las necesidades de nuestros clientes internos que en este caso fue el departamento de Producción, quienes a su vez estaban siendo cuestionados respecto al apilamiento de paquetes de vidrio, ya que debido al diseño de nuestra línea de producción no era posible hacer el apilamiento de los paquetes de vidrio como el cliente final lo necesitaba, es decir, la medida de los paquetes de vidrio que se produce en nuestra línea principal es de 1.20 metros X 1.80 m y el sistema de apilamiento automático solo los podía apilar con la medida 1.20 m a la base y el requerimiento del cliente era que se apilarán con la medida 1.80 en la base de los apiladores lo cual era un trabajo peligroso para el personal de operación ya que realizaban el cambio de medida manualmente y lamina por lamina, lo que representaba un gasto en mano de obra por ejecución además de pérdidas de producción por manejo y retrasos en la entrega del producto.

RESUMEN CAPITULO I

Hoy en día los PLC'S son parte modular en todo proceso automatizado, gracias a su gran capacidad de operación de datos, además que su estructura la cual es muy ligera, han provocado que muchos desarrolladores de sistemas automáticos los elijan para sus proyectos.

En el año 1960 se iniciaron las primeras investigaciones de desarrollo de los PLC'S, actualmente además de controlar procesos, desarrollan operaciones aritméticas y señales análogas para el control. El precursor de las investigaciones fue el Ingeniero Dick Morley. El primer PLC fue nombrado 084, ya que fue en el año 1984 que se termino de diseñar.

Una característica de vanguardia, es que no importa la marca de los PLC'S cuando se busca intercomunicación con otras marcas. Así mismo en cuanto al lenguaje de programación, se han desarrollado diferentes tipos, siendo el más actual las Funciones con Diagrama a Bloques.

La industria automotriz fue quien inicio la búsqueda de una nueva forma de controlar sus procesos, el controlar sus procesos con relevadores y controladores resultaba un alto costo es sus procesos.

Los PLC'S son utilizados para su misma fabricación, por lo cual sus costos de producción son bajos y por lo tanto el precio de venta es bajo de donde se deriva que muchas empresas los utilicen para sus procesos, además de optimizar los espacios ya que los PLC'S no son de una muy compactos.

En la actualidad todos los PLC'S tienen la capacidad para operar señales analógicas y digitales, en un inicio solo manejaban entradas discretas, es decir digitales.

Cuando se tiene la necesidad de controlar un proceso existen diversidad de PLC'S modulares y dependerá cuantos dispositivos a controlar se tendrán en el proceso a controlar para hacer la elección del PLC.

Desde un inicio los PLC siempre han tenido los mismos componentes es decir, Fuente de Alimentación, CPU, Modulo de Entradas, Modulo de Salidas, Terminal de Programación, lo que ha ido cambiando es la capacidad de manejo de información y la velocidad de respuesta al controlar un proceso.

Para establecer la comunicación entre el PLC y el programador, existen diversos tipos de dispositivos en los que podemos mencionar los puertos seriales tales como: RS -232 hasta Ethernet.

RESUMEN CAPITULO II

En cuanto a la instrumentación vamos a disponer de sensores de proximidad los cuales se encargaran de controlar la velocidad y paro del motor en cualquiera de los sentidos en el movimiento de nuestra maquina, así mismo disponemos de solenoides que indicaran el estado de los pistones para la sujeción de los paquetes de vidrio.

La instrumentación para la detección de los paquetes de vidrio se implementará con dos tipos de fotoceldas, una que es tipo reflectivo para la detección de los paquetes de vidrio y el segundo tipo emisor receptor para limitar la zona de seguridad ya que estas emiten un haz de luz que al ser interrumpido nos detendrá en automático la maquina por razones de seguridad cuando alguien entra a las zona y la maquina se encuentra operando.

En el aspecto eléctrico de nuestro proyecto hemos instalado un sistema de frenado para nuestro motor con supresor de transientes, con el firme propósito de proteger nuestro sistema de estos picos de corrientes generados por el arranque y para del motor, los voltajes que se manejaran en este circuito serán 440 VCA de alimentación mientras que le corriente circulante será de 15 amperios.

En la parte de regulación de voltaje de CA el sistema estará provisto de dos transformadores de 10 KVA cada uno con alimentación de 440 volts y otro con alimentación de 110 VCA.

En el caso de la alimentación de las fuentes estará suministrada por un transformador que en su primario recibirá 110 volts y en su secundario suministrara a la fuente con 24 VCD.

Las protecciones contra sobre corriente nuestros sistema estará protegido en todas sus fases tanto en voltaje de 440 VCA y 110 VCA con fusibles y elementos térmicos, cada uno operara se manera independiente, en el caso del elemento térmico, éste estará provisto de un contacto auxiliar que estará conectado al PLC, la intensión es identificar cuando un elemento térmico se ha abierto por una sobre corriente.

El cableado eléctrico se abastecerá por tres tipos de conductores con diferentes números hilos, los cuales estarán identificados en ambas conexiones para su pronta identificación en caso de un reemplazo, para lo cual se han dejado hilos de espera.

Como en todo proceso automático o maquinas con operación automática o semiautomática se necesita un PLC.

En el caso de nuestro proyecto, vamos a requerir de un PLC convencional que como todos los que existen en el mercado, voltaje de alimentación de 24 volts, módulos de entradas analógicas y digitales y salidas analógicas y digitales, CPU, interface y puerto de comunicación, de la marca SIEMENS, modelo S7 200 con un procesador 216, éste es un PLC compacto y que es muy adecuado a nuestras necesidades.

La temperatura de operación de nuestro PLC según el fabricante oscila entre los 15 y 45 grados centígrados y una humedad relativa de 70 %, para poder mantener estable la temperatura de nuestro panel de control utilizaremos un sistema de aire acondicionado, el cual tendrá un set point de 22 grados centígrados como lo recomienda el fabricante que en este caso es SIEMENS, el sistema contara con un desagüe para eliminar los condensados por el intercambio de calor del sistema de aire acondicionado.

Todos los PLC'S necesitan un software de operación en este caso el que estamos utilizando el llamado Step 7- Micro-Win, el cual opera bajo la plataforma de Windows lo cual o hace muy amigable tanto en la programación como en la operación, el software estará alojado en un microprocesador 80486 con una capacidad de memoria RAM de 8 MB.

Básicamente existen dos formas de programar un PLC S7 200 y las cuales son: Lenguaje de Escalera y Lista de instrucciones.

El lenguaje de escalera es una forma de programar simulando los contactos de los relevadores que anteriormente era la forma de controlar eléctricamente un sistema.

Las listas de instrucciones cuando programamos es cuando utilizamos mnemónicos y estos se asignan a cada dirección del PLC lo cual nos permitirá realizar el control de nuestros dispositivos de entradas y salidas al enlazarlos con la asignación de instrucciones.

La lógica electrónica que utilizaremos en nuestro proyecto será una Lógica Positiva también conocida como PNP, para lograr esta lógica de funcionamiento el PLC contiene amplificadores acopladores de señal llamados buffers, y es esta electrónica la que se encarga de reducir los voltajes de 24 VCD y 110 VCA a voltajes que el procesador puede procesar y es decir a 5 VCD.

El haber hecho la selección de la lógica de funcionamiento como PNP, todos los dispositivos de control o de entrada y de salida, deberán ser de la misma lógica, de ser lo contrario, nuestro programa pero tendrá errores de acción en la operación y control del sistema.

Además de nuestro programa de escalera es necesario realizar una referencia cruzada, en el cual vamos a interrelacionar cada dispositivo de control a un segmento y la operación que designemos a cada entrada y salida ya sea un contacto abierto u otro cerrado.

En cualquier proceso automatizado es muy probable que nos encontremos con la necesidad de controlar un motor, en el arranque, paro y sentido de giro del mismo, anteriormente se tenían equipos muy caros y los cuales trabajaban con TRIAC'S y SCR'S, lo que provocaba que los ajustes de los controladores trabajaban base de potenciómetros totalmente analógicos.

En la actualidad existe una variedad extensa en controladores de velocidad y pueden ser de lazo cerrado o de lazo abierto dependiendo de las necesidades de cada aplicación.

La forma de hacer los ajustes en los controladores de velocidad actuales, es mediante el software ya sea de manera manual desde el panel de ajustes del controlador o desde un software de una PC. Los controladores de velocidad más avanzados cuentan con opciones de comunicación con otros sistemas. Las marcas líderes en el mercado son: Allen Bradley, Realiance, Yaskawa, Lenze y Siemens, este último será el que hemos elegido para nuestro proyecto y para ser exactos el modelo es un Micromaster 6SE3 115-8DC40.

Debemos tomar en cuenta que la operación de nuestro motor será intermitente, para estos paros y arranques de motor que serán continuos por lo cual hicimos una selección sobredimensionando nuestro controlador con el firme propósito de que los picos de corriente sean absorbidos fácilmente por el mismo controlador.

En el mismo caso que el controlador, nuestro motor debe ser uno de fabricación de alta eficiencia que soporte picos de corriente continuos sin ningún problema, el devanado deberá ser robusto de esta manera al tener un controlador y el motor de uso pesado nuestro sistema será más eficiente a la operación.

De tal manera y como consecuencia, el dispositivo de frenado deberá ser capaz de vencer la energía provocada por el sistema, de igual forma el circuito de frenado deberá absorber la energía mecánica transformada en calor y además deberá canalizarlo en un dispositivo disipador de calor para evitar que esta energía se descargue en los transistores de potencia dañando así la vida del controlador. El principal objetivo del circuito de frenado es filtrar solo la energía necesaria y la energía sobrante dirigirla a una resistencia disipadora de calor la cual absorbe esta energía innecesaria para el sistema.

Los ajustes del controlador se hará localmente en el pantalla del mismo y cada parámetro de la controlador se deberá ir ajustando según el comportamiento de la maquina, es decir, se deberá hacer una programación sin carga en la maquina y otra con carga para ver si es necesario hacer ajustes de desaceleración y paro del motor.

Para hacer el monitoreo de la maquina y de los dispositivos, nuestro sistema contara con una interface de operación interface de operación, la cual nos facilitara el monitoreo de las alarmas fallas que se presenten en la maquina. Para lograr la comunicación se tendrá una red Ethernet.

Para realizar la interface entre el programador y el sistema, dispondremos de una PC convencional con sistema operativo Windows por el cual correrá nuestro sistema Wonderware. Las características del la PC serán las siguientes: Procesador Pentium a 133 Mhz. con una velocidad de 16 MB en RAM, 1.2 Gb en disco duro y monitor SPVGA

Para poder conseguir la correcta comunicación también contaremos con dispositivos externos pero muy importantes tales como, la tarjeta de adquisición de datos, la cual transmitirá los datos hacia la red HI, esta tarjeta se aloja en el CPU del de la PC. El Tranceiver será quien interconecte la red. Otro dispositivo es la tarjeta de comunicación CP 1430 y será la encargada de concentrar la información proporcionada por todos los dispositivos que participan en la red de comunicación y de esta manera cerrar el ciclo de comunicación en el sistema.

Es muy importante resaltar que el cableado de la red de nuestro sistema es certificado y cuenta con las características necesario para que la comunicación sea eficiente, es decir cuenta con blindaje para evitar los ruidos ocasionados por equipos externos al nuestro.

Anteriormente hablamos del Software Wonderware el cual utilizara nuestro sistema y tiene la particularidad de que corre en la plataforma de Windows por lo cual lo hace más fácil de manejar. Este software permitirá al programador el cambio de colores de los gráficos, la creación de nuevos gráficos en la pantalla para el manejo del sistema.

RESUMEN CAPITULO III

Ahora hablaremos del control automático, es un progreso industrial que se ha desarrollado durante varias décadas en el mundo y particularmente en los países desarrollados, una de las principales razones por las cuales se han ido desarrollando maneras automáticas de controlar procesos es, la reducción de costos y el control de la calidad de los productos o sistemas.

Hay un elemento necesario en cualquier sistema de control y lo es el lazo de control realimentado, este principio es el más básico y es el primero que se creó ya que fue utilizado en el año 1774 por James Watt para el control de velocidad de una máquina de vapor.

En la actualidad existe básicamente dos tipos de control de lazo abierto y lazo cerrado estos últimos también son llamados lazos de retroalimentación.

En el lazo re alimentado podemos decir que la salida depende de la entrada del sistema y de esta manera podemos establecer un control.

En cualquier control automático la misión del lazo es controlar la medición de una variable y de esta manera mantener esa medición dentro de los límites aceptables necesarios en un sistema automático.

En toda industria que cuente con un proceso automático y que necesite saber los productos que entran y salen de su proceso, y la medición de las variables se vuelve un aspecto indispensable en el control automático y para lo cual existen diferentes variables de control y que a continuación mencionamos: Variables Térmicas, Variables de Radiación, Variables de Fuerza, Variables de Velocidad, Variables de Tiempo, Variables Geométricas, Variables de Propiedades Físicas, Variables de Composición Química, Variables Eléctricas

El aspecto secundario más importante en un sistema de control automático es la forma en que se harán las señales de medición y entre la cuales podemos mencionar son las siguientes:

Señales de Movimiento, Señales de Fuerza, Señales Eléctricas, Señales de Medición de Tiempo Modulado.

Una vez que se logra controlar las variables y realizar las mediciones de éstas adecuadamente para nuestro sistema, podemos decir que nuestro proceso está controlado y esto dará como resultado que nuestro proceso o sistema está siendo estable, sin perturbaciones y desajustes, estará siendo eficiente.

Existen también diferentes tipos de control de los cuales comentaremos lo siguiente:

El Control Todo-Nada, este tipo de control es básicamente realizado por un amplificador operacional, él proporciona una alta ganancia, y responde a pequeños cambios en la señales por lo cual es muy sensible en la respuesta de salida

El Control Proporcional de Tiempo Variable, este tipo de control a diferencia del anterior es que se manipula la variable a medir mediante una resistencia (R) para poder controlar la sensibilidad del amplificador operacional y que este no sea tan sensible como el Control Todo-Nada.

En el caso del Control Integral, éste se genera también con un amplificador operacional solo que en este caso se adiciona un condensador en serie a la realimentación negativa y con una resistencia en la terminal del inverso del amplificador con el propósito de disminuir y eliminar el error en el estado estacionario del sistema.

El control derivativo nos ayuda a controlar el error derivado que se genera entre el punto de medida y el valor consigna o Set Point, la manera en que lo hace, es colocando un condensador en la entrada inversora y una resistencia en paralelo entre la salida y la entrada inversora.

El propósito principal del Control Proporcional es nulificar el error en el estado estacionario que se genera entre la señal de error y la constante proporcional, en este tipo de control se presenta una relación línea continua en nuestro proceso dentro de una banda proporcional, dicha banda se encuentra entre los rangos permitidos por el sistema.

El Control Proporcional + Integra 1+ Derivativo, es el resultado de una combinación con los tipos de control mencionados anteriormente y también se le conoce como Control PID.

CAPITULO 1 GENERALIDADES

1.1 HISTORIA DE LOS PLC'S

Los PLC'S ó Controladores de Lógica Programable, son dispositivos electrónicos muy utilizados en la Automatización Industrial.

Físicamente un PLC es un hardware industrial, que es empleado en la obtención de datos, Una vez obtenidos los envía a través de un bus de comunicación de un servidor u ordenador.

La historia indica que sus inicios fueron a finales de la década de 1960 cuando la industria busco en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados e en circuitos eléctricos con relevadores, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.

Hoy en día los PLC'S no solo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también puede realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

Los PLC'S actuales tienen la característica de comunicación con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama en escalera (lenguaje Ladder), el más utilizado por los programadores, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo fáciles de interpretar y mantener. Existe un lenguaje más reciente que se está utilizando y su nombre es el FBD (Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí. En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas, apuntadores PID y funciones de comunicación multiprotocolos los cuales son la entrada para a interconexión con otros dispositivos.

Los PLC'S fueron inventados en respuesta a las necesidades de la automatización de la industria automotriz norteamericana por el ingeniero estadounidense Dick Morley.

Antes de la creación de los PLC'S, el control, las secuencias y la lógica para la manufactura de automóviles era realizada utilizando relevadores, contadores y controladores dedicados. El proceso para actualizar dichas instalaciones en la industria año tras año era muy costoso y el tiempo que se le dedicaba a las actualizaciones era largo, asimismo los sistemas con relevadores tenían que ser recableados por personal especializado, en 1968 GM Hydramatic (división de transmisiones automáticas de General Motors) oferto un concurso para una propuesta del reemplazo electrónico de los sistemas cableados.

El concurso lo ganó la empresa Bedford Associates de Boston, Massachusetts. El primer PLC fue denominado 084, debido a que fue el proyecto ochenta y cuatro de Bedford Associates, quien creó otra compañía dedicada al desarrollo, manufactura, venta y servicio para el producto MODICON (Modular Digital Controller o Controlador Digital Modular), Una de las personas que trabajó en ese proyecto

fue Dick Morley, quien es considerado como el padre del PLC, La marca MODICON fue vendida en 1977 a Gould Electronics, y posteriormente adquirida por la compañía alemana AEG y más tarde por Schneider Electric, el actual dueño.

Uno de los primeros modelos 084 que se construyeron se encuentra exhibido en la sede de MODICON en el norte de Andover, Massachusetts. Fue regalado a MODICIN por GM, cuando la unidad fue retirada tras casi veinte años de servicio ininterrumpido.

La industria automotriz es todavía una de las más grandes usuarias de PLC, y MODICON todavía numera algunos de sus modelos de controladores con la terminación 084. Los PLC son utilizados en diferentes procesos y maquinaria, algunas marcas de alto prestigio son: ABB LTD, Koyo, Honeywell, Siemens, Trend Controls, Schneider Electric, Omron, Rockwell (Allen Bradley) General Electric Fraz Max, Tesco Controls, Panasonic, Mitsubishi e Isi Matriz Machines. También existe un rango en los PLC fabricados para las aplicaciones en automotores, embarcaciones, ambulancias y sistemas móviles para el mercado internacional de SMC Internacional, Inc.



Fig. 1.1 PLC de 5 entradas 8 salidas marca Siemens



Fig. 1.1 A) PLC industrial con mayor capacidad

1.2 COMPARATIVA DE LOS PLC'S CON OTROS SISTEMAS DE CONTROL

Los PLC'S están adaptados para un amplio rango de tareas de automatización. Estos son típicos en procesos industriales en la manufactura donde el costo de desarrollo y mantenimiento de un sistema de automatización es relativamente alto contra el costo de la automatización y en donde existen cambios en el sistema durante su vida operacional. Los PLC'S tiene todo lo necesario para manejar altas cargas de potencia; además de requerir poco diseño eléctrico por lo tanto la el programador debe centrarse en expresar las operaciones y secuencias lógicas de escalera o diagramas de funciones. Las aplicaciones de los PLC'S son normalmente hechos a la medida del sistema, por lo que el costo del PLC es bajo comparado con el costo de la contratación del diseñador para un diseño específico que solo se va a usar una sola vez. Por otro lado, en caso de productos que requieren una alta producción, los sistemas de control a medida se amortizan por sí solos rápidamente debido al ahorro en los componentes, lo cual provoca que deba ser una buena elección y no una solución genérica

Sin embargo, es importante mencionar que algunos PLC'S ya no tienen un costo alto en el mercado. Lo que se resume a que con unos cientos de dólares se podría contar con un PLC con todas las capacidades para un proceso industrial.

Diferentes Técnicas son empleadas para un alto volumen de producción o una simple tarea de automatización, por ejemplo una lavadora de uso doméstico puede ser controlada por un temporizador a levass electromagnético costando algunos cuantos dólares en cantidades de producción.

Un diseño basado en un micro controlador puede ser apropiado donde cientos o miles de unidades deben ser producidas y entonces el costo de desarrollo (diseño de fuentes de alimentación y equipo de entradas y salidas) puede ser dividido en muchas ventas, en donde el usuario final no tiene necesidad de alterar el control. Las aplicaciones automotrices son un ejemplo, millones de unidades son vendidas anualmente y pocos usuarios finales alteran la programación de estos controladores. Sin embargo algunos vehículos especiales como son camiones de pasajeros para transito urbano utilizan PLC'S en vez de controladores de diseño propio debido a que los volúmenes son pequeños y el desarrollo no sería económico.

Algunos procesos de control complejos, solo los que son utilizados en la industria química, pueden requerir algoritmos y características más allá de la capacidad de un PLC de alto nivel; por ejemplo, controles para aviones.

Los PLC'S pueden incluir lógica para implementar bucles analógicos, proporcional, integral y derivadas o con un controlador PID. Un bucle PID podría ser utilizado para controlar la temperatura de un proceso de fabricación de, por ejemplo. Históricamente, los PLC fueron configurados generalmente con solo unos pocos bucles de control analógico y en donde los procesos requieren cientos o miles de bucles, para lo cual se necesitará un Sistema de Control Distribuido, Sin embargo los PLC'S se han vuelto más poderosos, y las diferencias entre las aplicaciones entre un DCS y un PLC se han vuelto menos claras.

En resumen, los campos de la aplicación de un PLC en procesos industriales son: cuando hay un espacio reducido, cuando los procesos de producción son cambiantes periódicamente, cuando hay procesos secuenciales cuando la maquinaria de procesos es variable, cuando las instalaciones son de procesos complejos y amplios, cuando el chequeo de programación se centraliza en partes del proceso.

Sus aplicaciones generales son las siguientes: maniobra de máquinas, maniobra de instalaciones y señalización y control.

1.3 SEÑALES ANALOGICAS Y DIGITALES

Las señales digitales o discretas como los interruptores, son simplemente una señal de ON/OFF (1 ó 0, verdadero o falso respectivamente). Los botones e interruptores son ejemplos de dispositivos que proporcionan una señal discreta. Las señales discretas son enviadas usando la tensión o la intensidad, donde un rango específico corresponderá al ON y otro al OFF. Un PLC puede utilizar 24V de voltaje continuo en la E/S donde valores superiores a 22 V representan un ON y valores inferiores representan un OFF. Es importante destacar que inicialmente los PLC'S solo tenían E/S discretas.

Las señales analógicas son como controles de volúmenes, con un rango de valores entre 0 y el tope de escala. Esto es normalmente interpretado con valores enteros por el PLC, con varios rangos de precisión dependiendo del dispositivo o del número de bits disponibles para almacenar datos. Presión, temperatura, flujo, y peso son normalmente representados por señales analógicas. Las señales analógicas pueden usar tensión o intensidad con una magnitud proporcional al valor de la señal que procesamos.

Las entradas de intensidad son menos sensibles al ruido eléctrico (como lo puede ser el ruido al arranque de un motor) que las entradas de tensión.

1.3.1 Ejemplo

Como ejemplo podemos decir que las necesidades de una instalación que almacena agua en un tanque. El tanque es suministrado de agua desde otro sistema, y como necesidad a nuestro ejemplo, el sistema debe controlar el nivel del agua.

Usando solo señales digitales, el PLC tiene dos entradas digitales de dos interruptores del tanque (tanque lleno o tanque vacío). El PLC usa la salida digital para abrir o cerrar una válvula que controla el llenado del tanque.

Si los dos interruptores están apagados solo el del “tanque vacío” esta encendido, el PLC abrirá la válvula para dejar entrar agua y si solo esta encendido el de “tanque lleno” la válvula se cerrará. Si se diera el caso en el que ambos interruptores están encendidos sería una señal de que algo está con uno de los dos interruptores, porque el tanque no puede estar vacío y lleno en el mismo momento. El uso de dos interruptores previene situaciones de pánico donde cualquier uso del agua activa la bomba durante un pequeño espacio de tiempo causando que el sistema se desgaste más rápidamente. Así también evitamos usar otro PLC para controlar el nivel medio del agua.

En un sistema analógico, podría usarse una báscula que este pesando el tranque, y una válvula ajustable. El PLC podría usar un PID para controlar la apertura de la válvula. La báscula estaría conectada a una entrada analógica y la válvula a una salida analógica. El sistema llena el tanque rápidamente cuando hay poco agua en el tanque. Si el nivel del agua baja rápidamente, la válvula se

abrirá todo lo que se pueda, si el caso es que el nivel del agua está cerca del tope máximo la válvula estará poco abierta para que entre el agua lentamente y no se pase de este nivel.

Con esta diseño del sistema, la válvula puede desgastarse muy rápidamente, por eso, los técnicos ajustan valores que permiten que la válvula solo se abra en unos determinados valores, así reduciendo el uso y ampliando el tiempo de vida de la válvula.

Un sistema real podría combinar ambos diseños, usando entradas digitales para controlar el vaciado y llenado total del tanque y el sensor de peso para optimizarlos.

1.4 CAPACIDADES DE E/S EN LOS PLC'S MODULARES

Los PLC'S modulares tienen un limitado número de conexiones para la entrada y la salida. Normalmente, hay disponibles ampliaciones si el modelo base no tiene suficiente puertos de E/S.

Los PLC'S con forma de rack tienen módulos con procesadores y con módulos de E/S separados y opcionales, que pueden llegar a ocupar varios racks. A menudo hay miles de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales y a veces se utiliza un puerto serie especial de E/S que se usa para que algunos racks puedan estar colocados a larga distancia del procesador, reduciendo el costo de cableado. Los PLC'S actuales pueden comunicarse mediante un amplio tipo de comunicaciones o interfaces como pueden ser RS-485, coaxial e incluso Ethernet para el control de las entradas y salidas con redes a velocidades de 100 Mbps.

Los PLC'S usados en grandes sistemas de E/S tienen comunicación P2P entre los procesadores, esto permite separar partes de un proceso complejo para tener controles individuales mientras se permita a los subsistemas comunicarse mediante links. Estos link son usados a menudo por dispositivos de interfaz de usuario (HMI) como keypads o estaciones de trabajo basados en ordenadores personales.

El número de entradas de un PLC es 3 veces el de salidas, tanto en analógico como en digital. Las entradas "extra" vienen de las necesidad de tener métodos redundantes para controlar apropiadamente los dispositivos, y de necesitar siempre más controles de entradas para satisfacer la realimentación de los dispositivos conectados.

1.5 PROGRAMACIÓN Y COMPONENTES DE UN PLC

Los PLC'S de la primera generación, en la primera mitad de los años 80's, eran programados usando sistemas de programación de propietarios o terminales de programación especializados, que a menudo tenían teclas de funciones dedicadas que representaban los elementos lógicos de los programas de PLC. Los programas eran guardados en cintas. Actualmente los programas de los PLC'S son escritos en aplicaciones especiales en un ordenador y luego son descargados directamente mediante un cable o una red al PLC. Los PLC'S viejos usan una memoria no volátil (magnetic core memory) pero ahora los programas son guardados en una RAM con batería propia o en otros sistemas de memoria no volátil como las memoria Flash.

Los primeros PLC'S fueron diseñados para ser usados por electricistas que podían aprender a programar los PLC'S en los procesos. Estos PLC'S eran programados con lógica de escalera (ladder

logic), los PLC'S modernos pueden ser programados de muchas formas, desde la lógica de escalera hasta lenguajes de programación tradicionales como Basic o C. Otro método es usar la lógica de estados (state logic), un lenguaje de programación de alto nivel diseñado para programas PLC basándose en los diagramas de transición de estados.

Recientemente el estándar internacional IEC 61131-3 se está volviendo muy popular, debido a que define cinco lenguajes de programación para los sistemas de control programables: FBD (Function Block Diagram), LD (Ladder Diagram), ST (Structure Text similar al lenguaje de programación Pascal), IL (Instruction List), SFC (Sequential Function Chart).

Mientras que los conceptos fundamentales de la programación del PLC son comunes a todos los fabricantes, las diferencias en el direccionamiento E/S, la organización de la memoria y el conjunto de instrucciones hace que los programas de los PLC'S nunca se pueden usar entre diversos fabricantes. Incluso dentro de la misma línea de productos de un solo fabricante, diversos modelos pueden no ser directamente compatibles.

La estructura de básica de cualquier autónoma programable es como a continuación se describe:

- A) **Fuente de alimentación:** Convierte la tensión de la red, 110 o 220 voltios a corriente alterna a baja tensión de corriente directa comúnmente a 24 voltios que es la que se utiliza como tensión de trabajo en los circuitos electrónicos de forma autónoma.



Fig. 1.5 a) Fuente de alimentación marca OMRON

- B) **CPU:** La unidad central de procesamiento es el auténtico cerebro del sistema. Es el encargado de recibir órdenes del operario a través de la consola de programación y el módulo de entradas. Después las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.



Fig. 1.5 b) CPU Allen Bradley Serie SLC 500

- C) Módulo de Entradas:** Es aquí en donde se unen eléctricamente los captosres (interruptores, finales de carrera etc.) la información que recibe este dispositivo la envía al CPU para ser procesada según la programación, existen 2 tipos de captosres conectables al módulo de entradas los pasivos y los activos.

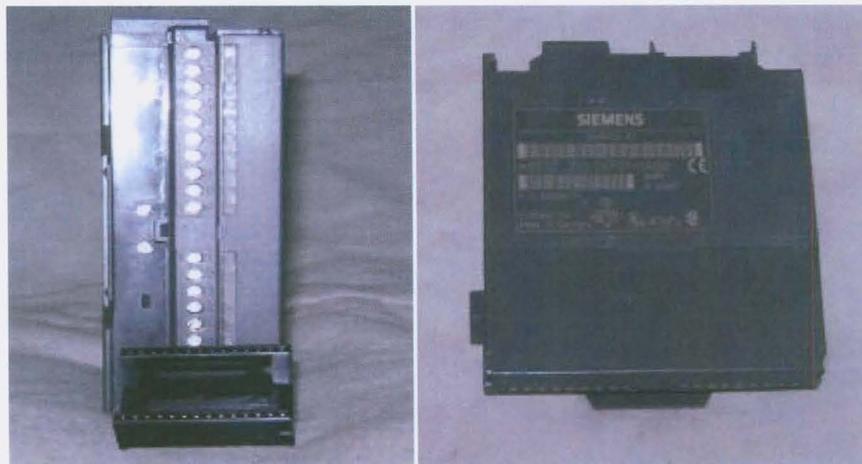


Fig. 1.5 c) Modulo de entradas de un PLC SIEMENS vista frontal y latera

- D) Módulo de Salidas:** Es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, motores pequeños etc.) La información enviada por las centrales a la CPU cuando está procesada se envía al módulo de salidas para que estas señales activadas (también los actuadores que están conectados a ellas). Hay tres módulos de salidas según el proceso a controlar por él autónoma: relevadores, triac y transistor.



Fig. 1.5 D Módulo de entradas

- E) Terminal de Programación:** La terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema, sus principales funciones son la transferencia y modificación de programas, la verificación de la programación y la información del funcionamiento de los procesos.



Fig. 1.5 E Terminal de programación para prácticas

- F) Periféricos:** estos no intervienen directamente en el funcionamiento del autónoma pero si hacen más fáciles la labor del operario.

1.6 COMUNICACIONES

Las diferentes formas como los PLC'S intercambian datos con otros dispositivos son muy variadas, normalmente un PLC puede tener integrado puertos de comunicaciones seriales que pueden cumplir con distintos estándares de acuerdo al fabricante. Estos puertos pueden ser de los siguientes tipos:

- RS-232
- RS-485
- RS-422
- Ethernet



Fig. 1.6 Interfaz-Adaptador para la comunicación entre el ordenador (PC) y el autómata (PLC)

Sobre estos tipos de puertos de hardware las comunicaciones se establecen utilizando algún tipo de protocolo o lenguaje de comunicación. En esencia un protocolo de comunicación define la manera como los datos son empaquetados para su transmisión y como son codificados. Los protocolos más conocidos son:

- Modbus
- Bus CAN
- Profibus
- Devicenet
- Controlnet
- Ethernet I/P

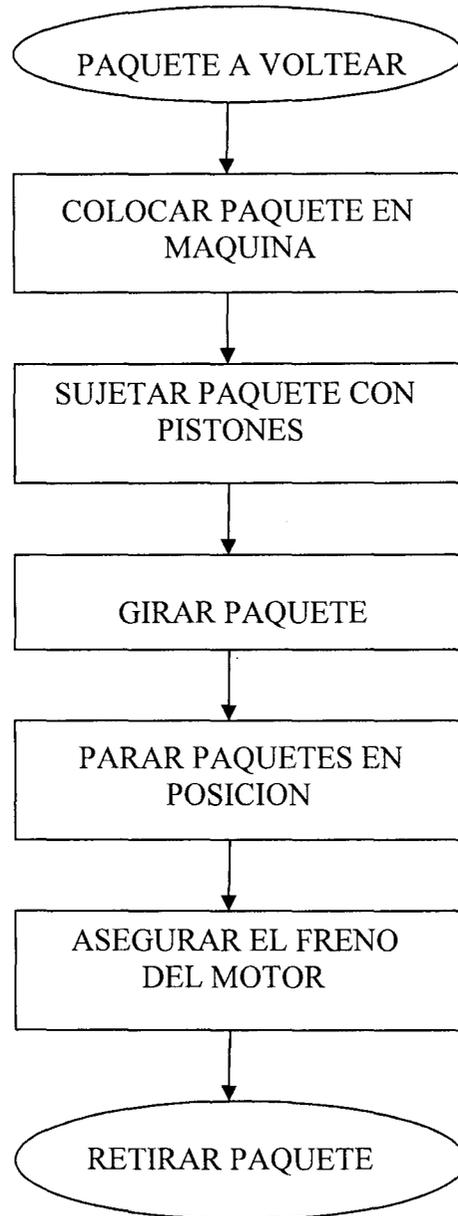
Muchos fabricantes además ofrecen distintas maneras de comunicar sus PLC'S con el mundo exterior mediante esquemas de hardware y software protegidos por patentes y leyes de derecho de autor.

CAPITULO 2 CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES

2.1 ESPECIFICACIONES BASICAS DE DISEÑO

- Se requiere que el sistema sea controlado por un PLC.
- Que los sensores y actuadores utilizados para el control sean de una marca distribuida en México para su fácil adquisición.
- Los equipos deberán contar con circuitos de protección contra las variaciones de voltaje que de la ciudad de México.
- El sistema contará con un voltaje de 440 VCA.
- La parte del control será a 24 VCD.
- La alimentación de sistemas alternos será de 110 VCA.
- El panel de control y deberá de contar con aire acondicionado e iluminación para eliminar temperaturas altas en el sistema y alargar la vida de los componentes
- Se requiere de un código de colores en el cableado
- Todas las terminales deberán estar bien conectadas para su fácil identificación
- Todos los equipos deberán estar identificados con etiquetas.

2.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA



2.3 DESCRIPCION MECÁNICA

El paquete de vidrio se podrá colocar en posición vertical u horizontal dependiendo de la medida del paquete, sobre los tacones de goma que serán los soportes del paquete de vidrio, este a su vez será asegurado por unos pistones neumáticos los cuales no permitirán que el paquete de vidrio se mueva al girar la máquina.

Una vez asegurado el paquete, es girado sobre el eje de la flecha central por un motor con freno magnético, para asegurarnos del paro total de la máquina, el motor es acoplado a través de una catarina y una cadena que estará sobre el perímetro de la rueda.

El movimiento de la máquina deberá ser lento, ya que debemos de cuidar al 100% la integridad del producto que se esté manejando, debido a que el paquete es demasiado pesado, alrededor de 2500 kilogramos él arranque y paro del motor deberán de hacerse en forma pausada, evitando el daño del producto y cuidando la parte mecánica de la máquina ya que se podría presentar una fatiga excesiva en la maquina si los paros y arranques del motor no se hacen con una rampa de desaceleración.

2.4 DESCRIPCION DE INSTRUMENTACION DE CAMPO

La máquina funcionara de la siguiente forma:

Se colocarán tres sensores de proximidad en cada uno de los lados, los cuales tendrán la siguiente función en la máquina:

Cuando la maquina se mueva hacia al lado izquierdo, es decir al sentido contrario de las manecillas del reloj tenemos lo siguiente:

PRS 1 Este sensor será el encargado de disminuir la velocidad, ya que al activarse la maquina cambiará de velocidad alta a velocidad baja.

PRS 2 Este sensor tendrá la función de detener la maquina al ser activado.

PRS 3 Este sensor funcionara como un switch de seguridad, es decir que al activarse la maquina se detendrá por completo y no podrá arrancar en el sentido inverso de las manecillas del reloj, solamente lo podrá hacer en el sentido de las manecillas del reloj.

Cuando la maquina se mueve hacia el lado derecho, es decir en el sentido de las manecillas del reloj tenemos lo siguiente:

PRS 4 Este sensor será el encargado de disminuir la velocidad, ya que al activarse la maquina cambiará de velocidad alta a velocidad baja.

PRS 5 Este sensor tendrá la función de detener la maquina al ser activado.

PRS 6 Este sensor funcionara como un switch de seguridad, es decir que al activarse la maquina se detendrá por completo y no podrá arrancar en el sentido de las manecillas del reloj, solamente lo podrá hacer en el sentido inverso de las manecillas del reloj.

PRS 7 Este sensor nos dará la posición de los pistones, es decir que al estar activado tendremos la posición de paquete suelto, queriendo decir que el pistón no estará aprisionando el paquete.

PRS 8 Este sensor también nos dará la posición de los pistones y cuando este activado nos dará la señal de que el paquete está sujeto o los pistones están en su máxima carrera.

FSC 1 Funcionará como el sensor de presencia de vidrio, es decir al estar activado dicho sensor, el PLC sabrá cuando parar los pistones y si el paquete de vidrio está sujeto.

SOL 1 Esta es la solenoide encargada de activar la retracción de los pistones, mediante la cual se excitara la bobina de esta solenoide y hará trabajar los pistones.

SOL 2 Esta es la solenoide encargada de activar la contracción de los pistones, mediante la cual se excitara la bobina de esta solenoide y hará trabajar los pistones.

2.4.1 Control del Movimiento

M1 Este es el motor encargado de realizar el movimiento de la máquina en ambos sentidos.

SOL 3 Esta es la solenoide encargada de desactivar el freno que se tiene en la flecha del motor.

2.4.2 Sistema de Seguridad

FSC 2 Esta fotocelda se encargara de sensar la presencia de algún objeto o persona que se introduzca sin permiso en el área de trabajo de la máquina por lo cual si alguien o algo interrumpe la señal de seguridad de la máquina se parara inmediatamente desactivando todos el sistema en general.

2.5 OPERACIÓN

La operación deberá hacerse desde una estación de botones la cual será denominada como consola de operación y esta tendrá indicación de todos sus botones como a continuación se muestra.

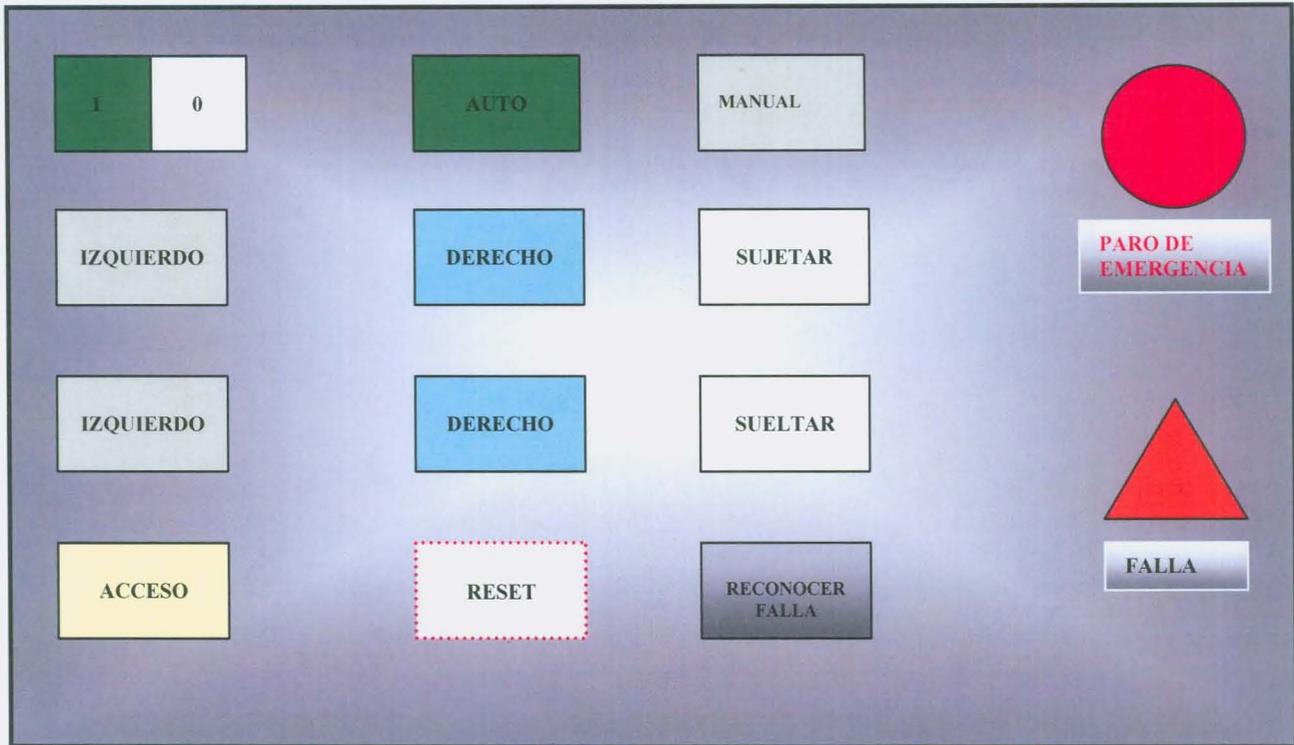


Fig. 2.5 Consola de Operación

Ahora de estos datos se puede definir el tipo de PLC que necesitaremos, porque ahora sabemos cuántas entradas y salidas emplearemos y el costo aproximado de nuestro controlador.

Esta estimación se muestra en el Anexo C.

2.6 SELECCIÓN DE FOTOCELIDAS

Para la selección de fotoceldas tenemos lo siguiente:

Se hicieron pruebas con diferentes marcas de fotoceldas tales como OMNRON, PAPPERL+FUCHS, LUZE, ETC. y en estas marcas tenemos fotoceldas típicas de funcionamiento infrarrojo hasta de tipo láser de las cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Debido a que el vidrio tiene un porcentaje de reflexión alto las fotoceldas infrarrojas tuvieron un alto desempeño en rangos de 50 mm hasta 200mm, como en algunos casos se requiere de mediciones más

exactas en el paro de las láminas pudimos seleccionar fotoceldas con un rango de 50mm y para los casos en que se requiere solamente el paro total de las láminas se optó por las de rangos de 200mm

Cabe mencionar que todos los fabricantes cumplieran con las características deseadas, la única diferencias es el precio de las mismas.

Los precios de las fotoceldas varían desde 200 USD hasta las láser para censar puntualmente y con alta precisión de 2000 USD, nosotros escogimos unas de precio medio alrededor de 350 USD.

Cuando se elige una refacción o equipo se debe de tomar en cuenta el tiempo de respuesta de los proveedores ya que en la etapa de mantenimiento tanto Preventivo como Correctivo si fallase una de las fotoceldas será importante reemplazarla inmediatamente para de esta manera optimizar los tiempos de respuesta y paros de la maquina ya que se podrían tener pérdidas por falla de equipo.

En este caso se decidió utilizar la marca OMNRON tomando en cuenta precio y servicio.

Los modelos son:

- **RK 85/4-300**
- **RK 93/4-60L**

El principio de funcionamiento de una fotocelda infrarroja es que esta cuenta con un emisor y un receptor infrarrojos, el haz infrarrojo es transmitido por un diodo con un cierto ángulo, y este a su vez es reflejado por el vidrio el cual es captado por una celda infrarroja, a continuación se muestra un diagrama:

2.6.1 FOTOCELDA OMRON RK/ 4-300

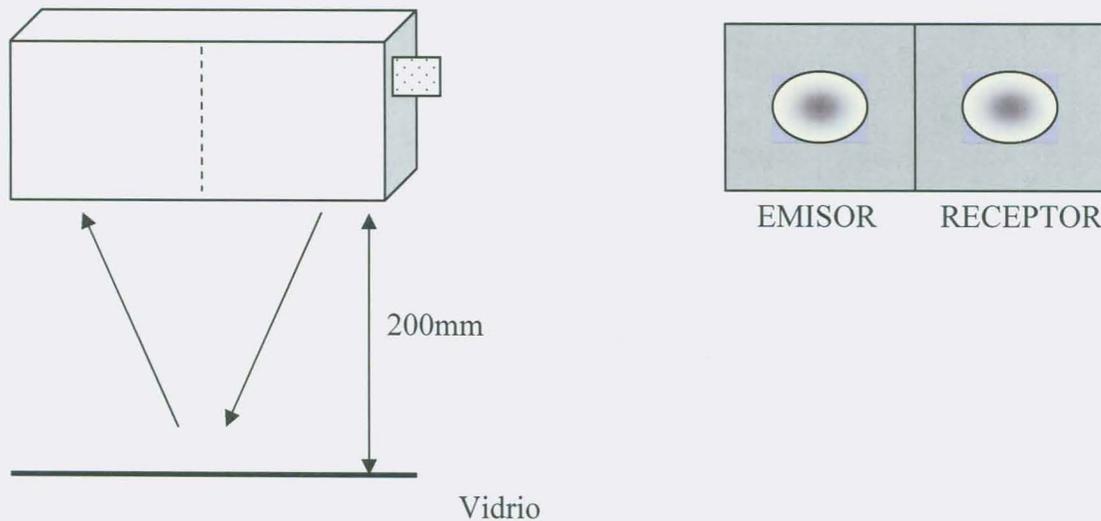


Fig. 2.6.1 Fotocelda Omron Reflectiva

Características

Marca = OMNRON

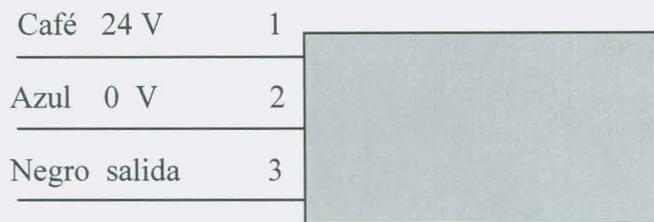
Operación = 24 VCD

Salida = PNP/NPN

Precio = 350 USD

Conexión

A continuación se muestra el diagrama eléctrico de conexión de las fotoceldas



2.6.2 FOTOCELDA OMRON RK 93/ 4-3



Fig. 2.6.2 Fotocelda Omnron Receptiva

Características

Marca = OMNRON

Operación = 24 VCD

Salida = PNP/NPN

Precio = 400 USD

2.7 SENSORES DE PROXIMIDAD

Para la selección de estos sistemas se tiene que la parte que va a estar en movimiento es una placa metálica, por lo tanto tenemos que los sensores adecuados para esta aplicación son los sensores inductivos.

Los sensores inductivos van a censar únicamente las placas metálicas a diferencia de los sensores capacitivos que censar cualquier cuerpo que se les acerque a ellos, esto es debido a su principio de funcionamiento.

Los sensores inductivos, como su nombre los dice, inducen un campo magnético el cual al acercarse un material metálico conductor, este campo se anula y el sensor inmediatamente va a detectar esta ausencia provocando así que el sensor cierre un circuito eléctrico. Este tipo de sensor se recomienda para metales conductores de la electricidad.

Los sensores capacitivos funcionan por tener un material dialéctico que se encuentra en su área de detección que cuando no hay objetos en el aire, cuando se acerca un objeto diferente a este dialéctico cambia, teniendo así que el sensor detecta la presencia de un objeto e inmediatamente cierra un circuito eléctrico. Este tipo de sensores se recomienda para materiales no metálicos.

Para el caso de los sensores se contactó con los mismos proveedores de las fotoceldas a OMNRON, PEPPERL+FUCH, y EFECTOR, se obtuvieron características similares en sus productos la única diferencia es el precio, para reducir el inventario de refacciones y estandarizar el equipo se eligió la misma marca que las fotoceldas OMNRON.

El modelo a utilizarse es IME 320 FPKG

Características

V = 10 – 55 VCD

I = 250 mA.

El tag de los sensores utilizados es:

Tag = PRS 1, PRS 2, PRS 3, PRS 4, PRS 5, Y PRS 6.

2.8 DIAGRAMAS A BLOQUES DEL SISTEMA

A continuación se mostrara el diagrama a bloques del arreglo eléctrico para la fuerza, control, sensores y actuadores.

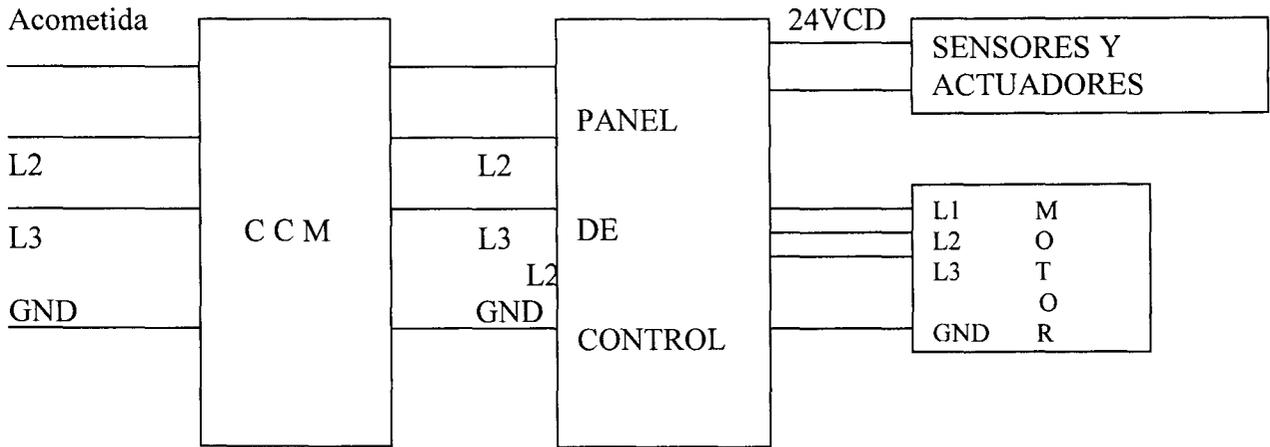


Fig. 2.8 Diagrama a Bloques del Sistema

2.8.1 Arreglo eléctrico interior del Panel

Para el arreglo de la alimentación principal del panel de control se instaló un supresor de transientes, esto con la finalidad de proteger todos los componentes eléctricos y electrónicos del panel.

Los transientes son generados por todos los contactos que se abren o se cierran en un circuito eléctrico, cuando estamos en nuestros hogares tenemos gran cantidad de transientes de voltaje generados por nosotros mismos, estos voltajes son altos que pueden llegar en ocasiones a dañar instalaciones completas. Ahora, cuando se está alimentando de una subestación que alimenta un complejo industrial, el problema se vuelve más serio debido a que en el ambiente industrial se tiene diversidad de cargas como, motores, compresores, ventiladores, resistencias de gran capacidad etc. los cuales pueden llegar a producir transientes de voltaje muy altos.

Por esta razón se decidió proteger a los equipos con supresores de transientes conectados en la alimentación general del panel.

El supresor de transientes internamente cuenta con un varicap, el cual absorbe toda la energía que sea detectada fuera de lo normal, por lo cual para no ser destruido debe de tener un disparador de calor capaz de absorber la energía generada por el transiente, los supresores de transientes están diseñados precisamente para que el sistema absorba toda esta energía sin destruirse y así proteger el equipo contra los transientes de voltaje.

A continuación se muestra el arreglo eléctrico del sistema

440 VCA ALIMENTACIÓN PRINCIPAL

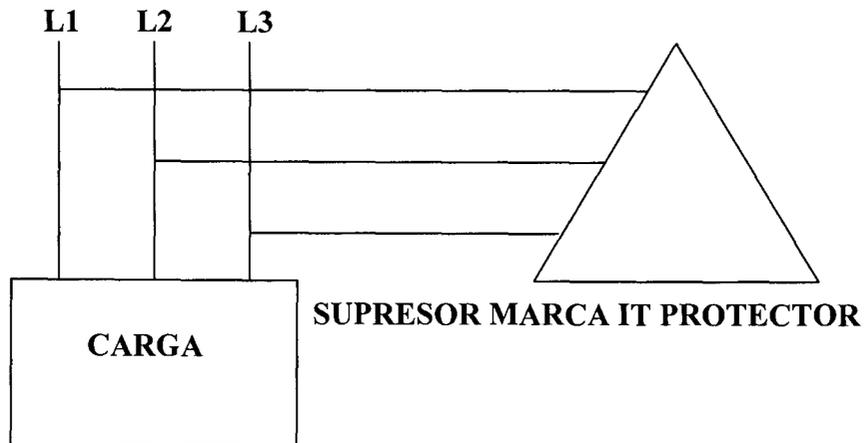


Fig. 2.8.1 Diagrama de alimentación principal

El supresor debe de ser seleccionado tomando en cuenta la capacidad de la carga de todo el sistema, para nuestro caso como tenemos un PLC se seleccionó un modelo el cual tiene la característica de ir siguiendo la trayectoria de la onda en un rango más cerrado.

El voltaje que maneja es 440 Volts de CA y la corriente será de 15 amperios

El precio del nuestro supresor será de 1550 USD, que para una inversión es alto, pero la seguridad de todos los componentes de nuestro sistema y el valor es lo más importante.

2.8.2 Diagrama Eléctrico de suministro de voltaje de 110 VCA.

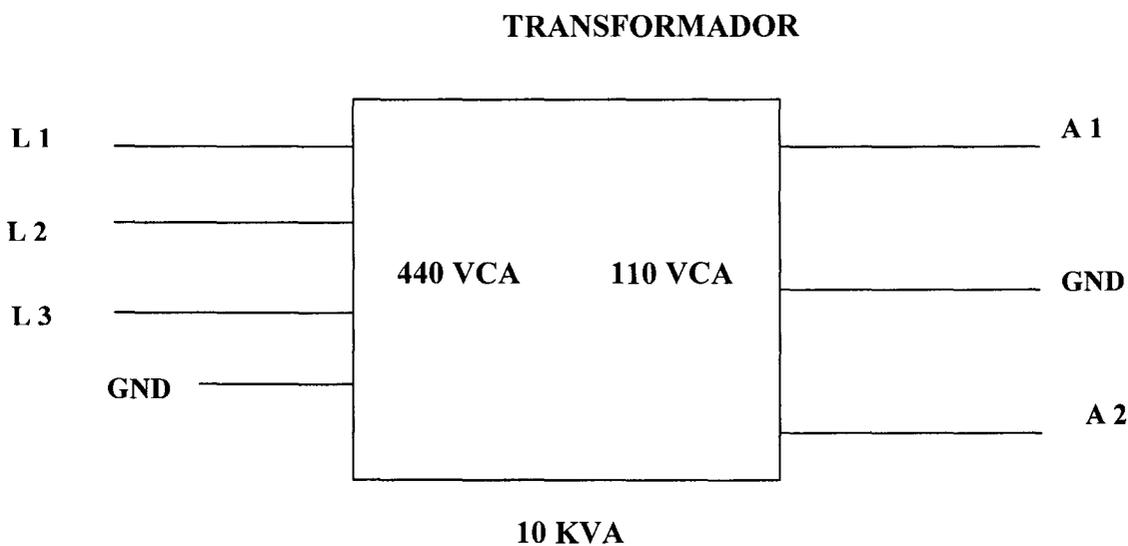


Fig. 2.8.2 Diagrama Eléctrico de suministro

Como se puede observar es un circuito básico de transformador de reducción de voltaje. Los circuitos serán alimentados con este voltaje son circuitos periféricos que no necesitan de arreglo especial.

Este circuito alimenta a los siguientes componentes del panel:

- Lámparas interiores del panel.
- Aires acondicionados.

Solo se tendrá un transformador para estos dos fines.

2.9 DIAGRAMA DESCRIPTIVO PARA LAS FUENTES DE LOS PLC'S

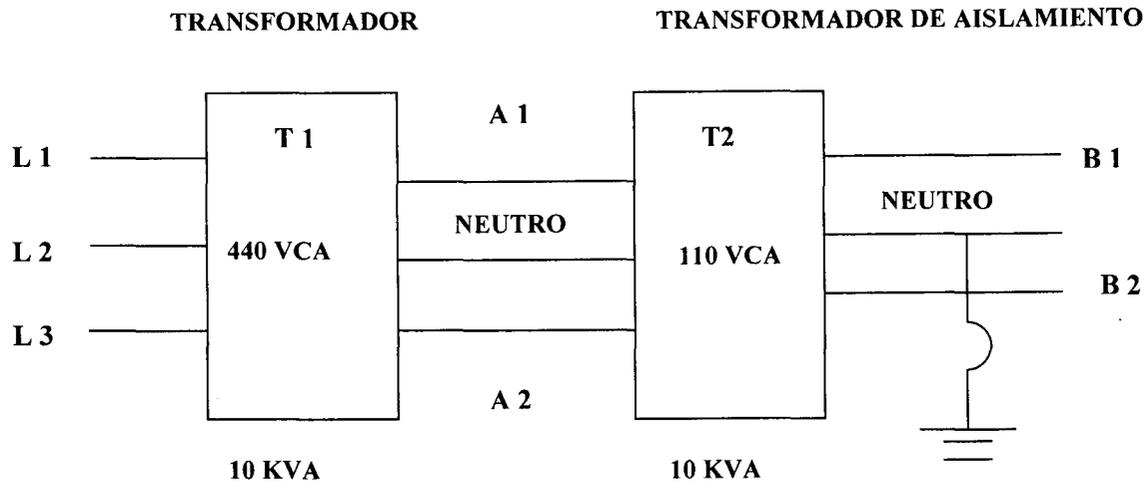


Fig. 2.9 Diagrama Descriptivo de las Fuentes

Como se puede observar en este caso tenemos un arreglo especial, debido a que con este circuito vamos a alimentar la fuente del PLC, para lo cual se deberán cumplir con los siguientes requerimientos

- Se debe tener voltaje regulado.
- No deberá existir transientes de voltaje en el sistema.
- No se deberá tener el neutro flotado.
- Se debe tener sistema de tierra exclusiva para el control, la cual debe estar por lo menos 10 metros de distancia de la tierra física.

Por lo tanto para cubrir estas necesidades se presenta el arreglo anterior, en el cual se muestra un transformador de reducción de 440 VCA a 110 VCA y a su vez un transformador de aislamiento el cual va a regular el voltaje de 110 VCA, es decir, va a suprimir todos los picos de voltaje que se generan en la entrada del sistema, con esto daremos solución al problema de regulación de voltaje a la entrada de la fuente del PLC.

Ahora nos preguntaremos ¿Por qué este requerimiento para los PLC'S?

Esto se debe a que los PLC'S no son más que un procesador con todas las características de la electrónica moderna, pero en el interior del mismo está corriendo un programa y a su vez está controlando en tiempo real el proceso, lo cual implica que el PLC este mandando información a todos

sus puertos de entrada, salida, serial y ethernet en un tiempo muy corto, estamos hablando de microsegundos, por lo tanto se tiene que cualquier variación en el voltaje de suministro provoque que aleatoriamente el PLC falle.

Las fallas que pueden presentarse son las siguientes:

- Puede perder la sincronía en las comunicaciones tanto serial, ethernet, datahighway, etc.
- Perdida de datos de la memoria por los picos de voltaje.
- Perdida de sincronía del programa y alarmar el watchdog del procesador mandando a falla el sistema.

Estas son solo algunas de las fallas que se han podido detectar, las cuales se presentan aleatoriamente y no son fáciles de detectar, por eso es que se recomienda este tipo de precauciones en cuanto a su alimentación se refiere, y así evitaremos las fallas antes mencionadas.

El neutro de nuestro sistema se conecta a la tierra del control evitando con esto tener el neutro flotado y de esta manera tendremos nuestro sistema debidamente aterrizado.

Para evitar los transcientes de voltaje se podría colocar otro supresor a la entrada de la fuente de alimentación, pero como en el suministro principal se colocó un supresor para un rango de protección muy alto, no es necesario otro supresor en esa parte, con el transformador de aislamiento es suficiente.

2.9.1 Alimentación de fuentes de C.D.

Las fuentes de corriente directa están diseñadas para que el voltaje de suministro sea directamente 110 VCA en su entrada y 24 VCD en su salida.

Después de la fuente de corriente directa se alimentan todos los circuitos eléctricos que necesiten 24 VCD, a través de una protección térmica esto es para proteger a la fuente de cualquier corto circuito en los sistemas y solo perder el voltaje en una sección donde se encuentre el corto circuito.

El diagrama se muestra a continuación:

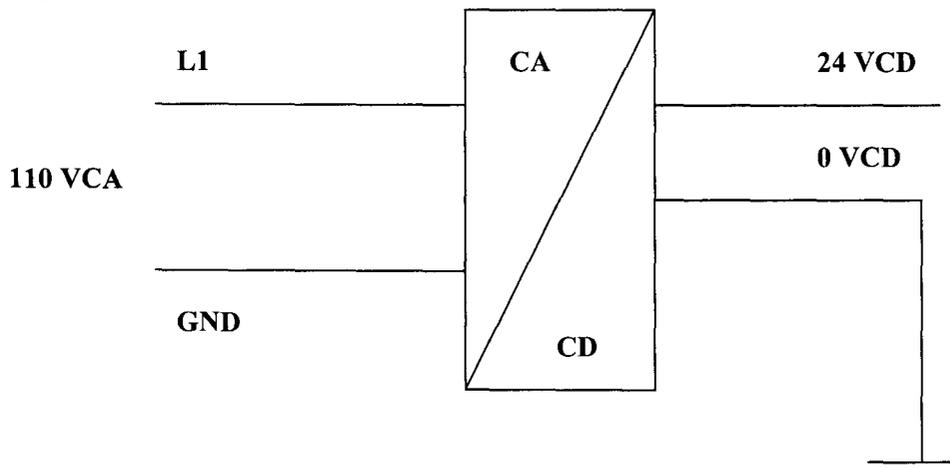


Fig. 2.9.1 Alimentación de Fuentes de CD

2.10 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

A continuación se muestra el circuito de protección general para la alimentación de 440 VCA.

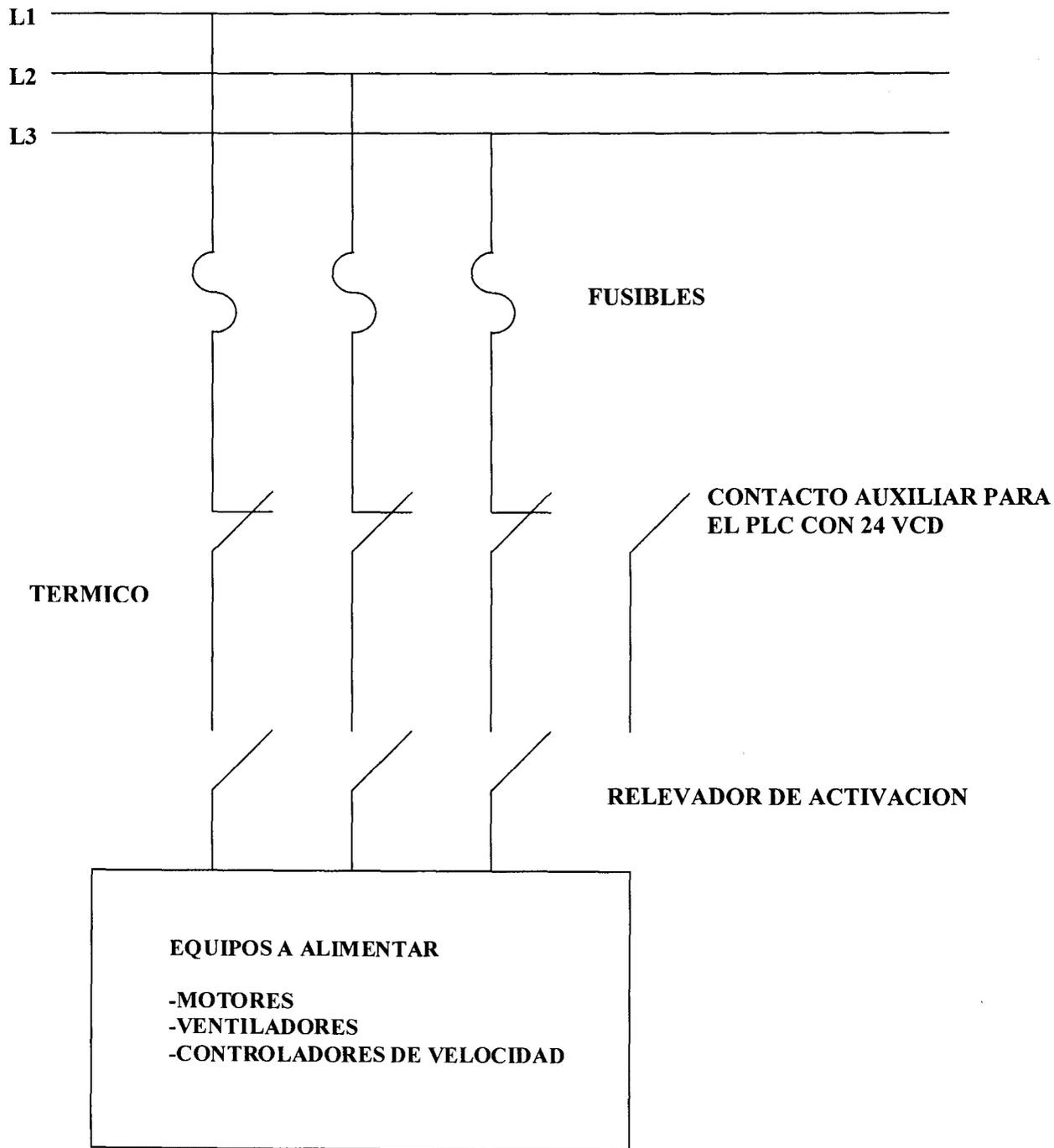


Fig. 2.10 Diagrama Descriptivo de los elementos de Protección

Como se puede observar en el diagrama anterior, se cuenta con un fusible por cada fase y además existen interruptores térmicos para cada equipo con la finalidad de proteger el sistema si se tiene un corto circuito en uno de los equipos alimentados con este sistema, el interruptor térmico es el primero que se abre para desenergizar el equipo que haya ocasionado el corto circuito y dejar funcionando el resto de los equipos.

Al interruptor térmico se le adiciona un contacto auxiliar el cual va conectado a una entrada del PLC, con la intención de conectarlo a una entrada del mismo y la cual nos indicará cuando un interruptor térmico se haya actuado y reaccionar más rápido en la solución de la falla.

Inmediatamente después tenemos el relevador de control, el cual será activado por el PLC para el arranque y paro del equipo.

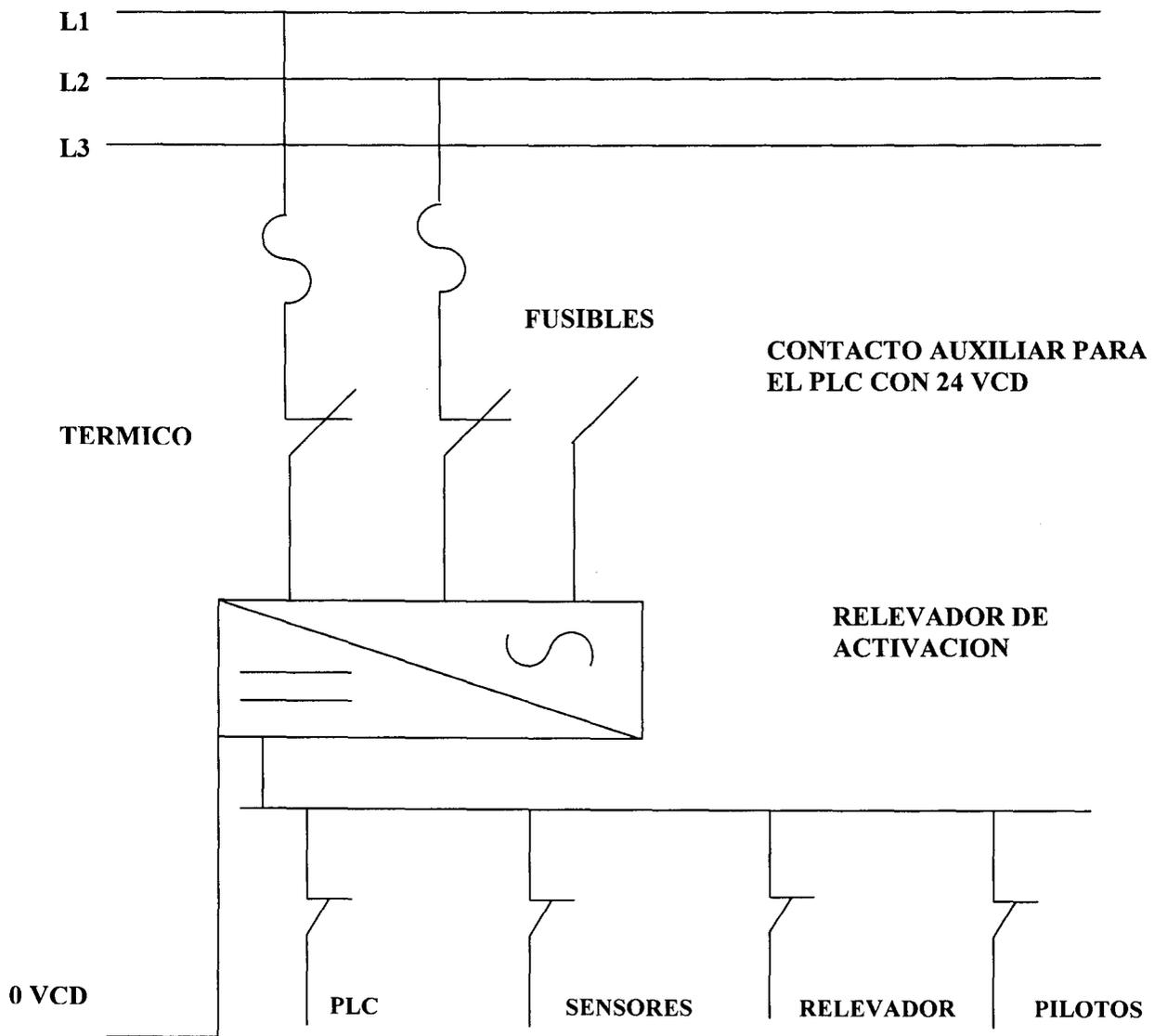


Fig. 2.10 a Diagrama Descriptivo de los elementos de protección y de Instrumentación

En el diagrama anterior se observa dos fusibles de protección para el voltaje de 440 VCA y a su vez, el térmico de la fuente. Para las alimentaciones de 24 VCD se tienen protecciones por paquetes, esto es por si se tiene un corto circuito en la alimentación de los sensores, solamente se botará el térmico de los sensores y el resto del circuito seguirá funcionando, y así protegemos la fuente ya dejar solo una parte sin alimentación.

2.10.1 Cédula de cableado

A continuación me gustaría hablar de la cédula de cableado, la cual para muchos de nosotros el nombre y su manejo resulta familiar, pero para otros no lo es.

No. de Multiconductor	Tipo de Cable	Tablilla Origen	Tablilla Destino	No.de cable
M001	3 X 16	901 X - 1	902 X - 2	
		1	1	1
		2	2	2
		GND	GND	GND
M002	3 x 16	901 X - 1	902 X - 2	
		3	3	3
		4	4	4
		5	5	5
		GND	GND	GND
M003	12 X 18	901 X - 1	902 X - 2	
		1	1	1
		2	2	2
		3	3	3
		4	4	4
		5	5	5
		6	6	6
		7	7	7
		8	8	8
		9	9	9
		10	10	10
		11	11	11
		GND	GND	GND

Tabla 2.10.1 Cédula de Cableado

El nombre de cedula de cableado es para identificar al documento que nos mostrará de forma rápida y sencilla el que y como de las conexiones del cableado de nuestro sistema tanto interno del panel como externo.

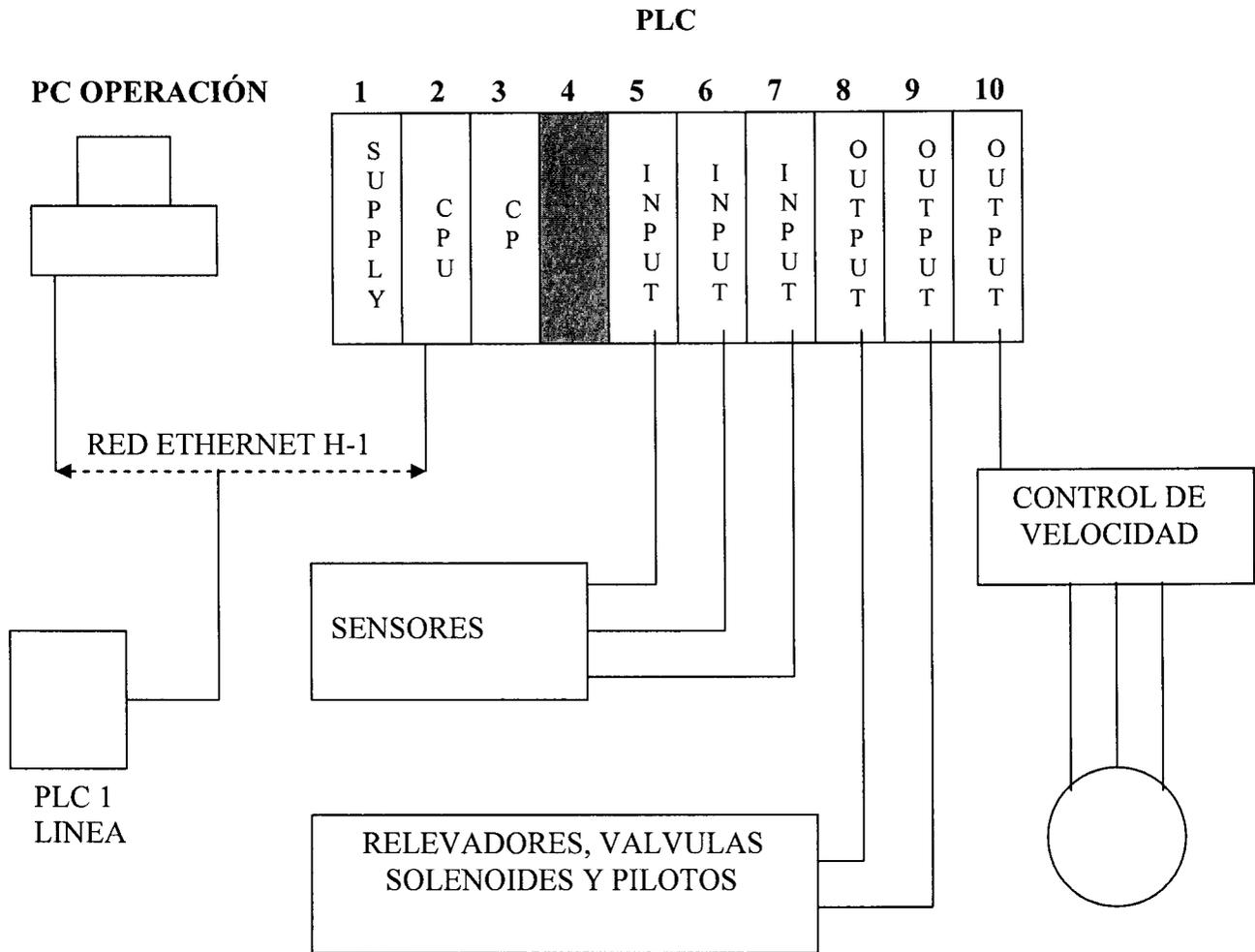
Es decir nos va a mostrar cuantos cables se conectarán en la tablilla de conexiones, su número, su clema de conexión, el calibre y el número de identificación del multiconductor al que se asigna a esa conexión.

Esta cedula nos va a facilitar y evitará errores en la momento de hacer la instalación, es necesario que el personal de supervisión y las personas que ejecutan la tarea de conexiones conozcan bien el manejo de la cédula.

2.11 ARREGLO DEL CONTROL

2.11.1 Descripción General

A continuación se muestra el arreglo de control que se propone para la solución del problema:



En el diagrama anterior se puede observar como el PLC, es el encargado de centralizar todas las señales, tanto de los sensores como de los actuadores, los controles de velocidad, la comunicación Ethernet para el intercambio de información con otros PLC'S, así como para comunicarse con la PC que tendrá la función de monitorear y operar el proceso.

Por lo tanto debemos considerar que el PLC es el cerebro del sistema, razón por lo cual es de vital importancia que este sistema no tenga fallas ya que la línea no podría funcionar si este llegase a fallar

A continuación se verá a detalle la configuración y funcionamiento de cada una de las partes de control del sistema.

2.11.2 Controladores Lógicos Programables de nuestro sistema

Los PLC'S nacen con la evolución de la electrónica y los sistemas de computación, a mediados de los años 60's, época en la cual aparece el control digital por computadora.

Con el tiempo la electrónica fue evolucionando hasta llegar a los microprocesadores tan avanzados que hoy tenemos y son parte fundamental de cualquier PLC.

Ahora nos preguntaremos ¿Por qué es que ha crecido tanto la aplicación de los PLC'S en los procesos industriales?

Un PLC, es un sistema electrónico el cual procesa señales analógicas y binarias de entrada y a su vez procesa las señales analógicas y binarias correspondientes de salida, para controlar un sistema en forma automática, semiautomática o manual.

En un inicio los PLC'S solo controlaban secuencias, con estas aplicaciones se sustituyeron los sistemas con relevadores, pero con muchas más ventajas:

- Evitan los falsos contactos provocados por los brincos de corriente en los relevadores lo cual provocaba fallas en las secuencias de los sistemas.
- Se reducen costos de cableado en caso de tener la necesidad de cambiar la secuencia del sistema.
- La secuencia se puede modificar cuantas veces se requiera, modificando únicamente el programa en el PLC.
- Ahorro en tiempo ya que las modificaciones en el programa se hacen de forma real.
- Reducción de tiempos muertos por fallas en los sistemas.

Esto solo por mencionar algunas ventajas, actualmente los nuevos PLC'S ya cuentan con más capacidad que los primeros, ahora ya pueden manejar más de 1024 entradas y salidas, también pueden controlar lazos de control PID con entradas a termopar, a RTD, a 4-20 mili amperes, a 0-5 volts, entradas contadoras de alta velocidad para encoders, entradas digitales de 24 volts de CD y CA,

entradas de 110 voltios CA y salidas de 4-20 miliamperes, 0-5 voltios, salidas digitales de 24 voltios de CD y CA y de 110 voltios de CA.

Por lo tanto se tiene que un PLC puede hacer las mismas funciones que un control distribuido, pero con la gran diferencia que un PLC tiene un costo mucho más barato al del control distribuido, razón por lo cual muchos de los fabricantes de controles distribuidos como Fisher, Honeywell o Foxboro han reducido considerablemente sus costos. Quizá en un futuro no muy lejano los controles distribuidos sean reemplazados por PLC'S o por las nuevas tecnologías de control.

Algunos fabricantes de PLC'S más importantes a nivel mundial son:

En América latina, esta Allen Bradley, que actualmente pertenece a Rockwell, en Europa el más fuerte es Siemens y en Asia se encuentra Omron.

Cada fabricante tienen sus diferencias unos con respecto a otros, pero en esencia las funciones de todos son las mismas, la diferencia radica principalmente en su forma de programar.

Para nuestro caso usaremos el PLC Marca Siemens S7 200 con un procesador 216, el cual es un equipo pequeño de Siemens.

2.11.3 Composición del PLC

- Riel de montaje DIN
- Fuente de Alimentación
- CPU S7 200

El PLC va montado sobre un riel DIN de 35 mm.

2.11.4 Fuente de alimentación

El sistema contará con una fuente de alimentación para la electrónica interna del PLC y para los voltajes de 24 voltios de CD de las tarjetas de entrada y salida.

El modelo de la fuente a utilizar es 6ES/ 307-1FA00, la cual es alimentada con 110/230 VCA, su salida es de 24 VCD, cuenta con compartimiento para baterías de litio que sirven de respaldo a la memoria del CPU cuando el suministro de energía se ve interrumpido y por ultimo tiene protección electrónica para corto circuito.

2.11.5 CPU S7 200

El CPU S7 200 es un aparato autónomo compacto que comprende una unidad central de procesamiento CPU, con diferentes capacidades, el CPU ejecuta el programa y almacena datos para la

tardea de automatización de un proceso, teniendo la opción de utilizar interfaces de comunicación, en algunos tipos hasta dos tipos de interfaz.

Este sistema puede ser expandida, es decir que se le pueden colocar módulos de expansión para incrementar el número de de entradas y salidas del sistema.

A continuación se muestra una figura de cómo se puede hacer una ampliación del número de entradas y salidas.

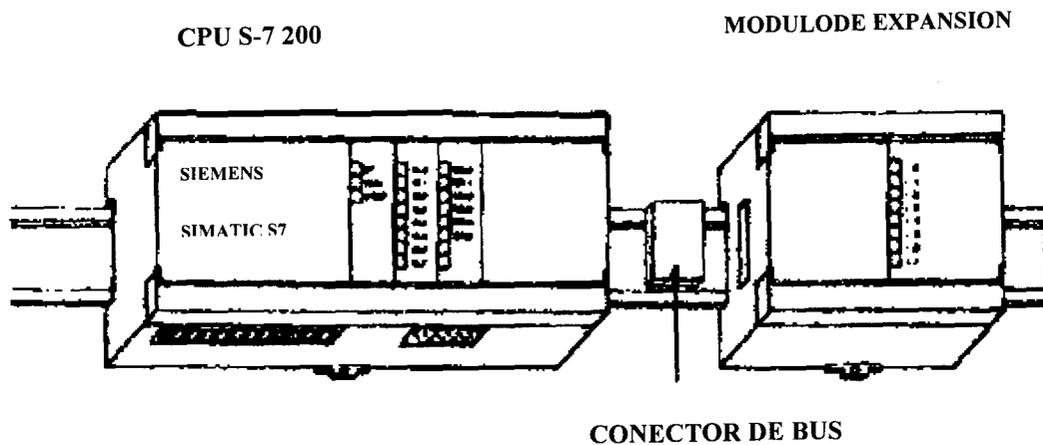


Fig. 2.11.5 Ejemplo del CPU S7 200

2.11.6 Ciclo del CPU

El CPU ejecuta el programa en un ciclo continuo, abarcando las siguientes tareas:

- Leer entradas
- Ejecutar el programa del usuario
- Procesar las peticiones de comunicación
- Ejecutar el auto diagnóstico del CPU
- Escribir las salidas

2.11.7 Lectura de las entradas

Al principio de cada ciclo se leen los valores actuales de las entradas, escribiéndose luego en la imagen del proceso de entradas.

El PLC reserva un espacio de la imagen del proceso de entradas digitales en incrementos de 8 bits (un byte). Si el CPU o el módulo de aplicación no proporcionan una entrada física para cada bit del byte reservado, no será posible asignar dichos bits a los módulos subsiguientes de la cadena E/S o utilizarlos en el programa del usuario. Al principio el CPU pone en 0 dichos bits no utilizados en la imagen del proceso.

El PLC no actualiza automáticamente las entradas analógicas como parte del ciclo y no prevé una imagen del proceso para las mismas. A las entradas analógicas se debe acceder directamente desde el programa del usuario.

2.11.8 Ejecución del Programa

Durante esta parte del ciclo, el CPU ejecuta el programa desde la primera operación hasta la última. El control directo de las entradas y las salidas permite acceder directamente a las mismas mientras se ejecuta el programa o una rutina de interrupción.

Las rutinas de interrupción no se ejecutan como parte del ciclo sino solo cuando ocurre el evento.

2.11.9 Procesamiento de las peticiones de comunicación

Durante el ciclo, el CPU procesa los mensajes que haya recibido por la interface de comunicación.

2.11.10 Ejecución del auto diagnóstico del CPU

Durante el diagnóstico se comprueba el firmware del CPU y la memoria del programa, así como el estado de los módulos de ampliación.

2.11.11 Escritura de las entradas y las salidas

Al final de cada ciclo, el CPU escribe los valores en la imagen del proceso de salidas en las salidas digitales, similar al proceso de entradas.

El CPU no actualiza automáticamente las salidas analógicas como parte del ciclo y no prevé imagen del proceso en las mismas. A las salidas analógicas se debe acceder directamente desde el programa del usuario.

2.11.12 Imagen del Proceso de las entradas y salidas

Cuando un programa se está ejecutando los accesos a las entradas y salidas se efectúan generalmente a través de la respectiva imagen del proceso y no de forma directa. Las imágenes del proceso existen por tres razones.

- El sistema comprueba todas las entradas al comenzar el ciclo. De este modo se sincronizan y congelan los valores de estas entradas durante la ejecución del programa. Lo cual tiene un efecto estabilizador del sistema.
- El programa del usuario puede acceder a la imagen del proceso mucho más rápido de lo que podría acceder directamente a las entradas y salidas físicas, con lo cual se acelera el tiempo de ejecución.
- Las entradas y salidas son unidades de bit razón por la que se debe acceder a ellas en formato de bit, no obstante, la imagen del proceso permite acceder a ellas en formato de bit, bytes, palabras y palabras dobles, lo que resulta una flexibilidad adicional.

A continuación se muestra un diagrama de ejecución del ciclo.



Fig. 2.11.12 Diagrama de un ciclo

2.12 MODULOS PERIFERICOS

2.12.1 Módulos de entrada digital

Las tarjetas de entrada son la interface entre los sensores de campo y el CPU, el voltaje que manejan es de 24 voltios de CD en el 1 lógico y 0 voltios en cero lógico.

El modelo que estamos utilizando es del 6ES7 221 IBF00 de 8 entradas digitales.

Solo se está utilizando un módulo de estos.

2.12.2 Módulos de salida digital

Las tarjetas de salida entregan los voltajes de control de 24 voltios a los actuadores y a los controladores de velocidad de motores. El modelo utilizando es el 6ES/ 222 IBF00 que es de 8 salidas digitales.

De estos módulos se están utilizando 2.

2.12.3 Montaje

Es importante resaltar que las características de operación de estos equipos como la de cualquier aparato electrónico, aunque se diseño está considerado para trabajar en ambientes industriales, cabe mencionar que al trabajar con PLC'S aunque estén diseñados ambientes estrictos, la realidad es que se deben tener varias consideraciones en cuenta como a continuación se mencionan.

Temperatura de operación 15-45 grados Centígrados

Humedad relativa 70 %

Cuando el sistema trabajar en ambientes en los cuales se genera mucho calor, ya sea por un agente externo como calderas u hornos, o cuando el calor es generado por el mismo PLC sus sistemas alternos como pueden ser fuentes de alimentación, controladores de velocidad u otros equipos alternos, un sistema de ventilación o de aire acondicionado es recomendado para proteger los equipos de un sobrecalentamiento.

El exceso de humedad en el sistema puede ocasionar que las conexiones se oxiden provocando falsos contactos y provocar cortos circuitos en los sistemas electrónicos y eléctricos, causando serios problemas en el sistema.

El exceso de polvo ocasiona falsos contactos en el sistema, provocando calentamiento por los brincos de corriente en todas las conexiones y relevadores por ejemplo.

Para el caso nuestro, se montarán todos los equipos dentro de un panel el cual tendrá un sistema de aire acondicionado, este sistema nos ayudara a re circular el aire dentro del panel, esto es, el sistema de aire acondicionado no inyectará aire del medio ambiente sino que el mismo aire que se encuentra dentro del panel se hará pasar por un convertido de calor, el cual enfriara el aire caliente y lo hará re circular a través de todo el panel, protegiendo así los componentes del sistema contra el calentamiento y contra la inyección de polvo del ambiente.

La humedad será condensada en el serpentín del convertidor de calor y será emitida fuera del panel a través de conductos.

Mediante este sistema se evitara tanto el calentamiento como la introducción de polvo en el sistema y la humedad será retirada del mismo.

A continuación se muestra un esquema de la circulación del aire

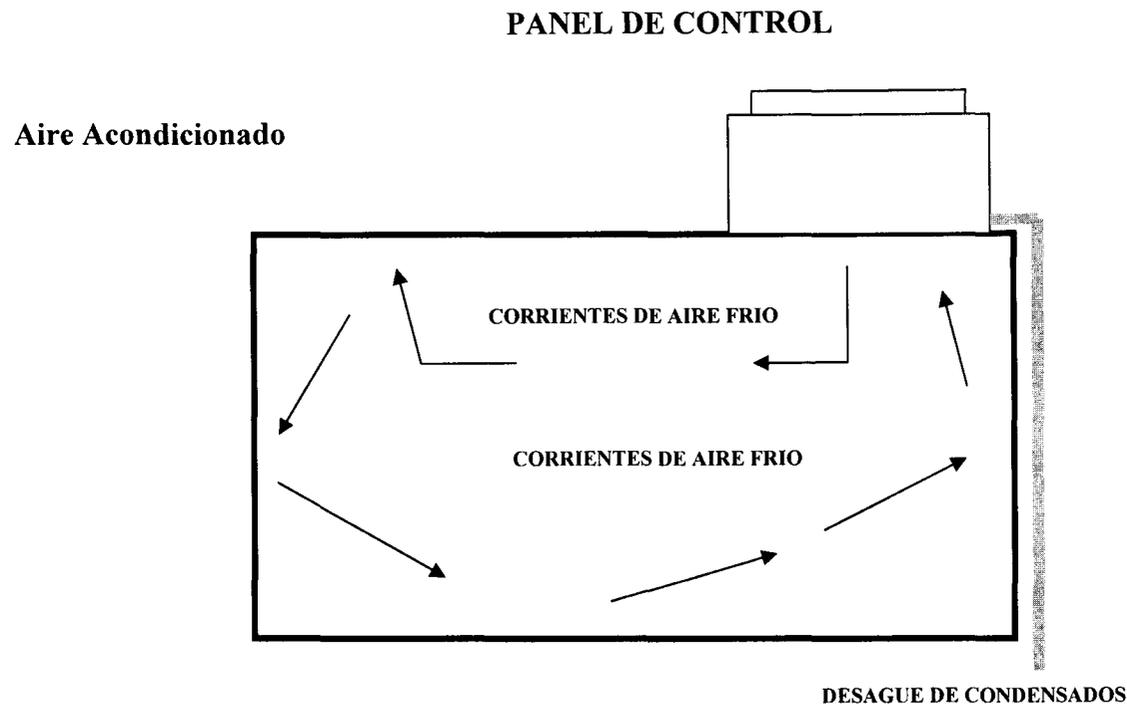


Fig. 2.12.13 Recirculación de aire en interior del panel

Para lograr que el panel sea hermético se le han colocado a las puertas sellos de goma para evitar que tanto el polvo como el calor penetren en el panel. Asimismo se han colocado interruptores de limite en las puertas para encender y apagar los aires acondicionados cuando el panel está abierto o cerrado, y de esta manera evitamos que el sistema de enfriamiento este encendido cuando las puertas del panel están abiertas.

Espacio necesario para montaje del CPU

Para el montaje del CPU y los módulos de ampliación, se ha previsto la ventilación por convección natural, por lo tanto se deberá dejar un margen mínimo de 25 mm. por encima de y por debajo de las unidades para garantizar su ventilación. El funcionamiento continuo a una temperatura ambiente máxima y con cargas muy elevadas reduce la vida útil de cualquier dispositivo electrónico.

Al proyectar la disposición de los equipos, se debe prever suficiente espacio para el cableado de las entradas y salidas, así como para las conexiones de los cables de comunicación.

Ejemplo del montaje en un perfil soporte

Este PLC se puede montar en un perfil soporte estándar (DIN EN 50 022)

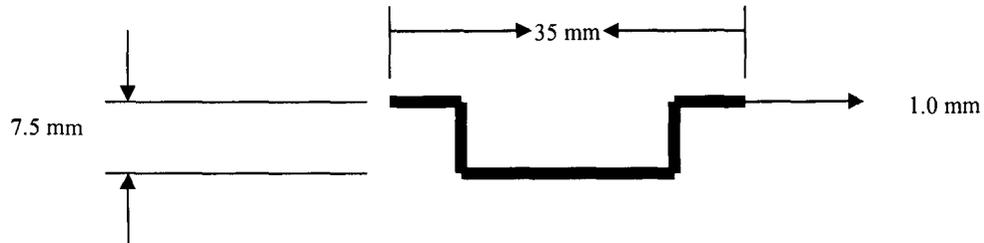


Fig. 2.12.13 a) Descriptiva del riel de montaje

En el Anexo A podremos ver la instalación del cableado en donde se presentan las especificaciones y requerimientos de Siemens para el óptimo funcionamiento del PLC.

2.13 SOFTWARE DEL PLC

Una parte muy importante del PLC es el software con el cual se va a realizar la programación de la secuencia de control del proceso. En nuestro caso se utilizará el software de programación de Siemens llamado Step 7-Micro/WIN, en el caso de Allen Bradley se tiene el APS 6200 o la nueva versión que es el Logic 5.

Para nuestro proyecto, el Step 7-Micro/WIN es un software de programación ejecutable bajo Windows, Este software permite programar el PLC incorporando diversas herramientas y utilizando el lenguaje de lista de instrucciones o el de escalera.

Para correr este software se necesita el siguiente hardware:

PC 80486 o mayor con una capacidad 8 MB en memoria RAM

Un cable interface PC/IPP

Un mínimo de 30 MB en disco duro

Microsoft Windows 3.11, Windows 95 ó Windows NT.

A continuación el siguiente diagrama muestra un ejemplo gráfico de cómo funciona la programación en escalera de Siemens.

PROGRAMACION DEL PLC

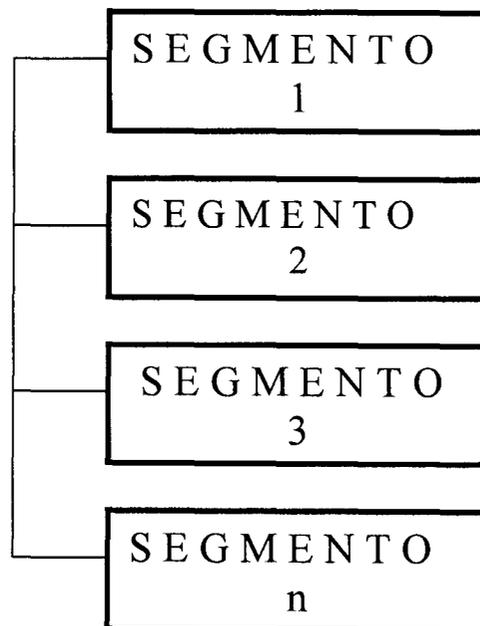


Fig. 2.13 Diagrama Grafico de Programa en escalera

A continuación se muestra el diagrama de flujo para iniciar un programa en el software Step 7-Micro/WIN

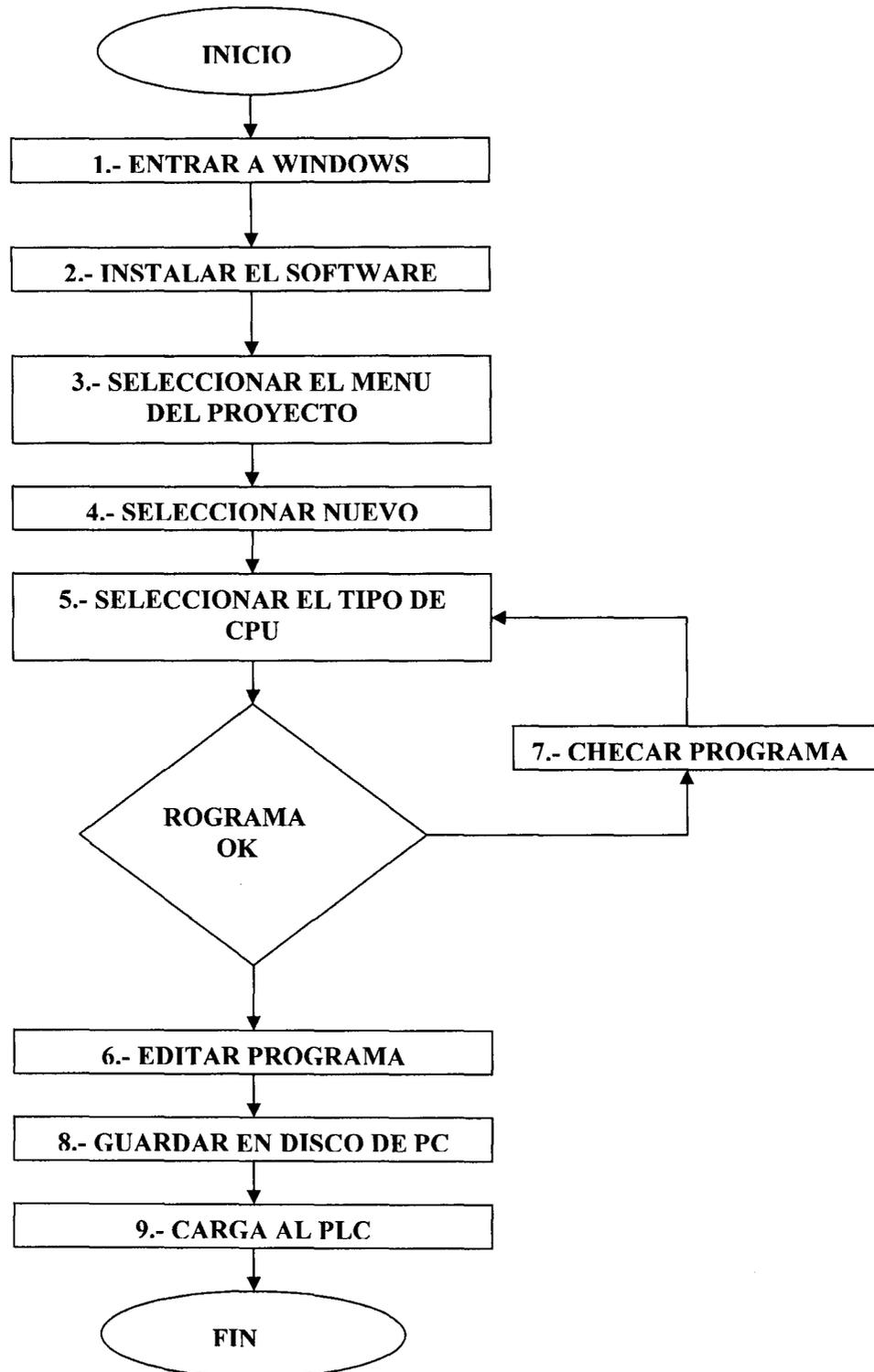


Fig. 2.13 a Diagrama de Flujo de acceso al software

A continuación se dará una breve descripción de cada paso del diagrama de flujo:

- 1) Este paso se refiere a encender la PC y entrar a Windows dependiendo de la versión que se tenga cargada en la PC.
- 2) Este paso se refiere a instalar el software S7 Micro/WIN introduciendo los discos de instalación en la PC.
- 3) Esta etapa es cuando una vez instalado el software, se ingrese a este a través de los iconos correspondientes y se pida acceso al menú de proyecto.
- 4) Este paso es en donde elijéremos un proyecto NUEVO.
- 5) Este paso se refiere a escribir el programa utilizando los diferentes menús del software.
- 6) Este paso se refiere a seleccionar el tipo de procesador utilizado en la aplicación.
- 7) Esta etapa es de revisión del programa.
- 8) Este paso se refiere a guardar el programa en el disco duro de la PC utilizando la opción de guardar.
- 9) Este paso se refiere a cargar el programa previamente revisado al PLC mediante la interface hacia el puerto de comunicación correspondiente.

Finalmente se puede decir que el software utiliza todas las herramientas de Windows por lo cual la programación es prácticamente por medio del Mouse de la PC lo cual nos da una gran facilidad en la programación.

Ahora que conocemos la estructura del programa de Siemens podemos hablar de las formas que tiene Siemens de programar los PLC'S S7 200 las cuales son:

- Lenguaje de Escalera

- Lista de Instrucciones

A continuación mostraremos ejemplos de cada una de las diferentes formas de programación, pero cabe mencionar que se puede hacer la programación de las secuencias en cualquiera de los dos métodos, el software de Siemens S7 200 Micro/WIN, tiene esta característica y además el software viene en 5 idiomas y de esta manera se el programador puede elegir el idioma que mas domine o el correcto para el proceso.

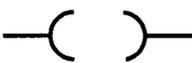
2.13.1 Programación en Escalera

Este tipo de programación en escalera, se tomó de los antiguos diagramas de relevadores en los cuales se realizan las secuencias de control en forma de escalera. La gran ventaja es que ahora es totalmente software. Mediante este método de programación se pueden habilitar salidas y monitorear el sistema en línea.

Los símbolos que se utilizan en esta forma de programar son:

Contacto normal abierto: 

Contacto normal cerrado: 

Bobina 

La forma de programar es como si se armara un circuito eléctrico.

2.13.2 Programación en listas de instrucciones

Este método de programación utiliza mnemónicos, es decir, utiliza instrucciones las cuales realizan cierta función lógica que provocan que el sistema realice la secuencia de control deseada, como si estuviera programando en un lenguaje de alto nivel, la diferencia es que estos mnemónicos son exclusivamente para programar este tipo de PLC'S.

A continuación se muestran las funciones básicas de este método de programación.

Función Lógica AND

000: A I5.7
001: A I5.6
002: =Q 5.6
003: BE

Función Lógica OR

000: O I5.7
001: O I5.6
002: = Q5.7
003: BE

Como se puede observar la forma de programar es muy similar para cualquiera de los dos casos, solo se tiene que estar familiarizado con las diferentes instrucciones y su forma de utilizarse.

2.13.3 Direccionamiento

Ahora que ya conocemos la forma de programar el PLC, pasaremos a lo que se llama direccionamiento de los diferentes operadores digitales, lo cual es sencillo y solo se da una lista de términos que se cree son necesarios para el mejor entendimiento de la forma de direccional tanto las entradas y salidas del PLC como la memoria interna del mismo.

Para que el sistema se entienda mejor tenemos la siguiente referencia:

Un bit es la unidad mínima de una palabra o dato.

Byte es la unidad denominada en el lenguaje de computación y está compuesta de 8 bits.

Una palabra (Word) está compuesta de 2 palabras, por lo que tiene 16 bits.

Una palabra doble (Doubleword) está compuesta de 2 palabras por lo tanto tiene 4 bytes o 32 bits.

En el anexo B se presenta el modo de direccionamiento que utiliza Siemens en este PLC.

A continuación se muestra la tabla de direccionamiento de cada uno de los diferentes elementos utilizados en el programa del PLC.

Nombre Simbólico	Dirección	Comentario
PRS_1	I0.0	BAJA VELOCIDAD IZQ
PRS_2	I0.1	PARO EN POSICION IZQ
PRS_3	I0.2	PARO EMERGENCIA IZQ
PRS_4	I0.3	BAJA VELOCIDAD DER
PRS_5	I0.4	PARO EN POS DER
PRS_6	I0.5	PARO EMERGENCIA DER
PRS_7	I0.6	PISTON FUERA
PRS_8	I0.7	PISTON DENTRO
FSC_1	I1.0	PRESENCIA DE PISTON
FSC_2	I1.1	FOTOCELDAS DE SEGURIDAD
PARO_EMERG	I1.4	PARO DE EMERGENCIA GRAL
RECONOCER	I1.5	RECONOCER FALLA
VOLT_CONTROL	I1.6	VOLTAJE DE CONTROL ON
PB_AUTOM	I1.7	SELECCION AUTOMATICA
PB_MANUAL	I2.0	SELECCION MANUAL
IZQ_MANUAL	I2.1	GIRAR A IZQ MANUAL
DER_MANUAL	I2.2	GIRAR A DER MANUAL
SUJETAR	I2.3	SUJETAR MANUAL
SOLTAR	I2.4	SOLTAR MANUAL
IZQ_AUTO	I2.5	GIRAR IZQ AUTO
DER_AUTO	I2.6	GIRAR DER AUTO

DRIVE_OK	I3.0	DRIVE FUNCIONANDO
PB_RESTABLECER	I3.1	BOTON DE RESTABLECER ACCES
PB_ACCESO	I3.2	BOTON DE ACCESO
SOL_1	Q0.0	SOLENOIDE DE SUJETAR PISTON
SOL_2	Q0.1	SOLENOIDE DE SOLTAR PISTON
CHECK_1	Q0.2	VALVULA DE PARO
CHECK_2	Q0.3	VALVULA DE PARO
CHECK_3	Q0.4	VALVULA DE PARO
CHECK_4	Q0.5	VALVULA DE PARO
LT_VOLT_CRTL	Q0.6	PILOTO DE VOLTAJE DE CONTR
LT_FALLA	Q0.7	PILOTO DE FALLA
LT_IZQ_MAN	Q1.0	PILOTO DE ACTIV IZQ MANUAL
LT_DER_MAN	Q1.1	PILOTO DE ACTIV DER MAN
LT_SUJETAR	Q1.2	PILOTO DE SUJETAR
LT_SOLTAR	Q1.3	PILOTO DE SOLTAR
CR1	Q1.4	DIN1
CR2	Q1.5	DIN2
CR3	Q1.6	DIN3
CR4	Q1.7	DIN4
CR5	Q2.0	DIN5
CR6	Q2.1	ACTIVACION DE DRIVE
CR7	Q2.2	ACTIVACION DE FRENO
LT_IZQ_AUTO	Q2.3	PILOTO DE ACTIVACION IZQ AUT.
LT_DER_AUTO	Q2.4	PILOTO DE ACTIVACION DER AUT
LT_RECONOCER	Q2.5	PILOTO DE RECONOCER
LT_ACCESO	Q2.6	PILOTO DE ACCESO
LT_REESTABLECER	Q2.7	PILOTO DE REESTABLECER
BANDERA DE ACT.	V0.0	BANDERA DE ACT. VOLTAJE CON TROL
BANDERA_ARRANQUE	V0.1	BANDERA DE ACT GRAL
BANDERA AUTO	V0.2	BANDERA AUTOMATICO
BANDERA MAN.	V0.3	BANDERA DE ACT MAN
BAND EMERG STOP	V0.4	BANDERA DE EMERG STOP
BAND SIN VIDRIO	V0.5	BANDERA DE VOLT SIN VIDRIO
FALLA EN DRIVE	V0.6	BANDERA DE STATUS DE DRIVE
FALLAS	V0.7	CUALQUIER FALLA
BAND REC PARO	V1.0	BAND RECON DE EMER STOP
BAND FALLA	V1.1	FALLA GENERAL
BAND REC FALLA	V1.2	BAND RE REC DE FALLA
BAND PARO FSC2	V1.3	BAND DE PARO DE FOTOCELDA DE SEGURIDAD
BAND ASEG PRS8	V1.4	BANDERA ASEG DE PRS8
BANDERA ACCESO	V2.0	BAND ACCESO REQUERIDO
BAND ACT IZQ AUT	V2.1	BAND DE ACT IZQ EN AUT
TERM IZQ AUTO	V2.2	BAND DE TERM IZQ EN AUTO
SUJ PACK AUTO	V2.3	SUJETAR PAQUETE EN AUTO
BAND ROT IZQ AUT	V2.4	BAND DE ROTAR IZQ AUTO

BAND MOV IZQ	V2.5	BAND DE INICIO DE MOV IZQ
BAND MOV DER	V2.6	BAND DE MOV DER
BAND ACT DE AUT	V4.0	BAND DE ACT DER EN AUTO
TERM DER AUTO	V4.1	TERM CICLO DER EN AUTO
BAND ROT DE AUTO	V4.2	BAND DE ROTAR DER AUTO
SUJ PACK MAN	V6.0	SUJETAR PACK EN MAN
BAND ROT IZQ MAN	V6.1	BAND DE ROTAR IZQ EN MAN
BAND ROT DER MAN	V6.2	BAND DE ROTAR DER EN MAN
BAND FRENO	V6.3	BAND DE ACTIVACION DE FRENO
BAND LIBRE	V6.4	PAQUETE LIBRE PARA SACAR
BAND SOL IZQ AUTO	V6.5	BAND DE SOLTAR IZQ AUTO
BAND SOL DER AUTO	V6.6	BAND DE SOLTAR DER AUTO
BAND SOL MAN	V6.7	BAND DE SOLTAR MAN
BAND VEL IZQ ALTA	V8.0	BAND VEL IZQ ALTA
BAND VEL IZQ BAJA	V8.1	BAND VEL IZQ BAJA
BAND VEL DER ALTA	V8.2	BAND VEL DER ALTA
BAND VEL DER BAJA	V8.3	BAND VEL DER BAJA
PACK SUJETO	V10.0	PACK SUJETO LISTO A ROTAR
BAND POS DER OK	V10.1	POSICION DERECHA TERMIN
BAND POS IZQ OK	V10.2	POSICION IZQUIERDA TERMIN
BAND PARO SEG IZQ	V10.3	BAND DE EMER STOP DE SEG
		LADO IZQ.
BAND PARO SEG DER	V10.4	BAND DE EMER STOP DE SEG
		LADO DER
BAND REG DER	V10.5	BAND REGRESO PARO DER
BAND REG IZQ	V10.6	BAND REGRESO PARO IZQ
BAND FRENO SEG	V10.7	BAND DE FRENO DE SEGURIDAD

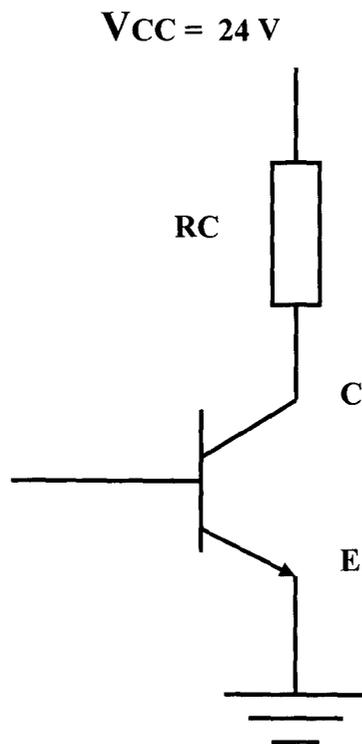
2.14 LOGICA DE FUNCIONAMIENTO

La lógica que se va a utilizar en el PLC será lo que se llama “Lógica positiva o PNP y la Lógica negativa o NPN” con lo cual nos referimos a lo siguiente:

Como ya sabemos el PLC es un dispositivo electrónico el cual va a trabajar con una lógica electrónica. Aparte del procesador y de sus sistemas internos de comunicación del PLC, se tiene lo que son las tarjetas de entradas/ salidas que no son más que unos amplificadores acopladores de señal “buffers”, los cuales se encargaran de reducir los voltajes de 24 VCD y 110 VCA etc., a voltajes que el procesador realmente pueda manejar que en esta caso son 5 VCD.

Estos amplificadores trabajan ya sea a base de transistores, opto acopladores o relevadores, para cerrar circuitos desde 5 VCD hasta 220 VCA.

Para comprender el tipo de lógica a utilizar, se muestra en la siguiente figura el diagrama de un amplificador en configuración base común con un transistor NPN, teniendo como se puede observar que el común es el negativo de la fuente de alimentación. Analizando el circuito, al estar el transistor en saturación, tendríamos que si la salida fuese el colector esta estaría prácticamente a tierra, es decir, cerrando negativo de la fuente, y si estuviera el transistor en corte la salida seria el voltaje de alimentación por lo tanto tenemos:



2.14 Diagrama de un amplificador Operacional NPN

Cuando se tiene una lógica NPN o negativa, lo que el PLC va a cerrar tanto en entradas como en salidas será el negativo de la fuente de alimentación es decir 0 VCD, teniendo como común a todo el sistema el positivo de la fuente de alimentación (24 VCD).

Cuando se tiene una lógica PNP o positiva, lo que el PLC va a cerrar tanto en entradas como en salidas será el positivo de la fuente de alimentación es decir +24 VCD, teniendo como común a todo el sistema al negativo de la fuente de alimentación (0 VCD).

Resumiendo tenemos, que al tener lógica negativa las salidas y entradas cerrarán el circuito a negativo al activarse, y en la lógica positiva las salidas, cerraran el circuito a positivo al activarse.

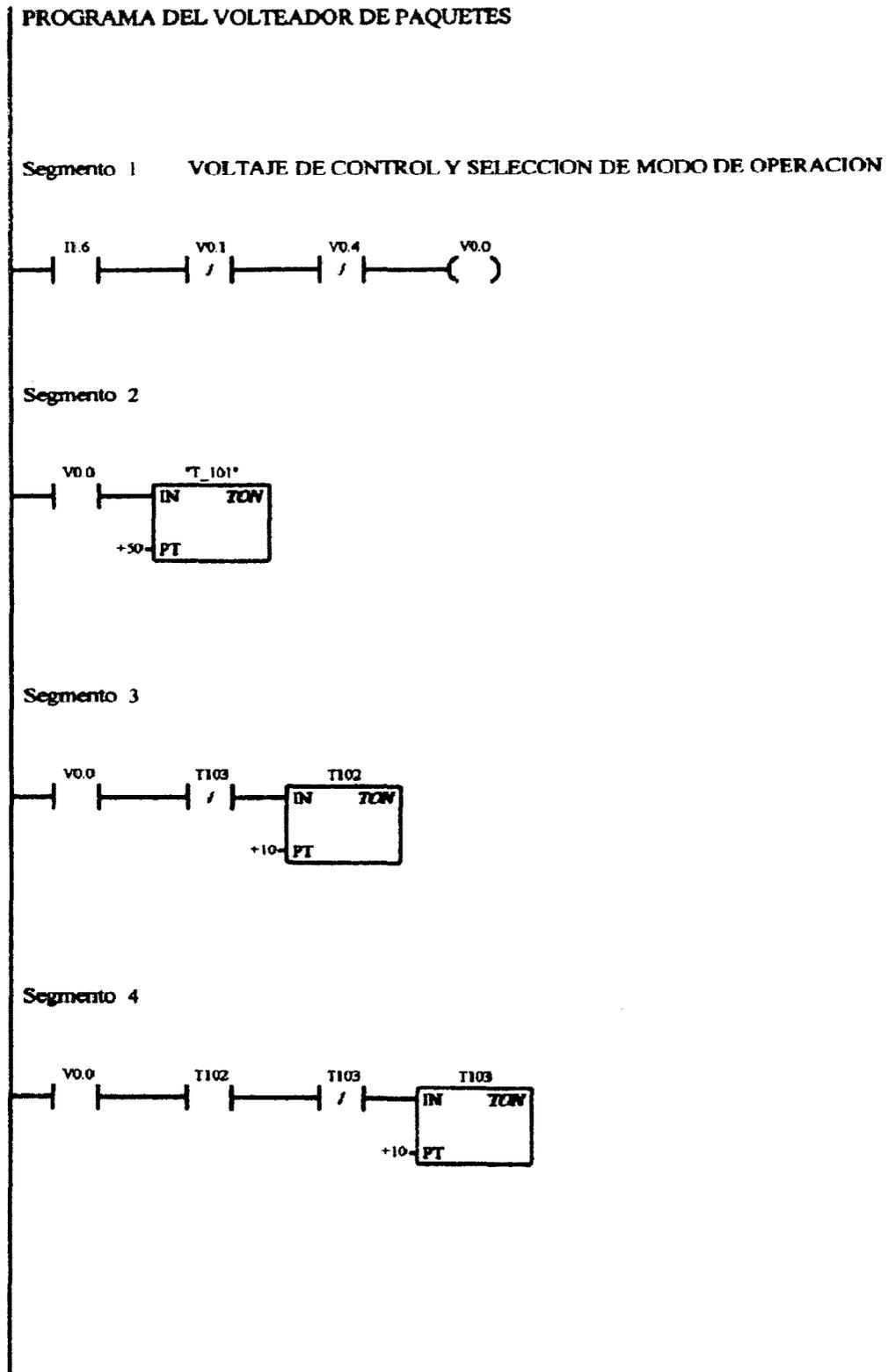
Para nuestro caso utilizaremos la lógica positiva en todo el sistema, cabe mencionar que al haber hecho esta selección, todos los sensores deberán ser elegidos para trabajar bajo la misma lógica, ya que de no ser así se tendrán problemas al momento de conectar y el sistema no funcionará. Esto es solo para dispositivos de activación a transistor, para los que son solamente contactos secos, se deberá tener cuidado solo en su conexión.

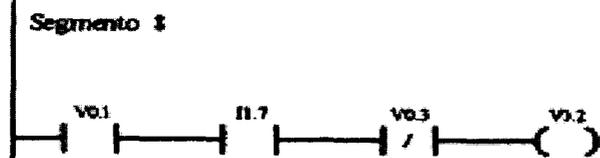
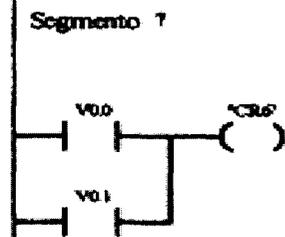
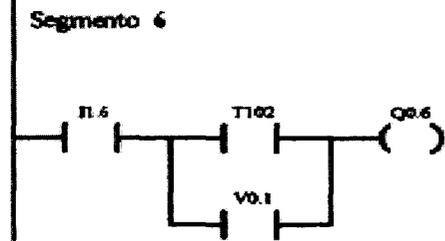
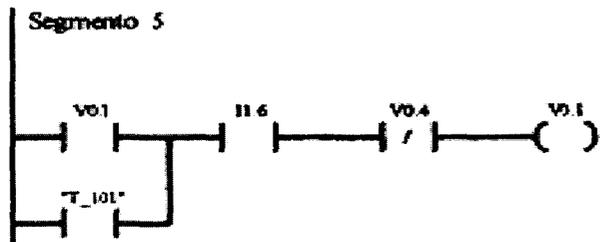
Por lo tanto, las fotoceldas y sensores que se han seleccionado deben de ser adquiridos para lógica positiva.

Ahora ya definidos el número de entradas y salidas y el tipo de lógica a utilizar se pueden seleccionar los componentes del PLC y corroborarlos con los de la propuesta inicial. Es en este momento donde se puede empezar a pedir cotizaciones formales antes, ya que para cuestiones de presupuesto y selección se deben tener. Teniendo la información real este presupuesto se puede ver afectado o beneficiado y así empezar con la compra del equipo bajo las mejores condiciones.

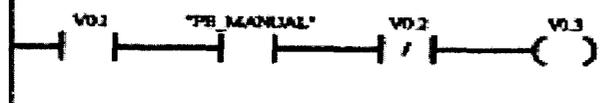
La compra del equipo debe ser bien planeada, ya que en algunos casos los tiempos de entrega son muy largos, y si estamos hablando de equipo de importación, se debe considerar el tiempo de transportación y liberación del equipo en la aduana.

2.14.1 Programa de escalera de nuestro sistema

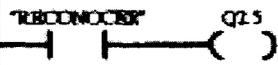




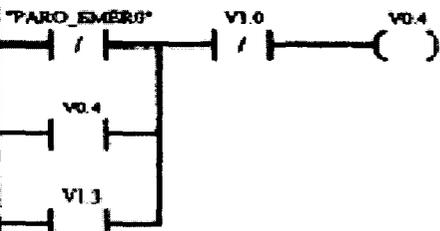
Segmento 9 VOLTAJE DE CONTROL Y SELECCION DE MODO DE OPERACION



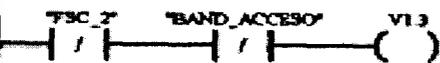
Segmento 10



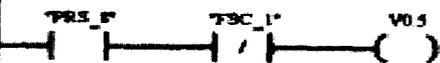
Segmento 11



Segmento 12



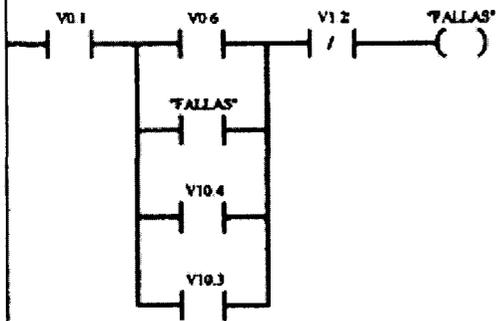
Segmento 13



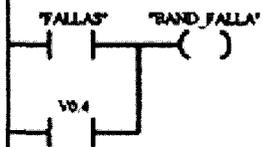
Segmento 14



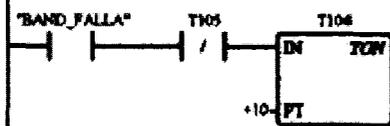
Segmento 15



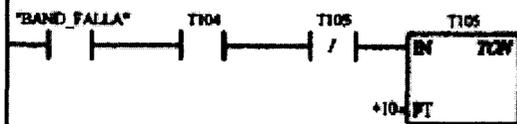
Segmento 16



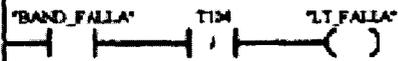
Segmento 17



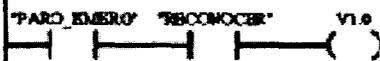
Segmento 18



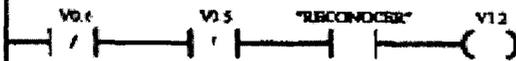
Segmento 19



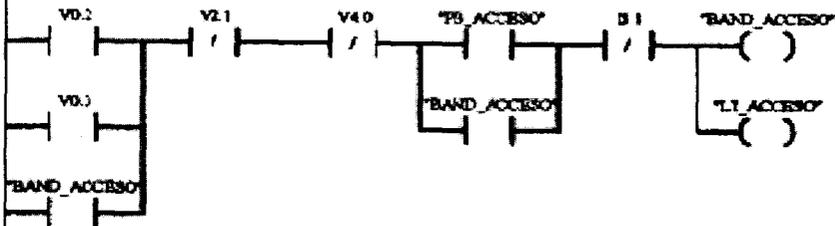
Segmento 20



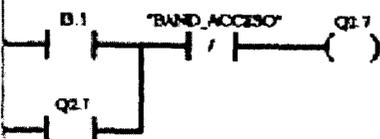
Segmento 21 FALLAS Y FARO DE EMERGENCIA



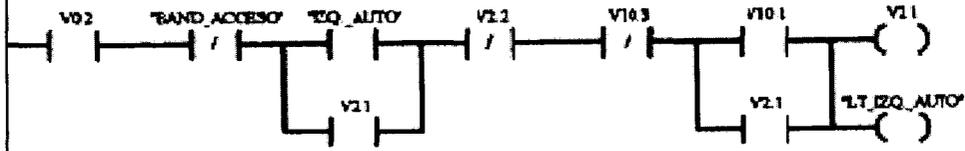
Segmento 22 SECUENCIA DE ACCESO



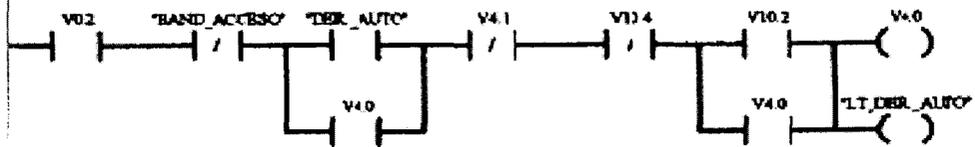
Segmento 23



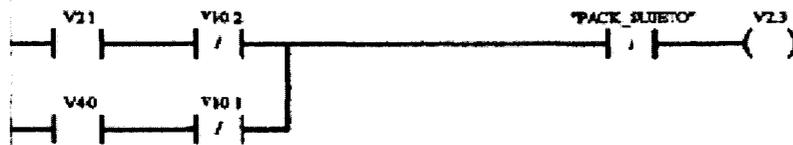
Segmento 24



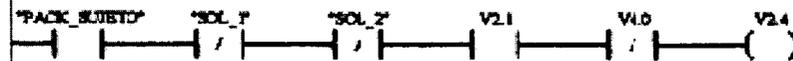
Segmento 25



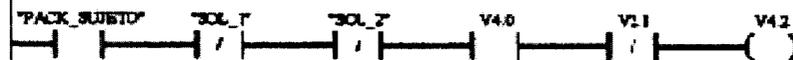
Segmento 26



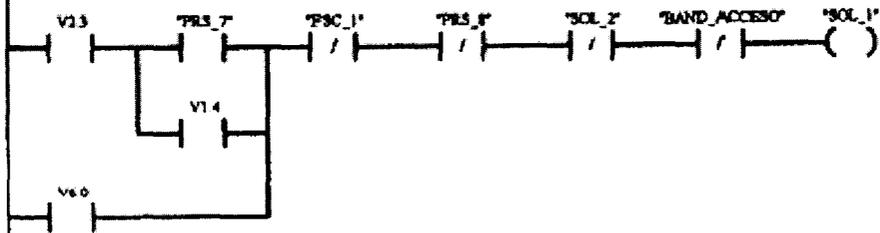
Segmento 27



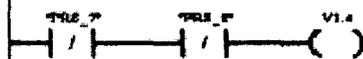
Segmento 28 SECUENCIA EN AUTO



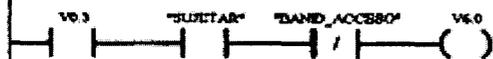
Segmento 29



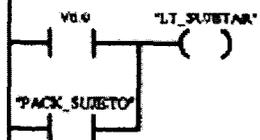
Segmento 30



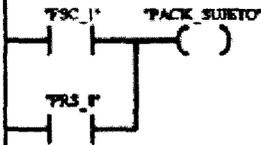
Segmento 31



Segmento 32



Segmento 33 SECUENCIA PARA LA VALVULA DE SUJETAR PAQUETE



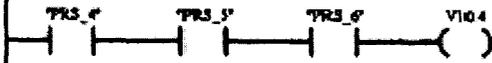
Segmento 34



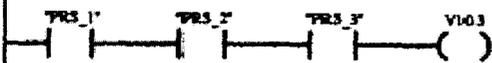
Segmento 35



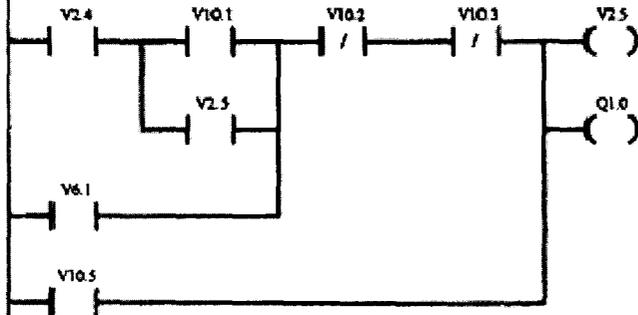
Segmento 36



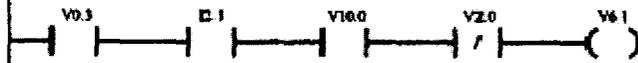
Segmento 37 STATUS DE LA ESTRUCTURA



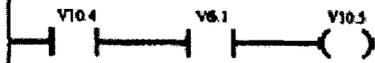
Segmento 38



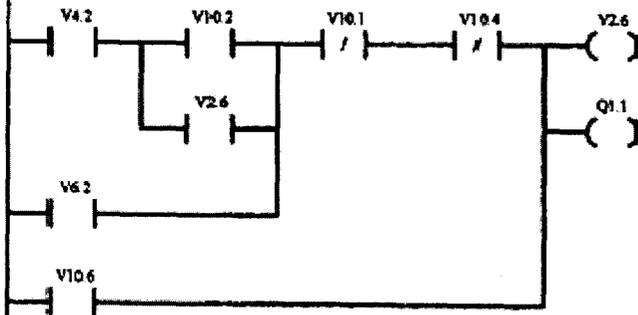
Segmento 39



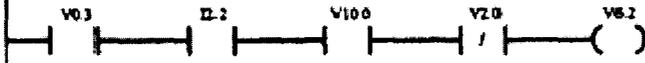
Segmento 40



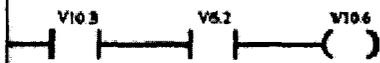
Segmento 41



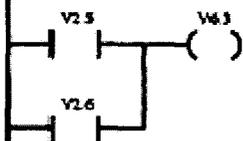
Segmento 42



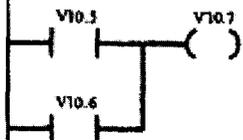
Segmento 43



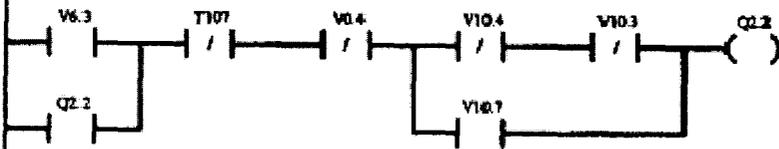
Segmento 44



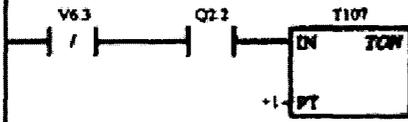
Segmento 45



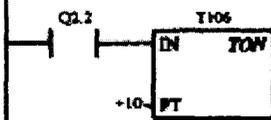
Segmento 46



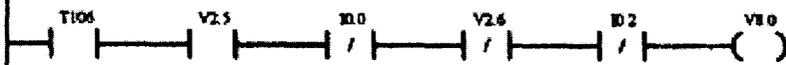
Segmento 47



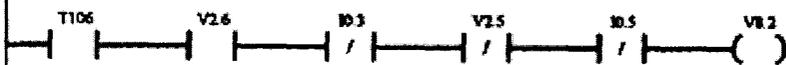
Segmento 48



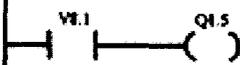
Segmento 49



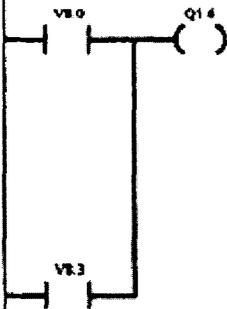
Segmento 50



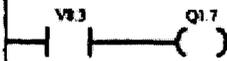
Segmento 51



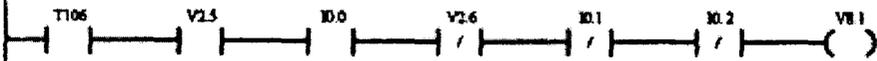
Segmento 52



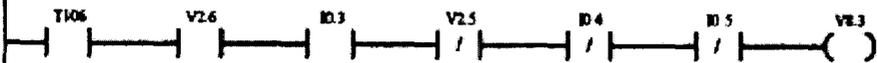
Segmento 53



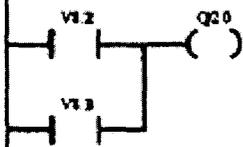
Segmento 54



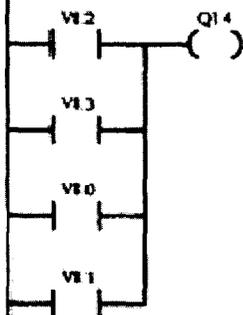
Segmento 55



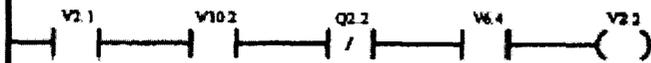
Segmento 56



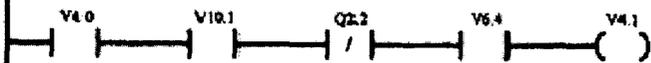
Segmento 57



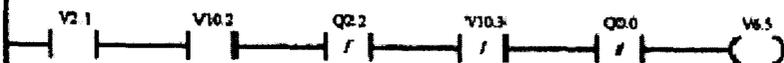
Segmento 58



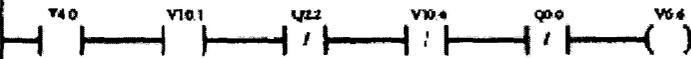
Segmento 59



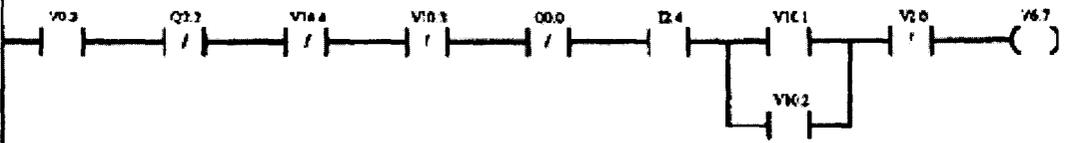
Segmento 60



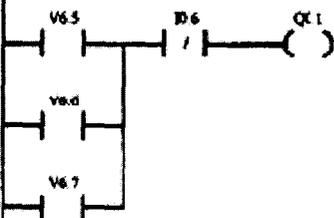
Segmento 61



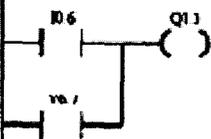
Segmento 62



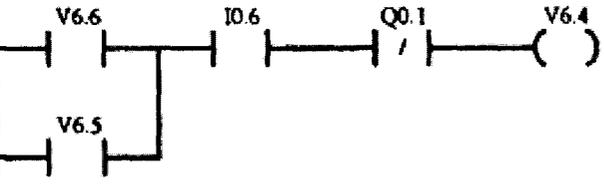
Segmento 63



Segmento 64



Segmento 65



Segmento 66

Segmento 67

(END)

2.14.2 Referencia Cruzada

Elemento			Segmento / Operación			
"PRS_1"	35	— T	37	— T		
	49	— / T		54	— T	
"PRS_2"	35	— T	37	— T		
	54	— / T				
"PRS_3"	35	— / T	37	— T		
	49	— / T		54	— / T	
"PRS_4"	34	— T	36	— T		
	50	— / T		55	— T	
"PRS_5"	34	— T	36	— T		
	55	— / T				
"PRS_6"	34	— / T	36	— T		
	50	— / T		55	— / T	
"PRS_7"	29	— T	30	— / T		
	63	— / T		64	— T	
	65	— T				
"PRS_8"	13	— T	29	— / T		
	30	— / T		33	— T	
"FSC_1"	13	— / T	29	— / T		
	33	— T				
"FSC_2"	12	— / T				
"PARO_EMERG"	11	— / T	20	— T		
"RECONOCER"	10	— T	20	— T		
	21	— T				
"VOLT_CONTROL"			1	— T		
			5	— T		
			6	— T		
"PB_AUTOMATICO"			8	— T		

Elemento		Segmento / Operación			
"PB_MANUAL"	9	┌	┐		
"IZQ._MANUAL"				39	┌ ┐
"DER._MANUAL"				42	┌ ┐
"SUJETAR"	31	┌	┐		
"SOLTAR"	62	┌	┐		
"IZQ._AUTO"	24	┌	┐		
"DER._AUTO"	25	┌	┐		
"DRIVE_OK"	14	┌	/	┐	
"PB_RESTABLECER"				22	┌ / ┐
				23	┌ ┐
"PB_ACCESO"	22	┌	┐		
"SOL_1"	27	┌	/	┐	28 ┌ / ┐
	29	┌	()	60 ┌ / ┐
	61	┌	/	┐	62 ┌ / ┐
"SOL_2"	27	┌	/	┐	28 ┌ / ┐
	29	┌	/	┐	63 ┌)
	65	┌	/	┐	
"LT_VOLT_CRTL."				6	┌)
"LT_FALLA"	19	┌	()	
"LT_IZQ._MAN"				38	┌)
"LT_DER._MAN"				41	┌)
"LT_SUJETAR"	32	┌	()	
"LT_SOLTAR"	64	┌	()	
"CR1"	57	┌	()	

Elemento

Segmento / Operación

"CR2" 51 —()

"CR3" 52 —()

"CR4" 53 —()

"CR5" 56 —()

"CR6" 7 —()

"CR7" 46 — | |
 47 — | |
 58 — | |
 60 — | |
 62 — | |

46 —()
 48 — | |
 59 — | |
 61 — | |

"LT_IZQ._AUTO" 24 —()

"LT_DER._AUTO" 25 —()

"LT_RECONOCER" 10 —()

"LT_ACCESO" 22 —()

"LT_RESTABLECER" 23 —()
 23 — | |

"BANDERA_DE_ACTIVACION" 1 —()
 2 — | |
 3 — | |
 4 — | |
 7 — | |

"BAND_ARRANQUE" 1 — | |
 5 —()
 5 — | |
 6 — | |
 7 — | |
 8 — | |
 9 — | |
 15 — | |

Elemento

Segmento / Operación

"BANDERA_AUTO"

8 └┘)
 9 └┘ |└┘
 22 └┘ └┘
 24 └┘ └┘
 25 └┘ └┘

"BANDERA_MAN"

8 └┘ |└┘
 9 └┘)
 22 └┘ └┘
 31 └┘ └┘
 39 └┘ └┘
 42 └┘ └┘
 62 └┘ └┘

"BAND._PARO_EMERG."

1 └┘ |└┘
 5 └┘ |└┘
 11 └┘)
 11 └┘ └┘
 16 └┘ └┘
 46 └┘ |└┘

"BAND_SIN_VIDRIO"

13 └┘)
 21 └┘ |└┘

"FALLA_EN_DRIVE"

14 └┘)
 15 └┘ └┘
 21 └┘ |└┘

"FALLAS"

15 └┘)
 16 └┘ └┘

15 └┘ └┘

"BAND_REC_PARO"

11 └┘ |└┘
 20 └┘)

"BAND_FALLA"

16 └┘)
 18 └┘ └┘

17 └┘ └┘

19 └┘ └┘

"BAND_REC_FALLA"

15 └┘ |└┘
 21 └┘)

"BAND_PARO_FSC2"

11 └┘ └┘
 12 └┘)

Elemento		Segmento / Operación
"BAND_ASEG_PRS8"	29	— T
	30	— ()
"BAND_ACCESO"	12	— T
	22	— T
	22	— T
	22	— ()
	23	— T
	24	— T
	25	— T
	29	— T
	31	— T
	39	— T
	42	— T
62	— T	
"BAND_ACT_IZ_AUT"	22	— T
	24	— T
	24	— T
	24	— ()
	26	— T
	27	— T
	28	— T
	58	— T
60	— T	
"TERM_IZQ_AUTO"	24	— T
	58	— ()
"SUJ_PACK_AUTO"	26	— ()
	29	— T
"BAND_ROT_IZ_AUT"	27	— ()
	38	— T
"BAND_MOV_IZ_"	38	— T
	38	— ()
	44	— T
	49	— T
	50	— T
	54	— T
	55	— T

Elemento		Segmento / Operación				
"BAND_MOV_DER"	41	┌	┐			
	41	└	┘			
	44	┌	┐			
	49	┌	┐			
	50	┌	┐			
	54	┌	┐			
	55	┌	┐			
"BAND_ACT_DE_AUT"	22	┌	┐			
	25	┌	┐			
	25	┌	┐			
	25	└	┘			
	26	┌	┐			
	27	┌	┐			
	28	┌	┐			
	59	┌	┐			
	61	┌	┐			
"TERM_DER_AUTO"	25	┌	┐			
	59	└	┘			
"BAND_ROT_DE_AUT"	28	└	┘			
	41	┌	┐			
"SUJ_PACK_MAN"	29	┌	┐			
	31	└	┘			
	32	┌	┐			
"BAND_ROT_IZQ_MAN"	38	┌	┐			
	39	└	┘			
	40	┌	┐			
"BAND_ROT_DER_MAN"	41	┌	┐			
	42	└	┘			
	43	┌	┐			
"BAND_FRENO"	44	└	┘	46	┌	┐
	47	┌	┐			
"BAND_LIBRE"	58	┌	┐	59	┌	┐
	65	└	┘			

Elemento**Segmento / Operación****"BAND_SOL_IZ_AUTO"**

60	└┘	┘
63	└┘	└┘
65	└┘	└┘

"BAND_SOL_DE_AUTO"

61	└┘	┘
63	└┘	└┘
65	└┘	└┘

"BAND_SOL_MAN"

62	└┘	┘
63	└┘	└┘
64	└┘	└┘

"BAND_VEL_IZ_ALTA"

49	└┘	┘
52	└┘	└┘
57	└┘	└┘

"BAND_VEL_IZ_BAJA"

51	└┘	└┘
54	└┘	┘
57	└┘	└┘

"BAND_VEL_DE_ALTA"

50	└┘	┘
56	└┘	└┘
57	└┘	└┘

"BAND_VEL_DE_BAJA"

52	└┘	└┘
53	└┘	└┘
55	└┘	┘
56	└┘	└┘
57	└┘	└┘

"PACK_SUJETO"

26	└┘	└┘
27	└┘	└┘
28	└┘	└┘
32	└┘	└┘
33	└┘	┘
39	└┘	└┘
42	└┘	└┘

"BAND_POS_DER_OK"

24	└┘	└┘
26	└┘	└┘
34	└┘	┘
38	└┘	└┘

Elemento			Segmento / Operación		
"T_101"	2	TON	5	— —	
T102	3	TON	4	— —	
	6	— —			
T103	3	— —	4	— —	
	4	TON			
T104	17	TON	18	— —	
	19	— —			
T105	17	— —	18	— —	
	18	TON			
T106	48	TON	49	— —	
	50	— —	54	— —	
	55	— —			
T107	46	— —	47	TON	

2.15 CONTROLADORES DE VELOCIDAD

Los controladores de velocidad han evolucionado bastante hoy en día, anteriormente se tenían equipos bastante robustos y muy caros para realizar el control de velocidad de los motores.

La electrónica del control era a base de amplificadores operacionales, SCR'S y TRIAC'S.

Para motores de corriente alterna se tenía el problema de que el costo de 1 controlador de velocidad era bastante elevado debido a que se realizaba con TRIAC'S y como todos sabemos, la electrónica para disparar y cortar este tipo de dispositivos es bastante compleja, pero a su vez, los motores de corriente alterna son mucho más baratos que los motores de corriente directa, con lo cual se compensaba un poco el gasto del controlador. Este tipo de control tenía muchas desventajas ya que por el complejo de la electrónica, el control de velocidad no era muy preciso y se tenían variaciones en el control de velocidad, por lo cual era utilizado en controles de velocidad en los cuales no se necesitaba mucha precisión.

Para los motores de CD se tiene que la electrónica para realizar el control es mucho más sencilla que la de un controlador de CA, pero la gran desventaja es que los motores de CD tienen un costo más elevado que el de los motores de CA. Las ventajas de utilizar motores de CD es que tienen un control de velocidad muy preciso ya que la electrónica era mucho más sencilla, pero la gran desventaja era el costo tan elevado de los motores de CD.

Los ajustes de los antiguos controladores eran a base de potenciómetros y eran totalmente analógicos.

Actualmente existen una gran cantidad de controladores de velocidad, los cuales pueden ser de lazo abierto o de lazo cerrado, es decir que podemos tener controladores de velocidad con retroalimentación teniendo así un servomecanismo que nos regule físicamente la velocidad a la cual está girando el motor controlado por un PID y como sensor un tacogenerador o en algunos casos sistemas más complejos con lazos de control en cascada un doble lazo de PID teniendo un tacogenerador y un encoder teniendo como resultado un control muy preciso. Para los controles de velocidad de lazo abierto tenemos que son un poco menos sofisticados que uno con retroalimentación, estos solo generan ya sea el voltaje o la frecuencia y se infiere la velocidad del motor.

Lo más interesante de estos controladores es que con la evolución de la tecnología electrónica, se desarrollaron transistores de potencia los cuales vinieron a desplazar a los TRIAC'S con lo que los costos de los antiguos controladores se abatió teniendo que los controladores de velocidad de CA tienen actualmente un alto grado de precisión en el control de velocidad de este tipo de motores, siendo actualmente una mejor opción que los motores de CD.

Así como se evoluciono en el control de potencia, también se le introdujeron los avances de la microelectrónica, colocándose microprocesadores para realizar el monitoreo y control de todo el sistema, resultando que ahora la mayoría de los ajustes son hechos a base de software, mediante el cual se ajustan los set points, las rampas de aceleración y desaceleración en tiempo, los tiempos de respuesta, las alarmas de sobrecarga, falla y velocidad del sistema, etc. Así como monitorear los diferentes parámetros del controlador como son la corriente, el voltaje, el estado del controlador, el torque etc.

Estos ajustes pueden realizarse desde un programador manual o desde un software en una PC. Los diseños más avanzados ya tienen opciones de comunicación con otros sistemas como lo es el protocolo Hart, Fieldbus etc., mediante los cuales se puede comunicar e intercambiar información con los PLC'S controles distribuidos etc., y de esta manera poder monitorear todos los parámetros del controlador desde una interface de operación en un cuarto de control.

Algunos de los diferentes fabricantes de controladores de velocidad son Allen Bradley, Realiance, Yaskawa, Lenze, Siemens, etc.

Los costos varían dependiendo de la capacidad del controlador, pero oscilan de los \$2500.00 USD para un motor de 2.5 KW, hasta 13000 USD para un motor de 11 KW.

A continuación mostramos un diagrama de conexión del motor que estamos utilizando en el sistema.

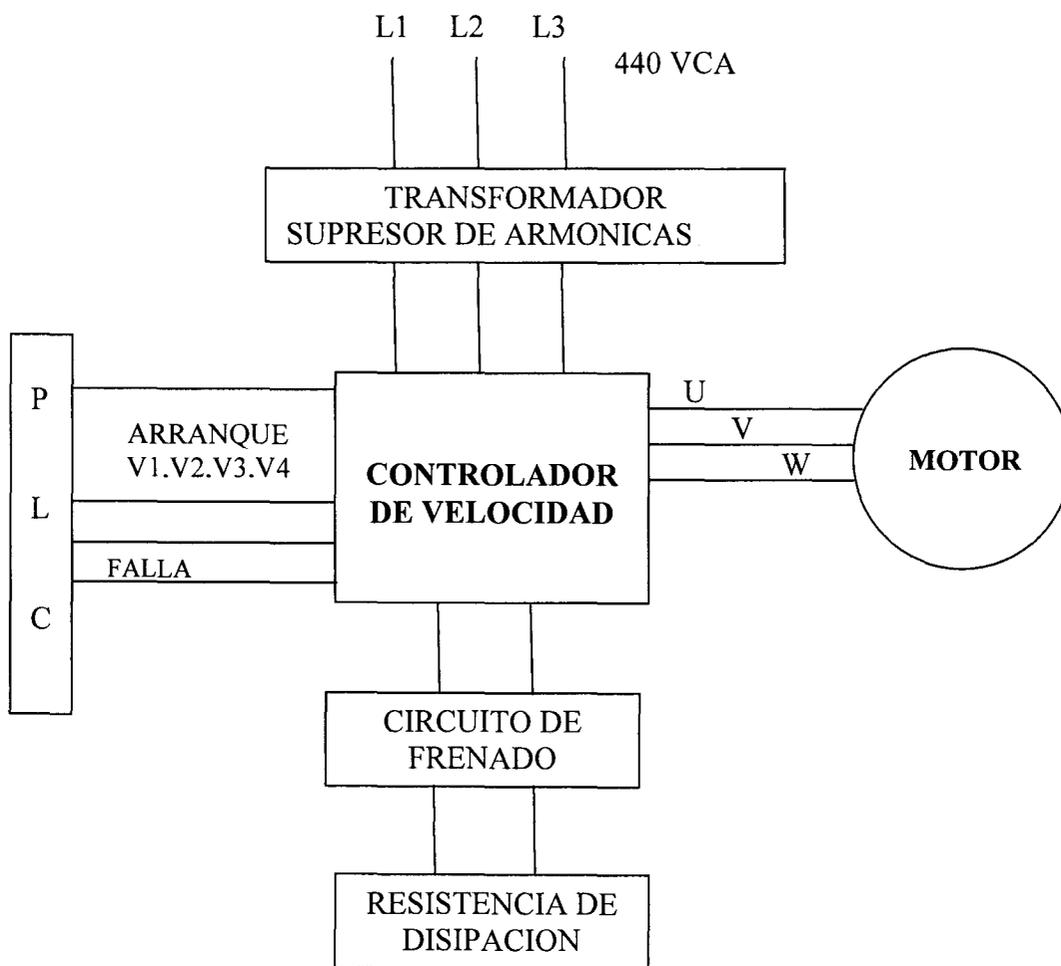


Fig. 2.15 Diagrama de conexión del motor

Como se puede observar en la figura, el controlador de velocidad será activado por el PLC por medio de relevadores, con los cuales se activaran las frecuencias predeterminadas en el arranque y paro del controlador y la dirección del mismo.

2.15.1 Selección del controlador de velocidad

El controlador que se ha seleccionado es un Micromaster de la marca Siemens modelo **6SE3 115-8DC40 PARA 3 HP**.

El criterio de selección utilizado fue tomando en cuenta el factor de sobredimensionamiento, el cual es de 1.5 % más, teniendo que si el reductor es de 2HP tenemos:

$$P = 2 \times 1.5 = 3 \text{ HP}$$

Esto se debe a las recomendaciones de los mismos fabricantes de controladores de velocidad y a que ningún sistema es lineal, es decir el comportamiento mecánico del motor puede en cierto momento exigir más esfuerzo por lo cual si el controlador es de 2HP, se tendría sobrecalentamiento y hasta en cierto momento problemas de operación del controlador y finalmente de la máquina.

Otra información importante es que la maquina es de ciclo intermitente, es decir el motor va a estar teniendo arranques y paros constantemente, lo que ocasiona picos de corriente que el controlador tendrá que absorber, por lo tanto se recomienda hacer este sobredimensionamiento en el controlador de velocidad y evitar así los problemas anteriormente expuestos.

Cabe mencionar que el circuito de frenado no va a absorber estos picos de corriente, este solamente absorberá la energía generada por el motor en el ciclo de regeneración del mismo del cual hablaremos más adelante.

2.15.2 Selección del Motor

Ahora tenemos que para la selección del tipo de motor se tomo en cuenta también el factor de ciclos de trabajo del motor, es decir, que tantas veces va a arrancar y parar el sistema. Como el ciclo es de arranque y paro continuo, es necesario contar con un motor de alta eficiencia, o sea un motor preparado en su construcción para estar soportando picos de corriente continuos sin ningún problema, lo que da como resultado contar con un motor de un devanado robusto, teniendo así una operación más adecuada a la aplicación de nuestro sistema, y a su vez al utilizar el controlador de velocidad también provocamos que sea más eficiente el control del motor.

2.15.3 Circuito de frenado

El circuito de frenado funcionara como a continuación se describe:

Cuando el sistema está en movimiento, este va a tener una inercia en el sentido del movimiento del motor, debido a esta inercia, el sistema al tratar de parar va a tener una cierta energía a vencer, por lo cual al seguir la ley de la transformación de la energía, la cual debe ser absorbida por algún equipo que en este caso se refleja directamente en el motor, el cual cambia su configuración y pasa de un estado de motor a generador ya que se encuentra en estado pasivo, por lo tanto se genera una corriente eléctrica en el bus de alimentación al motor que es regresada al controlador de velocidad y a su vez lo

tiene que absorber, sino es tuviese un circuito de frenado toda la energía sería absorbida por los transistores de potencia del controlador lo cual provocaría un calentamiento excesivo de los mismos y por lo tanto una degradación más temprana lo cual reduciría gradualmente la vida útil del controlador, y a su vez el motor tardaría más tiempo en parar, esta es la razón de colocar un circuito de frenado siendo su función absorber esta energía y transformarla en calor a través de una resistencia de disipación, lo cual provoca que al absorber la energía el motor se detenga más rápidamente ya que la energía es consumida

A continuación se muestra un diagrama a bloques del sistema:

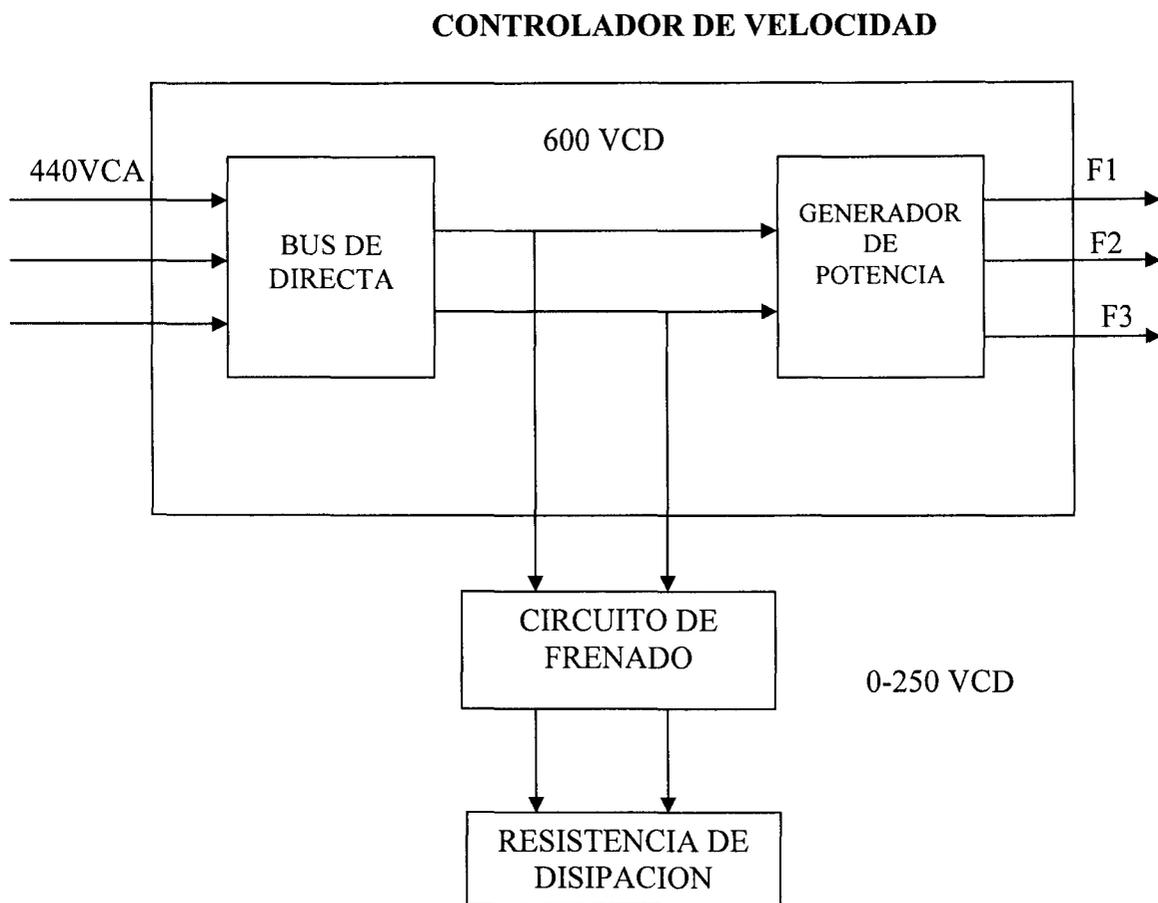


Fig. 2.15.3 Circuito de frenado del controlador de velocidad

2.15.4 Funcionamiento del circuito de frenado

Cuando llega la corriente de regeneración del motor, esta pasa hasta el bus de corriente directa, provocando que el voltaje de 600 VCD se eleve, y como el circuito de frenado está conectado a este bus al detectar esta elevación de voltaje, este se cortocircuita dejando pasar únicamente la diferencia entre el voltaje de elevación y 600 volts, es decir, va a conducir a la resistencia el voltajes entre 0 – 250 VCD únicamente, disipando este exceso de energía en calor y deteniendo el motor como consecuencia del consumo de la energía.

2.15.5 Diagrama de conexión del controlador de velocidad

Para la activación de las frecuencias predeterminadas así como del arranque y paro del controlador, se utilizaran las conexiones como se muestra en la siguiente tabla de conexiones.

Tablilla de conexiones del motor y alimentación.

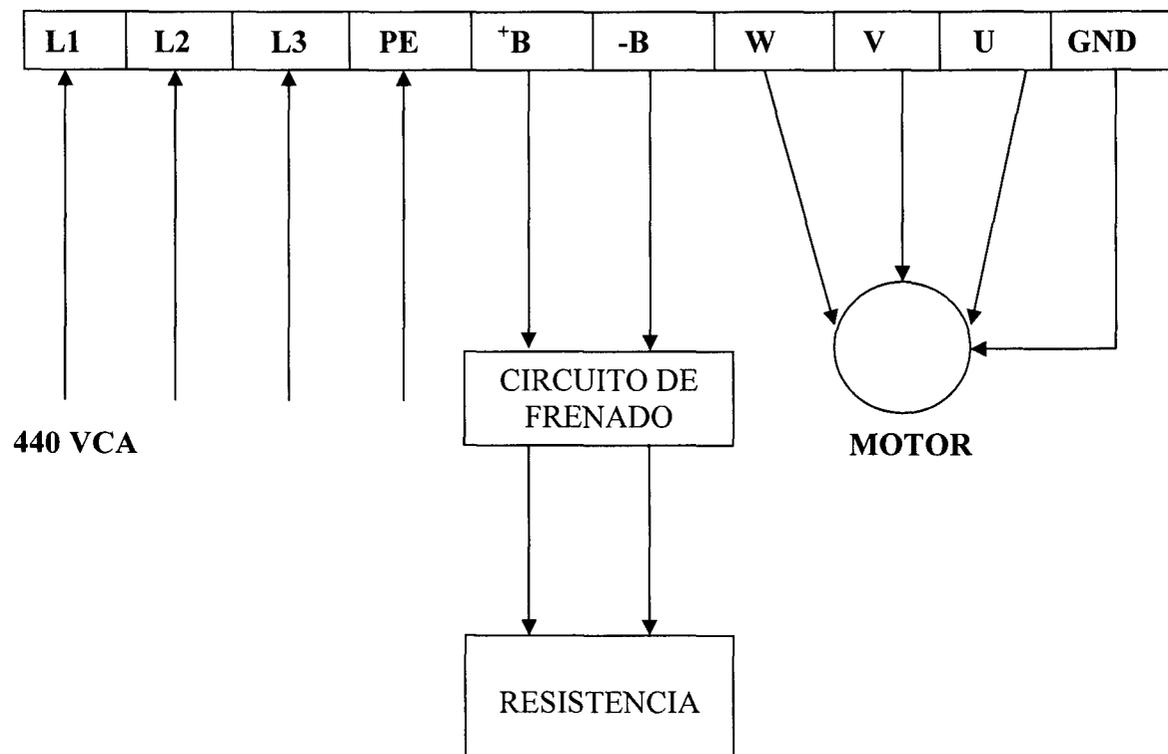


Fig. 2.15.5 Representación gráfica de la conexión del motor

Tabla de conexiones de mando del controlador

0	AIN	AIN	PT	PT	P10												
---	-----	-----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

P10																	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Conexiones del tablero

Como se puede observar varias conexiones a la tablilla no están conectadas (NC) ya que no se están ocupando para la aplicación.

En el Anexo “D” se amplía la explicación de cada una de las funciones de los bornes de conexión de las tabillas del controlador las cuales se sacaron del manual del fabricante del controlador que en este caso es Siemens

Las conexiones que se ocupan son los bornes DIN del 1 al cinco de los cuales están conectados a 5 relevadores CR del 1 al 5 los cuales tendrán las siguientes funciones:

BORNE DE CONTROL DE VELOCIDAD	RELEVADOR DE CONTROL	FUNCIÓN
DIN 1	CR 1	Arrancar y parar controlador
DIN 2	CR 2	Asignar frecuencias predeterminadas
DIN 3	CR 3	Asignar frecuencias predeterminadas
DIN 4	CR 4	Asignar frecuencias predeterminadas
DIN 5	CR 5	Asignar frecuencias predeterminadas

Para las asignaciones de las frecuencias tenemos los siguientes estados en los relevadores y consecuentemente los estados DIN del controlador, esta tabla fue sacada del manual del fabricante.

CR 2 / DIN 2	CR 3 / DIN 3	CR 4 / DIN 4	CR 5 / DIN 5	FRECUENCIA
0	1	0	0	F1
1	0	0	0	F2
0	0	0	1	F3
0	1	1	1	F4

Como anteriormente se describió, solamente se utilizan 4 frecuencias predeterminadas, las cuales realizan su función cuando los estados de los relevadores cumplen con esta tabla.

F1 es la frecuencia alta hacia el lado izquierdo, siendo el valor prefijado de 30 Hz

F2 es la frecuencia baja hacia el lado izquierdo siendo el valor prefijado de 5 Hz

F3 es la frecuencia alta hacia el lado derecho, siendo el valor prefijado de 30 Hz

F4 es la frecuencia baja hacia el lado derecho siendo el valor prefijado de 5 Hz

Todos estos valores se prefijan en los parámetros 42, 42, 43, y 44 del controlador de velocidad.

Los bornes 16 y 17 son contactos a relevador que utilizamos para obtener el estado del controlador, es decir, no da una señal de alarma cuando el controlador falla y nosotros la tomamos en el PLC para alarmar el sistema y parar la máquina.

2.16 AJUSTES DEL CONTROLADOR

El controlador se ajustó con los siguientes parámetros

PARAMETRO	FUNCION	AJUSTE
2	Tiempo de aceleración	10 segundos
3	Tiempo de desaceleración	5 segundos
4	Redondeo de rampa	0 (lineal)
6	Tipo de mandato de frecuencia	2 (prefijadas)
41	F1	30 HZ
42	F2	5 Hz
43	F3	30 Hz
44	F4	5 Hz
45	Rotación de las frecuencias prefijadas	5 (F1 y F2 izquierdas) (F4 y F4 derechas)
51	Función DIN 1	1 Arranque y paro
52	Función DIN 2	6 Frecuencias prefijadas
53	Función DIN 3	6 Frecuencias prefijadas
54	Función DIN 4	6 Frecuencias prefijadas
55	Función DIN 5	6 Frecuencias prefijadas
61	Función RL 1	6 Falla
81	Frecuencia nominal del motor	60 HZ
82	Velocidad nominal	1800 rpm
83	Corriente nominal	3.5 Amperes
84	Tensión nominal	440 Volts
85	Potencia Nominal del Motor	1.5 KW

Fig. 2.16 Tabla de parámetros a programar en el controlador de Velocidad

Cabe mencionar que estos parámetros se deben ir ajustando conforme al comportamiento de la máquina, y al ajustarlos quedaran en estos valores.

2.17 INTERFASE DE OPERACIÓN

La interface de operación es el equipo mediante el cual haremos el monitoreo y manipulación de los transportadores, esto es, arrancaremos ya sea en el modo manual o automático cada uno de los diferentes equipos, se va a monitorear el estatus de la máquina, es decir, si están arrancados o parados ya seas en modo manual o automático, se monitorearan las diferentes alarmas del sistema etc. por lo tanto mediante la interface se manipularan y controlaran todas las funciones de la máquina.

El sistema trabajara a través de una red de comunicación Ethernet, llamada H1 por Siemens y el software a utilizar será Wonderware. La propuesta se hace con Wonderware por su gran oportunidad de expansión y su facilidad de manejo, aunque existen muchos software como Fix Dmacs, el cual es un software para interface de operación parecido a Wonderware o el mismo coros de Siemens, el cual es un poco más limitado que Wonderware, pero actualmente ya salió al mercado la interface de Siemens que compite contra sistemas llamadas Win CC.

Ahora hablaremos de las características del software, así como de la arquitectura del sistema:

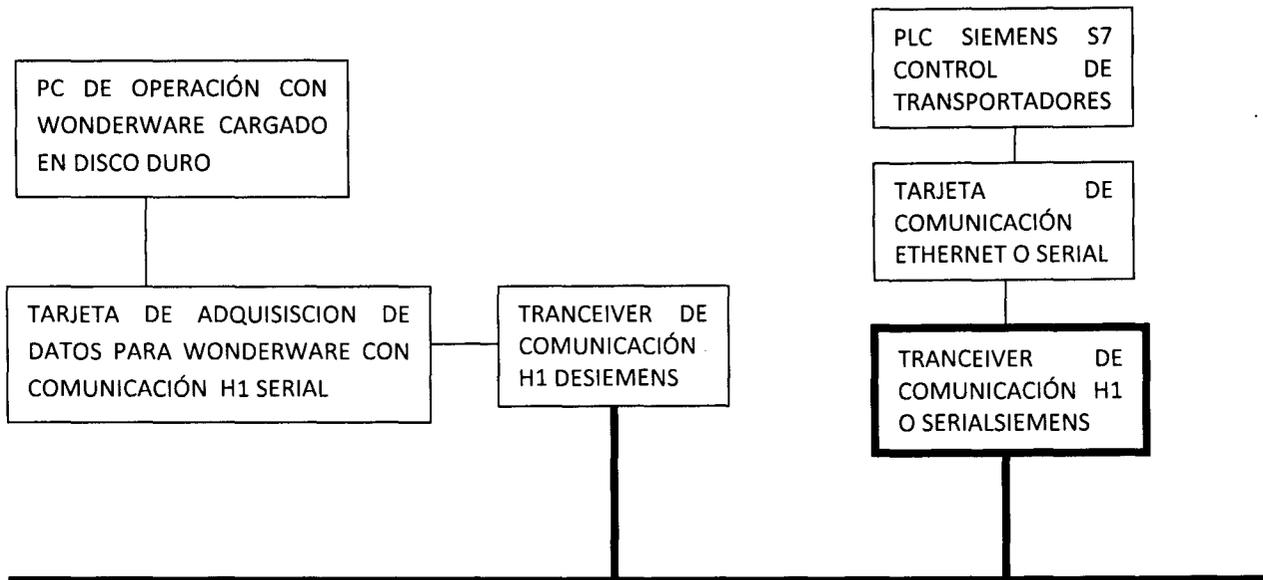


Fig. 2.17 Diagrama de la red Ethernet

Como lo ilustra el diagrama anterior la arquitectura del sistema es muy sencilla y debido a que cuenta con una red de comunicación los datos se transmiten a la computadora a través de un solo cable.

Ahora se hará una descripción de cada uno de los componentes de la red.

2.18 PC DE OPERACIÓN

En el diagrama anterior representamos una computadora personal la cual será la encargada de realizar la interface entre el hombre y el sistema, esta computadora está compuesta por un CPU, teclado y mouse.

El sistema operativo está corriendo en Windows 95, al cual se le adicione el software Wonderware para Windows 95, el cual está almacenado en el disco duro. Para que el Wonderware corra a tiempo real monitoreando datos se le deberá adicionar una llave de hardware, mediante la cual el Wonderware es activado para correr en la computadora. Esta llave viene con el sistema de Wonderware cuando es adquirido, dependiendo del número de licencias que se compren, es el número de llaves que se utilizan en diferentes PC'S, en nuestro caso solo se utiliza el Wonderware en una solo PC

Las características del CPU son las de una PC normal con un procesador Pentium a 133 Mhz con una velocidad de 16 Mb en RAM, un disco duro de 1.2 Gb, monitor SVGA.

2.18.1 Tarjeta de adquisición de datos

Esta tarjeta es un desarrollo de Wonderware para realizar la adquisición de datos a través de un protocolo Ethernet o serial para Siemens, por lo tanto esta tarjeta es compatible con la red H1 o L1 de Siemens, y maneja el direccionamiento de banderas idéntico al de Siemens teniendo así un fácil manejo de datos entre Wonderware y Siemens

Esta tarjeta está instalada en una ranura de expansión del CPU de la PC y se configura desde el Wonderware.

2.19 TRANCEIVER

Este dispositivo es el encargado de interconectar la red entre sí, por lo tanto en cada tarjeta de comunicación Ethernet se encontrará un dispositivo de estos, en este dispositivo se puede observar el status de las comunicaciones, tiene 4 focos que nos indican el estado de la misma, estos son:

TX el cual indica que está transmitiendo datos

RX el cual indica que está recibiendo

COLLISION este nos indica cuando hay un choque de información

FALLA Nos indica cuando hay pérdida de comunicación

Generalmente los leds de RX, TX y Colisión están parpadeando, lo cual nos indica que existe comunicación.

2.20 TARJETA DE COMUNICACIÓN CP 1430

Esta tarjeta de comunicación es la encargada de realizar la comunicación H1 entre el CPU del PLC y los demás participantes de la red, es decir toma datos de la memoria del PLC y los manda hacia la red, y a su vez recibe datos de los demás participantes de la red y los escribe en la memoria del PLC.

Esto lo realiza a través de un vínculo que se forma entre la memoria del PLC y la tarjeta de comunicación, el PLC reserva un espacio de memoria para realizar esta función llamada Dual Port RAM, la cual es configurable desde el PLC, generalmente se configura a su máxima capacidad, pero esto depende de la memoria que se esté ocupando en el programa del PLC.

2.21 TIPO DE CABLE DE RED

Finalmente tenemos el cable de red, el cual es un coaxial de calibre 10 particularmente rígido el cual contiene en su interior, y que se encuentra cubierto por una capa de malla que sirve como aislante, además cuenta con un cable exterior para realizar la conexión coaxial y un tercer cable para realizar conexión de tierra y eliminar así cualquier ruido en nuestro sistema.

Las conexiones de la red se debe realizar exhaustivamente cerciorándose de que no haya falsos contactos por lo cual debe hacerse una conexión a tierra de todo el sistema de control, de lo contrario se tendrán serios problemas al iniciar este etapa del proceso.



2.22 CARACTERISTICAS DEL SOFTWARE

El software de Wonderware, se maneja y configura muy fácilmente ya que se tienen librerías de máquinas que se pueden insertar en los gráficos a realizar, así como todas las utilidades de Windows para realizar su manejo como las funciones de copiar y pegar, logrando así flexibilidad y facilidad en su manejo programando prácticamente los gráficos con el mouse.

Al igual que todos los diferentes software para interfaces de operación se le pueden programar cambios de color a los equipos cuando arrancan o paran, cuando están en modo manual, programar botones de arranque y paro desde la pantalla de la computadora así como programar las teclas de funciones en el software etc., es decir, existen infinidad de cosas que Wonderware puede realizar, solo depende de la imaginación del programador y de su habilidad en el manejo del mismo para que se realicen las cosas ilimitadas, hasta se pueden realizar gráficos de control en tres dimensiones.

Por lo tanto tenemos que Wonderware es una herramienta de gran utilidad, con varias alternativas de solución para el monitoreo de procesos, pudiendo realizar inclusive funciones de control avanzado desde la PC. Esto es, realizar el control supervisorio utilizando a la interface de operación como un nodo SCADA, que pueda modificar los diferentes set point del proceso desde un programa maestro ya sea en lenguaje C, Pascal etc., y realizar así un control avanzado.

Por la complejidad de nuestro proceso Wonderware solamente está haciendo acciones de monitoreo, arranque y paro en manual y automático de la máquina.

2.23 INSTALACION Y ARRANQUE

2.23.1 Instalación

Para la instalación se deben tomar varios factores:

.

- 1.- Tiempo estimado en el que se desea terminar la instalación
- 2.- Si se desea trabajar con personal de la empresa o entregar un proyecto llave en mano con una compañía externa.
- 3.- Quien suministrara los materiales necesarios para todo el proyecto.
- 4.- Tiempo de entrega de los materiales.

Ahora que se conoce el tiempo en el que se desea instalar se debe decidir el número de personas que se necesitan, teniendo en cuenta que se debe optimizar el recurso humano para evitar retrabajos.

Para nuestro caso hemos tomado la decisión de fijar una meta de término de la instalación eléctrica de un mes, por lo tanto se contratar a 4 personas, las cuales trabajaran en dos equipos y quienes se encargaran de las siguientes tareas.

- I. Instalar el panel de control
- II. Realizar todas las canalizaciones
- III. Hacer la totalidad del cableado a instrumentos
- IV. Montar la consola de operación
- V. Instalar sensores de campo

A su vez se contrató a un tablerista para el armado del panel de control el cual se llevó 2 meses por lo tanto su contrato solo fue temporal.

Se realizó un contrato a precio alzado, es decir que se firmó el contrato por obra terminada, una de las características de este tipo de contratos es que no se toma en cuenta el tiempo que la gente está trabajando sino la cantidad de trabajo que realiza, al contrario de los contratos por administración en donde se cobra por el tiempo que el personal se encuentre en servicio aunque algunas veces no se realice ninguna actividad.

Otra gran diferencia es al tener un contrato por obra terminada, el contratista se obliga a tener supervisión, mientras que por administración, la supervisión suele ser opcional y se cobra.

Por último, en un contrato de obra terminada, se puede solicitar la gente necesaria para el cumplimiento de la instalación, mientras que por administración, se tendría que pagar más si se requiere de más personal lo cual nos genera un costo más elevado por instalación y supervisión.

Cabe mencionar que los precios por mando de obra terminada son un poco más elevados que por administración pero haciendo un estudio resulto más económica la opción por obra terminada y en tiempo también resulto ser más eficiente.

2.23.2 Costo aproximado del Sistema

El costo aproximado del proyecto fue de \$100,000.00 pesos solamente para la instrumentación, tomando en cuenta todos los ahorros por material que ya se tenía en la planta.

En el Apéndice C se muestra un alcance del dinero presupuestado antes de los gastos y se podrá ver la diferencia debido a la mano de obra principalmente.

CAPITULO 3 CONTROLES AUTOMATICOS

3.1 CONTROL AUTOMATICO

El control automático de procesos es parte del progreso industrial desarrollado durante lo que ahora se conoce como la segunda revolución industrial. El uso intensivo de la ciencia de control automático es producto de una evolución que es consecuencia del uso difundido de las técnicas de medición y control. Su estudio intensivo ha contribuido al reconocimiento universal de sus ventajas.

El control automático de procesos se usa fundamentalmente porque reduce el costo de los procesos industriales, lo que compensa con creces la inversión en equipo de control. Además hay muchas ganancias intangibles, como por ejemplo la eliminación de mano de obra pasiva, la cual provoca una demanda equivalente de trabajo especializado. Además con el control automático se eliminan errores en la operación de los sistemas.

El principio del control automático o sea el empleo de una retroalimentación o medición para accionar un mecanismo de control, es muy simple. El mismo principio de control automático se usa en diversos campos, como el control de procesos químicos y del petróleo, control de hornos en la fabricación de acero, control de máquinas y herramientas y en el control y trayectoria de un proyectil.

El uso de las computadoras análogas y digitales ha posibilitado la aplicación de ideas de control automático a sistemas físicos que hace apenas pocos años eran imposibles de analizar o controlar.

Es necesaria la comprensión del principio del control automático en la ingeniería moderna, por ser de uso común, siendo por lo tanto, una parte de primordial importancia dentro del ámbito de la ingeniería. Asimismo son tema de estudio los aparatos para control automático, los cuales emplean el principio de retroalimentación para mejorar su funcionamiento.

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En el control automático se exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

El elemento más importante de cualquier sistema de control automático es el lazo de control realimentado básico. El de la realimentación no es nuevo, el primer lazo de realimentación fue utilizado en 1774 por James Watt para el control de la velocidad de cualquier máquina de vapor. A pesar de conocerse el concepto de funcionamiento, los lazos se desarrollaron lentamente hasta que los primeros sistemas de transmisión neumática comenzaron a volverse comunes en los años 40's.

En la actualidad los lazos son un elemento esencial para la manufactura económica y próspera de virtualmente cualquier producto, desde el acero hasta los productos alimenticios. A pesar de todo, este lazo de control que es tan importante para la industria está basado en algunos principios fácilmente entendibles. A continuación hablaremos de lo que se trata un lazo de control, sus elementos básicos, y los principios básicos de su aplicación.

3.2 FUNCIONAMIENTO DEL CONTROL AUTOMÁTICO

La idea básica de un lazo retroalimentado de control es más fácilmente entendida imaginando qué es lo que un operador tendría que hacer si el control automático no existiera.

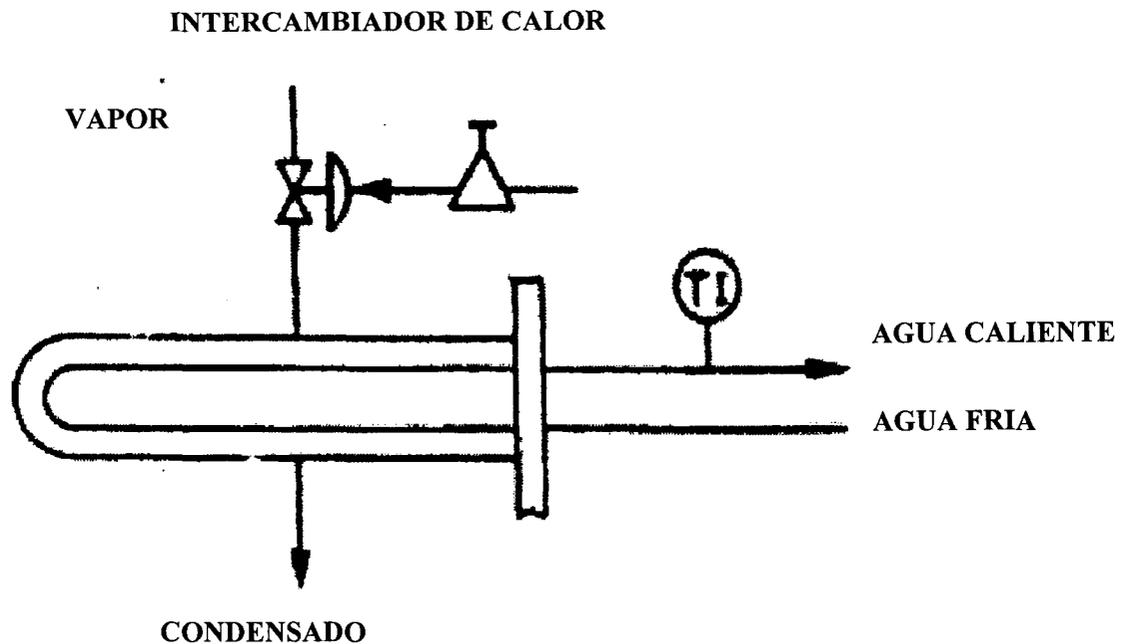


Fig. 3.2 Ejemplo de un control Automático

La figura muestra una aplicación común del control automático que es muy común encontrar en plantas industriales, un intercambiador de calor que usa calor para calentar agua fría. En operación manual la cantidad de calor que ingresa al intercambiador de calor depende de la presión de aire hacia la válvula que regula el paso de vapor. Para controlar la temperatura manualmente, el operador observaría la temperatura indicada, y al compararla con el valor de temperatura deseado, abriría o cerraría la válvula para admitir más o menos vapor.

Cuando la temperatura ha alcanzado el valor deseado, el operador simplemente mantendría esa regulación en la válvula para mantener la temperatura constante. Bajo el control automático, el controlador de temperatura lleva a cabo la misma función. La señal de medición hacia el controlador desde el transmisor de temperatura (o sea el sensor que mide la temperatura) es continuamente comparada con el valor de la consigna (set point) ingresado al controlador.

Basándose en una comparación de señales, el controlador automático puede decir si la señal de medición está por arriba o por debajo del valor de consigna y mueve la válvula de acuerdo a esta diferencia hasta que la medición (temperatura) alcance su valor final

3.3 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto y de lazo cerrado. La distinción la determina la acción del control, que es la que activa al sistema para producir la salida.

Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida.

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la acción de control es en cierto modo dependiente de la salida.

Los sistemas de control de lazo abierto tienen dos rasgos sobresalientes:

- a) La habilidad que estos tienen para ejecutar una acción con exactitud está determinada por su calibración. Calibrar significa establecer o restablecer una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada.
- b) Estos sistemas no tienen el problema de la inestabilidad, que representan los de lazo cerrado.

Los sistemas de control de lazo cerrado se llaman comúnmente sistemas de control por realimentación (o retroacción).

3.3.1 El lazo realimentado

EL lazo de control realimentado simple sirve para ilustrar los cuatro elementos principales de cualquier lazo de control

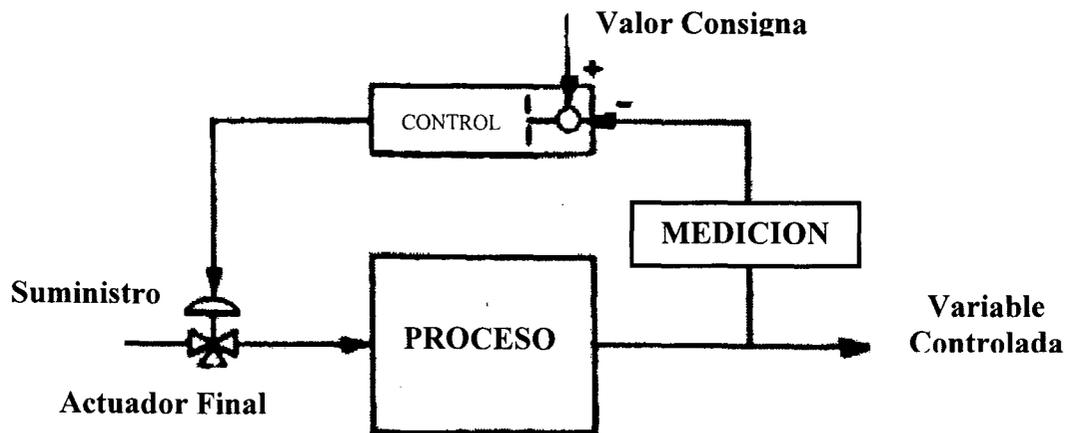


Fig. 3.3.1 Lazo de Control Automático
Control de Realimentación

La medición debe ser hecha para indicar el valor actual de la variable controlada por el lazo. Mediciones corrientes usadas en la industria incluyen caudal, presión, temperatura, mediciones analíticas tales como, conductividad y muchas otras particulares específicas de cada industria.

3.3.2 Realimentación

Es la propiedad de un sistema de lazo cerrado que permite que la salida (o cualquier otra variable controlada del sistema) sea comparada con la entrada al sistema (o con una entrada a cualquier componente interno del mismo con un subsistema) de manera tal que se puede establecer una acción de control apropiada como función de la diferencia entre la entrada y la salida.

Generalmente se dice que existe realimentación en un sistema cuando existe una secuencia cerrada de relaciones de causa y efecto entre las variables del sistema.

3.3.3 Características de la realimentación

Los rasgos más importantes que la presencia de retroalimentación imparte a un sistema son:

- a) Aumento de la exactitud. Por ejemplo, la habilidad para reproducir la entrada fielmente.
- b) Reducción de la sensibilidad de la salida, correspondiente a una determinada entrada, ante variaciones en las características del sistema.
- c) Efectos reducidos de la no linealidad y de la distorsión
- d) Aumento del intervalo de frecuencias (de la entrada) en el cual el sistema responde satisfactoriamente (aumento del ancho de banda).
- e) Tendencia a la oscilación o a la inestabilidad.

El actuador final

Por cada proceso debe haber un actuador final, que regule los suministros de energía o material al proceso y cambie la señal de medición. Más a menudo este es algún tipo de válvula, pero puede ser además una correa i regulador de velocidad de motor, posicionador, etc.

El proceso

Los tipos de procesos encontrados en las plantas industriales son tan variados como los materiales que producen. Estos se extienden desde lo simple y común tales como los lazos que controlan el caudal hasta los grandes y complejos como los que controlan columnas de destilación en la industria petroquímica.

El controlador Automático

El último elemento del lazo es el controlador automático, su trabajo es controlar la medición. “controlar” significa mantener la medición dentro límites aceptables. En este artículo los mecanismos dentro del controlador automático no serán considerados.

Por lo tanto, los principios a ser tratados pueden ser aplicados igualmente tanto para los controladores neumáticos como los electrónicos y a controladores de todos los fabricantes. Todos los controladores automáticos usan las mismas respuestas generales, a pesar de que los mecanismos internos y las definiciones dadas para estas respuestas pueden ser ligeramente diferentes de un fabricante al otro.

Un concepto básico es que para que el control realimentado automático exista, es que en el lazo de realimentación este cerrado. Esto significa que la información debe ser continuamente transmitida dentro del lazo. El controlador debe poder mover a la válvula, y a su vez la válvula debe poder afectar a la medición, y a la señal de medición debe ser reportada al controlador. Si la conexión se rompe en cualquier punto, se dice que el lazo está abierto.

Tan pronto como el lazo se abre, como ejemplo, cuando el controlador automático es colocado en modo manual, la unidad automática del controlador queda imposibilitada de mover la válvula. Así las señales desde el controlador en respuesta a las condiciones cambiantes de la medición no afectan a la válvula y el control automático no existe

3.4 SISTEMAS DE CONTROL

- a) Un sistema es un ordenamiento, o conjunto o colección de cosas conectadas o relacionadas de manera que constituyan un todo.
- b) Un sistema es un ordenamiento de componentes físicos conectados o relacionados de manera que conformen una unidad completa que puede actuar como tal.

La palabra “control” generalmente se usa para designar “regulación”, dirección o “comando”. Al combinar las definiciones anteriores se tiene:

Un sistema de control es un ordenamiento de componentes físicos conectados de tal manera que él mismo pueda comandar, dirigir o regularse así mismo o a otro sistema.

En el sentido más abstracto es posible considerar cada objeto físico como un sistema de control. Cada cosas altera su medio ambiente de alguna manera, activa o positivamente.

El caso de un espejo que dirige un haz de luz que incide sobre él, puede considerarse como un sistema elemental de control, que controla el haz de luz de acuerdo con la relación “el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia”. En la ingeniería y en la ciencia se restringe el significado de sistemas de control al aplicarlo a los sistemas cuya función principal es comandar, dirigir, regular dinámica o activamente.

El sistema ilustrado en la figura siguiente, consiste en un espejo pivotado es uno de sus extremos y que se puede mover hacia arriba o hacia abajo por medio de un tornillo en el otro extremo, se

denomina propiamente un sistema de control. El ángulo de la luz reflejada se regula por medio del tornillo.

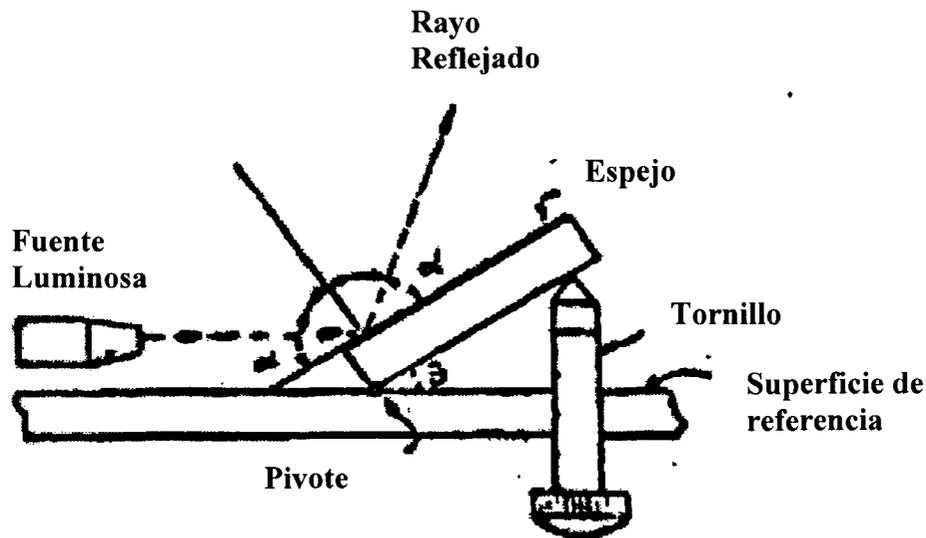


Fig. 3.4 Sistema de Control

Los sistemas de control abundan en el medio ambiente del hombre. Antes de mostrar esto, se definirán los términos entrada y salida que ayudaran a identificar o definir al sistema de control.

La entrada es el estímulo o la excitación que aplica a un sistema de control desde una fuente de energía externa, generalmente con el fin de producir desde el sistema de control, una respuesta especificada.

La salida es la respuesta obtenida del sistema de control. Puede ser no igual a la respuesta especificada que la entrada implica. El objetivo del sistema de control generalmente identifica y define la entrada y la salida.

Dadas éstas es posible determinar o definir la naturaleza de los componentes del sistema.

Los sistemas de control pueden tener más de una entrada o salida.

Existen tres tipos básicos de sistema de control:

1. Sistemas de control hechos por el hombre.
2. Sistemas de control naturales, incluyendo sistemas biológicos.
3. Sistemas de control cuyos componentes están unos hechos por el hombre y otros son naturales.

3.5 VARIABLES Y SEÑALES DE MEDICION

Toda industria que maneja procesos requiere cuantificar las cantidades de productos que entra y salen de un recipiente, tubería o sencillamente de un espacio limitado por bordes virtuales, en plantas de procesos por lo general hay que medir también las propiedades (temperatura, presión, masa, densidad, etc.

La mediciones de las cantidades involucradas permite controlar el proceso agregando otro componente a la mezcla, reduciendo o incrementando la temperatura y/ o la presión, lo que nos permite tomar decisiones acerca del paso siguiente para lograr un objetivo.

La cuantificación de las cantidades se realiza a través de dispositivos que emiten señales dependientes por lo general del cambio en la cantidad involucrada, defendiéndose entonces la señal como un estímulo externo o interno a un sistema que condiciona su comportamiento.

3.5.1 Definición de variable

Las cantidades o características que se miden y las cuales sirven de base de control se denominan variables, frecuentemente reciben el nombre de variables de medición, variables de instrumentación o variables de proceso. Existen variables dependientes e independientes. Las formulas siguientes ilustran la relación entre las variables.

3.5.2 Clasificación de las variables

Las características que miden las variables de medición, se han clasificado según el campo a la cual están dedicados, así entonces se puede establecer lo siguiente:

3.5.2.1 Variables Térmicas

Las variables térmicas se refieren a la condición o carácter de un material que depende de su energía térmica. Para cuantificar la energía térmica de un material se requiere conocer las siguientes condiciones:

Temperatura: Se define como la condición de un cuerpo o material que determina la transferencia de calor hacia o desde otros cuerpos.

Calor Específico: es la propiedad de un cuerpo que define la relación entre el cambio de temperatura y la variación del nivel de energía térmica.

Variables de Energía Térmica: Se evalúan a partir de la entalpía y entropía relacionadas con la energía térmica total y la disponible en un cuerpo.

Valor Calorífico: Representa la característica de un material que determina la cantidad de energía térmica (calor) que se produce o absorbe por un cuerpo sometido a condiciones específicas.

3.5.2.2 Variables de Radiación

Las variables de radiación se refieren a la emisión, propagación y absorción de energía a través del espacio o de algún material en la forma de ondas; y por extensión, la emisión, propagación y absorción corpuscular. Deben de incluir las variables fotométricas como color, brillo, reflectancia, etc. relacionadas con la luz visible y las variables acústicas que incluyen los sonidos perceptibles y las ondas imperceptibles que se propagan a través de cualquier medio, tales como las ondas ultrasónicas.

Radiación Nuclear: Es la radiación asociada con la alteración del núcleo del átomo.

Radiación Electromagnética: el espectro de radiación electromagnética incluye la energía radiante desde la emisión a frecuencias de potencia pasando por las bandas de transmisión de radio; calor radiante, luz infrarroja, visible y ultravioleta y los rayos X y cósmicos. Una forma de radiación electromagnética son los rayos Gama procedentes de fuentes de suministro nucleares.

3.5.2.3 Variables de fuerza

Las variables de fuerza son aquellas cantidades físicas que modifican la posición relativa de un cuerpo, la modificación puede incluir hasta la alteración de las dimensiones en forma permanente (deformaciones plásticas) o en forma transitoria las cuales zona llamadas deformaciones elásticas, las fuerzas pueden tener un carácter estático denominados peso propio o dinámico. Las pueden producir desplazamientos y/o deformaciones lineales, flexionantes, y/o torsionantes.

Las cargas que representan interés son las fuerzas totales, momentos flexionantes, momentos o par de torsión, la presión o vacío lo que se considera una variable dependiente de la fuerza y del área sobre la que actúa.

3.5.2.4 Variables de Velocidad

Estas variables están relacionadas con la velocidad a la que un cuerpo se mueve hacia o en dirección opuesta a un punto de referencia fijo. El tiempo siempre es uno de los componentes de la variable velocidad, el termino velocidad se asocia a un fluido a través del flujo o caudal, en caso de cuerpos se puede apreciar la rapidez con que el cuerpo recorre una medida por unidad de tiempo, la medida puede ser lineal o angular. La variable velocidad puede también cambiar en el tiempo dando origen a otra variable representada por la aceleración.

Las variables de cantidad se refieren a la cantidad total de material que existe dentro de ciertos límites específicos, así por ejemplo: la masa es la cantidad total de materia dentro de límites específicos. En este caso, el peso es la medida de la masa en base a la atracción de la gravedad.

3.5.2.5 Variables de Tiempo

Las variables de tiempo son las medidas del lapso transcurrido, es la duración de un evento en las unidades de tiempo, la cantidad de periodos que se repiten en una unidad de tiempo se define como la frecuencia, la cual por lo general se mide en Hertz.

3.5.2.6 Variables Geométricas

Estas se refieren a la posición o dimensión de un cuerpo. Las variables geométricas están relacionadas con el estándar fundamental de longitud. Se puede apreciar como variable la posición de un cuerpo con respecto de una referencia, se puede dimensionar un cuerpo tomando la distancia relativa entre dos puntos, se puede determinar la superficie de un cuerpo partiendo del área encerrada por al menos tres puntos de distancias entre si conocida. Se puede apreciar la forma, el contorno según la localización relativa de un grupo de puntos representativos de la superficie que se mide. De las variables geométricas debe considerarse al nivel de un líquido o solido representado por la altura o distancia desde la referencia base.

3.5.2.7 Variables de Propiedades Físicas

Las variables de propiedades físicas se refieren a las propiedades físicas de sustancias, sin considerar aquellas que están relacionadas con la masa y la composición química como a continuación se describen.

Densidad y Peso Específico: por definición la densidad es la cantidad de masa de una materia contenida en una medida de volumen unitario, mientras que el peso específico es la relación entre la densidad del material y la densidad del agua a condiciones especificadas.

Humedad: Es la cantidad de vapor de agua en la atmosfera. La humedad absoluta es el peso de agua en la unidad de volumen, en algunas ocasiones se expresa en términos de la presión del vapor de agua. La humedad relativa es la relación entre la presión existente de vapor de agua en cierta atmosfera y la presión del vapor de agua saturado a la misma temperatura. El contenido de humedad es la cantidad de agua libre que se encuentra en una sustancia.

Viscosidad: es la resistencia que ofrece un fluido a su deformación por corte.

Características estructurales: son las propiedades cristalinas, mecánicas o metalúrgicas de las sustancia. Dureza, ductilidad, estructura metalúrgica, etc.

3.5.2.8 Variables de composición química

Son las propiedades químicas de las sustancias referidas a su composición, a su acidez o alcalinidad.

3.5.2.9 Variables Eléctricas

Las variables eléctricas son las necesarias para evaluar energía eléctrica, como son, diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, corriente eléctrica que circula por un conductor denominada impedancia, resistencia que ofrece un elemento al paso de la corriente llamada resistividad, capacidad de un cuerpo en retener energía eléctrica o sea la capacitancia, o inducir campos magnéticos, la inductancia.

3.6 CLASIFICACION DE SEÑALES DE MEDICION

Para la mayoría de las mediciones el cambio en la variable que se mide se transforma en el cambio de alguna otra variable, la cual a su vez opera el dispositivo e inicia la acción de control o puede convertirse en una señal de medición. Así por ejemplo en el caso de una medición de flujo utilizando una placa de orificio o un tubo Venturi el cual desarrolla una presión diferencial la cual puede operar directamente a un indicador, registrador o puede convertirse en una segunda señal de medición ya sea neumática o eléctrica que operará al dispositivo. La señal eléctrica o neumática en los dispositivos modernos se convierte en una señal digital que a su vez puede enviarse a una computadora u otro dispositivo de control.

La señal analógica se remite a un transductor que es un dispositivo que tiene la misión de recibir energía de una naturaleza eléctrica, mecánica acústica, etc., y suministrar otra energía de diferente naturaleza, pero de características dependientes de la que recibió.

El uso de las señales de medición nos permite toda la medición de todas las diferentes variables mediante una combinación de transductores primarios especializados, junto con un número pequeño de sistemas de respuesta asociados con un pequeño número de señales de medición.

3.6.1 Señales de Medición

Señales de Movimiento: Todas las manifestaciones del valor de la variable medida están basadas en alguna forma de movimiento, el cual es una entrada singular a los transductores, controladores, computadoras y otros sistemas de respuesta la medición.

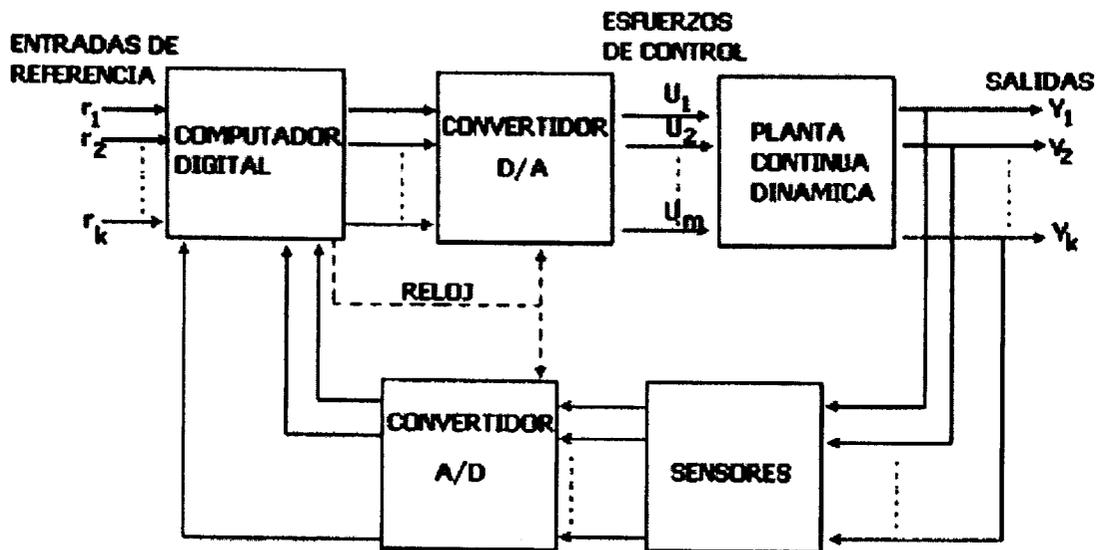


Fig. 3.6.1 Ciclos de Señales de Medición

Movimiento Mecánico: Es el desplazamiento de un indicador, plumilla de registro o de otro elemento sólido es la forma más usual del efecto que se mide. El movimiento mecánico se toma también como un efecto de entrada a otros sistemas de respuesta.

Desplazamiento líquido: Se emplea como manifestación en los termómetros con vástago de vidrio, los manómetros con tubo de vidrio y otros similares. También se emplea como señal de transmisión en los sistemas de termómetros llenos de líquido y de tubo metálico, y en otros sistemas.

Movimiento de una luz o haz de electrones: se emplea como manifestación en los osciloscopios, oscilógrafos, galvanómetros de haz de luz y otros semejantes. También se utiliza como elemento sensible de posición en algunas aplicaciones donde se requiere que la fuerza de reacción del elemento sensible sea despreciable.

3.6.2 Señales de Fuerza

Es un tipo común de señal utilizada en la conversión, transmisión y utilización de las mediciones.

Fuerza Mecánica Total: Se usa con frecuencia como entrada de control, como elemento de conversión en los dispositivos de fuerzas balanceadas y para la transmisión de señales a distancias medidas en unidades de longitud. Se puede derivar y convertir en movimiento, o en presión diferencial o estática.

Presión: La fuerza por unidad de área en los fluidos es una señal de medición que se emplea para la transmisión de la medición. Se utiliza tanto como presión estática como diferencial con valores que varían desde presiones diferenciales de pulgadas de agua, las cuales se desarrollan mediante una placa de orificio, hasta presiones de 1000 libras / pulgada² las cuales se desarrollan en sistemas con termómetro lleno de gas y sellados

3.6.3 Señales Eléctricas

Se dispone de transductores para transformar prácticamente todas las variables a las señales de mediciones eléctricas correspondientes, la cual, en la actualidad, y en la casi totalidad de los instrumentos modernos se convierte en una señal digital que muestra una pantalla adicionada al instrumento o es enviada a una computadora para su evaluación, procesamiento, toma de decisiones.

Señal de Voltaje o corriente: Las señales de voltaje o corriente tienen una relación fija entre la variable medida y la señal de voltaje o de corriente.

Señal de relación de voltaje corriente: Estas señales son aquella en que la relación en la que la relación entre el voltaje y la corriente es la característica significativa de la señal de medición. Cuando el cambio en la variable que se mide produce un cambio de impedancia el circuito de medición, la relación entre el voltaje y la corriente, o entre los voltajes o corrientes de entrada y de salida, define el valor medido.

3.6.4 Señales de medición de tiempo modulado

Para la transmisión de las mediciones, particularmente a grandes distancias se utiliza cierto número de señales de tiempo modulado del tipo “abierto- cerrado”.

Señal de duración de un pulso: Generalmente operan con la duración de un ciclo constante que varía entre uno y 15 segundos, en donde la relación entre el tiempo que el circuito está cerrado y el tiempo en que el circuito se encuentra abierto, durante cada ciclo, representa el valor de la variable. Las señales con duración de un pulso también se utilizan para la integración sin que importe la distancia de transmisión.

Señal de frecuencia: Esta señal representa el cambio del valor de la variable que se mide, se emplea con frecuencia para la transmisión de la medición, particularmente sobre circuitos portadores y circuitos radiotransmisores.

La velocidad rotacional a veces se transforma a frecuencia como señal de medición sin que tenga importancia la distancia de transmisión.

Señal de modulación de pulsos clave: la señal de medición puede ser simplemente la cuenta de número de pulsos dentro de cierto intervalo de tiempo, o puede ser una señal binaria totalmente codificada o decimal binario. Los pulsos clave se utilizan frecuentemente en las computadoras digitales, en los registradores que operan con datos digitales.

3.7 CONTROLANDO EL PROCESO

El objeto de todo proceso industrial será la obtención de un producto final, de unas características determinadas de forma que cumpla con las especificaciones y niveles de calidad exigidos por el mercado, cada día más restrictivos. Esta constancia en las propiedades del producto sólo será posible gracias a un control exhaustivo de las condiciones de operación, ya que tanto la alimentación al proceso como las condiciones del entorno son variables en el tiempo. La misión del sistema de control de proceso será corregir las desviaciones surgidas en las variables de proceso respecto de unos valores determinados, que se consideran óptimos para conseguir las propiedades requeridas en el producto producido.

El sistema de control nos permitirá una operación del proceso más fiable y sencilla, al encargarse de obtener unas condiciones de operación estables, y corregir toda desviación que se pudiera producir en ellas respecto a los valores de ajuste.

Las principales características que se deben buscar en un sistema de control serán:

- 1.- Mantener el sistema estable, independiente de perturbaciones y desajustes.
- 2.- Conseguir las condiciones de operación objetivo de forma rápida y continua.
- 3.- Trabajar correctamente bajo un amplio abanico de condiciones operativas.
- 4.- Manejar las restricciones de equipo y proceso de forma precisa.

La implantación de un adecuado sistema de control de proceso, que se adapte a las necesidades de nuestro sistema, significará una sensible mejora de la operación.

Principalmente los beneficios obtenidos serán:

- Incremento de la productividad
- Mejora de los rendimientos
- Mejora de la calidad
- Ahorro energético
- Control medioambiental
- Seguridad operativa
- Optimización de la operación del proceso/ utilización del equipo
- Fácil acceso a los datos del proceso

El control del proceso consistirá en la recepción de unas entradas, variables del proceso, su procesamiento y comparación con unos valores predeterminados por el usuario, y posterior corrección en caso de que se haya producido alguna desviación respecto al valor preestablecido de algún parámetro de proceso.

El bucle de control típico estará formado por los siguientes elementos, a los que habrá que añadir el propio proceso.

Elementos de medida (Sensores) Generan una señal indicativa de las condiciones de proceso.

Elementos de control lógico (Controladores): Leen la señal de medida, comparan la variable medida con la deseada (punto de consigna) para determinar el error, y estabilizan el sistema realizando el ajuste necesario para reducir o eliminar el error.

Elementos de actuación: Válvulas y otros elementos finales de control): Reciben la señal del controlador y actúan sobre el elemento final de control, de acuerdo a la señal recibida.

Esta serie de operaciones de medida, comparación, cálculo y corrección, constituyen una cadena cerrada constituyen ciclo cerrado. El conjunto de elementos que hacen posible este control reciben el nombre de bucle de control.

Se puede hacer una clasificación de los sistemas de control atendiendo al procedimiento lógico usado por el controlador del sistema para regular la evolución del proceso. Los principales tipos de control utilizados en los procesos industriales serán:

Normales

- Sistemas de realimentación
 - Proporcional
 - Integral
 - Derivativo
- Sistema anticipativo
- Sistema en cascada
- Sistema selectivo

Avanzados

- Control de restricciones
- Control del modelo de referencia
- Optimización de unidades

3.7.1 Control Todo-Nada

Un amplificador operacional puede utilizarse como un controlador todo-nada muy sensible gracias a la alta ganancia del amplificador. Bastara una pequeña diferencia de señales en la entrada para que se obtenga una salida total en voltios ligeramente inferior a la tensión de alimentación.

Como señal de entrada se utiliza la diferencia entre la variable y el punto de consigna y en terminal de salida se conecta un circuito de excitación del rele final de control. La zona muerta del control todo-nada se logra mediante una resistencia conectada en serie con el terminal no inversor del amplificador y con una resistencia conectada entre este último terminal y el de salida del amplificador.

3.7.2 CONTROL PROPORCIONAL DE TIEMPO VARIABLE

El control todo-nada descrito anteriormente puede modificarse ligeramente para obtener un control proporcional de tiempo variable.

Control proporcional

Si el amplificador operacional se usa como amplificador análogo de ganancia finita, su alta ganancia de lugar a que la entrada tenga que ser muy débil, casi nula, del orden de 0,2 mV. Para disminuir esta elevada ganancia es necesario realimentar la señal de salida a la entrada inversora $-V$ mediante una resistencia $-R$, y como nos interesara que la señal de entrada tenga un valor distinto de cero, se añade al circuito otra resistencia $-R$.

3.7.3 Control Integral

La acción integral puede generarse en el amplificador operacional mediante un condensador conectado en serie con la línea de realimentación negativa y con una resistencia conectada en serie con el terminal inversor.

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.

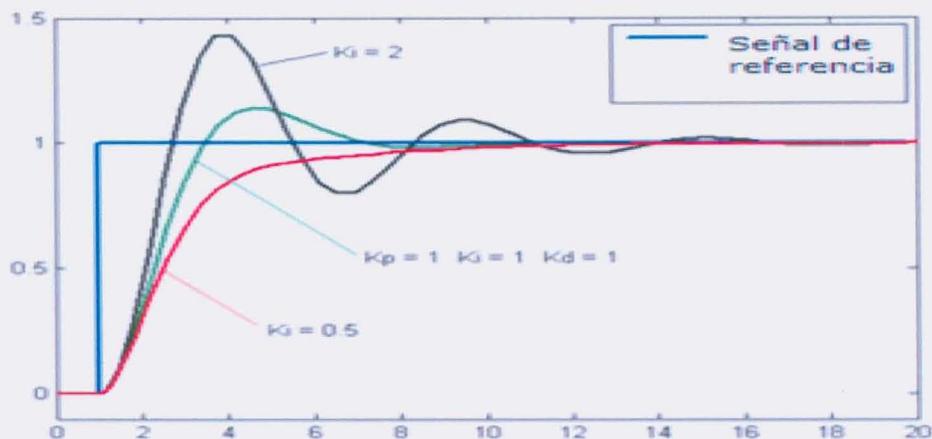


Fig. 3.3 Grafica de Control Integral

3.7.4 Control Derivativo

La acción derivativa puede conseguirse colocando un condensador C a la entrada inversora y una resistencia R en paralelo entre la salida y la entrada inversora. El ajuste de la acción derivativa se obtiene transformando la resistencia R en un potenciómetro. Cuando la señal de error cambia rápidamente (debido a una variación rápida del punto de consigna o bien, de la variable, o quizá, provocado por señales con ruido), la señal de salida muy rápidamente tomando en el límite la forma de un pico. Este efecto es indeseable ya que puede perjudicar el control del proceso.

Se soluciona este inconveniente eliminando la acción derivativa cuando el instrumento capta una variación rápida de la señal de error. Se conecta un condensador C y una resistencia R en serie, en paralelo con la resistencia derivativa R. De este modo, con la impedancia de C es inversamente proporcional a la variación de tensión que se le aplica, un cambio rápido de tensión para que el condensador se presente una baja impedancia a través de la resistencia derivativa R, con lo cual el tiempo de acción derivativa será necesariamente bajo, modificándose el valor derivativo ajustado, pero solo durante el instante de la variación rápida de la señal de error. Un interruptor conectado en paralelo con el condensador C, permite, en la posición de conexión, eliminar la acción derivativa cuando así se desee.

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.

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.

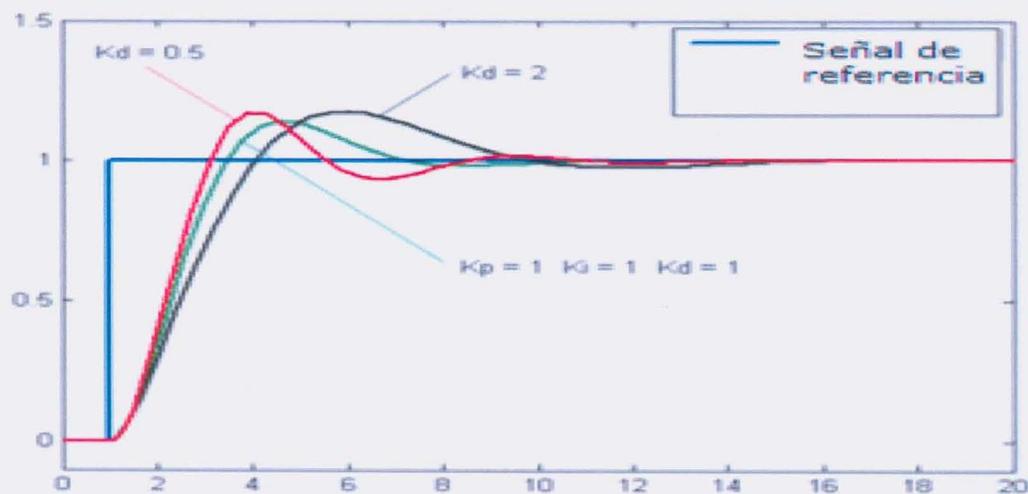


Fig. 3.4 Grafica de Control Derivativo

3.7.5 Control Proporcional

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional como para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango. Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobre oscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobre oscilación. Hay una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control (la válvula se mueve al mismo valor por unidad de desviación). La parte proporcional no considera el tiempo, por lo tanto, la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga alguna componente que tenga en cuenta la variación respecto al tiempo, es incluyendo y configurando las acciones integral y derivativa.

El error, la banda proporcional y la posición inicial del elemento final de control se expresan en tanto por uno. Nos indicará la posición que pasará a ocupar el elemento final de control

En el sistema de posición proporcional, existe una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control (dentro de la banda proporcional).

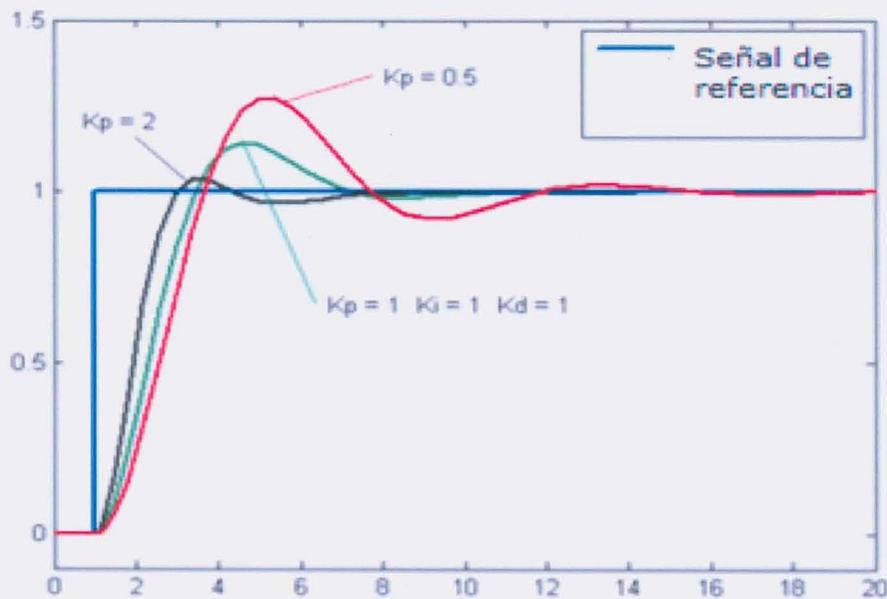


Fig. 3.5 Control Proporcional

3.7.6 Control Proporcional + Integral + Derivativo

La unión en un circuito de los 3 controlador descritos anteriormente da lugar a un instrumento electrónico proporcional + integral + derivativo. El circuito simplificado consiste en un modulo proporcional más integral- donde se fija la ganancia o banda proporcional, se amplifica la desviación

entre la variable y el punto de consigna, se fija el valor del punto de consigna y se selecciona la acción directa o la inversa del controlador – y un modulo de acción derivada modificada donde se encuentra el potenciómetro de acción derivada.

CONCLUSIONES

Como se pudo observar al hacer la integración de automatización de una maquina se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- a) Las necesidades del cliente
- b) Que la maquina sea capaz de soportar el movimiento mecánico.
- c) Que el diseño mecánico sea capaz de dar la resolución requerida.
- d) Que el diseño mecánico contemple todas las posibilidades de inercias mecánicas en el sistema ya que se puede tener un desbalance que se debe tomar en cuenta que puede afectar eléctricamente al motor y por consecuencia la maquina nunca va a funcionar óptimamente, cabe mencionar que las potencias son calculadas al 100% por el diseño mecánico, el diseño de instrumentación se hace con base en los datos que arroja el cálculo mecánico, como consecuencia si las potencias están mal calculadas el control no va a funcionar y se puede llegar a dañar los equipos por este mal diseño, lo cual nos va a repercutir fuertemente en tiempo y obviamente en gastos por mal diseño, es importante mencionar que en un desarrollo tecnológico se tiene el riesgo de equivocación pero se debe de hacer lo posible para que el desvío sea lo menor posible ya que puede impactar en forma negativa en muchos rubros.
- e) Que los instrumentos tengan la resolución adecuada
- f) Que el sobrecalentamiento de los equipos sea el adecuado ya que un sobredimensionamiento exagerado puede repercutir grandemente en costos y no siempre es la mejor solución en el comportamiento de la maquina.

Este sobre dimensionamiento se recomienda de la siguiente manera:

En lo referente a la elección del PLC debemos tomar encuenta un 20% en exceso de mas en entradas y salidas, ya que en una maquina siempre se va a necesitar un contacto o una alarma mas, para facilitar la operación o para mejorar el funcionamiento de la misma.

Para controladores de velocidad de motores se recomiendo un sobredimensionamiento de 1.5% debido a la degradación de los circuitos del controlador, al desgaste mecánico del sistema, a la perdida de eficiencia del motor de velocidad.

En el cableado se recomienda en un 5%, es decir que por cada 100 hilos se recomienda 5 de espera, esto debido a que el costo del cableado es muy alto. Para evitar daños en el cableado se recomienda que siempre vayan por charola o tubo conduit. Y a su vez mandar multiconductores a cajas de conexión. En nuestra experiencia se hizo una instalación con un 20 % de cables de espera teniendo que los costos fueron elevados y al desplantar el cableado se tuvieron muchos problemas por el espacio ya

que se tenían prácticamente dos cables por sensor lo cual provoco que los cables se salieran prácticamente de las charolas siendo este un aspecto negativo dentro de nuestro proyecto.

Diseño del Equipo

Es de vital importancia que desde el diseño conceptual de la maquina hasta el arranque, los ingenieros de diseño mecánico y de control trabajen en conjunto, es decir en equipo como una sola área, con la finalidad de no perder ningún detalle técnico y operativo del proyecto, si esto no se da, es muy común que se tengan errores y fallas de diseño de la maquina ya que es complementario el diseño mecánico con el de control, así uniendo cada uno de los expertos su talento es más difícil que se tengan errores en el diseño del proyecto y se ahorrara también mucho tiempo lo cual nos reditúa en ganancias.

Conceptualización del Proyecto

Como se puede observar, en nuestro caso utilizamos un proyecto pequeño, pero el diseño conceptual del proyecto aplica para cualquier tipo de proyecto de automatización, lo único que va a cambiar será la capacidad de las fuentes de alimentación, la capacidad del PLC, el numero de sensores y actuadores, así como el tipo de los mismos, la potencia de los motores y por supuesto el software de control del PLC, pero la estructura del sistema será casi siempre la misma por lo cual se considera de gran ayuda para los que nos iniciamos en el diseño de controles automatizados, esta estructura puede fácilmente sustituir a un control distribuido, debido a que la tendencia a utilizar más los PLC'S en este tipo de controles es cada día más grande por los bajos costos y los protocolos de comunicación

ANEXO A

INSTALACION DE UN PLC S7 / 200

Instalar un Micro-PLC S7-200

2.3 Instalar el cableado de campo



Precaución

Si durante la instalación u operaciones de sustitución de componentes o conexiones no se desconectan todas las alimentaciones de los módulos del S7-200 y del equipo asociado pueden producirse lesiones mortales o graves y/o daños en el equipo.

Por ello, antes de efectuar operaciones de instalación o de cambio de cableado de campo desconectar todas las fuentes de alimentación de los módulos del S7-200.

Antes de instalar el cableado de campo es necesario tomar siempre las precauciones de seguridad adecuadas y cerciorarse de que estén desconectadas las fuentes de alimentación de los módulos del S7-200.

Reglas de carácter general

Los puntos siguientes constituyen reglas de aplicación general a la hora de proyectar la instalación y cablear el Micro-PLC S7-200:

- Al cablear el Micro-PLC S7-200 es necesario respetar todos los reglamentos, códigos y normas eléctricos aplicables. Instalar y operar el equipo de acuerdo a todas las normas nacionales y locales aplicables. Para saber qué reglamentos, códigos o normas rigen en el lugar de instalación, contactar con las autoridades locales.
- Utilizar siempre cables con un diámetro adecuada para la corriente a conducir. Los módulos del S7-200 aceptan cables con sección de 1,50 to 0,50 mm² (14 a 22 AWG).
- Velar por no pasar de rosca los tornillos de los bornes. El par (torque) máximo de apriete vale 0,56 N-m.
- Utilizar siempre el cable más corto posible (apantallado o blindado, como máximo 500 metros, sin pantalla o blindaje, 300 metros). El cableado deberá efectuarse por pares; con el cable de neutro o común apantallado con un cable activo.
- Separar los cables de potencia y los cables que conducen corriente continua de alta energía y rápida conmutación de los cables de señal de baja energía.
- Identificar y tender adecuadamente el cableado hacia los módulos del S7-200; de ser necesario, prever alivio de tracción contra tirones. Para más información sobre la identificación de terminales o bornes, v. las hojas de datos en el anexo A.
- Instalar dispositivos de supresión de sobretensiones apropiados en el cableado susceptible de recibir sobretensiones causadas por rayos.
- Ninguna alimentación externa deberá aplicarse a una carga de salida en paralelo con un punto de salida de corriente continua (DC). De no hacerlo puede circular corriente inversa a través de la salida a menos de se instale un diodo u otra barrera.



Precaución

El funcionamiento anormal de los equipos de control puede causar un funcionamiento intempestivo del equipo por ellos controlados.

Tal acción intempestiva puede causar la muerte o lesiones personales graves y/o daños al equipo.

Prever dispositivos de parada de emergencia, dispositivos electromecánicos de mayor jerarquía y otras medidas redundantes de seguridad que sean independientes del Micro-PLC.

A N E X O C

INSTRUMENTACION DEL VOLTEADOR DE PAQUETES

Con Base en los requerimientos de producción se presenta el siguiente alcance para la instrumentación:

Sensores de Posicionamiento de estructura:

Sensores PRS1, PRS2, PRS3, PRS4, PRS5 y PRS6 son utilizados para ajustar la posición correcta del volteador de paquetes ya sea hacia lado izquierdo o hacia el lado derecho.

SENSOR	DIRECCION DEL SISTEMA	FUNCION
PRS1	IZQUIERDA	Al activarse este sensor la velocidad del sistema cambiara a baja velocidad
PRS2	IZQUIERDA	Al activarse este sensor el sistema se detendrá
PRS3	IZQUIERDA	Si el sistema activa este sensor se detendrá por completo, es decir es nuestro para de emergencia
PRS4	DERECHA	Al activarse este sensor la velocidad del sistema cambiara a baja velocidad
PRS5	DERECHA	Al activarse este sensor el sistema se detendrá
PRS6	DERECHA	Si el sistema activa este sensor se detendrá por completo, es decir es nuestro paro de emergencia

SUJETADOR DE PAQUETES

1. Los sensores de proximidad PRS7 y PRS8 los cuales se sitúan en el los pistones que servirán como permisivos de la posición del mismo
2. Una fotocelda denominada FSC que será la encargada de posicionar el pistón al llegar al vidrio.

NOTA: Se necesitarán válvulas check en los pistones para poder ubicar el pistón en la posición correcta, se requerirá el arreglo mecánico del sistema para realizar el control.

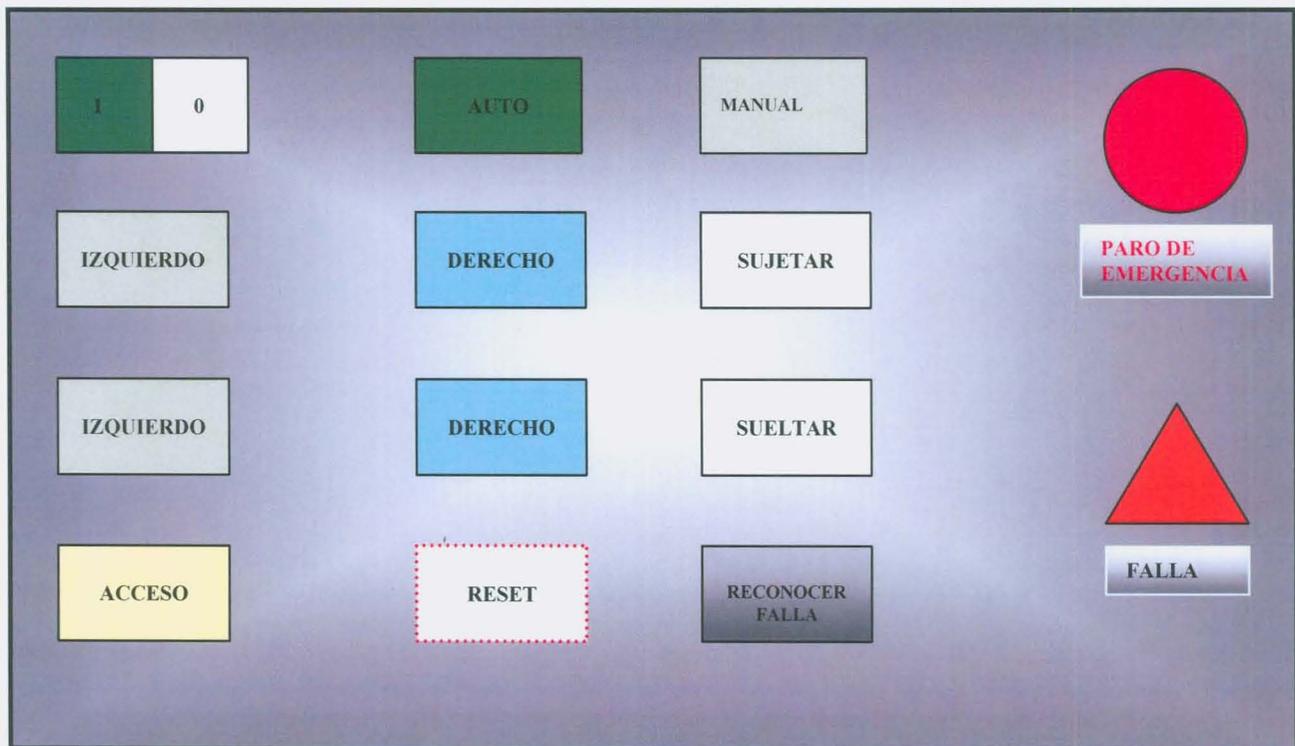
FOTOCELDAS DE SEGURIDAD

Las fotoceldas de seguridad FSC-2S y FSC-2R, irán montadas sobre una estructura mecánica a la entrada del sistema y estarán conectadas 3en la caja de conexión JB-1

CONSOLA DE OPERACIÓN

Para la consola de operación se tienen dos opciones, una es adquirir una de la marca Rital como las que se tienen en la línea principal de producción y la otra es, fabricar una con el área mecánica especificándoles nuestros requerimientos.

La botonería ya se tiene en la planta, a continuación se muestra el panel de control.



PANEL DE CONTROL

El panel de control contará con los siguientes requerimientos:

Voltaje de alimentación: 440 VC

Consumo: 5 KW

Protección contra corriente: 20 Amperes

COMPONENTES DEL SISTEMA

El control secuencial se realizará con un PLC siemens.

El control de velocidad se realizara con un drive de 3.5 KW también Siemens, el cual incluirá el kit de frenado.

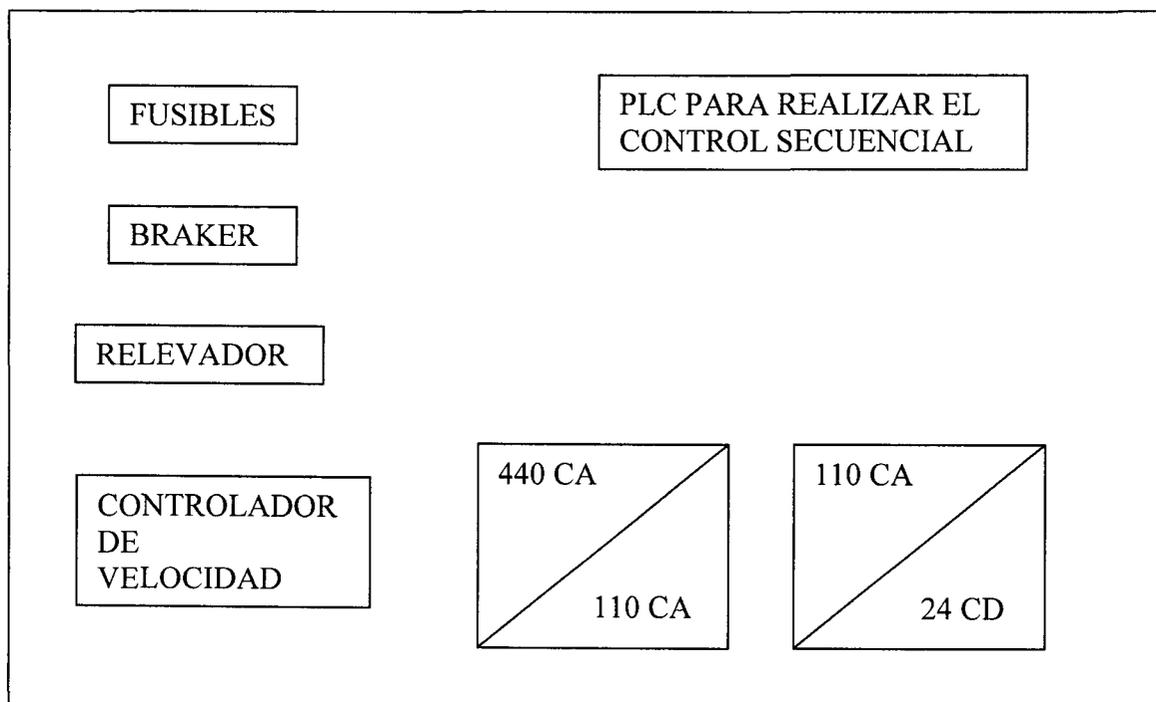
Se colocara un transformador de reducción de 440/110 VCA, para la alimentación del control.

Se instalara una fuente de alimentación de 24 volts para la alimentación del control.

El sistema contara con circuitos de protección térmica para la alimentación del drive, así como a la alimentación de 24 VCD.

Se colocaran fusibles en las alimentaciones de 440 VCA y 110 VCA.

Las salidas para el controlador de velocidad tanto en la alimentación como en el solenoide de freno serán a relevador.



INSTALACION

El armado del panel se hará tanto con personal contratista como por instrumentistas de VPM.

El cableado de sensores se hará a través de un multiconductor a la caja de conexiones JB1.

En el caso del motor se tendrá un cable directo desde el panel de control.

PROGRAMACION

La programación del PLC será realizada totalmente en VPM

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO EN PESOS
Sensores de Proximidad Efector	6	\$7,600.00
Fotocelda de posición de pistones	1	\$400.00
Sensores de posición de pistón	2	\$1,200.00
Fotoceldas emisor- receptor	1	\$1,800.00
Controlador de velocidad	1	\$24,800.00
PLC	1	\$32,000.00
Térmicos y relevadores	5	\$4,800.00
Fusibles y porta fusibles	2	\$2,560.00
Consola de operación	1	\$12,920.00
Cable de control	3	\$15,330.00
Material eléctrico vario lote	1	\$8,550.00
Mano de obra (eléctricos)	3	\$35,800.00
Fuente de 24 VCD	1	\$5,400.00
Transformador de 440/110	1	\$7,500.00
TOTAL		\$160,660.00

ANEXO D

DIAGRAMAS ELECTRICOS DE POTENCIA Y DE CONTROL

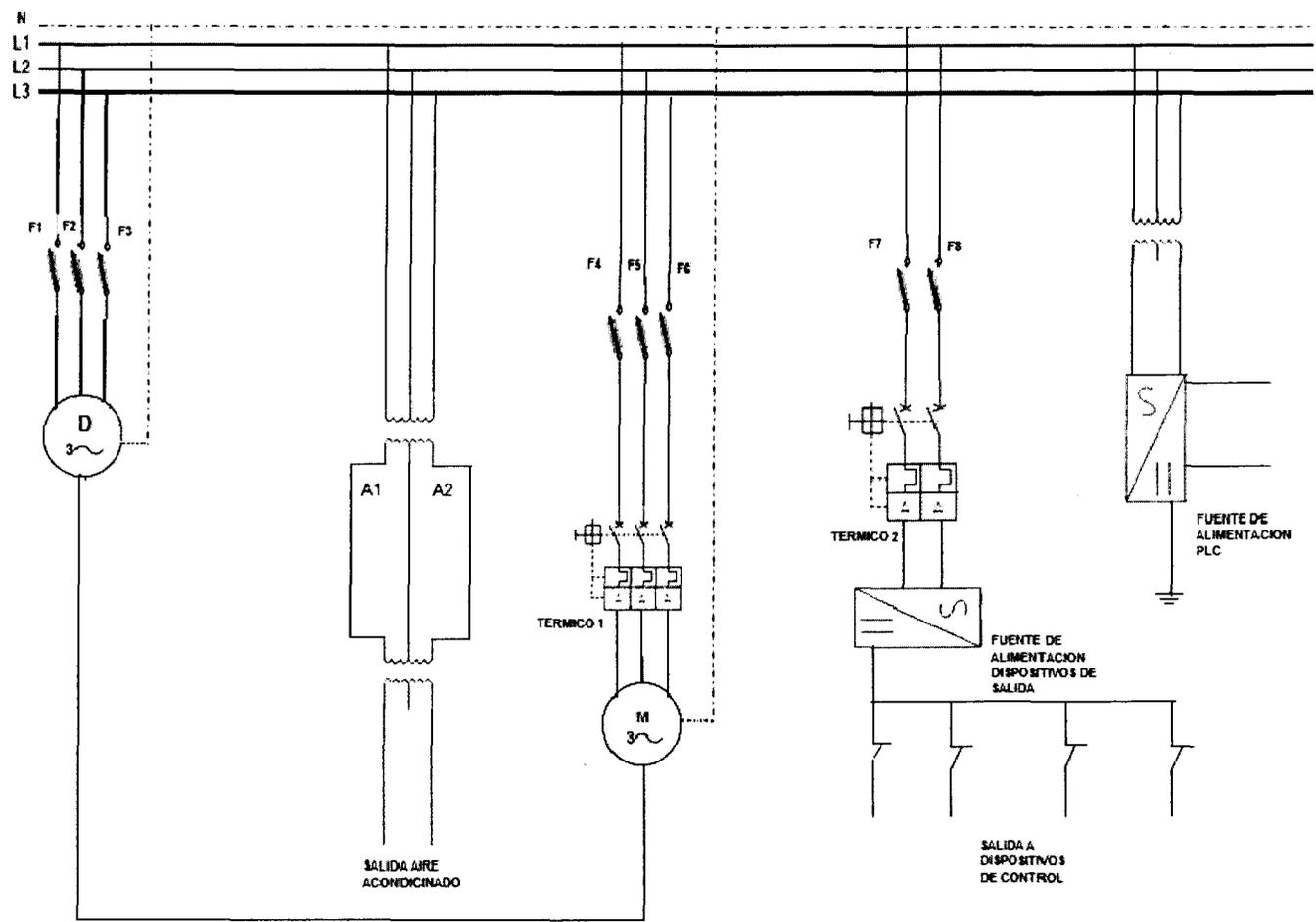


FIG 1 DIAGRAMA GENERAL DE POTENCIA

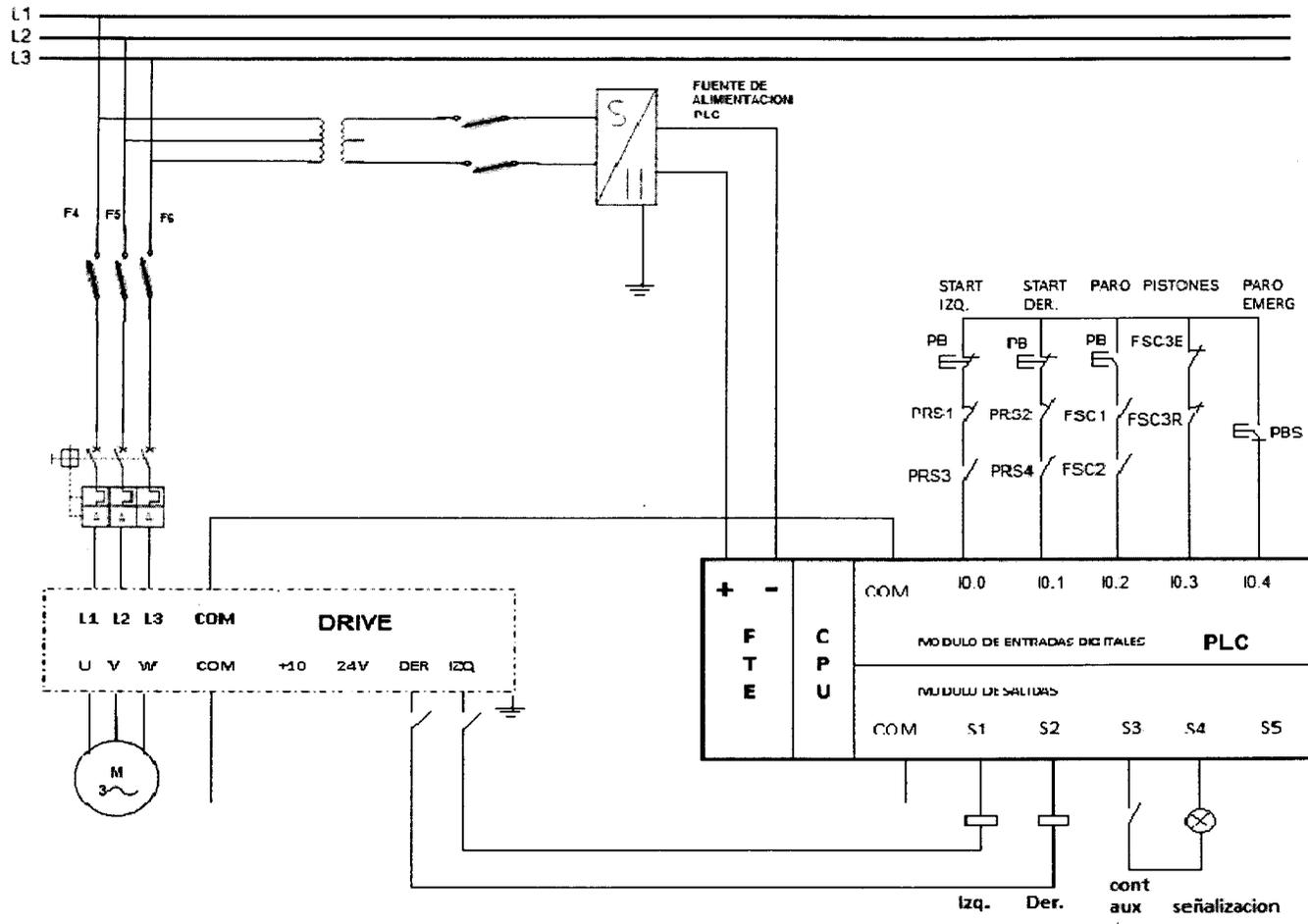


FIG. 2 DIAGRAMA ELECTRICO DE CONTROL DE GIRO DEL MOTOR

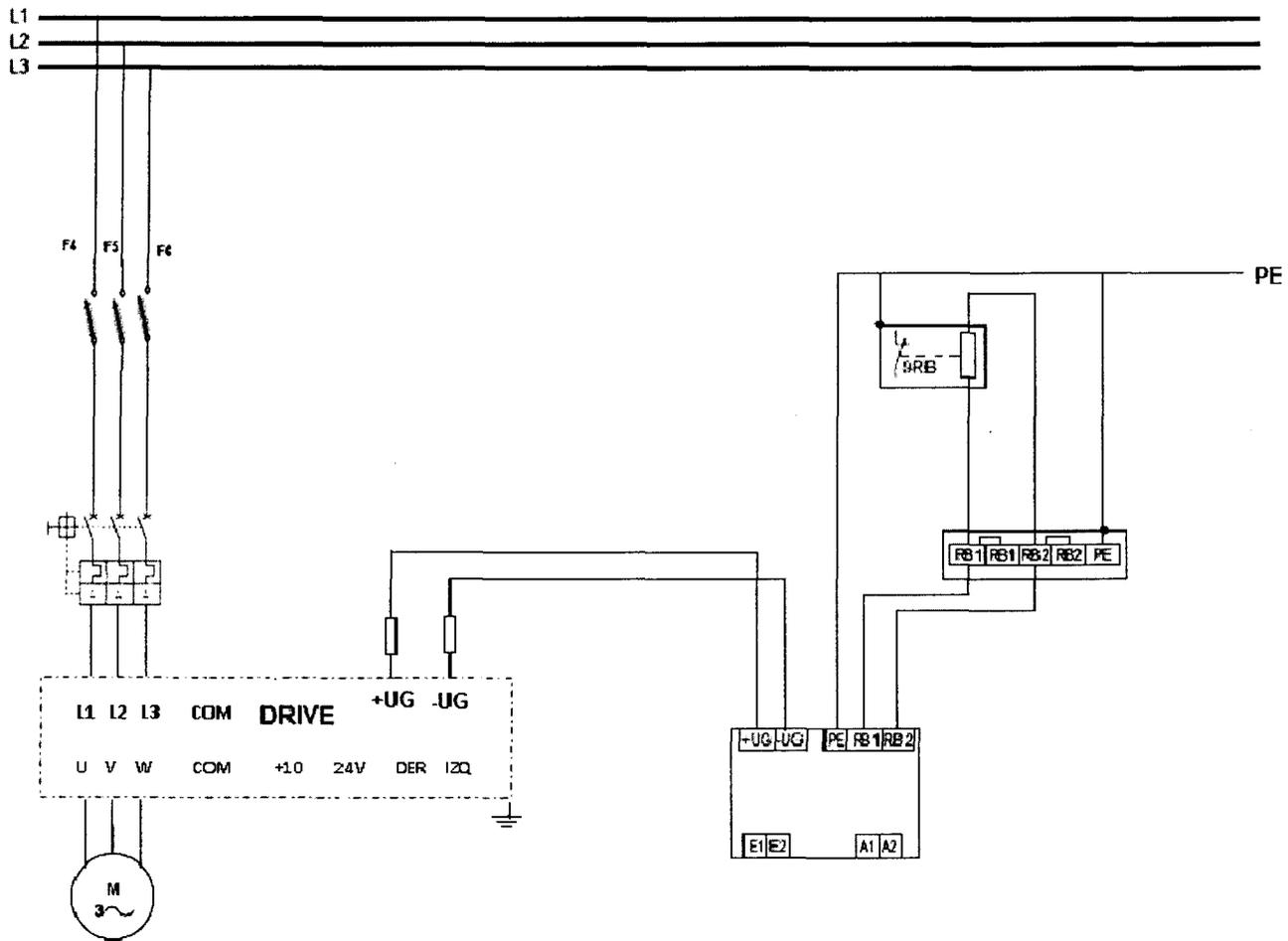


FIG. 3 DIAGRAMA ELECTRICO DE INTERCONEXION DE CONTROLADOR Y SISTEMA DE FRENADO

ANEXO E

CONEXIONES DE MANDO DEL PLC S7/200

Español

MICRO MASTER y MIDI MASTER

Instrucciones de servicio

2.3.2 Conexiones de mando

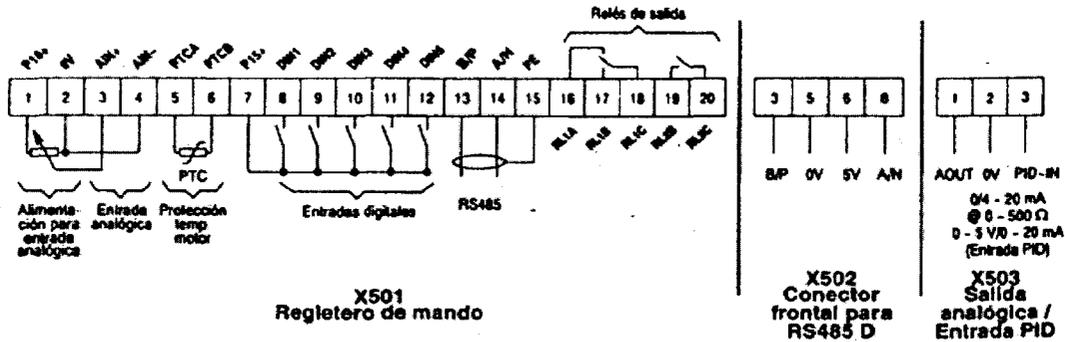


Figura 7: Conexiones en el regletero de mando – MICRO MASTER

Nota: Si desea utilizar el conector RS485 situado en el panel frontal (por ejemplo, para conectar un Panel de mando con visualizador de mensajes (OPM)), no usar entonces las conexiones RS485 internas (bornes 13 y 14).

El interruptor SW1 permite elegir para las entradas analógicas entre señal de tensión (V) o señal de corriente o intensidad (I). El interruptor SW2 selecciona una señal de retroalimentación PID de tensión (enlace abierto) o de corriente (enlace cerrado). A estos interruptores sólo es posible acceder cuando se ha retirado la tapa (ver ubicación en la figura 5).

Borne mando (X501)	Designación	Valor	Función	Notas
1	P10+	+10 V	Alimentación	máx. 3 mA
2	0V	0 V	Alimentación	Masa
3	AIN+	0 – 10 V/0 – 20 mA ó 2 – 10 V/4 – 20 mA	Entrada analógica	Conexión Más (+) Resistencia de entrada = 300Ω
4	AIN-		Entrada analógica	Conexión Menos (-)
5	PTCA		Entrada sonda PTC motor	
6	PTCB		Entrada sonda PTC motor	
7	P15+	+15 V	Alimentación p. DIN1 – 5	máx. 20 mA
8	DIN1		Entrada digital 1	13 – 33 V, máx. 8 mA
9	DIN2		Entrada digital 2	13 – 33 V, máx. 8 mA
10	DIN3		Entrada digital 3	13 – 33 V, máx. 8 mA
11	DIN4		Entrada digital 4	13 – 33 V, máx. 8 mA
12	DIN5		Entrada digital 5	13 – 33 V, máx. 8 mA
13	B/P		RS485, hilo 'B' (+)	para protocolo USS
14	A/N		RS485, hilo 'A' (-)	para protocolo USS
15	PE		Tierra de protección	
16	RL1A		Relé 1	Contacto de apertura (NC)
17	RL1B		Relé 1	Contacto de cierre (NA)
18	RL1C		Relé 1	Contacto común
19	RL2B		Relé 2	Contacto de cierre (NA)

2.3.1 Conexiones de alimentación y del motor.

Asegurarse de que la red suministre la tensión correcta y pueda conducir la intensidad adecuada (v. apt. 2.3). Asegurarse de que entre la red y el convertidor se intercalen los interruptores de protección adecuados con la intensidad nominal indicada (v. apt. 1.4).

Conectar la red en los bornes de potencia LL2 - N/L3 (monofásico) ó L1, LL2, N/L3 (trifásico) y conectar el conductor de protección. Para convertidor monofásico, utilizar un cable de 3 hilos; para el convertidor trifásico, un cable de 4 hilos. Las secciones de los conductores se indican en el apt. 1.4.

El motor se conectará con un cable de 4 hilos. Como puede verse en la figura 6, dicho cable se conecta en los bornes de potencia W/V/U y en el terminal del conductor de protección.

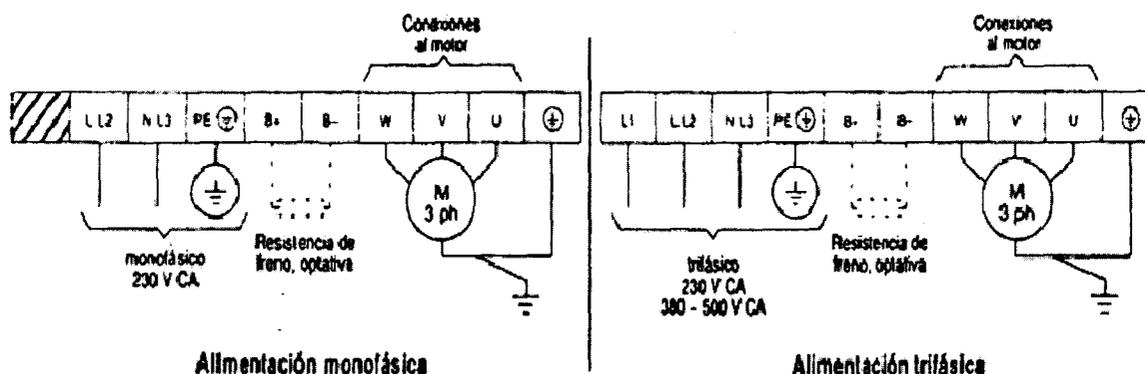


Figura 6: Bornes de conexión de la alimentación y del motor – MICRO MASTER

La longitud total del cable al motor no deberá superar 50 m. Si se utiliza un cable de alimentación de motor apantallado o si el canal del cable está bien puesto a tierra, la longitud máxima debería ser de 25 m. Se pueden utilizar cables de hasta 200 m de longitud, si se utilizan reguladores de salida adicionales (consultar Catálogo DA64).

A los convertidores MICRO MASTER es posible conectar tanto motores asíncronos como síncronos, tanto individualmente como en paralelo (accionamiento polimotórico). Tenga en cuenta que si se conecta un motor síncrono al convertidor, la corriente del motor puede ser entre dos y media, y tres veces mayor que la prevista.

**PRECAUCION**

Asegurarse de que el motor esté dimensionado para la tensión de alimentación correcta. Los MICRO MASTER mono/trifásicos de 230 V no deben conectarse a alimentaciones trifásicas de 400 V.

En caso de conexión de motores síncronos o en caso de conexión en paralelo de varios motores, el convertidor deberá operar en el modo Característica tensión/frecuencia (P077 = 0 ó 2), y deberá desactivarse la compensación de deslizamiento (P071 = 0).

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

Ingeniería de control moderna (segunda edición)

Katsuiko Ogata

Prentice Hall Hispanoamericana

Instrumentación Industrial

Antonio Creus

Alfaomega-Marcombo

Manual del Sistema S7- 200

Siemens

Manual del Sistema Micro-Master

Siemens

Introducción a los PLC'S

Allen Bradley