

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE TECNOLOGÍA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODULO AUTOMATIZADO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL DE ARRANQUE E INVERSIÓN DE GIRO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO Y DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICO MONOFÁSICO.”

PROYECTO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

“TECNÓLOGO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL”

ANA GABRIELA CARABALI BENAVIDES

MIGUEL ANGEL ALMEIDA REYES

DIRECTOR: DR. ÁLVARO AGUINAGA

QUITO, JULIO DEL 2007

DECLARACIÓN

Nosotros, Ana Gabriela Carbalí Benavides y Miguel Ángel Almeida Reyes, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de este documento cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa intelectual vigente.

.....
Ana Gabriela Carbalí Benavides

.....
Miguel Ángel Almeida Reyes

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por: Ana Gabriela Carbalí Benavides y Miguel Ángel Almeida Reyes, bajo mi supervisión.

.....
Dr. Álvaro Aguinaga
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme la vida y a mis Padres que con su esfuerzo, consejos y confianza han sabido guiarme por el camino adecuado para lograr mis metas propuestas y así culminar mi carrera.

Al Doctor Alvaro Aguinaga por su disponibilidad y entrega para ayudarnos a solucionar cualquier duda que se presentó en el transcurso de este proyecto.

Agradezco a Miguel Almeida que se esforzó junto a mí para desarrollar y culminar nuestro Proyecto de Titulación.

Agradezco a mis hermanos, abuelos, tíos y demás familiares que con sus ánimos me estimularon y siempre me dieron una palabra de aliento para terminar el presente Proyecto.

Agradezco a mis esposo César Fernando que con su amistad y apoyo me incentivó en instantes buenos y malos a lo largo de mi Carrera Universitaria y en la realización de este proyecto.

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional y a todos los profesores que a lo largo mi permanencia en la Universidad me impartieron los conocimientos necesarios e impulsaron a aprender más y concluir con éxito la Carrera de Tecnología en Mantenimiento Industrial.

Gabriela Carbalí B.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las personas que con su apoyo, confianza y amor lograron que mi carrera se vea culminada, a mis Padres, a mi adorables hermanos, mis tíos, abuelos y a mi amado esposo Fernando.

Gabriela Carbalí B.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por el apoyo económico por su paciencia transmitida en toda mi vida estudiantil además de su comprensión y cariño en los momentos necesitados.

Un agradecimiento a nuestro profesor director de tesis Doctor Álvaro Aguinaga, que siempre nos colaboró para concluir satisfactoriamente este proyecto.

A mi compañera Gabriela Carbalí por su dedicación y compañía en esta aventura por descubrir.

Un agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible concluir este proyecto sabiendo que con voluntad y dedicación se puede lograr cualquier objetivo.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a:

Mis padres por su apoyo incondicional y por la confianza depositada en mí, en especial en aquellos momentos que lo necesité.

A mi hermana por guiarme todo este tiempo y por todos los momentos compartidos.

A Dios que me acompañó en esta carrera estudiantil, y a todas las personas que me inspiraron constancia y voluntad.

Miguel Almeida

CONTENIDO

RESUMEN

CAPITULO 1

1.1. Introducción a la automatización	1
1.1.1. Historia de la automatización	1
1.1.2. Definición	3
1.1.3. Principios de Sistemas Automatizados	4
1.1.4. Automatización en la Industria.	5
1.1.5. Aplicaciones	7
1.2. Control Automático.	8
1.2.1. Sistemas de control.	9
1.2.2. Control lazo abierto.	11
1.2.3. Control de lazo cerrado o retroalimentado.	12
1.2.4. Control Secuencial	13
1.2.5. Control de variables.	13
1.2.6. Señales digitales y analógicas.	13
1.2.7. Clasificación de los sistemas de control.	13
1.2.8. Aplicaciones del control automático.	15
1.3. Controladores lógicos programables	15
1.3.1. Introducción	15
1.3.2. Estructura básica	17
1.3.2.1. Estructura compacta.	17
1.3.2.2. Estructura semimodular.	18
1.3.2.3. Estructura modular.	18
1.3.3. Fuente de alimentación.	19
1.3.4. Interfaces.	19
1.3.5. Memoria.	20
1.3.5.1. Memoria interna.	21
1.3.6. Campos de aplicación.	24
1.3.7. Ventajas e inconvenientes.	25
1.3.7.1. Ventajas	25
1.3.7.2. Inconvenientes	26
1.3.8. Funciones básicas de un PLC.	26
1.3.9. Lenguaje de programación.	27
1.3.9.1. Lenguaje a contactos (LD).	27
1.3.9.2. Lenguaje por listas de instrucción (IL).	28
1.3.9.3. Diagrama de bloques de funciones. (FBD).	28
1.3.9.4. Carta funcional secuencial (SFC)	29
1.3.10. Temporizadores.	29
1.3.10.1. On Delay Timer.	29
1.3.10.2 Off Delay Timer.	30
1.4. Sensores	31
1.4.1. Selección de los sensores en la automatización	32
1.4.2. Características.	32
1.4.3. Aplicaciones.	32
1.5. Controladores.	33
1.5.1. Actuadores.	34
1.5.2. Aplicaciones.	35

CAPITULO II

2.1. Motores eléctricos.	36
2.1.1. Funcionamiento del motor	36
2.1.2. Partes de un motor eléctrico.	37
2.1.2.1. Descripción.	37
2.1.2.1.1. Carcasa e inductores.	37
2.1.2.1.2. Inducido y colector.	37
2.1.3. Selección de un motor.	38
2.1.4. Operación y mantenimiento de un motor	39
2.2. Motores de corriente directa.	42
2.3. Motores de corriente alterna.	43
2.3.1. El motor sincrónico.	44
2.3.2. El motor asincrónico o de inducción.	45
2.3.2.1. Motor asincrónico de rotor bobinado.	45
2.3.2.2. Motor asincrónico tipo jaula de ardilla.	46
2.4. Otros motores.	47
2.4.1. Motor universal.	47
2.4.2. Motor del paso.	48
2.5. Generador eléctrico.	48
2.5.1. Funcionamiento del generador.	48
2.5.2. Tipos de generadores	50
2.5.2.1. Generadores de corriente continua	51
2.5.2.2. Generadores de corriente alterna.	51
2.6. Mantenimiento de un generador.	52
2.6.1. Medidas preventivas.	52
2.7. Batería.	53
2.7.1. Principios de funcionamiento	54
2.7.2. Tipos de batería.	54
2.7.2.1. Baterías de plomo.	55
2.7.3. Capacidad de una batería o acumulador.	55
2.7.4. Comprobación de baterías o acumulador	56
2.7.5. Normas para el mantenimiento de batería	56
2.8. Polea definición.	57
2.8.1. Definición.	57
2.8.2. Clasificación.	57
2.8.2.1. Polea fija	58
2.8.2.2. Polea móvil.	58
2.8.2.3. Polea compuesta.	58
2.8.3. Polea de correa.	59
2.9. Bandas.	60
2.9.1. Materiales de elaboración	60
2.9.2. Montaje.	61
2.9.3. Tipos de bandas.	61
2.9.3.1. Bandas deslizantes	61
2.9.3.1.1. Banda plana	61
2.9.3.1.2. Banda plana tipo listón.	61
2.9.3.1.3. Banda plana de costilla.	62
2.9.3.1.4. Banda en V dentada	62
2.9.3.1.5. Banda en V ajustable.	62

2.9.3.2. Bandas no deslizantes.	62
2.9.3.2.1. Banda plana dentada.	62
2.9.3.2.2. Banda en V dentada	63
2.10 Sistemas de transmisión	63
2.10.1. Cadena de transmisión.	63
2.10.2. Engranajes	64
2.10.3. Balancín.	65

CAPITULO III

3.1. Diseño y construcción del modulo didáctico.	66
3.1.1. Proceso para el funcionamiento del generador.	66
3.1.1.1. Rebobinado.	68
3.1.1.2. Estator.	68
3.1.1.3. Rotor.	68
3.2. Relación de velocidades	72
3.3. Arranque estrella triángulo de un motor.	77
3.4. Circuito de enclavamiento	81
3.5. Circuito de temporización.	81
3.6. Inversor de giro de un motor asincrónico trifásico.	81
3.7. Diseño y construcción de un modulo de control didáctico.	82
3.7.1. Dimensionamiento de materiales requeridos	82
3.7.1.1. Elementos de protección.	83
3.7.1.2. Elementos de potencia.	86
3.7.2. Elementos de control.	88
3.7.2.1. Componentes del PLC	90
3.7.2.2. Características del PLC utilizado	91
3.7.2.3. Elementos eléctricos varios	92
3.7.3. Diseño del módulo didáctico.	94

CAPITULO IV

4.1 Sistemas de programación	103
4.2 Desarrollo de la programación del PLC	103
4.3 Descripción de las instrucciones de programación.	103
4.3.1 Compuerta AND	108
4.3.2 Compuerta OR	109
4.3.3 Compuerta NOT	110
4.4 Temporizador TON	112
4.5 Ventajas e inconvenientes de la realización del programa.	113
4.5.1 Ventajas	113
4.5.2 Inconvenientes	113

CAPITULO V

5.1 Pruebas de simulación del módulo.	114
5.1.1 Pruebas realizadas en el sistema de generación	115
5.1.2 Pruebas del sistema de control	115

CAPITULO VI

6.1 Conclusiones y recomendaciones	116
6.1.1 Conclusiones	116
6.1.2 Recomendaciones	116

BIBLIOGRAFIA

128

RESUMEN

En el presente proyecto de titulación se hace énfasis a la automatización de máquinas industriales por medio de dispositivos de control como son los Controladores Lógicos Programables (PLC's). Mediante los cuales se puede operar un sistema o procesos con la mínima intervención del ser humano

En la actualidad la mayoría de empresas industriales posee una alta tecnología de automatización utilizada en la totalidad o en parte de sus procesos de fabricación. Con esto se adquiere en una o varias tareas mayor precisión en las actividades, valores mucho más exactos y un trabajador es capaz de controlar varias actividades de una fábrica mediante un panel de control.

El proyecto tiene por objetivo controlar desde un módulo didáctico y con la ayuda de un PLC un sistema de generación eléctrico y el control de arranque e inversión de giro de un motor trifásico.

Con este trabajo se ayudará al laboratorio de Mantenimiento Industrial para una mejor ayuda didáctica en el estudio de las materias como son: control computarizado y control electromecánico. Así los compañeros tendrán una visión más amplia de los conceptos básicos de la automatización y de los procesos que se pueden controlar en la industria.

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN

1.1.1 HISTORIA DE LA AUTOMATIZACIÓN.

Por siglos el ser humano ha construido máquinas que imiten las partes del cuerpo humano. Los antiguos egipcios unieron brazos mecánicos a las estatuas de sus dioses. Estos brazos fueron operados por sacerdotes, quienes clamaban que el movimiento de estos era inspiración de sus dioses. Los griegos construyeron estatuas que operaban con sistemas hidráulicas, los cuales se utilizaban para fascinar a los adoradores de los templos.

Jacques de Vauncansos construyó varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII. Esencialmente se trataba de robots mecánicos diseñados para un propósito específico: la diversión.

En 1805, Henri Maillardert construyó una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos. Una serie de levas se utilizaban como “el programa” para el dispositivo en el proceso de escribir y dibujar. Estas creaciones mecánicas de forma humana deben considerarse como inversiones aisladas que reflejan el genio de hombres que se anticiparon a su época. Hubo otras invenciones mecánicas durante la revolución industrial, creadas por mentes de igual genio, muchas de las cuales estaban dirigidas al sector de la producción textil. Entre ellas se puede citar la hiladora giratoria de Hargreaves (1770), la hiladora mecánica de Crompton (1779), el telar mecánico de Cartwright (1785), el telar de Jacquard (1801), y otros.

Se uso la automatización en la industria en el regulador centrífugo de la máquina de vapor de Watt en el año 1775 aproximadamente. Este aparato fue utilizado para regular la velocidad de la máquina manipulando el caudal de vapor por medio de una válvula.

Mas tarde la técnica del regulador se adjudicó a otras máquinas y turbinas y a principio del siglo XX comenzó la aplicación de reguladores y servomecanismos en reguladores de energía térmica al gobierno de buques.

Para mediados del siglo 20, la automatización había existido por muchos años en una escala pequeña, utilizando mecanismos simples para automatizar tareas sencillas de manufactura. Sin embargo el concepto solamente llego a ser realmente práctico con la adición (y evolución) de las computadoras digitales, cuya flexibilidad permitió manejar cualquier clase de tarea.

La mecanización fue una etapa principal para la evolución hacia la automatización. La simplificación del trabajo permitida por la división del trabajo también posibilitó el diseño y construcción de máquinas que reproducían los movimientos del trabajador. A medida que evolucionó la tecnología de transferencia de energía, estas máquinas especializadas se motorizaron, aumentando así su eficacia productiva. El desarrollo de la tecnología energética también dio lugar al surgimiento del sistema fabril de producción, ya que todos los trabajadores y máquinas debían estar situados junto a la fuente de energía.

La máquina de transferencia es un dispositivo utilizado para mover la pieza que se está trabajando desde una máquina herramienta especializada hasta otra, colocándola de forma adecuada para la siguiente operación de maquinado. Los robots industriales, diseñados en un principio para realizar tareas sencillas en entornos peligrosos para los trabajadores, son hoy extremadamente hábiles y se utilizan para trasladar, manipular y situar piezas ligeras y pesadas, realizando así todas las funciones de una máquina de transferencia. En realidad, se trata de varias máquinas separadas que están integradas en lo que a simple vista podría considerarse una sola.

En la década de 1920 la industria del automóvil combinó estos conceptos en un sistema de producción integrado. El objetivo de este sistema de línea de montaje era abaratar los precios. A pesar de los avances más recientes, éste es el sistema de producción con el que la mayoría de la gente asocia el término automatización.

Las interfaces Hombre-Máquina o interfaces Hombre-Computadora, formalmente conocidas como interfaces Hombre-Máquina, son comúnmente empleadas para comunicarse con los PLCs y otras computadoras, para labores tales como introducir y monitorear temperaturas o presiones para controles automáticos o respuesta a mensajes de alarma.

1.1.2 DEFINICIÓN

El término automatización se refiere a una amplia variedad de sistemas y procesos que operan con mínima o sin intervención del ser humano. En los más modernos sistemas de automatización, el control de las máquinas es realizado por ellas mismas gracias a sensores de control que le permiten percibir cambios en sus alrededores de ciertas condiciones tales como temperatura, volumen y fluidez de la corriente eléctrica y otros, sensores los cuales le permiten a la máquina realizar los ajustes necesarios para poder compensar estos cambios. Y una gran mayoría de las operaciones industriales de hoy son realizadas por enormes máquinas de este tipo.

La automatización está en el control automático que permite arrancar, detener y regular el movimiento de la posición y del flujo de cada una de las partes del sistema. Para ello se requiere del monitoreo y de la medición de las variables durante el proceso. Estas etapas requieren de dispositivos que cumplan con dichas tareas, tanto para ingresar al sistema de control las señales requeridas como para enviar las órdenes de mando hacia el equipo o sistema controlado, luego de que se haya cumplido la secuencia de trabajo respectiva.

Entre las ventajas que tiene la automatización tenemos:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.

- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- La automatización se ha logrado ganar precisión y fiabilidad en todos los procesos industriales incrementando la productividad de manera considerable.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo. Integrar la gestión y producción.
- El incremento en la productividad y eficiencia ha determinado, además de la mejora en los estándares de calidad, disminución relativa en los costos de los productos con el consiguiente aumento de la demanda de los productos.

1.1.3 LOS PRINCIPIOS DE LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS

Un sistema automatizado ajusta sus operaciones en respuesta a cambios en las condiciones externas en tres etapas: medición, evaluación y control.

- **Medición**

Para que un sistema automatizado reaccione ante los cambios en su alrededor debe estar apto para medir aquellos cambios físicos.

- **b. Evaluación**

La información obtenida gracias a la medición es evaluada para así poder determinar si una acción debe ser llevada a cabo o no.

- **c. Control**

El último paso de la automatización es la acción resultante de las operaciones de medición y evaluación.

En muchos sistemas de automatización, estas operaciones debe ser muy difíciles de identificar. Un sistema puede involucrar la interacción de más de un vuelta de control, que es la manera en la que se le llama al proceso de obtener la información desde el sistema de salida de una máquina y llevarla al sistema de ingreso de la misma.

Pero como conclusión, todos los sistemas automatizados incluyen estos tres pasos u operaciones.

1.1.4 LA AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA

Muchas industrias están muy automatizadas, o bien utilizan tecnología de automatización en alguna etapa de sus actividades. En las comunicaciones, y sobre todo en el sector telefónico, la marcación, la transmisión y la facturación se realizan automáticamente. También los ferrocarriles están controlados por dispositivos de señalización automáticos, que disponen de sensores para detectar los convoyes que atraviesan determinado punto. De esta manera siempre puede mantenerse un control sobre el movimiento y ubicación de los trenes.

No todas las industrias requieren el mismo grado de automatización. La agricultura, las ventas y algunos sectores de servicios son difíciles de automatizar. Es posible que la agricultura llegue a estar más mecanizada, sobre todo en el procesamiento y envasado de productos alimenticios. Sin embargo, en muchos sectores de servicios, como los supermercados, las cajas pueden llegar a automatizarse, pero sigue siendo necesario reponer manualmente los productos en las estanterías.

El concepto de automatización está evolucionando rápidamente, en parte debido a que las técnicas avanzan tanto dentro de una instalación o sector como entre

las industrias. Por ejemplo, el sector petroquímico ha desarrollado el método de flujo continuo de producción, posible debido a la naturaleza de las materias primas utilizadas. En una refinería, el petróleo crudo entra por un punto y fluye por los conductos a través de dispositivos de destilación y reacción, a medida que va siendo procesado para obtener productos como la gasolina y el fuel. Un conjunto de dispositivos controlados automáticamente, dirigidos por microprocesadores y controlados por una computadora central, controla las válvulas, calderas y demás equipos, regulando así el flujo y las velocidades de reacción.

Por otra parte, en la industria metalúrgica, de bebidas y de alimentos envasados, algunos productos se elaboran por lotes. Por ejemplo, se carga un horno de acero con los ingredientes necesarios, se calienta y se produce un lote de lingotes de acero. En esta fase, el contenido de automatización es mínimo. Sin embargo, a continuación los lingotes pueden procesarse automáticamente como láminas o dándoles determinadas formas estructurales mediante una serie de rodillos hasta alcanzar la configuración deseada.

Los sectores de automoción y de otros productos de consumo utilizan las técnicas de producción masivas de la fabricación y montaje paso a paso. Esta técnica se aproxima al concepto de flujo continuo, aunque incluye máquinas de transferencia. Por consiguiente, desde el punto de vista de la industria del automóvil, las máquinas de transferencia son esenciales para la definición de la automatización.

Cada una de estas industrias utiliza máquinas automatizadas en la totalidad o en parte de sus procesos de fabricación. Como resultado, cada sector tiene un concepto de automatización adaptado a sus necesidades específicas. La propagación de la automatización y su influencia sobre la vida cotidiana constituye la base de la preocupación expresada por muchos acerca de las consecuencias de la automatización sobre la sociedad y el individuo.

Gracias a los avances de la tecnología y de la automatización, un único trabajador es capaz de controlar las actividades de una fábrica entera mediante un complejo

panel de control. Los robots de una línea de montaje realizan tareas repetitivas en una planta metalúrgica.

1.1.5 APLICACIONES

Las principales aplicaciones industriales son las siguientes:

- a. Fundición en molde (die-casting). Esta fue la primera aplicación industrial.

- b. Soldadura de Punto. Actualmente es la principal área la presente generación de robot. Ampliamente utilizada en la industria automotriz.

- c. Soldaduras de Arco. No requiere de modificaciones sustanciales en el equipo de soldadura y aumenta la flexibilidad y la velocidad.

- d. Pinturas y Tratamiento de Superficies. El mejoramiento de las condiciones de trabajo y la flexibilidad han sido las principales razones para el desarrollo de estas aplicaciones.

- e. Carga y Descarga de Máquina Herramientas. Los robots aumentan la flexibilidad y versatilidad de las máquinas herramientas y permiten su articulación entre si. Contribuyen a la reducción de stocks, minimizan costos del trabajo directo e indirecto, aumentan la calidad de la producción y maximizar la utilización del equipo.

- f. En aparatos y maquinaria eléctrica y electrónica, juguetes, ingeniería mecánica, industrial automotriz, etc.

1.2 CONTROL AUTOMÁTICO

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana. El Control Automático es el mecanismo básico mediante el cual los sistemas mecánicos, químicos, eléctrico, etc. mantienen su equilibrio.

El núcleo de la automatización está en el control automático que permite arrancar, detener y regular el movimiento de la posición y del flujo de cada una de las partes del sistema. Para ello se requiere del monitoreo y de la medición de las variables durante el proceso. Estas etapas requieren de dispositivos que cumplan con dichas tareas, tanto para ingresar al sistema de control las señales requeridas como para enviar las órdenes de mando hacia el equipo o sistema controlado, luego de que se haya cumplido la secuencia de trabajo respectiva.

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. La eliminación de errores es otra contribución positiva del uso del control automático

El campo del control automático desde el punto de vista práctico se puede dividir en tres secciones:

- a) Control de procesos que involucran cambios químicos y de estado.
- b) Control de manufactura que involucra cambio de forma.

c) Control de posición fundamentalmente, con niveles de potencia por encima de unos pocos watts.

Algunas de las muchas ventajas del control automático, ya muy difundido, son las siguientes:

- a) Mejora de la calidad de los
- c) Economía de materiales
- d) Economía de energía o potencia
- e) Economía de equipos industriales
- f) Reducción d inversión de mano de obra en tareas no especializadas.

Estos factores generalmente contribuyen a aumentar la productividad. La difusión de la aplicación del control automático en la industria ha creado la necesidad de elevar el nivel de la educación de un sector de obreros semiespecializados, capacitándolos para desempeñar tareas de mayor responsabilidad: el manejo y mantenimiento de equipos e instrumentos de control.

1.2.1 SISTEMAS DE CONTROL.

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

Los sistemas de control automático son fundamentales para el manejo de los procesos de producción de las plantas industriales. Está comprobado que el aumento de la productividad está muy relacionado a la automatización de los procesos en la medida que se haga un uso eficiente de los equipos y sistemas asociados. Actualmente la tecnología permite establecer una serie de estrategias de control que eran de difícil implementación hasta hace solamente algunos años atrás, en especial en procesos industriales complejo, a continuación se describe el planteamiento de un sistema físico para el control.

La condición necesaria para que el control de un sistema físico cumpla con su finalidad es que este sistema funcione correctamente. Para el control los componentes del sistema físico se consideran dentro de una “caja negra” y más bien se considera al sistema en forma paramétrica, siendo los parámetros funcionales del sistema, desde el punto de vista de control los siguientes:

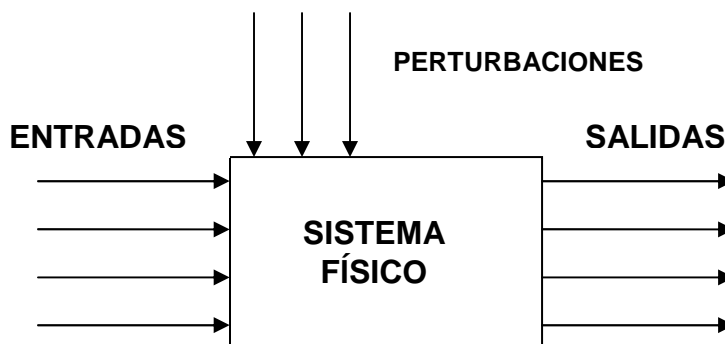


FIGURA 1.1 Planteamiento de un Sistema Físico para Control

SALIDAS: Son parámetros cuantificables que representan los objetivos de un sistema.

ENTRADAS: Son parámetros cuantificables sobre los que se puede actuar directamente.

PERTURBACIONES: Son parámetros generalmente del medio ambiente en que funciona el sistema y que son muy difíciles o imposible de evitarlos. Estos parámetros se consideran perturbaciones solamente cuando estos afectan significativamente en el funcionamiento de un sistema.

Para cuantificar estos parámetros se pueden usar valores discretos (entre los más importantes están: ON/OFF; ENCENDIDO/APAGADO; 0/1, etc.) o también rangos de valores sean discretos o continuos.

Ejemplos de sistemas planteados para el control.

En base a los criterios anteriores se presentan a continuación ejemplos de planteamientos de sistemas físicos para control en que se han establecidos sus parámetros: entradas, salidas y perturbaciones.

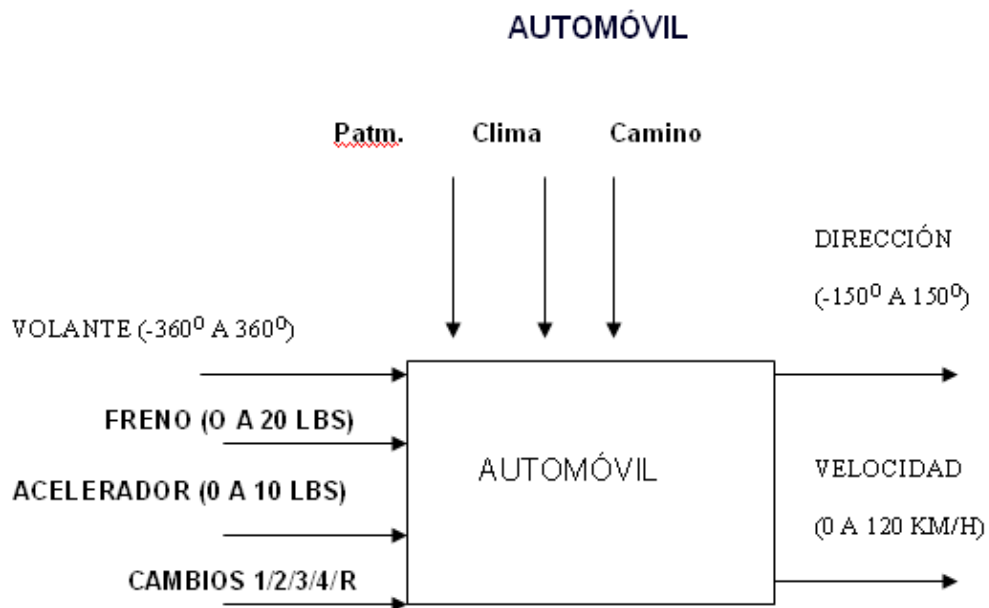


FIGURA 1.2 Sistema físico Automóvil

1.2.2 CONTROL DE LAZO ABIERTO

Este tipo de control se da para aquellos sistemas simples, que no tienen perturbaciones y en los que, por tanto, no es necesario comprobar si efectivamente se cumplen los valores de las salidas.

Este tipo de control se define en el siguiente esquema:

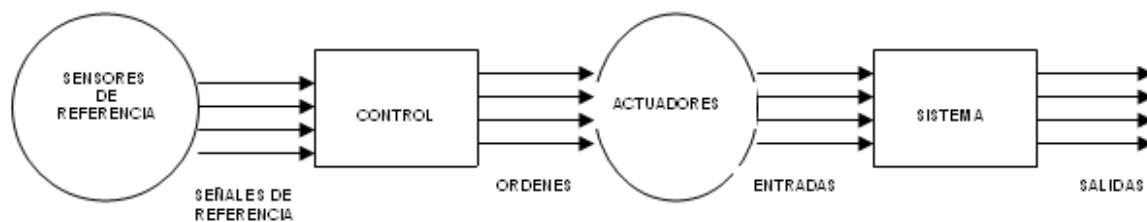


FIGURA 1.3 Sistema de control abierto

Las señales de referencia son la información inicial que se envía al controlador y que indican cuales son los valores de salida del sistema que se requieren.

.2.3 CONTROL DE LAZO CERRADO O RETROALIMENTADO.

Este tipo de control se define en el siguiente esquema:

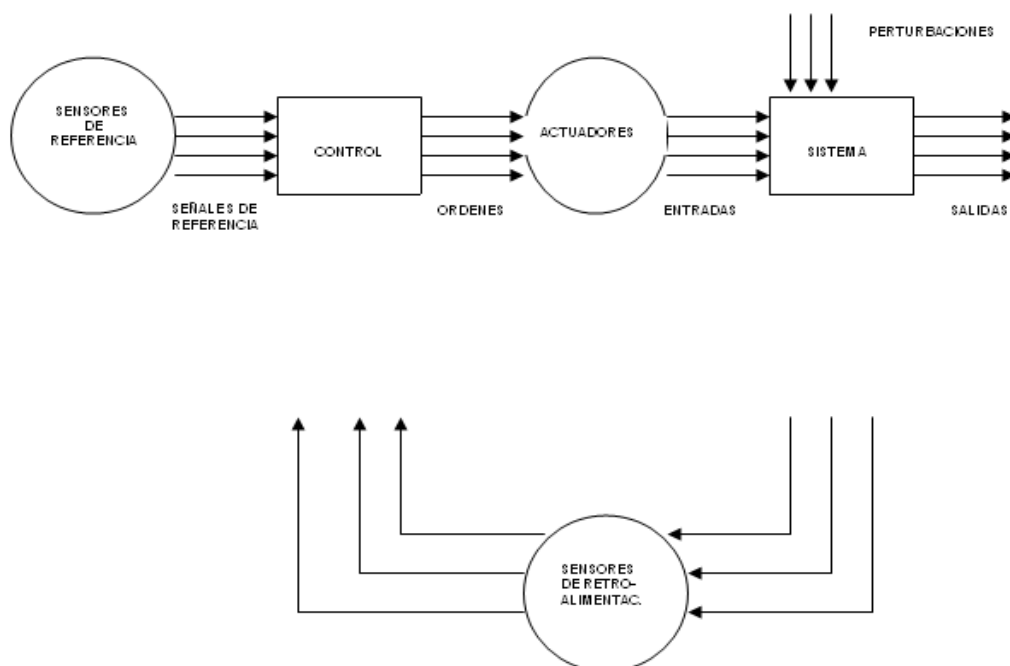


FIGURA 1.4 Sistema de control retroalimentado

Este tipo de control se utiliza para aquellos sistemas que tienen perturbaciones y en los que es necesario comprobar (prueba – error) si se están cumpliendo los valores de las salidas deseadas.

Los sensores de retroalimentación detectan los valores de las salidas del sistema y envían esta información al controlador en que se comparan estos valores con los de referencia y se corrigen de forma secuencial los errores hasta que converjan a los valores buscados.

.2.4 CONTROL SECUENCIAL.

Este tipo de control establece una secuencia de ejecución de procesos o eventos. Esta secuencia puede ser cíclica o no.

Por ejemplo: un semáforo, el arranque de un quemador de fuel oil, un dosificador de líquidos, el arranque de un motor eléctrico trifásico, etc.

.2.5 CONTROL DE VARIABLES.

Este tipo de control tiene como finalidad de que los parámetros de salida de un sistema físico converjan a los valores deseados y de referencia. Por ejemplo: la temperatura de un horno, la presión de un cilindro neumático, la presión de una unidad de generación de vapor, etc.

.2.6 SEÑALES DIGITALES Y ANALÓGICAS.

Las señales de información transmitidas entre los diferentes componentes y elementos de un sistema de control se dividen en dos tipos que son:

- **SEÑALES ANALÓGICAS:** Son señales continuas físicas de la naturaleza.

- **SEÑALES DIGITALES:** Son señales discretas o discontinuas que se encuentran codificadas.

Dependiendo de cual de estas señales o información es la predominante en un elemento, equipo o sistema de control a este se lo define como analógico o digital.

1.2.7 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto y a lazo cerrado. La distinción la determina la acción de 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 a lazo abierto tienen dos rasgos sobresalientes:

a) La habilidad que éstos 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 presentan los de lazo cerrado.

1.2.8 APLICACIONES DEL CONTROL AUTOMÁTICO

En casi todas las fases de procesos industriales se utilizan aparatos de control automático. Se usan corrientemente en:

1- Industrias de procesamiento como la del petróleo, química, acero, energía y alimentación para el control de la temperatura, presión, caudal y variables similares.

2- Manufactura de artículos como repuestos o partes de automóviles, heladeras y radio, para el control del ensamble, producción, tratamiento térmico y operaciones similares.

3- Sistemas de transporte, como ferrocarriles, aviones, proyectiles y buques.

4- Máquinas herramientas, compresores y bombas, máquinas generadoras de energía eléctrica para el control de posición, velocidad y potencia.

1.3 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES PLC'S.

1.3.1 INTRODUCCIÓN.

Un controlador lógico programable (PLC, por sus siglas en inglés) se define como un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de configuración de secuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas, para el control de maquinaria y procesos.

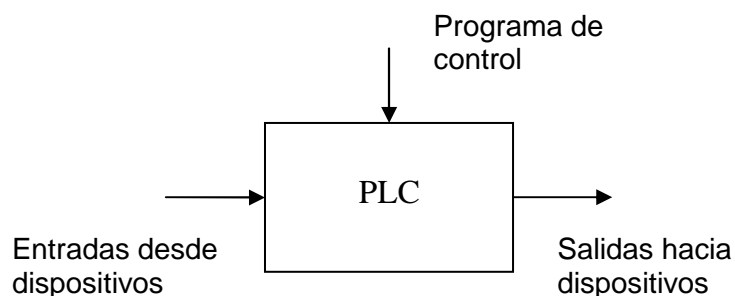


FIGURA 1.6 Controlador Lógico

Este tipo de procesadores se denomina lógico debido a que su programación básicamente tiene que ver con la ejecución de operaciones lógicas y de conmutación. Los dispositivos de entrada (por ejemplo, un interruptor) y los dispositivos de salida (por ejemplo, un motor), que están bajo control, se conectan al PLC; de esta manera el controlador monitorea las entradas y salidas, de acuerdo con el programa diseñado por el operador para el PLC y que éste conserva en memoria, y de esta manera se controlan máquinas o procesos.

En un principio, el propósito de estos controladores fue sustituir la conexión física de relevadores de los sistemas de control lógicos y de sincronización. Los PLC's tienen la gran ventaja de que permiten modificar un sistema de control sin tener que volver a alambrar las conexiones de los dispositivos de entrada y de salida; basta con que el operador digite en un teclado las instrucciones correspondientes.

Lo anterior permite contar con un sistema flexible mediante el cual es posible controlar sistemas muy diversos entre sí, tanto en tipo como en complejidad.

Si bien los PLCs son similares a las computadoras, tienen características específicas que permiten su empleo como controladores. Éstas son:

1. Son robustos y están diseñados para resistir vibraciones, temperatura, humedad y ruido.
2. La interfaz para las entradas y las salidas está dentro del controlador.
3. Es muy fácil programarlos, así como entender el lenguaje de programación. La programación básicamente consiste en operaciones de lógica y conmutación.

1.3.2 ESTRUCTURA BÁSICA.

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

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

- Estructura compacta.
- Estructura semimodular. (Estructura Americana)
- Estructura modular. (Estructura Europea)

1.3.2.1 Estructura compacta

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

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



FIGURA 1.7 Controladores Lógico Programables

1.3.2.2 Estructura semimodular

Se caracteriza por separar las E/S del resto del autómata, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S.

Son los autómatas de gama media los que suelen tener una estructura semimodular (Americana).

1.3.2.3 Estructura modular

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

Son los autómatas de gama alta los que suelen tener una estructura modular, que permiten una gran flexibilidad en su constitución.

1.3.3 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema.

La alimentación a la CPU puede ser de continua a 24 Vcc, tensión muy frecuente en cuadros de distribución, o en alterna a 110/220 Vca. En cualquier caso es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno.

La alimentación a los circuitos E/S puede realizarse, según tipos, en alterna a 48/110/220 Vca o en continua a 12/24/48 Vcc.

La fuente de alimentación del autómatas puede incorporar una batería tampón, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa usuario en memoria RAM, cuando falla la alimentación o se apaga el autómatas.

1.3.4 INTERFACES

En el control de un proceso automatizado, es imprescindible un dialogo entre operador-máquina junto con una comunicación entre la máquina y el autómatas, estas comunicaciones se establecerán por medio del conjunto de entradas y salidas del citado elemento.

Los autómatas son capaces de manejar tensiones y corrientes de nivel industrial, gracias a que disponen un bloque de circuitos de interfaz de E/S muy potente, que les permite conectarse directamente con los sensores y accionamientos del proceso.

De entre todos los tipos de interfaces que existen, las interfaces específicas permiten la conexión con elementos muy concretos del proceso de automatización. Se pueden distinguir entre ellas tres grupos bien diferenciados:

- Entradas / salidas especiales.
- Entradas / salidas inteligentes.
- Procesadores periféricos inteligentes.

Las interfaces especiales del primer grupo se caracterizan por no influir en las variables de estado del proceso de automatización. Únicamente se encargan de adecuar las E/S, para que puedan ser inteligibles por la CPU, si son entradas, o para que puedan ser interpretadas correctamente por actuadores (motores, cilindros, etc.), en el caso de las salidas.

1.3.5 MEMORIA

La memoria es el almacén donde el autómatas guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control.

Datos del proceso:

- Señales de planta, entradas y salidas.
- Variables internas, de bit y de palabra.
- Datos alfanuméricos y constantes.

Datos de control:

- Instrucciones de usuario (programa)
- Configuración del autómatas (modo de funcionamiento, número de e/s conectadas)

Existen varios tipos de memorias:

- RAM. Memoria de lectura y escritura.
- ROM. Memoria de solo lectura, no reprogramable.

- EPROM. Memoria de solo lectura, reprogramables con borrado por ultravioletas.
- EEPROM. Memoria de solo lectura, alterables por medios eléctricos.

La memoria RAM se utiliza principalmente como memoria interna, y únicamente como memoria de programa en el caso de que pueda asegurarse el mantenimiento de los datos con una batería exterior.

La memoria ROM se utiliza para almacenar el programa monitor del sistema como hemos visto en el apartado dedicado a la CPU.

Las memorias EPROM se utilizan para almacenar el programa de usuario, una vez que ha sido convenientemente depurada.

Las memorias EEPROM se emplean principalmente para almacenar programas, aunque en la actualidad es cada vez más frecuente el uso de combinaciones RAM + EEPROM, utilizando estas últimas como memorias de seguridad que salvan el contenido de las RAM. Una vez reanudada la alimentación, el contenido de la EEPROM se vuelca sobre la RAM. Las soluciones de este tipo están sustituyendo a las clásicas RAM + batería puesto que presentan muchos menos problemas.

1.3.5.1 Memoria interna

En un autómata programable, la memoria interna es aquella que almacena el estado de las variables que maneja el autómata: entradas, salidas, contadores, relés internos, señales de estado, etc. Esta memoria interna se encuentra dividida en varias áreas, cada una de ellas con un cometido y características distintas.

La clasificación de la memoria interna no se realiza atendiendo a sus características de lectura y escritura, sino por el tipo de variables que almacena y el número de bits que ocupa la variable. Así, la memoria interna del autómata queda clasificada en las siguientes áreas.

Área de imágenes de entradas/salidas y Área interna (IR).

En esta área de memoria se encuentran:

- Los canales (registros) asociados a los terminales externos (entradas y salidas).
- Los relés (bit) internos (no correspondidos con el terminal externo), gestionados como relés de E/S.
- Los relés E/S no usados pueden usarse como IR.
- No retienen estado frente a la falta de alimentación o cambio de modo de operación.

Área especial (SR).

Son relés de señalización de funciones particulares como:

- Servicio (siempre ON, OFF)
- Diagnósis (señalización o anomalías)
- Temporizaciones (relojes a varias frecuencias)
- Cálculo
- Comunicaciones
- Accesible en forma de bit o de canal.
- No conservan su estado en caso de fallo de alimentación o cambio de modo.

Área auxiliar (AR).

Contienen bits de control e información de recursos de PLC como: Puerto RS232C, puertos periféricos, casetes de memoria...

- Se dividen en dos bloques:

Señalización: Errores de configuración, datos del sistema.

Memorización y gestión de datos

- Es un área de retención.
- Accesible en forma de bit o de canal.
- No conservan su estado en caso de fallo de alimentación o cambio de modo.

Área de enlace (LR).

- Se utilizan para el intercambio de datos entre dos PLC's unidos en forma PC Link (1:1).
- Dedicados al intercambio de información entre PLC's.
- Si no se utilizan como LR pueden usarse como IR.
- Accesible en forma de bit o canal.
- No conservan su estado en caso de fallo de alimentación o cambio de modo.

Área de retención (HR).

- Mantienen su estado ante fallos de alimentación o cambio de modo de PLC.
- Son gestionados como los IR y direccionables como bit o como canal.

Área de temporizadores y contadores (TIM/CNT).

- Es el área de memoria que simula el funcionamiento de estos dispositivos.
- Son usados por el PLC para programar retardos y contajes.

Área de datos (DM).

- Se trata de memoria de 16 bits (palabra).
- Utilizable para gestión de valores numéricos.
- Mantiene su estado ante cambios de modos de trabajo o fallo de alimentación.
- Direccionables como Canal (palabra).
- Esta área suele contener los parámetros de configuración del PLC (setup).

1.3.6 CAMPOS DE APLICACIÓN

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

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

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

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

Ejemplos de aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transfer
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones:
 - Instalación de aire acondicionado, calefacción.
 - Instalaciones de seguridad

- Señalización y control:
 - Chequeo de programas
 - Señalización del estado de procesos

1.3.7 VENTAJAS E INCONVENIENTES

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

1.3.7.1 Ventajas

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
- No es necesario dibujar el esquema de contactos
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.

- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

1.3.7.2 Inconvenientes

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

1.3.8 FUNCIONES BÁSICAS DE UN PLC

- Detección:

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

- Mando:

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

- Dialogo hombre maquina:

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

- Programación:

Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómeta. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la maquina.

1.3.9 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

1.3.9.1 Lenguaje a contactos (LD)

Es el que más similitud tiene con el más utilizado con el de un electricista al elaborar cuadros de automatismo. Muchos autómetas incluyen módulos especiales de software para poder programar gráficamente de esta forma.

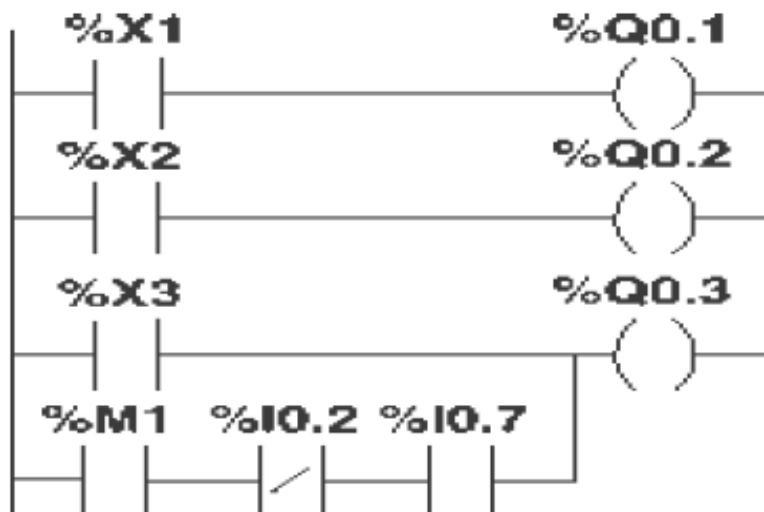


FIGURA 1.8 Diagrama de lenguaje LD

1.3.9.2 Lenguaje por Listas de Instrucciones. (IL)

En los autómatas de gama baja, es el único modo de programación. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos que se asocian a los símbolos y combinación en los circuitos eléctricos a contactos. Este tipo de lenguaje es, en algunos casos, la forma más rápida de programación.

```

000 LD %I0.1 Bp. inicio ciclo
    AND %I0.0 Dp. presencia vehiculo
    AND %M3 Bit autorización reloj calendario
    AND %I0.5 Fc. alto rodillo
    AND %I0.4 Fc. detrás pórtico
005 S %M0 Memo inicio ciclo
    LD %M2
    AND %I0.5
    OR %I0.2 Bp. parada ciclo
    R %M0
010 LD %M0
    ST %Q0.0 Piloto ciclo
  
```

FIGURA 1.9 Diagrama de lenguaje IL

1.3.9.3 Diagrama de bloques de función. (FBD)

El plano de funciones lógicas, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología utilizada es equivalente.

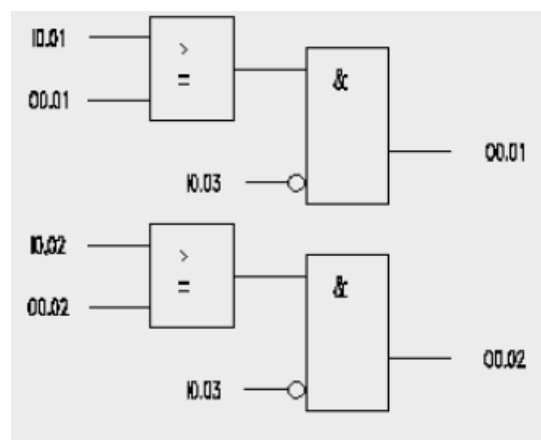


FIGURA 1.10 Diagrama de lenguaje FBD

1.3.9.4 Carta funcional secuencial. (SFC)

Las acciones son asociadas a las etapas y las condiciones a cumplir a las transiciones.

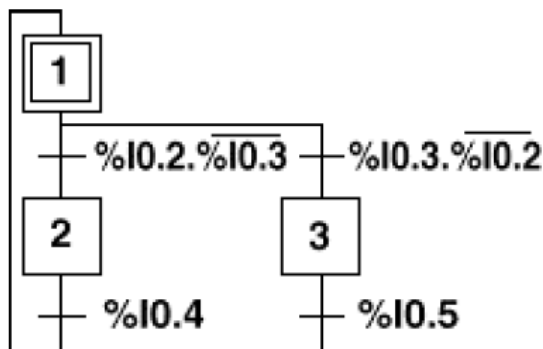


FIGURA 1.11 Diagrama de lenguaje SFC

1.3.10 TEMPORIZADORES.-

En términos muy simples un temporizador es una instrucción que espera una cantidad de tiempo determinado antes de realizar una acción específica. Una gran dificultad aparece al considerar que no existe una estandarización para su implementación por parte de los fabricantes de PLC. Sin embargo, la mayoría se puede clasificar en los siguientes grupos. Como una forma de reconocerlos en los catálogos se conserva sus nombres en inglés.

1.3.10.1. - On-Delay timer.-

Este tipo de temporizador simplemente retrasa el encendido de una salida. En otras palabras, después de que un sensor se ha encendido debido a la detección de su objetivo, espera una cantidad determinada de segundos antes de activar un solenoide. Este es el más común de los temporizadores. Se denomina generalmente como TON (timer on-delay), TIM (timer) o TMR (timer).

1.3.10.2. - Off-Delay timer.-

Este tipo de temporizador es el caso opuesto al anterior. Este temporizador retrasa el apagar una salida. Después de que un sensor ha detectado su objetivo este enciende un solenoide. Cuando el objetivo ya no está frente al sensor, esta instrucción demora el apagar el solenoide al que esta conectado el sensor. Este temporizador se denomina como TOF (time off-delay) y es menos común que el temporizador on-delay.

1.4 SENSORES

Un sensor es un dispositivo que detecta, o *sensa* manifestaciones de cualidades o fenómenos físicos, como la energía, velocidad, aceleración, tamaño, cantidad, etc. Capta el valor de la variable de procesos y envía una señal de señal predeterminada. Por estar en contacto con la variable también se denomina detector, el cual absorbe energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable. El sensor puede formar parte de otro instrumento (por Ej.: un transistor) o bien puede estar separado.

Podemos decir también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro elemento. Muchos de los sensores son eléctricos o electrónicos, aunque existen otros tipos.

A continuación se indican algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos:

- Sensores de temperatura: Termopar, Termistor



FIGURA 1.12 Sensores de temperatura

- Sensores de luz: fotodiodo, fotorresistencia, fototransistor

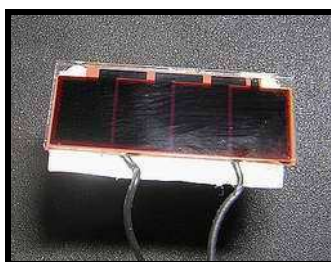


FIGURA 1.13 Sensor de luz

- Sensores de contacto: final de carrera
- Sensores de proximidad: sensor de proximidad



FIGURA 1.14 Sensores de proximidad

1.4.1 SELECCIÓN DE LOS SENSORES EN LA AUTOMATIZACIÓN

La selección se basa en la decisión sobre cual es el sensor más adecuado. Esto depende del material del objeto el cual debe detectarse.

Si el objeto es metálico, se requiere un sensor inductivo. Si el objeto es de plástico, papel, o si es líquido (basado en aceite o agua), granulado o en polvo, se requiere un sensor capacitivo. Si el objeto puede llevar un imán, es apropiado un sensor magnético.

Para elegir un sensor adecuado se deben seguir estos cuatro pasos:

- FORMA DE LA CARCASA
- DISTANCIA OPERATIVA.
- DATOS ELECTRÓNICOS Y CONEXIONES
- GENERALIDADES

1.4.2 CARACTERÍSTICAS.

- Son de confección pequeña, pero robustos
- Mayor distancia de operación.
- Detectan cualquier material.
- Larga vida útil

1.4.3 APLICACIONES

- Control de cintas transportadoras,
- Control de alta velocidad
- Detección de movimiento
- Conteo de piezas,

- Sensado de aberturas en sistemas de seguridad y alarma
- Sistemas de control como finales de carrera. (PLC's)
- Sensor óptico.
- Sistema de protección tipo barrera en rejillas de acceso en una prensa hidráulica, donde la seguridad del operario es una prioridad.
- Detección de piezas que viajan a muy alta velocidad en una línea de producción (industria electrónica o embotelladoras).
- Detección de piezas en el interior de pinzas, en este caso el sensor esta constituido por un emisor y un receptor de infrarrojos ubicados uno frente a otro, de tal forma que la interrupción de la señal emitida, es un indicador de la presencia de un objeto en el interior de las pinzas.

1.5. CONTROLADORES

Comparan la variable controlada (presión, nivel, temperatura) con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación.

La variable controlada la pueden recibir directamente, como controladores locales o bien indirectamente en forma de señal neumática, electrónica, o digital procedente de un transmisor.

En el control eléctrico el elemento suele ser una válvula motorizada que efectúa su carrera completa accionada por un servomotor eléctrico. En el control electrónico y en particular en regulación de temperatura de hornos eléctricos pueden utilizarse rectificadores de silicio (tiristores). Estos se comportan esencialmente como bobinas de impedancia variable y varían la corriente de alimentación de las resistencias del horno en la misma forma en que una válvula de control cambia el caudal de fluido en una tubería.

1.5.1 ACTUADORES

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen tres tipos de actuadores:

- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

La estructura de un actuador eléctrico es simple ya que sólo se requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

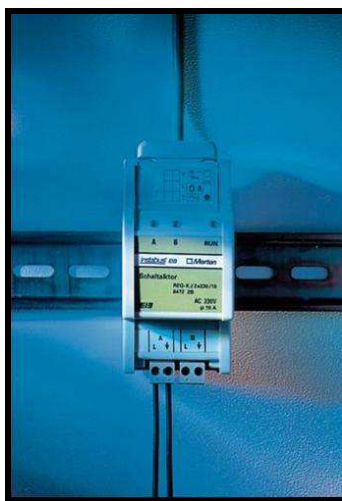


FIGURA 1.15 Actuador electrónico

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua.

Para cada tipo de carga existe un determinado tipo de actuador.

Según se trate de un circuito de iluminación, de un motor o de una válvula, habrá que seleccionar el actuador correspondiente para el correcto funcionamiento del sistema.

Los actuadores vienen en distintos formatos según el tipo de montaje que se quiera realizar.

1.5.2 APLICACIÓN

- Los actuadores eléctricos también son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots. Los servomotores CA sin escobillas se utilizarán en el futuro como actuadores de posicionamiento preciso debido a la demanda de funcionamiento sin tantas horas de mantenimiento.

CAPITULO II

2.1 MOTOR ELÉCTRICO

Un Motor Eléctrico es una máquina que convierte energía eléctrica en energía mecánica. Cuando la electricidad proveniente de una batería u otra fuente de energía se conecta a un motor, el eje comienza a girar. Algunos motores funcionan con fuentes de corriente continua (DC), por ejemplo, con una batería, y otros se abastecen de corriente alterna (AC). Si bien existen muchos diseños de motores eléctricos, los principios de funcionamiento son los mismos.

2.1.1 FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR.

El inductor del motor produce un campo electromagnético fijo.

Al recibir corriente el devanado del inducido trabaja como un electroimán, produciendo un campo electromagnético móvil.

La interacción de los dos campos electromagnéticos, hace girar al inducido por efectos de atracción y repulsión. Si se alimenta sólo el inductor de un motor y se hace girar a su inducido, el motor trabaja como dinamo produciendo corriente continua.

Cuando el inducido está parado y se le aplica el voltaje de funcionamiento normal, se producirá una gran corriente, que podría dañar el colector y las bobinas del inducido.

El medio normal de prevenir estos daños es el uso de resistencias en serie o regulación chopper, para disminuir la corriente antes de que el motor consiga desarrollar el voltaje inducido adecuado. Cuando el motor acelera, la resistencia se reduce gradualmente tanto de forma manual como automática.

2.1.2 PARTES DE UN MOTOR ELÉCTRICO

2.1.2.1 Descripción

Está constituida por una parte fija o estator, compuesta por la carcasa e inductores, y una parte móvil o rotor, compuesta por inducido y colector.

Los devanados (bobinas) del inductor e inducido del motor son alimentados con la corriente continua que el pantógrafo capta de la línea, una vez que ha sido acondicionada en la cámara de alta según las exigencias de potencia y velocidad del motor en cada instante.

2.1.2.1.1 Carcasa e inductores.

La carcasa es una pieza de fundición o acero moldeado que cierra el circuito magnético del inductor y protege los demás elementos del motor contra golpes y suciedad.

En su cara interna están montados los electroimanes inductores, terminados en una pieza curvada llamada pieza polar.

Los inductores crean un campo magnético en cuyo interior gira el inducido.

2.1.2.1.2 Inducido y colector

Ambos elementos constituyen el rotor del motor que gira dentro del campo inductor.

El espacio libre que queda entre el rotor y el estator se llama **entre hierro**.

Este espacio debe ser lo más pequeño posible para lograr un rendimiento mejor del motor.

El **inducido** está formado por un núcleo cilíndrico de láminas de hierro, aisladas entre sí, sobre las que se devana un hilo de cobre.

Los extremos de cada bobina del devanado inducido se sueldan a unas piezas de cobre llamadas delgas, caladas en el mismo eje del inducido y aisladas entre sí con láminas de mica.



FIGURA 2.1 Motor Eléctrico

Existen diferentes tipos de motores eléctricos y son los siguientes:

2.1.3 SELECCIÓN DE UN MOTOR

Elegir correctamente la potencia del motor. El rendimiento máximo se obtiene cuando éste opera entre el 75% y el 95% de su potencia nominal y cae bruscamente para cargas reducidas o cuando trabaja sobrecargado. Adicionalmente los motores de inducción a cargas bajas o en vacío tienen un factor de potencia muy bajo

Seleccionar el motor de acuerdo con su ciclo de trabajo. Operar un motor para servicio continuo, en accionamientos de operación intermitente, con frecuentes arranques y paros, ocasiona una depreciación de sus características de operación y eficiencia. Además de que se puede dañar el aislamiento de los devanados por la elevación de la temperatura. Seleccionar el armazón del motor, de acuerdo con el ambiente en que va a estar trabajando. Los motores abiertos son más sencillos

y por lo tanto menos costosos, además de operar con mayor factor de potencia. Sin embargo, en condiciones adversas del medio, los motores cerrados serán los indicados.

Seleccionar correctamente la velocidad del motor. Si la carga lo permite prefiera motores de alta velocidad, son más eficientes y si se trata de motores de corriente alterna, trabajan con un mejor factor de potencia. . Utilizar motores de inducción trifásicos en lugar de monofásicos. En motores de potencia equivalente, su eficiencia es de 3 a 5% mayor y su factor de potencia mejora notablemente. . Utilizar motores síncronos en lugar de motores de inducción. Cuando se requieren motores de gran potencia y baja velocidad la elección de un motor síncrono debe ser considerada. Compíte en costo con uno de inducción de características similares, su eficiencia es de 1 al 3% mayor, su velocidad es constante y contribuye a mejorar el factor de potencia de la instalación.

Seleccionar motores síncronos con un factor de potencia cercano a la unidad, para mejorar el factor de potencia de la instalación. Evitar hasta donde sea posible el arranque y la operación simultánea de motores, sobre todo los de mediana y gran capacidad, para disminuir el valor máximo de la demanda.

Utilizar arrancadores a tensión reducida, en aquellos motores que realicen un número elevado de arranques. Con esto se evita un calentamiento excesivo en los conductores y se logra disminuir las pérdidas durante la aceleración.

2.1.4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MOTORES.

Sustituir los motores antiguos o de uso intenso. Los costos de operación y mantenimiento de motores viejos o de motores que por su uso han depreciado sus características de operación, pueden justificar su sustitución por motores normalizados y de alta eficiencia. . Efectuar correctamente la instalación eléctrica y el montaje de los motores y su carga. Las Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas en su capítulo referente a motores, y las recomendaciones de los

fabricantes son consulta obligada para asegurar el funcionamiento adecuado de los equipos.

Realizar en forma correcta la conexión a tierra de los motores. Una conexión defectuosa o la ausencia de ésta, puede poner en peligro la vida de los operarios si se presenta una falla a tierra. Además de ocasionar corrientes de fuga que no son liberadas por el equipo de protección con un dispendio de energía.

Evitar concentrar motores en locales reducidos o en lugares que puedan dificultar su ventilación. Un sobrecalentamiento del motor se traduce en una disminución de su eficiencia.

- Corregir la caída de tensión en los alimentadores. Una tensión reducida en las terminales del motor, acarrea entre otros, un incremento de la corriente, sobrecalentamiento y disminución de su eficiencia. Las normas permiten una caída máxima del 3% (o del 5% en la combinación de alimentador y circuito derivado) pero es recomendable que no rebase el 1%.
- Balancear la tensión de alimentación en los motores trifásicos de corriente alterna. El desequilibrio entre fases no debe excederse en ningún caso del 5%, pero mientras menor sea el desbalance, los motores operan con mayor eficiencia.
- Compensar la energía reactiva demandada por los motores de corriente alterna más importantes o con mayor número de horas de funcionamiento, mejorando el factor de potencia de la instalación, con lo que se reducen las pérdidas de la potencia y de la tensión en los conductores

Utilizar arrancadores estrella-delta o de devanado partido, como alternativa de los arrancadores a tensión reducida cuando la carga impulsada no requiera de alto par de arranque. Son más económicos y eficientes en términos de energía, pero tienen el inconveniente de que el par de arranque se reduce notoriamente.

- Sustituir en los motores de rotor devanado, los reguladores con resistencias para el control de la velocidad, por reguladores electrónicos más eficientes. En las resistencias se llega a consumir hasta un 20% de la potencia que el motor toma de la red.

- Instalar arrancadores electrónicos en lugar de los reóstatos convencionales para el arranque de los motores de corriente directa. Permiten una mayor eficiencia en el arranque con el consiguiente ahorro de energía.
- Sustituir motores con engranes, poleas, bandas u otro tipo de transmisión, para reducir la velocidad del motor, por motores de velocidad ajustable con reguladores electrónicos.
- Instalar motores de velocidad ajustable con reguladores electrónicos, en aquellos accionamientos, en donde la carga sea variable y se pueda controlar ajustando la velocidad.

Evaluar la posibilidad de conectar la ventilación solamente durante las bajas velocidades, en aquellos motores de velocidad ajustable y ventilación separada provista por equipos auxiliares. Con esto se puede reducir el consumo de energía en el sistema de ventilación.

Preferir el acoplamiento individual, en accionamientos con un grupo de, motores, así se consigue mejor que cada motor trabaje lo más cerca posible de su máxima carga.

Revisar periódicamente las conexiones del motor, junto con las de su arrancador y demás accesorios. Conexiones flojas o mal realizadas con frecuencia originan un mal funcionamiento del motor y ocasionan pérdidas por disipación de calor.

Mantener en buen estado los portaescobillas, escobillas, conmutadores y anillos colectores en motores de corriente directa, síncronos y de rotor devanado. Un asentamiento incorrecto de las escobillas sobre el conmutador en los anillos colectores, provoca sobrecalentamientos y pérdidas de energía.

- Mantener bien ajustado y en óptimas condiciones el interruptor de arranque de los motores monofásicos de fase partida. El mal funcionamiento de este accesorio que se emplea para desconectar el devanado de arranque (y el condensador en los motores de arranque por condensador) provoca un sobrecalentamiento en los conductores con una pérdida de energía y en caso extremo la falla del motor.

- Mantener en óptimas condiciones los sistemas de ventilación y enfriamiento de los motores, para evitar sobrecalentamientos que puedan aumentar las pérdidas en los conductores del motor y dañar los aislamientos.

Verificar periódicamente la alineación del motor con la carga impulsada. Una alineación defectuosa puede incrementar las pérdidas por rozamiento y en caso extremo ocasionar daños mayores en el motor y en la carga.

Reparar o cambiar los ejes del motor y de la transmisión, si se han doblado por sobrecarga o por mal uso. Un eje en mal estado incrementa las pérdidas por fricción y puede ocasionar daños severos sobre todo en los cojinetes del motor.

Mantener en buen estado los medios de transmisión entre el motor y la carga, tales como: poleas, engranes, bandas y cadenas. Si estos no se encuentran en condiciones apropiadas o su instalación es incorrecta, pueden ocasionar daños importantes, además de representar una carga inútil para el motor.

Mantener en óptimas condiciones los cojinetes del motor. Una cantidad considerable de energía se pierde en cojinetes en mal estado o si su lubricación es inadecuada (insuficiente o excesiva). Repárelos o sustitúyalos si tienen algún desperfecto y siga las instrucciones del fabricante para lograr una correcta lubricación.

2.2. MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA (DC)

Se utilizan en casos en los que es de importancia el poder regular continuamente la velocidad del eje y en aquellos casos en los que se necesita de un toque de arranque elevado.

Además, utilizan en aquellos casos en los que es imprescindible utilizar corriente continua, como es el caso de trenes y automóviles eléctricos, motores para utilizar

en el arranque y en los controles de automóviles, motores accionados a pilas o baterías, etc.

Para funcionar, el motor de corriente continúa o directa precisa de dos circuitos eléctricos distintos: el circuito de campo magnético y el circuito de la armadura.

El campo (básicamente un imán o un electroimán) permite la transformación de energía eléctrica recibida por la armadura en energía mecánica entregada a través del eje. La energía eléctrica que recibe el campo se consume totalmente en la resistencia externa con la cual se regula la corriente del campo magnético. Es decir ninguna parte de la energía eléctrica recibida por el circuito del campo, es transformada en energía mecánica. El campo magnético actúa como una especie de catalizador que permite la transformación de energía en la armadura.

La armadura consiste en un grupo de bobinados alojados en el rotor y en un ingenioso dispositivo denominado colector mediante el cual se recibe corriente continua desde una fuente exterior y se convierte la correspondiente energía eléctrica en energía mecánica que se entrega a través del eje del motor. En la transformación se pierde un pequeño porcentaje de energía en los carbones del colector, en el cobre de los bobinados, en el hierro (por corrientes parásitas e histéresis), en los rodamientos del eje y la fricción del rotor por el aire.

2.3. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA (AC)

Bajo el título de motores de corriente alterna podemos reunir a los siguientes tipos de motor.

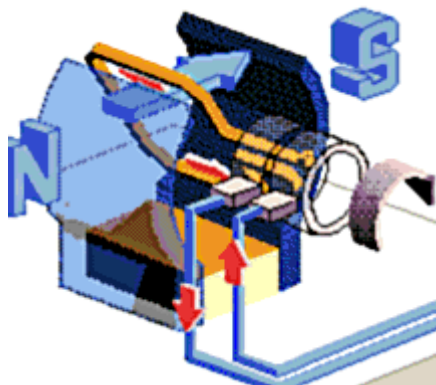


FIGURA 2.2 Motor de corriente alterna

- Motor Síncrono
- El Motor Asíncrono o de Inducción

2.3.1 EL MOTOR SÍNCRONO

Este motor tiene la característica de que su velocidad de giro es directamente proporcional a la frecuencia de la red de corriente alterna que lo alimenta. Por ejemplo si la fuente es de 60Hz, si el motor es de dos polos, gira a 3600 RPM; si es de cuatro polos gira a 1800 RPM y así sucesivamente. Este motor o gira a la velocidad constante dada por la fuente o, si la carga es excesiva, se detiene.

El motor síncrono es utilizado en aquellos casos en que los que se desea velocidad constante. En nuestro medio sus aplicaciones son mínimas y casi siempre están en relacionadas con sistemas de regulación y control mas no con la transmisión de potencias elevadas.

Como curiosidad vale la pena mencionar que el motor síncrono, al igual que el motor de corriente directa, precisa de un campo magnético que posibilite la transformación de energía eléctrica recibida por su correspondiente armadura en energía mecánica entregada a través del eje.

A pesar de su uso reducido como motor, la maquina síncronica es la mas utilizada en la generación de energía eléctrica. Por ejemplo, en nuestro país, todas las

centrales hidroeléctricas y termoeléctricas mediante generadores sincrónicos trifásicos.

2.3.2 EL MOTOR ASINCRÓNICO O DE INDUCCIÓN

Si se realizara a nivel industrial una encuesta de consumo de la energía eléctrica utilizada en alimentar motores, se vería que casi la totalidad del consumo estaría dedicado a los motores asincrónicos.

Estos motores tienen la peculiaridad de que no precisan de un campo magnético alimentado con corriente continua como en los casos del motor de corriente directa o del motor sincrónico.

Una fuente de corriente alterna (trifásica o monofásica) alimenta a un estator. La corriente en las bobinas del estator induce corriente alterna en el circuito eléctrico del rotor (de manera algo similar a un transformador) y el rotor es obligado a girar.

De acuerdo a la forma de construcción del rotor, los motores asincrónicos se clasifican en:

- Motor Asincrónico de Rotor Bobinado
- Motor Asincrónico tipo Jaula de Ardilla

2.3.2.1 Motor asincrónico de rotor bobinado

Se utiliza en aquellos casos en los que la transmisión de potencia es demasiado elevada (a partir de 200 Kw.) y es necesario reducir las corrientes de arranque. También se utiliza en aquellos casos en los que se desea regular la velocidad del eje.

Su característica principal es que el rotor se aloja un conjunto de bobinas que además se pueden conectar al exterior a través de anillos rozantes. Colocando resistencias variables en serie a los bobinados del rotor se consigue suavizar las

corrientes de arranque. De la misma manera, gracias a un conjunto de resistencias conectadas a los bobinados del rotor, se consigue regular la velocidad del eje. Un detalle interesante es que la velocidad del eje nunca podrá ser superior que la velocidad correspondiente si el motor fuera síncrono.

2.3.2.2 Motor asincrónico tipo jaula de ardilla

Finalmente aquí llegamos al motor eléctrico por excelencia. Es el motor relativamente más barato, eficiente, compacto y de fácil construcción y mantenimiento.

Siempre que sea necesario utilizar un motor eléctrico, se debe procurar seleccionar un motor asincrónico tipo jaula de ardilla y si es trifásico mejor.

Por otro lado, la única razón para utilizar un motor monofásico tipo jaula de ardilla en lugar de uno trifásico será porque la fuente de tensión a utilizar sea también monofásica. Esto sucede en aplicaciones de baja potencia. Es poco común encontrar motores monofásicos de más de 3 kW.

La diferencia con el motor de rotor bobinado consiste en que el rotor está formado por un grupo de barras de aluminio o de cobre en formas similar al de una jaula de ardilla.

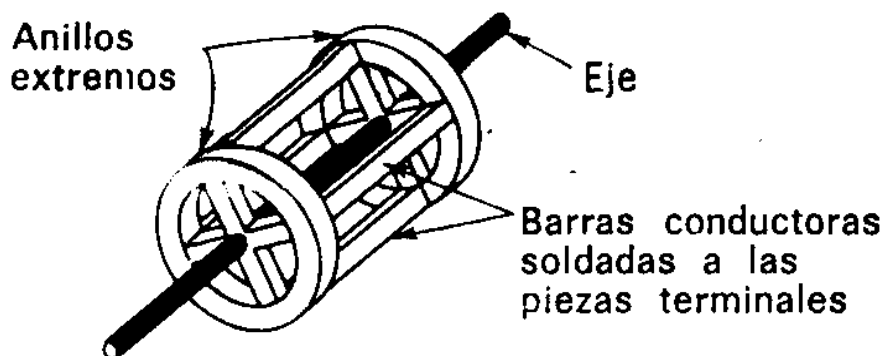




FIGURA 2.3 Motor jaula de ardilla

2.4. OTROS MOTORES

Hemos mencionado los motores eléctricos de mayor uso en nuestro medio. Existen otros que son utilizados en casos especializados o domésticos. Entre ellos conviene destacar los siguientes:

- El motor universal
- El motor de pasos

2.4.1 MOTOR UNIVERSAL

Tiene la forma de un motor de corriente continua en conexión serie. La principal diferencia es que es diseñado para funcionar con corriente alterna. Se utiliza en los taladros, aspiradoras, licuadoras, lustradoras, etc. su eficiencia es baja (de orden del 51%), pero como se utilizan en maquinas de pequeña potencia esta ineficiencia no se considera importante.

2.4.2 MOTOR DEL PASO

Básicamente consiste en un motor con por lo menos cuatro bobinas que al ser energizadas con corriente continua de acuerdo a una secuencia, origina el avance del eje de acuerdo a ángulos exactos (submúltiplos de 360). Estos motores son muy utilizados en impresoras de microcomputadoras, en disketeras en general, el sistema de control de posición accionado digitalmente.

2.5. GENERADOR ELÉCTRICO

Un generador transforma energía mecánica de rotación en energía eléctrica y se le puede llamar una máquina generatriz de fem. Las dos formas básicas son, el generador de corriente continua y el generador de corriente alterna, este último más correctamente llamado alternador.

Todos los generadores necesitan una máquina motriz (motor) de algún tipo para producir la fuerza de rotación, por medio de la cual un conductor puede cortar las líneas de fuerza magnéticas y producir una fem. La máquina más simple de los motores y generadores, es el alternador.

2.5.1 FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR

El flujo principal de una dinamo está producido por las bobinas de la excitación colocadas en las masas polares. Este flujo lleva dirección norte-sur y da lugar a una línea neutra perpendicular al eje de los polos.

Cuando los conductores del inducido son recorridos por una corriente eléctrica, producen un campo magnético que, según la regla del sacacorchos, es perpendicular al flujo principal.

El campo transversal debido a la reacción de inducido se suma vectorialmente al flujo principal, dando como fruto un campo magnético resultante cuya línea neutra queda desviada de la original.

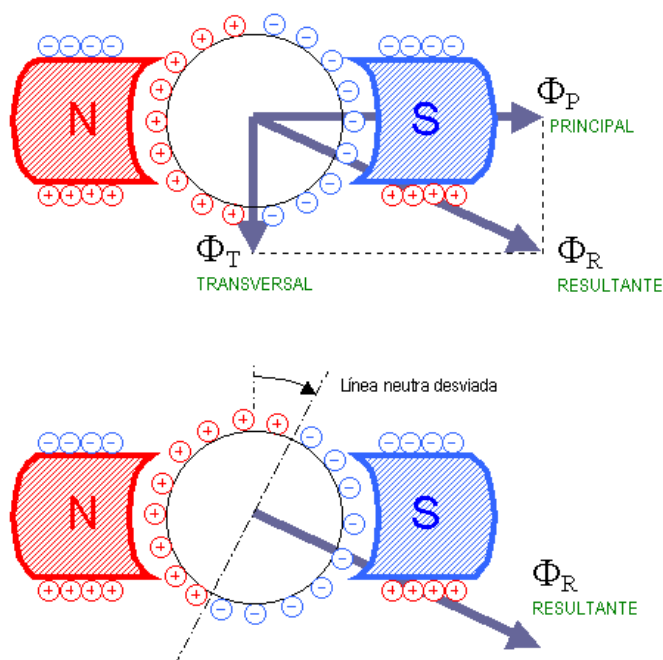


FIGURA 2.4 Campo Magnético

La corriente de excitación con la que se alimenta a las bobinas inductoras se proporciona mediante una fuente de energía exterior, como una batería de acumuladores o una fuente de alimentación.

A la fuerza electromotriz, para dar la tensión en bornes, se le han considerado las siguientes caídas de tensión:

- En la resistencia de contacto de las escobillas.
- En la resistencia (en caliente) del inducido.
- En la resistencia (en caliente) de los polos auxiliares.

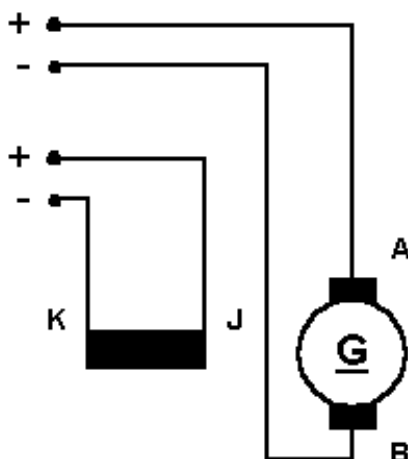


FIGURA 2.4 Tensión en bornes

2.5.2 TIPOS DE GENERADORES

2.5.2.1 Generadores de corriente continúa

Si una armadura gira entre dos polos de campo fijos, la corriente en la armadura se mueve en una dirección durante la mitad de cada revolución, y en la otra dirección durante la otra mitad. Para producir un flujo constante de corriente en una dirección, o continua, en un aparato determinado, es necesario disponer de un medio para invertir el flujo de corriente fuera del generador una vez durante cada revolución.

En las máquinas antiguas esta inversión se llevaba a cabo mediante un conmutador, un anillo de metal partido montado sobre el eje de una armadura. Las dos mitades del anillo se aislaban entre sí y servían como bornes de la bobina. Las escobillas fijas de metal o de carbón se mantenían en contra del conmutador, que al girar conectaba eléctricamente la bobina a los cables externos. Cuando la armadura gira, cada escobilla estaba en contacto de forma alternativa con las mitades del conmutador, cambiando la posición en el momento en el que la corriente invertía su dirección dentro de la bobina de la armadura. Así se producía un flujo de corriente de una dirección en el circuito exterior al que el generador estaba conectado.

Los generadores de corriente continua funcionan normalmente a voltajes bastante bajos para evitar las chispas que se producen entre las escobillas y el conmutador a voltajes altos. El potencial más alto desarrollado para este tipo de generadores suele ser de 1.500 V. En algunas máquinas más modernas esta inversión se realiza usando aparatos de potencia electrónica, como por ejemplo rectificadores de diodo.

2.5.2.2 Generadores de corriente alterna (alternadores)

Un generador simple sin conmutador producirá una corriente eléctrica que cambia de dirección a medida que gira la armadura. Este tipo de corriente alterna es ventajosa para la transmisión de potencia eléctrica, por lo que la mayoría de los generadores eléctricos son de este tipo. En su forma más simple, un generador de corriente alterna se diferencia de uno de corriente continua en sólo dos aspectos: los extremos de la bobina de su armadura están sacados a los anillos colectores sólidos sin segmentos del árbol del generador en lugar de los conmutadores, y las bobinas de campo se excitan mediante una fuente externa de corriente continua más que con el generador en sí. Los generadores de corriente alterna de baja velocidad se fabrican con hasta 100 polos, para mejorar su eficiencia y para lograr con más facilidad la frecuencia deseada. Los alternadores accionados por turbinas de alta velocidad, sin embargo, son a menudo máquinas de dos polos. La frecuencia de la corriente que suministra un generador de corriente alterna es igual a la mitad del producto del número de polos y el número de revoluciones por segundo de la armadura.

2.6. MANTENIMIENTO DE UN GENERADOR

2.6.1 MEDIDAS PREVENTIVAS

1. Comprobar que el interruptor general de salida esté desconectado antes de poner en marcha el generador de energía eléctrica, por medio del sistema de tarjeta, candado y prueba.
2. Conectar a un tablero eléctrico el tomacorriente del generador, de tal forma que se cuente con un árbol de distribución debidamente protegido para alimentación de varios frentes de trabajo.
3. Dotar con un diferencial de 300 mA para el generador de alumbrado.

Siempre instalar un sistema de tierra tanto para el neutro del generador eléctrico como para el tomacorriente.

4. Asegurar el sistema de tierra contra fallas de conexión por medio de la utilización de interruptores.
5. Comprobar que las terminales enterradas de los sistemas de tierra se encuentren humedecidas.
6. Proteger contra acceso libre del personal el área de generadores y sus conexiones a tableros eléctricos que operen a 440 voltios.
7. Colocar señalización en los generadores y tableros eléctricos sobre la capacidad del equipo y amperes disponibles en cada tomacorriente.
8. No usar objetos metálicos (anillos, cadenas, relojes, aretes) en el área de trabajo.
9. No empalmar o empatar los cables para hacer más larga la extensión.
10. No situar el generador de energía eléctrica en sótanos o lugares cerrados o mal ventilados y/o en áreas húmedas.

11. Contar con un espacio para la recarga de diesel y aceite con equipo para recolectar cualquier derrame.
12. Mantener limpias de aceite y diesel todas las uniones de las mangueras.
13. Realizar las operaciones de mantenimiento al generador eléctrico siempre con el sistema de etiqueta, candado y prueba.
14. Efectuar con la máquina parada operaciones de mantenimiento y reparación de elementos próximos.
15. Instalar la protección de las partes móviles antes de operar el generador.

2.7. BATERÍA

Se llama batería eléctrica, acumulador eléctrico o acumulador, a un dispositivo que almacena energía eléctrica por procedimientos electroquímicos y que la devuelve posteriormente casi en su totalidad. Este ciclo puede repetirse determinado número de veces. Se trata de un generador eléctrico secundario, es decir, de un generador que no puede funcionar sin que se le haya suministrado electricidad previamente mediante lo que se denomina proceso de carga.

También se le suele denominar batería puesto que, muchas veces, se conectan varios de ellos en serie, para aumentar el voltaje suministrado. Así la batería de un automóvil está formada internamente por 6 elementos acumuladores del tipo plomo-ácido, cada uno de los cuales suministra electricidad con una tensión de unos 2 V, por lo que el conjunto entrega los habituales 12 V o por 12 elementos, con 24 V para los camiones.

2.7.1 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento de un acumulador está basado esencialmente en algún tipo de proceso reversible, es decir, un proceso cuyos componentes no resulten consumidos ni se pierdan, sino que meramente se transformen en otros, que a su vez puedan retornar al estado primero en las circunstancias adecuadas. Estas circunstancias son, en el caso de los acumuladores, el cierre del circuito externo, durante el proceso de descarga, y la aplicación de una corriente, igualmente externa, durante el de carga.

Resulta que procesos de este tipo son bastante comunes, por extraño que parezca, en las relaciones entre los elementos químicos y la electricidad durante el proceso denominado electrólisis y en los generadores voltaicos o pilas. Los investigadores del siglo XIX dedicaron numerosos esfuerzos a observar y a esclarecer este fenómeno, que recibió el nombre de polarización.

2.7.2 TIPOS DE BATERÍAS

Las podemos dividir en dos grandes grupos, las no recargables (pilas) y las recargables (acumuladores).

La mayoría de las baterías recargables o acumuladores, son de plomo-ácido ya que son las que presentan una relación prestación/coste mejor. Estas pueden ser sin mantenimiento o con mantenimiento.

Las baterías que no tienen mantenimiento, el proceso químico es diferente y por ello no pueden abrirse fácilmente, además el agua necesaria para el electrolito es generada por las propias placas. En este tipo de baterías solo podremos comprobar el estado de los bornes de conexión y evitar utilizar un cargador de carga rápida.

2.7.2.1 Baterías de plomo-ácido

En una carcasa de material plástico, se colocan una serie de placas de plomo, que formaran las celdas. Entre esas placas hay una disolución de ácido sulfúrico y agua.

Al “poner a la carga” la batería, sobre las placas de plomo se forma sulfato de plomo. Este conjunto es capaz de proporcionar una corriente hasta que se descompone el sulfato de plomo. Durante este proceso se evapora el agua contenida y es lo único que podemos reponer, teniendo la precaución de que sea agua destilada, ya que la del grifo contiene sales minerales que obstaculizan la reacción química y dañan las placas.

2.7.3 CAPACIDAD DE UNA BATERÍA O ACUMULADOR

La capacidad de una batería es la cantidad de electricidad (carga eléctrica) que es capaz de almacenar. Se expresa en AMPERIOS-HORA (Ah) y tiene el significado siguiente:

Una batería de 60 Ah podrá suministrar 60Amp. durante una hora. No es exacto que esa batería pueda suministrar el doble de amperaje (120Amp). En la mitad de tiempo (30min.) o 360Amp. en 10 minutos ya que la capacidad también depende del régimen de trabajo.

Las reacciones químicas en las baterías son más lentas cuando la temperatura baja, se estima que el tiempo utilizado para un proceso químico se multiplica por dos cada vez que la temperatura disminuye 10°C.

2.7.4 COMPROBACIÓN DE BATERÍAS O ACUMULADORES

Un método de diagnóstico para baterías eléctricas de plomo-ácido puede ser:

1. Examen visual exterior de las conexiones, deben estar limpias.
2. Comprobación de fugas al exterior de electrolito, nulas, por supuesto.
3. Comprobación del nivel del electrolito. Debe sobrepasar en 1 centímetro aproximadamente el nivel de las placas.
4. Comprobación, en vacío o sea sin nada conectado a sus bornes, de la densidad del electrolito (con un densímetro, de venta en tiendas del ramo). Debe comprobarse tanto el valor de cada celda, como que los valores entre celdas sean homogéneos y guiarse según el siguiente criterio:
 - Densidad a 1,2g/cm³ indica una carga al 50% de su capacidad.
 - Densidad a 1,23g/cm³ indica una carga al 75%
 - Densidad a 1,27g/cm³ indica una carga al 100%
5. El electrolito debe ser transparente, libre de partículas o suciedad.

2.7.5 NORMAS PARA EL MANTENIMIENTO DE BATERÍAS.

1. Lo más importante para mantener una batería en buen estado es evitar que el nivel del electrolito deje al descubierto parte de las placas. Reponer agua destilada hasta cubrirlas y recargarla si los valores indicados con el densímetro no son los adecuados. Recordar que una batería pierde un 0,25% de su carga por día que no se pone en marcha el vehículo.
2. Utilizar cargadores de 'carga lenta' automáticos, es decir, por norma la intensidad de carga de una batería no deberá sobrepasar el 10% de su capacidad

(si es de 60Amp, cargarla a 6Amp. máximo) y cuando la batería está ya a plena carga el cargador se desconecta.

3. Mantener los bornes limpios de residuos y a ser posible, recubrirlos de grasa conductora ya que los vapores del ácido sulfúrico llegan a crear una capa de sedimentos que corroe el material de los bornes. Así mismo, mantener lo mas limpia posible la unión entre las abrazaderas de los bornes de la batería y los cables eléctricos. Un pequeño valor de resistencia, debido a la intensidad que circula por ellos, provoca una caída considerable del voltaje y puede provocar fallos en los sistemas electrónicos del vehículo.

4. Si se prevé que no se utilizara la autocaravana durante un periodo de tiempo prolongado, es recomendable desmontar las conexiones de la batería y dejarla 'al vacío' y mensualmente ponerla a la carga. En una batería descargada, las placas se degradan rápidamente y se reduce drásticamente su vida útil.

2.8. POLEA.

2.8.1 DEFINICIÓN

Dispositivo mecánico de tracción o elevación, formado por una rueda (también denominada roldana) montada en un eje, con una cuerda que rodea la circunferencia de la rueda. Tanto la polea como la rueda y el eje pueden considerarse máquinas simples que constituyen casos especiales de la palanca. Una polea fija no proporciona ninguna ventaja mecánica, es decir, ninguna ganancia en la transmisión de la fuerza: sólo cambia la dirección o el sentido de la fuerza aplicada a través de la cuerda. Sin embargo, con un sistema de poleas móviles (también llamado polipasto) sí es posible obtener una ventaja o ganancia mecánica, que matemáticamente se define como el cociente entre la fuerza de salida (carga) y la fuerza de entrada (esfuerzo). En el caso ideal la ganancia mecánica es igual al número de segmentos de cuerda que sostienen la carga que

se quiere mover, excluido el segmento sobre el que se aplica la fuerza de entrada. El rozamiento reduce la ganancia mecánica real, y suele limitar a cuatro el número total de poleas.

2.8.2 CLASES DE POLEAS

2.8.2.1 Polea fija

Esta polea esta fija a la viga, una polea fija simple es de echo una palanca de primara clase con brazos iguales. Sirve únicamente para cambiar la dirección o el sentido de la fuerza, la carga solo es soportada por un segmento de la cuerda.

2.8.2.2 Polea móvil

Esta polea esta unida al objeto y no a la viga, una polea móvil siempre es una palanca de segunda clase, que multiplica la fuerza ejercida, la carga es soportada por ambos segmentos de cuerda, por que solo hace falta una fuerza igual a la mitad del peso para levantar la carga. Sin embargo hay que tirar de la cuerda a una mayor distancia.

2.8.2.3 Polea compuesta (polipasto)

Muchas veces tirar hacia abajo resulta mas fácil que hacia arriba, se añade una polea fija para cambiar el sentido del esfuerzo

La ventaja mecánica se determina contando los segmentos de cuerda que llegan a las poleas móviles que soportan la carga.

Pueden emplearse muchas combinaciones de poleas según el trabajo que se deba realizar y la ventaja mecánica deseada.

2.8.3 POLEA DE CORREA

La polea de correa trabaja necesariamente como polea fija y, al menos, se une a otra por medio de una correa, que no es otra cosa que un anillo flexible cerrado que abraza ambas poleas.

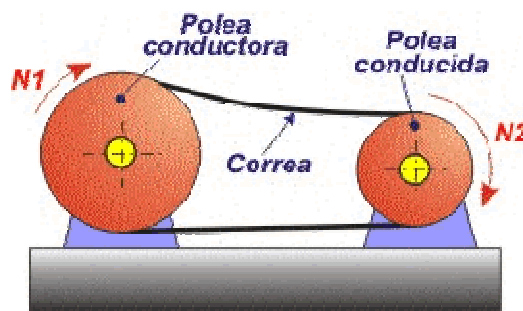


FIGURA 2.5 Polea de correa

Este tipo de poleas tiene que evitar el deslizamiento de la correa sobre ellas, pues la transmisión de potencia que proporcionan depende directamente de ello. Esto obliga a que la forma de la garganta se adapte necesariamente a la de la sección de la correa empleada.

El multiplicador de velocidad por poleas más elemental que puede construirse emplea, al menos, los siguientes operadores: dos ejes (conductor y conducido), dos poleas fijas de correa (conductor y conducida), una correa y una base sobre la que fijar todo el conjunto; a todo ello se le pueden añadir otros operadores como poleas tensoras o locas cuya finalidad es mejorar el comportamiento del sistema.

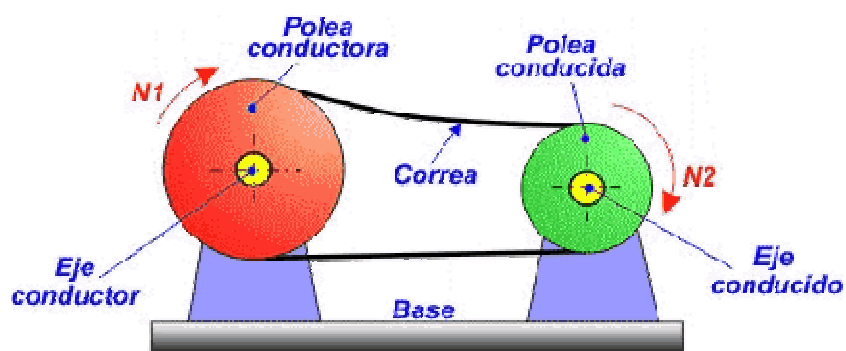


FIGURA 2.6 Poleas fijas de correa

La utilidad de cada operador es la siguiente:

El **eje conductor** es el eje que dispone del movimiento que queremos trasladar o transformar (en una lavadora sería el propio eje del motor).

El **eje conducido** es el eje que tenemos que mover (en una lavadora sería el eje al que está unido el bombo).

Polea conductora es la que está unida al eje conductor.

Polea conducida es la que está unida al eje conducido.

2.9 BANDAS

Es un elemento mecánico muy flexible utilizado para transmitir potencia cuando existen poleas unidas a flechas o ejes. Su apariencia es la de una línea unida extremo con extremo, con una sección transversal que varía según sea su tipo.

2.9.1 MATERIALES DE ELABORACIÓN

Al principio eran elaboradas con fibras naturales ó con cuero de animales y se utilizaban en máquinas en donde la exactitud de la transmisión no fuera determinante. La duración depende de su uso, mantenimiento y trato, pero las de cuero o las de fibras naturales se fueron haciendo obsoletas por desgastarse rápidamente.

Las que actualmente se utilizan están elaboradas de alambres con caucho a su alrededor, son más resistentes, durables y permiten tener una transmisión poco ruidosa y libre de patinajes, a estas se les puede añadir una capa de fibras sintéticas bañadas en caucho para protegerlas.

2.9.2 MONTAJE

A comparación de la transmisión por engranes la transmisión por banda es poco ruidosa, más económica y permite ser utilizada en ejes o flechas que no están paralelas, su desventaja material más importante es su rápido desgaste y su posible ruptura inmediata.

Las bandas pueden transmitir la potencia entre dos o más poleas siempre que sean del mismo tipo, además pueden doblarse cuando las flechas o ejes no están paralelos, a excepción de las bandas sin deslizamiento. Al instalarse se debe tensar conforme a especificaciones por correr el riesgo de salirse de la polea. Cuando se deslizan rechinan, estos rechinidos se evitan con agentes antipatinajes.

2.9.3 TIPOS DE BANDAS

En una primera distinción existen bandas deslizantes y no deslizantes, las segundas son las dentadas.

2.9.3.1 Bandas deslizantes:

2.9.3.1.1 Banda plana

Fue la primera que se utilizó, y se usa en donde existen poleas planas y abombadas. Son muy baratas pero patinan fácilmente. Están elaboradas, comúnmente, en caucho sin reforzamiento de alambres ó con protección de fibras.

2.9.3.1.2 Banda plana tipo listón

Son muy delgadas y están elaboradas tanto en plástico como con fibras sintéticas. Se usaban en el sistema sintonizador de los radios antiguos.

2.9.3.1.3 Banda plana de costilla

Es utilizada en motores de más de 100 H.P. por patinar poco. Se asemeja a un arreglo entre una banda plana y varias en V, quedando la superficie plana sin contacto con la superficie horizontal de la polea. Es más resistente que la plana o la V, aunque no menos flexible. Está muy propensa a calentarse por su considerable área de contacto con las poleas.

2.9.3.1.4 Banda en V

Es menos propensa al patinaje que la banda plana. Se utiliza con poleas acanaladas y ajustables en donde la transmisión debe ser por lo menos continua. Las que se encuentran en los automóviles son de caucho con alambres y protección de fibra. Además de ser ampliamente utilizada en la industria mecánica también se le encuentra en la electrónica como es el caso de las videograbadoras o en las casseteras.

2.9.3.1.5 Banda en V ajustable

Cuando una banda está sujeta a trabajo rudo e intenso la mayor de las veces no se daña toda completa, sino por secciones, debido a esto existen bandas ajustables ó que están formadas por secciones pequeñas que quedan unidas con una grapa ó remache removible para posibilitar su adaptabilidad a las condiciones de trabajo y a la distancia existente entre poleas. Es como armar pieza por pieza, pero tiene la desventaja de que los elementos de unión se deterioran más que las secciones elaboradas en caucho. Se les encuentra en máquinas de trabajo rudo y en ambientes extremos como en las minas.

2.9.3.2 Bandas no deslizantes:

2.9.3.2.1 Banda plana dentada

Cuando se necesita una transmisión flexible lo más exacta posible y que esté libre de patinajes se recurre a la banda dentada, muy utilizada cuando hay engranes

unidos a las flechas o ejes. Sus dientes se acoplan perfectamente a los engranes por lo que no patinan, pero existe el riesgo de perderlos si están muy tensas. Son muy utilizadas en situaciones donde debe existir sincronización como es el caso del árbol de levas y el cigüeñal en los automóviles. También se le conoce como banda de sincronización.

1.9.4.3.2 Banda en V dentada

Semejante a la anterior, pero con la ventaja de evitar en mayor medida los rechinos y patinajes pronunciados con el cambio de temperatura.

Las bandas son un medio de transmisión mecánica a continuación describimos otros medios de transmisión mecánica.

2.10 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

2.10.1 CADENA DE TRANSMISIÓN

Una cadena de transmisión sirve para transmitir el movimiento a las ruedas o de un mecanismo a otro.



FIGURA 2.7 Cadena de transmisión

Cadenas de eslabones planos enlazados mediante pernos, habitualmente usadas en motos y bicicletas.

Se usan para transmitir el movimiento de los pedales a la rueda en las bicicletas o dentro de un motor para transmitir movimiento de un mecanismo a otro. Por ejemplo del cigüeñal al árbol de levas.

Hay algún modelo de bicicleta que usa un cardan para transmitir el movimiento a las ruedas. Sin embargo, el sistema de cadena da una cierta elasticidad que ayuda a iniciar el movimiento, sobre todo en cuestas. Su inconveniente es que se puede enganchar y es más débil que un cardan.

En los motores se usan cadenas para el árbol de levas porque necesita cierta fuerza. Las correas se usan para otros mecanismos de menos potencia como bomba de agua o el alternador.

Cada vez se tiende más a sustituir la cadena del árbol de levas por una correa ya que hace menos ruidoso el motor. A cambio, hay que sustituir la correa con más frecuencia que una cadena.

2.10.2 Engranajes



FIGURA 2.8 Distintos tamaños de engranajes

Se denomina engranaje o ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia entre las distintas partes de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales a la mayor se le denomina corona y el menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas.

Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo. Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren de engranajes.

2.10.3 BALANCÍN

El balancín es un instrumento mecánico que mide el flujo de un líquido expresado en forma de un tren de pulsos.

Los balancines existen desde hace miles de años, tanto en la cultura asiática como en la árabe. Muchas veces con carácter decorativo, otras veces se han utilizado para medir el tiempo o poner en marcha pequeños automatismos.

CAPITULO III

3.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODULO DIDÁCTICO

3.1.1 PROCESO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR.

Uno de las tareas de la Tesis es el acople de un motor eléctrico y un generador, este acople se lo realiza mediante una banda que transmite la velocidad necesaria con la que se producirá el voltaje nominal del generador.

Para el diseño y construcción del modulo didáctico se tuvo que realizar un diagnostico de cada uno de los elementos que intervinieron en el acople.

Entre los elementos principales tenemos al motor y generador a los que se procedió a investigar sus características.

Por el transcurso del tiempo y el desgaste físico del generador no se encontró los datos de placa en el generador entonces se procedió a la respectiva investigación y se encontraron los siguientes datos:

Modelo: Honda G300

Capacidad de Aceite: 1.2 L

Voltaje de Salida: 115 V

Velocidad= 3000 RPM

Potencia Aparente: 2 KVA

Potencia Máxima: 2.5 KVA

Frecuencia: 60 Hz

Los datos de placa del motor en los cuales se describe sus características son los siguientes:

Modelo: 5k184BC3591A General Electric

Potencia: 2 HP

Voltaje: 230/460 V

Frecuencia: 60 Hz

Amperaje: 6.4/3.2 A

Velocidad: 1160 RPM

Fases: 3

El generador de corriente alterna es un dispositivo que convierte la energía mecánica en energía eléctrica. El generador más simple consta de una espira rectangular que gira en un campo magnético uniforme.

El generador presento en su inicio mal funcionamiento con respecto a su voltaje nominal, ya que este era de 20V. Debido a la razón anterior se procedió a realizarse actividades de mantenimiento para que produzca el voltaje nominal.

Como consecuencia de la revisión resultaron diversas averías en el generador como:

- Las bobinas del generador estaban gastadas y cortadas, evitando la transmisión adecuada de la corriente.
- Los rodamientos se tenían que engrasar y limpiar ya que esta es una de las razones porque el generador no puede alcanzar su velocidad nominal.

Se desarmó y se implementó conocimientos de mantenimiento además se pinto nuevamente el generador.

Las actividades de mantenimiento realizadas en el generador fueron las siguientes.

.-Rebobinado

.-Lubricación.

.-Limpieza.

.-Cambio de rodamientos.

3.1.1.1 REBOBINADO

Al desarmar el generador se observó que poseía una estructura interna constituido por las siguientes partes:

3.1.1.2 Estator

Consta de un electroimán encargado de crear el campo magnético fijo conocido por el nombre de inductor.

3.1.1.3 Rotor

Es un cilindro donde se enrollan bobinas de cobre, que se hace girar a una cierta velocidad cortando el flujo inductor y que se conoce como inducido



FIGURA 3.3 Rotor del generador

El inducido suele tener muchas espiras y el anillo colector está dividido en un mayor número de partes o delgas, aisladas entre sí, formando lo que se denomina el colector.

Las escobillas son de grafito o carbón puro montado sobre portaescobillas que mediante un resorte aseguran un buen contacto.

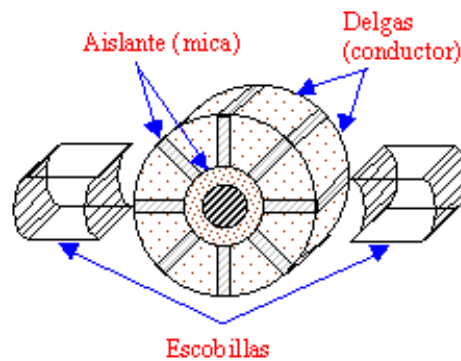


FIGURA 3.4 Estructura interna del generador

Al aumentar el número de delgas, la tensión obtenida tiene menor ondulación acercándose más a la tensión continua que se desea obtener.

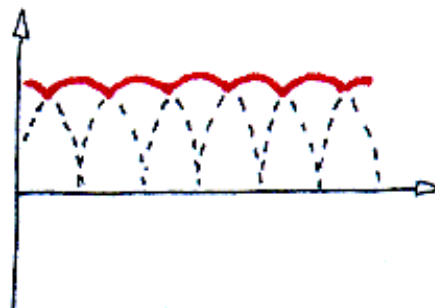


FIGURA 3.5 Tensión continua

Se observó que algunas de las bobinas de la armadura tenían cortes y al no tener continuidad no existía el campo magnético adecuado para la producción del voltaje nominal, observando esto y el desgaste que tenían se procedió a rebobinar.

Se inicio con el desmontaje, identificando y marcando cada uno de los terminales del generador correspondientes a las salidas de las bobinas que poseían distintos voltajes los cuales ayudaban a equilibrar el campo.

Luego se desmantelo cada una de las bobinas.



FIGURA 3.1 Desmontaje del generador

Se midió el número del alambre de las bobinas y fue de 20 AWG en todas las bobinas desarmadas, y su peso total aproximado fue de 5 libras.

Una vez ya señalizado correctamente las salidas del generador se empezó el rebobinado y con el cambio del alambre de las bobinas de cobre dando el número de vueltas necesarias en las ranuras del generador. Se barnizo el alambre para darle mayor firmeza.



FIGURA 3.2 Armadura y alambre de las bobinas del generador

Al terminar el trabajo de rebobinado de cada bobina del estator se acoplo los terminales anteriormente señalados en su sitio inicial.

La limpieza, lubricación y el cambio de rodamientos fue de mucha importancia, ya que con esto reducimos en un alto porcentaje la fricción.



Figura 3.6 Generador y batería de AC

La disminución de la fricción interviene en el aumento de las revoluciones del generador para llegar a producir un voltaje nominal de 110 V.

El voltaje generado se logra con la ayuda de una batería de 12V de corriente continua, la cual excita al campo de inducción del rotor para que exista variación de flujo.

Este voltaje se transmite por medio de unas escobillas a los terminales del rotor. El voltaje producido se genera en las bobinas del estator.

Al aumentar el voltaje de inducción de la batería de corriente continua se aumentará el voltaje producido, pero esto significaría una sobrecarga en las bobinas, es decir la corriente que pasaría por las mismas calentarían demasiado a las bobinas del rotor, de tal forma que no soportarían el paso de corriente y finalmente se fundirían, echando a perder la continuidad de las bobinas, y por lo tanto la variación del flujo magnético entre ellas.

El sistema mecánico seleccionado y que se utilizó fue el de la relación de poleas del generador con respecto a la del motor con los datos de velocidad de cada una de estas máquinas de acuerdo a la información y a la siguiente fórmula utilizada:

3.2. RELACIÓN DE VELOCIDADES

La transmisión de movimientos entre dos ejes mediante poleas está en función de los diámetros de estas, cumpliéndose en todo momento:

$$\mathbf{N1 \times D1 = N2 \times D2}$$

D1 Diámetro de la polea conductora

D2 Diámetro de la polea conducida

N1 Velocidad de giro de la Polea Conductora

N2 Velocidad de giro de la Polea Conducida

De acuerdo a la fórmula anterior se decidió que la medida de la polea del generador debía ser relativamente pequeña ya que si se calculaba la medida de

la polea del motor esta tendría que ser de una dimensión mucho mayor, entonces entre más se aumentaba la medida de la polea del generador más se aumentaría la medida de la polea del motor.

Este sistema de transmisión de movimientos tiene importantes ventajas: mucha fiabilidad, bajo coste, funcionamiento silencioso, no precisa lubricación, tiene una cierta elasticidad.

Para llegar a la velocidad requerida en el generador, la transmisión de la energía cinética del motor al generador era de mucha importancia y en esto nos ayudaría el tipo de poleas que se utilizaría.

Al tener el diámetro necesario de la polea del generador y las velocidades tanto del motor como del generador se utilizó la fórmula de la relación de velocidades anteriormente descrita para conocer el diámetro de polea del motor.

$$V1 D1 = V2 D2$$

$V1 = 3000 \text{ rpm}$ (Velocidad del generador)

$D1 = 12 \text{ cm.}$ (Diámetro de la polea del generador)

$V2 = 1160 \text{ rpm}$ (Velocidad del motor)

$D2 = ??$ Diámetro de la polea del motor

$$(3000 \text{ RPM}) (12 \text{ cm}) = D2$$

1160 RPM

$$D2 = 31 \text{ cm}$$

De este análisis se obtienen el resultado que indican el número de polea con lo que se procedió a comprar de acuerdo al criterio de la siguiente información y a trabajar el orificio del centro de la polea con la medida exacta del eje del generador donde será instalada.

Lo siguiente a elegir fue la banda adecuada para la unión de las poleas entre el generador y el motor. Para esto la banda fue seleccionada de acuerdo a las velocidades con las que se trabajara, necesidad de agarre, disminuir el desliz de la banda.

El siguiente paso fue el montaje de las poleas en el generador y en el motor unidas por medio de una banda o correa.

Con todos los elementos ya reparados y dimensionados se procedió a la instalación final y se comenzaron a hacer las primeras pruebas de resultado de voltaje. Inicio funcionando el motor, a continuación giro el generador y se le conecto la batería de corriente continua al generador.

Una vez que el sistema ya estuvo en marcha procedimos a la toma de datos por medio de la utilización de un multímetro.

Originalmente el sistema nos daba un valor de voltaje de 20V, con la implementación del sistema adecuado de poleas y con el respectivo mantenimiento del generador el resultado final fue de 110V.

Se obtuvo la velocidad nominal de 3000rpm. que se necesita en el generador para producir los 110 V.

Este voltaje tiene un cambio de corriente continua a corriente alterna pasando por unos diodos que cambiaban la señal recibida en el rotor.

En definitiva el voltaje conseguido es el resultado de la velocidad nominal alcanzada a través del sistema mecánico y el voltaje de excitación que se le suministra. Estos factores importantes varían con facilidad si no se tiene cuidado en los parámetros constantes como por ejemplo; la fricción del rotor, los

rodamientos, la banda correcta, la polea correcta, la corriente de excitación adecuada.



FIGURA 3.7 Montaje del sistema de generación

El tamaño de las poleas son de 3 a 1. La polea del generador tiene 12 cm. y la del motor 31 cm.

La banda es del tipo A en V de 10mm o de 3/8 de pulgadas.

En la FIGURA 3.8 se describe la secuencia de arranque del generador:

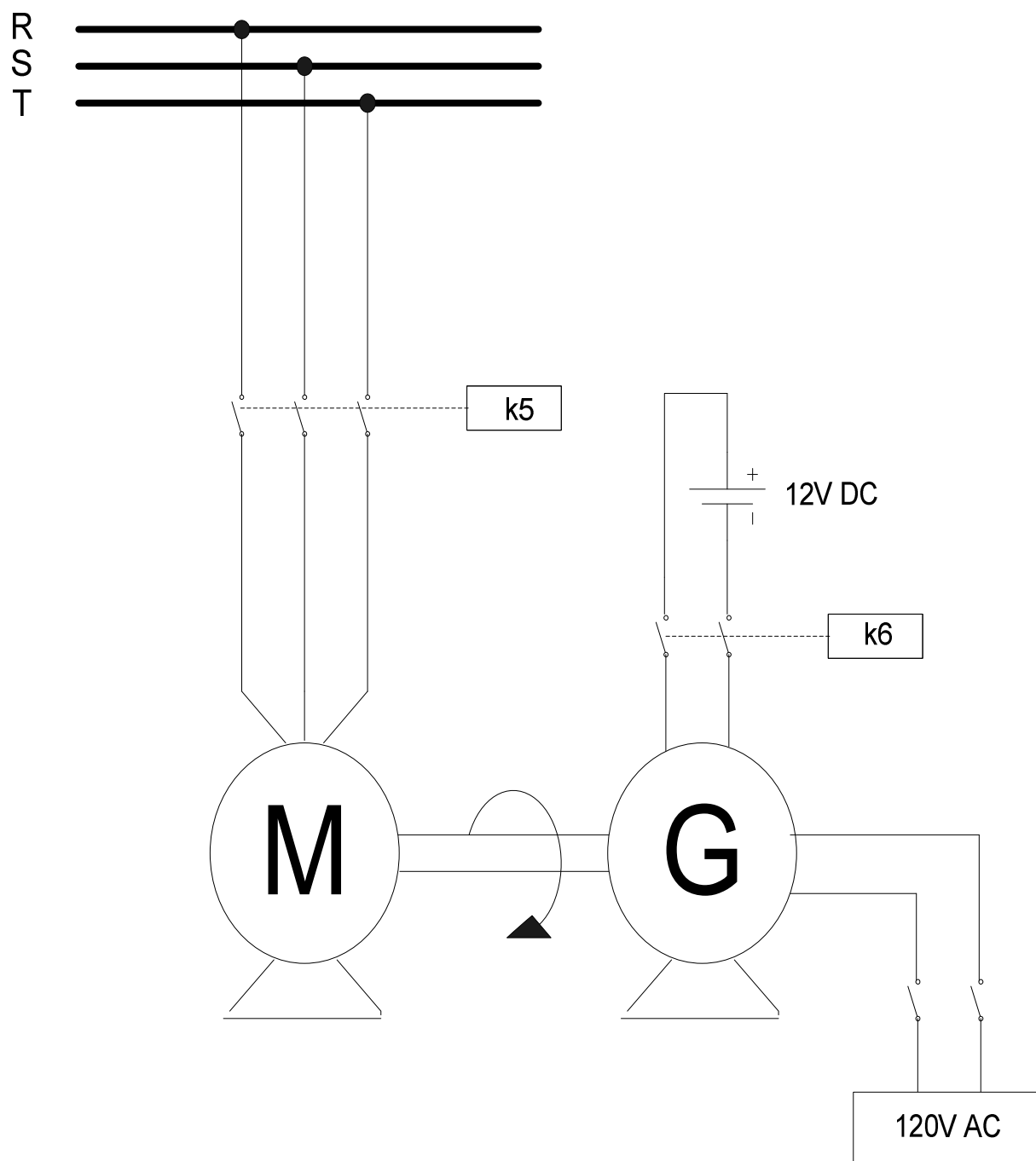


FIGURA 3.8 SECUENCIA DE ARRANQUE DEL GENERADOR

Se procedieron a realizar las nuevas pruebas de generación de voltaje. Se volvió a conectar el motor para transmitir la velocidad al generador y después se enchufó la batería. Esta vez los resultados derivados de la producción de voltaje logrado fue de 107 V, con una frecuencia accesible de 57 Hz. Estos parámetros son de mucha importancia ya que ningún aparato trabaja con una frecuencia que exceda a los 60 Hz así que se planteo una tolerancia de menos (+,-) 5 Hz, para su utilización.

3.3 ARRANQUE ESTRELLA – TRIANGULO DE UN MOTOR

Cuando un motor se arranca directamente, la intensidad en ese momento es de 5 a 7 veces mayor que a plena carga. Por esta razón cuando los motores tienen potencias grandes, es necesario buscar algún método para reducir esa corriente de pico. A estos procedimientos se los llaman indirectos y entre ellos se encuentra el arranque Estrella - Triángulo, entre otros. Este método es el más utilizado en los motores de media y baja potencia.

Con este método el aumento de intensidad en el arranque será solo de 2 a 4 veces la intensidad nominal, o sea 3 veces menos que con un arranque directo.

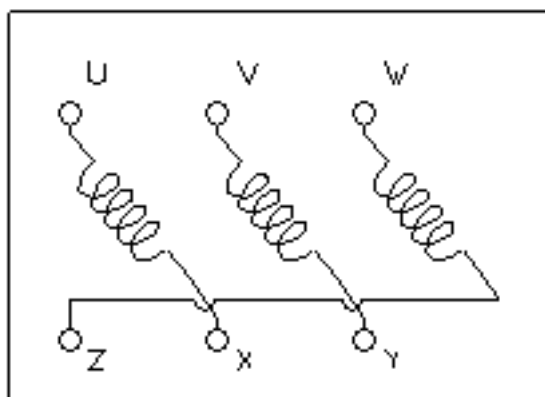
Un requisito es que el motor este bobinado para funcionar con los devanados de su estator conectados en Estrella, y con todos los extremos de ellos, accesibles desde el exterior.

Para que a un motor se le pueda hacer el arranque estrella – triángulo, la tensión de red y la de triángulo del motor deben ser iguales.

Ejemplo: si tenemos una red de 220 v y la placa del motor nos dice 220/380 v, el motor es compatible para la conexión estrella - triángulo, ya que para triángulo debe alimentarse con 220 V y esa es la tensión de red.

Nota: El arranque en Estrella también se hará en 220 v, o sea 1.73 veces menor que la tensión requerida (380/1.73).

En la caja de conexión de un motor que se pueda conectar en Estrella - Triángulo, vamos a encontrar seis bornes, los cuales corresponden a los principios (U,V,W) y a los finales (X, Y, Z) del devanado estatórico, siendo su colocación internacional la indicada, y que corresponde a las bobinas o grupos de bobinas de las fases R, S, T. En la figura podemos apreciar lo dicho en este último párrafo:



Si deseamos conectar las bobinas en estrella, deberemos realizar la siguiente conexión con un puente:

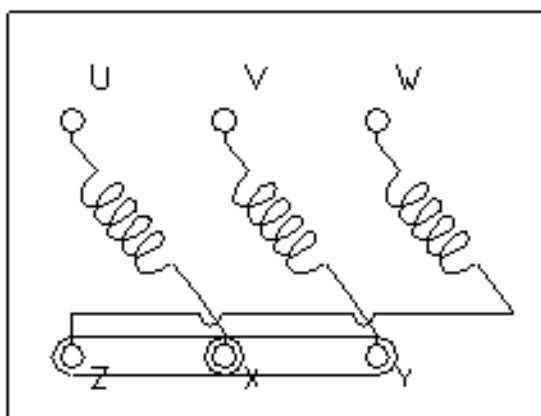
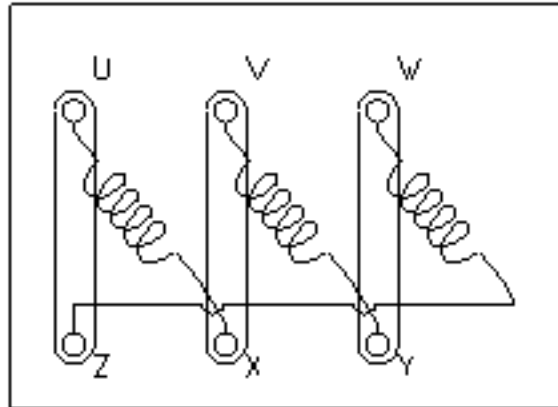


FIGURA 3.9 Conexión Estrella – Triángulo



Automatización del método.

Realizaremos un arranque estrella – triángulo, realizado con un PLC, accediendo a estas borneras, sin la necesidad de usar los puentes.

En la Figura 3.10 se describe el diagrama delta-estrella utilizado en el presente proyecto:

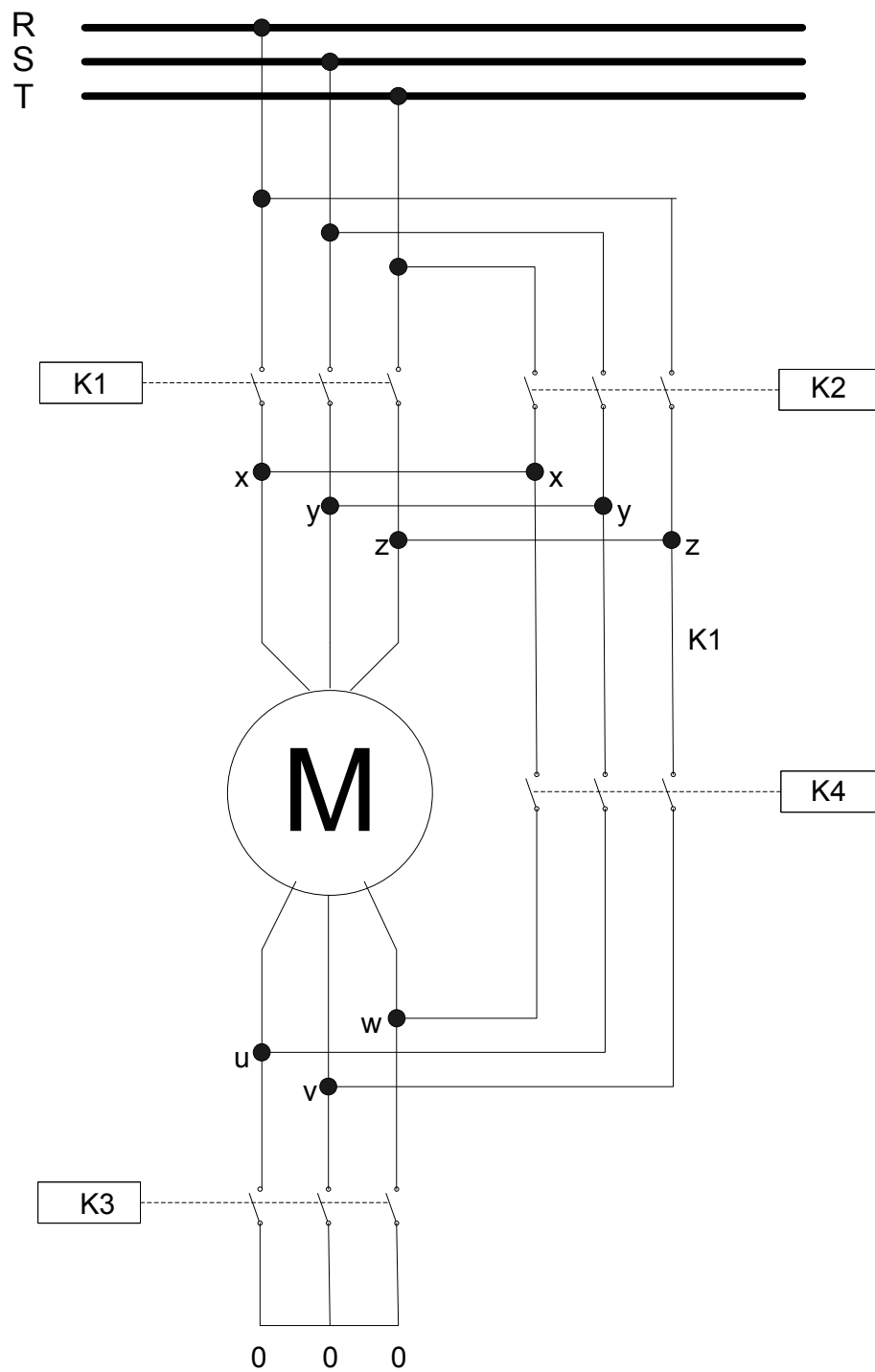


FIGURA 3.10 DIAGRAMA CONEXIÓN DELTA - ESTRELLA

3.4. CIRCUITO DE ENCLAVAMIENTO

La técnica que se desarrolla en esta práctica es de uso frecuente, por no decir obligado, en el diseño de una gran mayoría de esquemas de automatismos más complejos.

Este circuito de enclavamiento también recibe el nombre de circuito de realimentación o de memoria. Generalmente, este circuito es el que se encarga de activar o de desactivar el circuito de mando del automatismo, permitiendo que dicho circuito permanezca activo o desactivado a pesar de que haya desaparecido la orden de marcha o paro.

En la figura adjunta se presenta el esquema de mando y el de potencia para el arranque directo de un motor asíncrono trifásico.

CIRCUITO DE TEMPORIZACIÓN

Este circuito es imprescindible en todo automatismo que necesite un retardo en alguna de sus fases de funcionamiento, como por ejemplo el arranque estrella-triángulo de un motor asíncrono trifásico.

En la figura adjunta se presenta el esquema de mando de un automatismo que utiliza un relé temporizador a la conexión.

3.6 INVERSOR DE GIRO DE UN MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO.

Para invertir el sentido de giro de un motor asíncrono trifásico basta con que se intercambien entre sí dos fases cualesquiera.

Lo que se propone es el diseño de un automatismo que realice la inversión de giro de un motor asíncrono trifásico, con dos pulsadores que permitirán elegir el sentido de giro del motor, un para la izquierda y otro para la derecha. Previo al

cambio de giro, y para evitar fuertes corrientes por el estator, se deberá de pasar por un estado de paro (accionando el pulsador de *paro*). El automatismo también estará dotado de lámparas que indicarán el sentido de giro.

3.7 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL DIDÁCTICO

Para el presente proyecto se ha elaborado un modulo de control para el arranque Estrella – Delta con inversión de giro de un motor trifásico de inducción así como el control de arranque secuencial para un generador de corriente alterna.

Los dos procesos que serán controlados a través del modulo didáctico se los ejecuta de forma automática; es decir el estudiante solo podrá manipular unos selectores ubicados al exterior del modulo que se encargan de indicar al PLC, instalado en la parte interna del modulo, las acciones que debe ejecutar, las cuales son:

- Arrancar el motor de inducción en secuencia positiva.
- Arrancar el motor de inducción en secuencia negativa.
- Iniciar la secuencia de generación de corriente alterna.

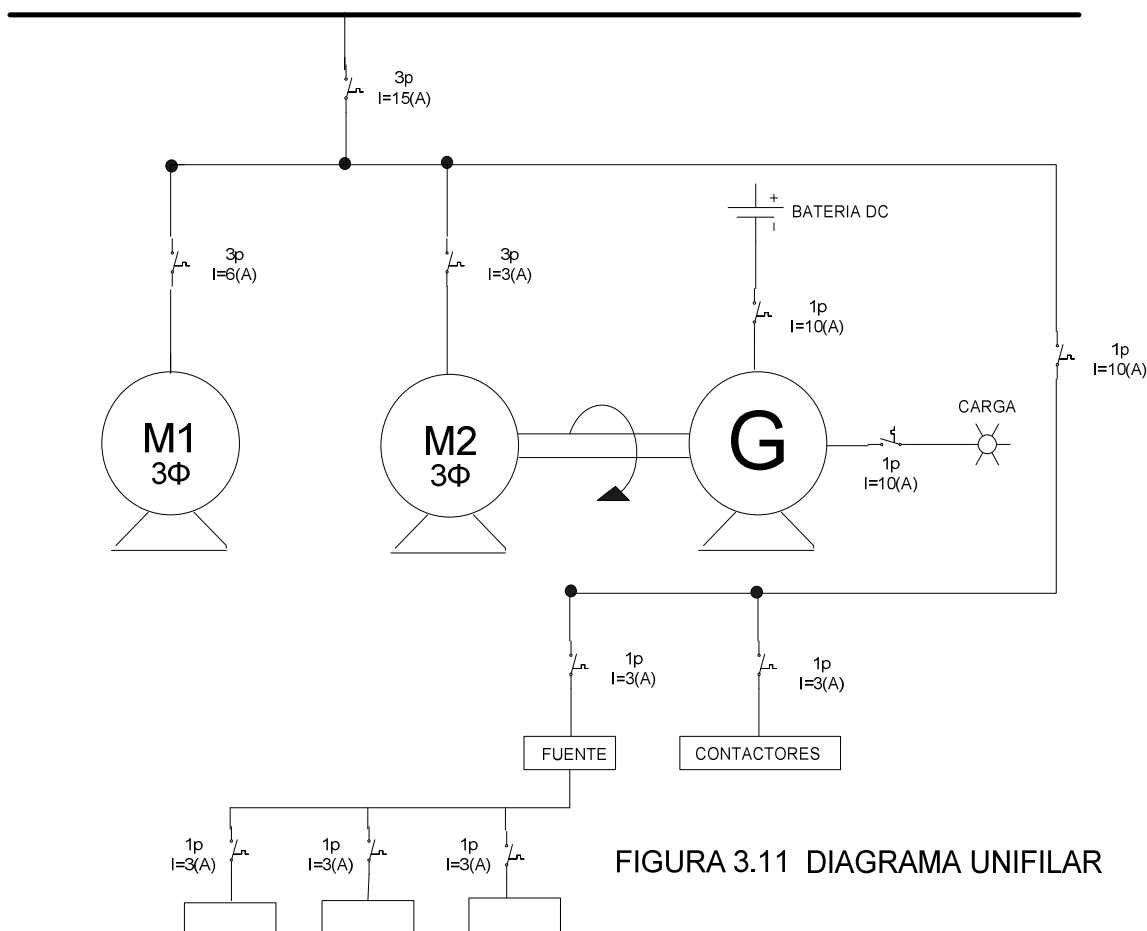
El motor de inducción no puede arrancar en las dos secuencias de giro simultáneamente o es en una o es en otra. Pero la secuencia de encendido del generador se lo puede hacer en cualquier momento y de igual forma se lo puede apagar en cualquier momento.

3.7.1 DIMENSIONAMIENTO DE MATERIALES REQUERIDOS.

Para poder elaborar el Modulo Didáctico fue necesario primero prever con exactitud los materiales eléctricos necesarios para poner en funcionamiento el modulo.

Los materiales que se utilizaran en el tablero se describen a continuación.

A continuación se encuentra la FIGURA 3.11 en la cual se describe el diagrama unificar de la corriente de cada protección de los elementos.



3.7.1.1 Elementos de protección

Los elementos de protección son los dispositivos que permitirán mantener seguro el modulo de cortocircuitos así como impedir sobrecargas y daños en equipos delicados como son los equipos de control y los de potencia.

Los elementos de protección utilizados para el Modulo Didáctico son los BREAKERS TERMOMAGNÉTICOS O DISYUNTORES TERMOMAGNÉTICOS del fabricante Merlin Gerin y tienen el aspecto que se muestra en la siguiente figura.



FIGURA 3.12 Disyuntores termomagnéticos Merlin Gerin.

Para el modulo solo fueron necesarios breakers de un polo y de tres polos, utilizando los de un polo para cargas monofásicas como contactores, plc, selectores y luces piloto; y los de tres polos para las cargas trifásicas como son los motores de inducción trifásicos:

Los breaker utilizados son:

- 1 breaker de tres polos de 6 A.

- 1 breaker de tres polos de 6 A.



FIGURA 3.13 Breaker de tres polos

- 1 breaker de 1 polo, 10 A
- 2 breakers de 1 polo, 1 A.



FIGURA 3.14 Breaker de un polo.

- 2 breakers de 1 polo, 6 A.



FIGURA 3.15 Breaker de un polo 10^a

- 2 breakers de 1 polo, 10A.

La distribución de los breaker en el tablero se muestran en el anexo 1, Plano unifilar.

3.7.1.2 Elementos de Potencia

Los elementos de potencia son los elementos finales de control que manejan la carga directamente.

Los utilizados para el modulo didáctico son contactores de los fabricantes Telemecanique y Camsco.

Los contactores telemecanique se encargaran de manejar al motor de inducción para el arranque, inversión de giro, cambio estrella – triangulo. Estos contactores son:

- 4 contactores Telemecanique de 6 A serie LC1 – K0610F7.

La imagen de los contactores telemecanique se muestra en la siguiente figura:



FIGURA 3.16 Contactor Telemecanique LC1 – K0610F7

Los contactores camasco se encargan de controlar al motor así como la batería y la carga del generador. Estos contactores son:

- 3 contactores Camasco de 9 A.

El contactor se lo muestra en la siguiente figura:

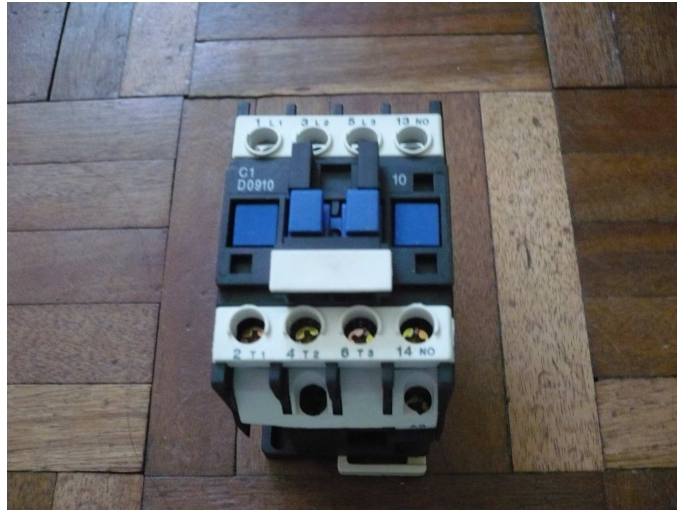


FIGURA 3.17 Contactor Camsco de 9 A.

3.7.2 ELEMENTOS DE CONTROL

Los elementos de control utilizados son:

- PLC: este es el elemento que se encarga de ejecutar todas las operaciones lógicas de control programadas para ejecutar el arranque estrella – triangulo con inversión de giro así como la secuencia de arranque del generador.

El PLC utilizado es de la Marca ARRAY cuya serie es SR22MRAC y consta de 14 entradas de alterna y 8 salidas a relé. Su alimentación es de 120 VAC. El plc se lo muestra en la figura:



FIGURA 3.18 PLC Array SR 22 MRAC

- Elementos auxiliares de control:

Los elementos auxiliares de control utilizados en el modulo didáctico son los selectores y las luces piloto.

Los selectores se utilizan para iniciar el proceso sea del motor o del generador y la luces piloto nos indican el estado del proceso.

Las dimensiones del PLC se muestran en la figura 3.16:

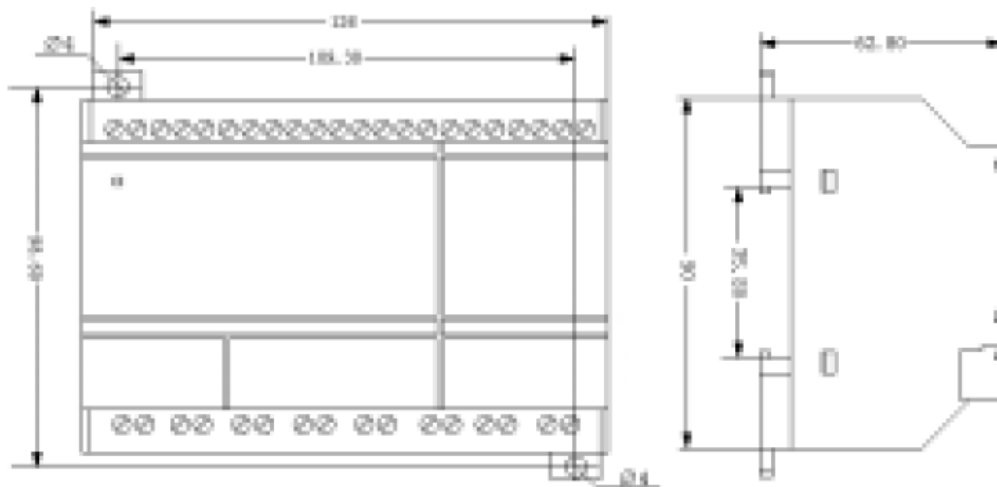
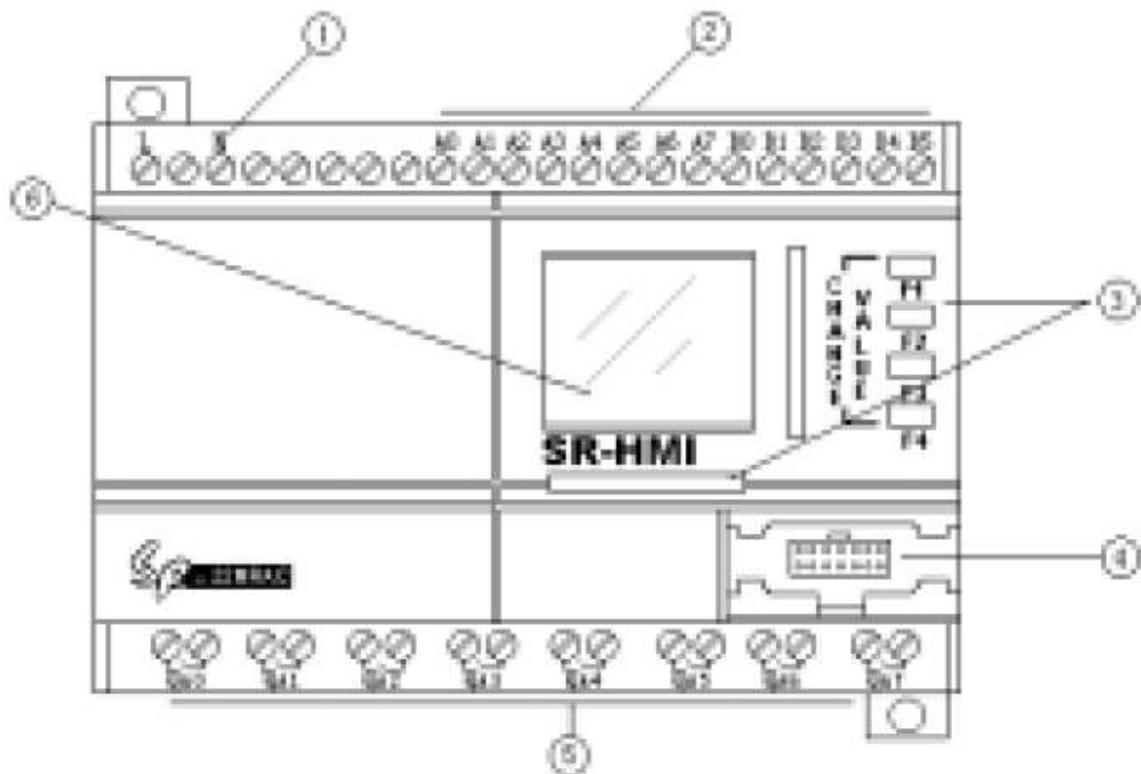


FIGURA 3.19 Dimensiones del PLC

3.7.2.1 Componentes del plc



1) Entrada de voltaje (AC o DC) (AC 110-220V), (DC 12-24V)

2) Terminales de entradas

3) Teclado para manejo de pantalla

4) Terminal de programación (PLC-computador)

5) Terminales para conexión de salida

6) Pantalla (el PLC utilizado no posee pantalla)

3.7.2.2 Características del plc utilizado

Las características del PLC se describen en la FIGURA 3.20

Type Parameter	SR-12MRAC	SR-22MRAC
Power:		
Power voltage	100~240VAC	100~240VAC
25°C clock keeping time	80 Hours	80 Hours
Real time accuracy	Max ±5s/day	Max ±5s/day
Digital input:		
Input points	8 (A0~A5, B4~B5)	14 (A0~A7, B0~B5)
Input voltage	0~240VAC	0~240VAC
Input signal 0	0~40VAC	0~40VAC
Input signal 1	85~240VAC	85~240VAC
Delay time from 1 to 0	50ms	50ms
Delay time from 0 to 1	50ms	50ms
Relay output:		
Output points	4 (QA0~QA3)	8 (QA0~QA7)
Output type	Relay output	Relay output
Output voltage	0~240VAC	0~240VAC
	0~24VDC	0~24VDC
Output current	Resistor load: 10A	Resistor load: 10A
	Inductive load: 2A	Inductive load: 2A
Response time from 1 to 0	8ms	8ms
Response time from 0 to 1	10ms	10ms

FIGURA 3.20 Características del PLC

3.7.2.3 Elementos eléctricos varios.

Los elementos eléctricos varios son canaletas, rieles, borneras y cables, que se utilizarán dentro del módulo.

La riel utilizada es: RIEL DIN. Esta riel es estándar para los elementos. Sobre esta riel se apoyarán todos los elementos como los contactores, el plc, las borneras.



FIGURA 3.21 Riel Din

Las canaletas se utilizan para guiar a los cables y no queden al aire libre y provoquen interferencia visual con los otros elementos del módulo.



FIGURA 3.22 Canaleta

Las borneras sirven para ejecutar uniones entre tramos de cable o para ejecutar puentes eléctricos. Estas borneras no representan pérdidas en corriente pues soportan la corriente para la que han sido diseñadas.



FIGURA 3.23 Bornera

Los cables son los medios que transportan la energía entre uno u otro dispositivo así como transportan señales de indicación al plc. Los cables utilizados varían en grosor dependiendo del medio que conectan.

Así tenemos que para motores y alimentación general se utiliza cable AWG 10 y cable AWG 14.

Y para señales de control y alimentación de elementos de control y potencia el cable es AWG 16.

A los cables además en cada extremo se les ha dotado de terminales tipo punta y en cada Terminal se halla una etiqueta que identifica al cable.

3.7.3 DISEÑO DEL MODULO DIDÁCTICO

En base a los elementos antes descritos el tablero se considero que no debía sobrepasa los 50 cm. de largo x 50 cm. de ancho x 20 cm. de profundidad.

Este tablero además debela contar con un doble fondo con dimensiones de 47cm de largo x 45 cm. de ancho. Sobre este doble fondo se instalarían todos los elementos.



FIGURA 3.24 Tablero Didáctico.

Los selectores así como luces piloto irán empotrados sobre la puerta del modulo.

El tablero diseñado se lo ve en la figura siguiente:



FIGURA 3.25 Modulo Didáctico.

En el interior del tablero anterior se halla el doble fondo, que servirá para apoyar los elementos.

Para que todos los elementos quepan en el doble fondo se procedió a distribuir los elementos de una forma en que los elementos de protección estén una sección diferente a la sección de contactores y esta a su vez diferente a la zona de control.

La distribución optada es la que se muestra en la siguiente figura:

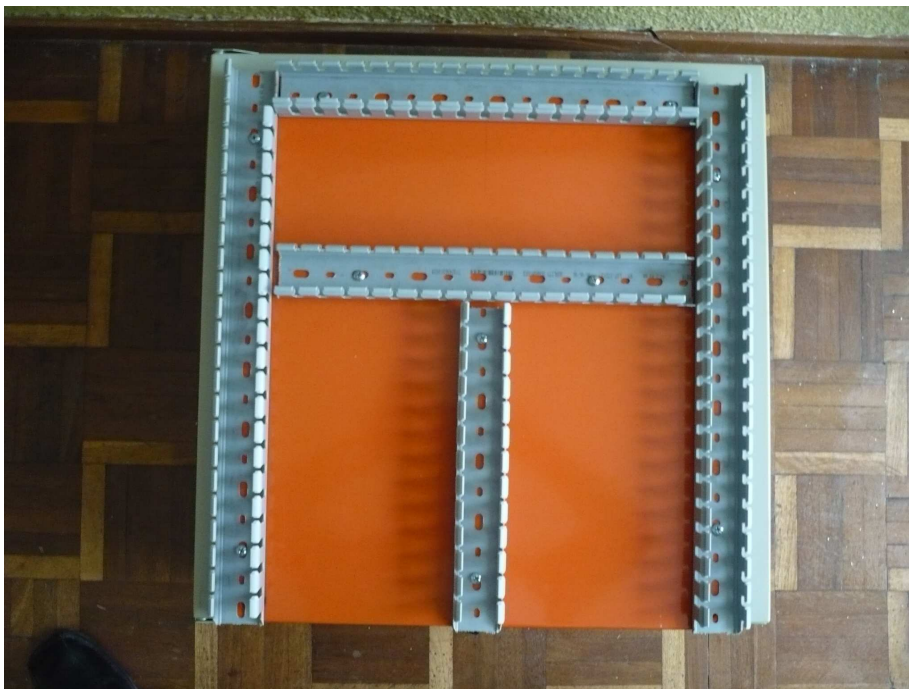


FIGURA 3.26 Distribución de elementos en el doble fondo del modulo.

En la figura anterior se aprecia tres zonas. En cada zona va un tipo de elementos específicos:

- Zona superior: en esta zona van solo protecciones así como borneras de neutro.



FIGURA 3.27 Ubicación de las protecciones en el tablero

- Zona inferior izquierda: en esta zona va el equipo de control, PLC, así como borneras de salidas de PLC, Borneras para luces piloto y borneras para ingreso de señales.
- Zona inferior derecha: en esta zona va los dispositivos de potencia es decir los contactores así como sus borneras de distribución.



FIGURA 3.28 Ubicación de los contactores en el tablero

En base a la distribución optada se procedió a la construcción del modulo siguiendo los siguientes pasos:

- Instalación de canaletas: en base a la distribución diseñada, se recortaron las canaletas para proceder a anclarlas al doble fondo. Su anclaje se lo realizo con tornillos de $\frac{1}{4}$ de pulgada por $\frac{1}{2}$ de largo y con una tuerca en el extremo opuesto para fijarlas con seguridad.

El doble fondo después de este paso quedo como la siguiente figura:

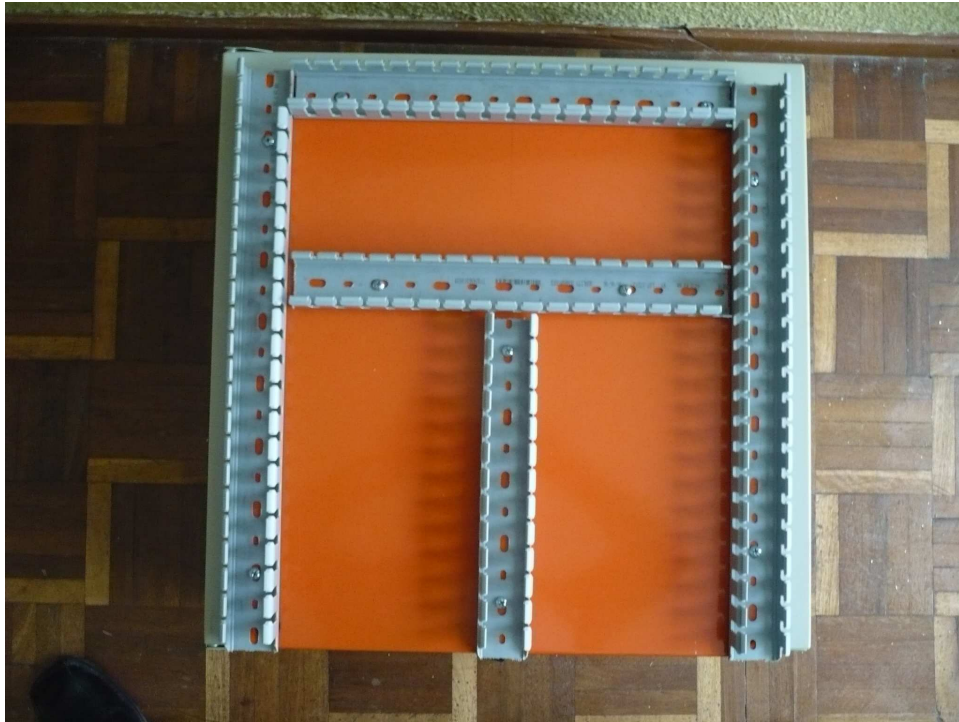


FIGURA 3.29 Doble fondo con canaletas instaladas.

- Instalación de rieles Din: en este paso se procedió a cortar las rieles con las medidas de las zonas formadas con las canaletas en el doble fondo.

Una vez instaladas las rieles el doble fondo quedo con la siguiente estructura.



FIGURA 3.30 Doble fondo con canaletas y rieles.

- Instalación de los equipos sobre el doble fondo: es esta etapa se montaron los dispositivos sobre la rieles. Estos elementos son los breakers, borneras PLC y contactores.

Una vez hecho el tablero quedo con la siguiente forma:

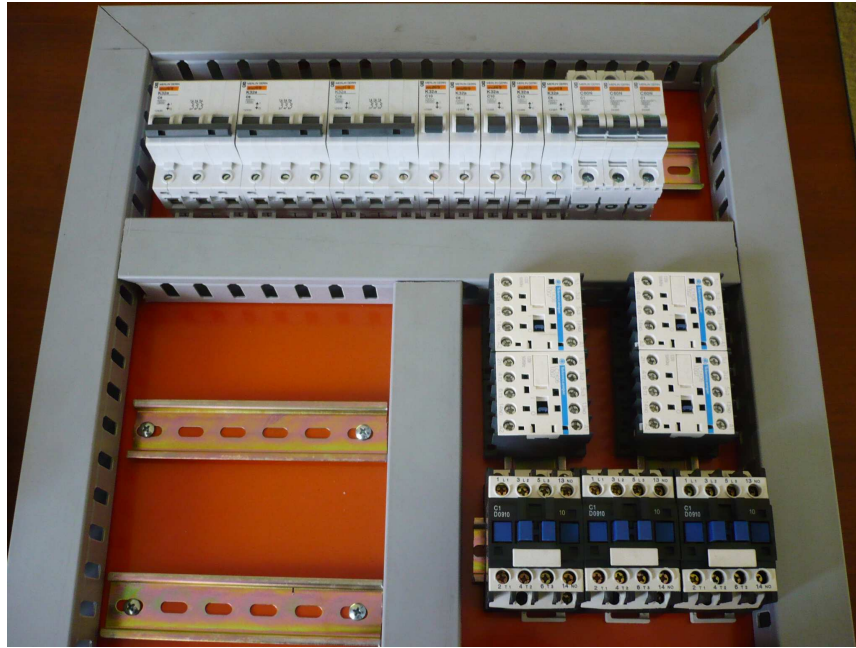
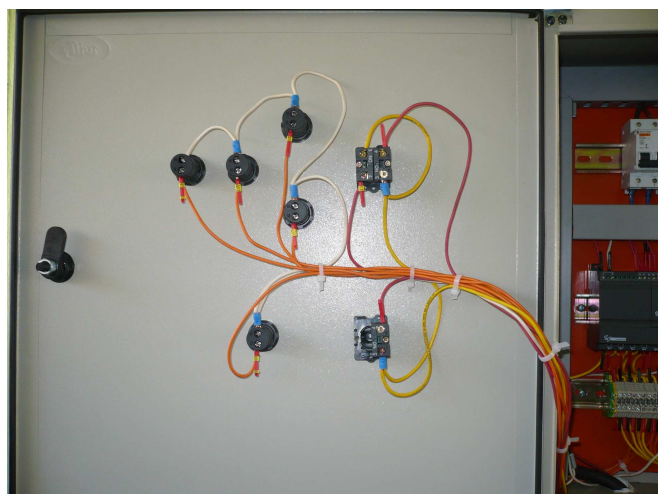


FIGURA 3.31 Instalación de los equipos sobre la rieles.

- Etapa de Cableado: En esta etapa se procedió a cablear todos los elementos en base a los planos eléctricos diseñados.

Esta etapa es una de la más crítica pues un conexionado equivocado puede causar cortocircuitos o daños en equipo al probar. El tablero quedó de la siguiente forma:



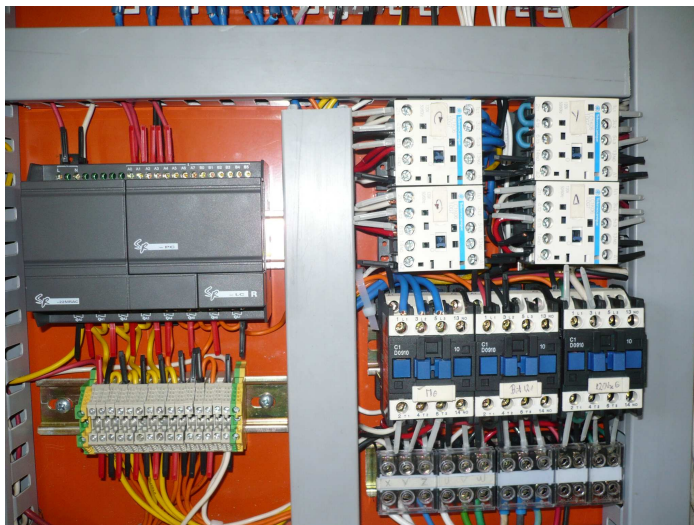


FIGURA 3.32 Cableado de los elementos.

- Introducción del doble fondo al modulo.

En esta etapa se colocó el doble fondo con los elementos armados al modulo

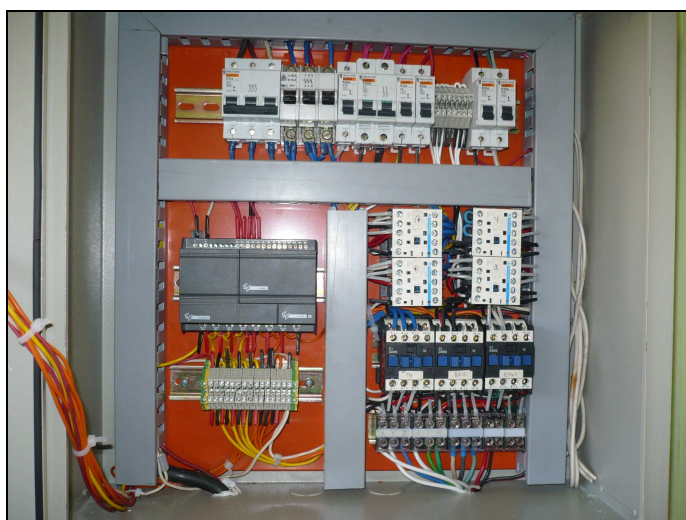


FIGURA 3.33 Colocación del doble fondo con lo elementos

Conexión de los selectores y luces piloto: en esta etapa se procedió a perforar la puerta para poder ubicar sobre el los selectores así como las luces piloto.

- Etiquetado de cables: en esta etapa se procedió a marcar cada cable, salida y entrada del plc, bornes de los contactores y breakers en base los planos eléctricos diseñados.

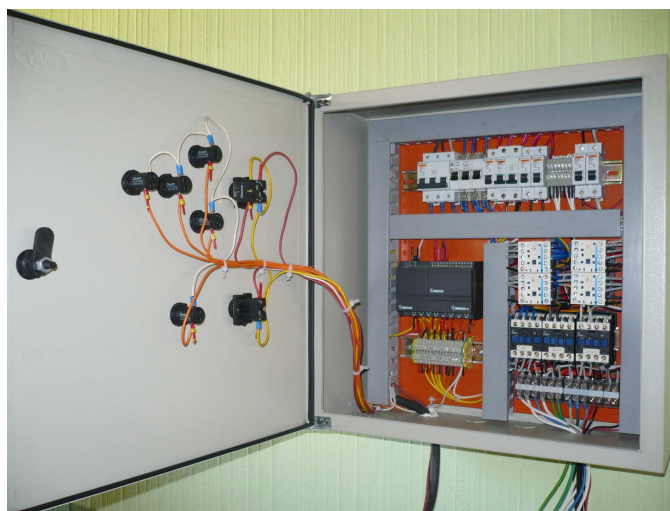


FIGURA 3.34 Tablero terminado

CAPITULO IV

DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DEL PLC

En este capítulo se describe el desarrollo del programa del PLC con el que funcionará el presente proyecto. Después se le simulará y verificará su correcto funcionamiento.

4.1 SISTEMA DE PROGRAMACIÓN

El sistema de programación permite al usuario crear su propio programa que luego se transfiere a la memoria del usuario.

La capacidad de la memoria depende del tipo de CPU que tenga el controlador.

La programación consiste de una secuencia ordenada de instrucciones cuyo objeto es resolver un problema determinado. Para todos los autómatas no existe un mismo lenguaje de programación, sino que cada uno suele tener una denominación especial para las diferentes instrucciones y una codificación particular para representar las variables internas y externas.

Los autómatas programables son sistemas con lenguajes de programación e instrucción muy especializados y orientados hacia la automatización.

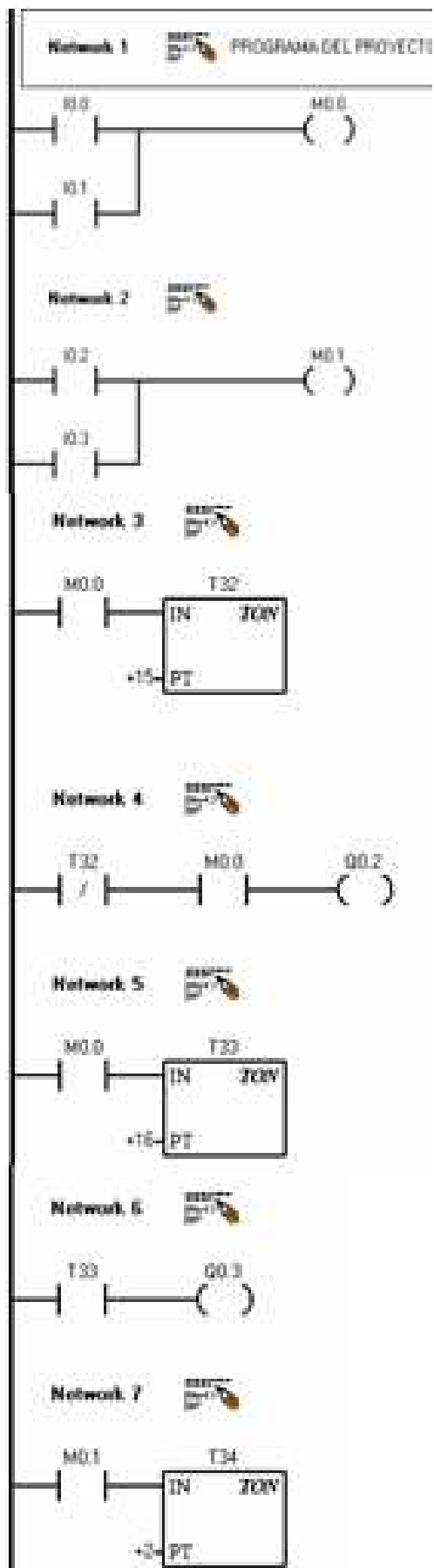
4.2 DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN DEL PLC

La programación del PLC fue desarrollado en lenguaje de diagrama de bloques o FBD. Este lenguaje fue utilizado puesto que es el único lenguaje que maneja el PLC utilizado.

El lenguaje FBD trabaja con bloques de funciones y estos a su vez con funciones que pueden ser: lógicas, aritméticas, contadores, temporización, bloques para acciones de control, bloques de comparación además funciones propias del PLC como funciones de control remoto, control de puertos, modem, etc.

El programa desarrollado en FBD utiliza básicamente cuatro tipos de bloques de función como son: AND, OR, NOT, Temporizadores TON.

Como primer paso para elaborar el programa en FBD fue necesario elaborar el programa de control en diagrama de escalera o LADER. Partiendo del diagrama Leader se asociaron los diferentes ramales de este diagrama para asociarlos a los bloques FBD correspondientes y así obtener el programa que se escribiría en el PLC. Los dos programas se encuentran en las FIGURA 4.1 y FIGURA 4.2.



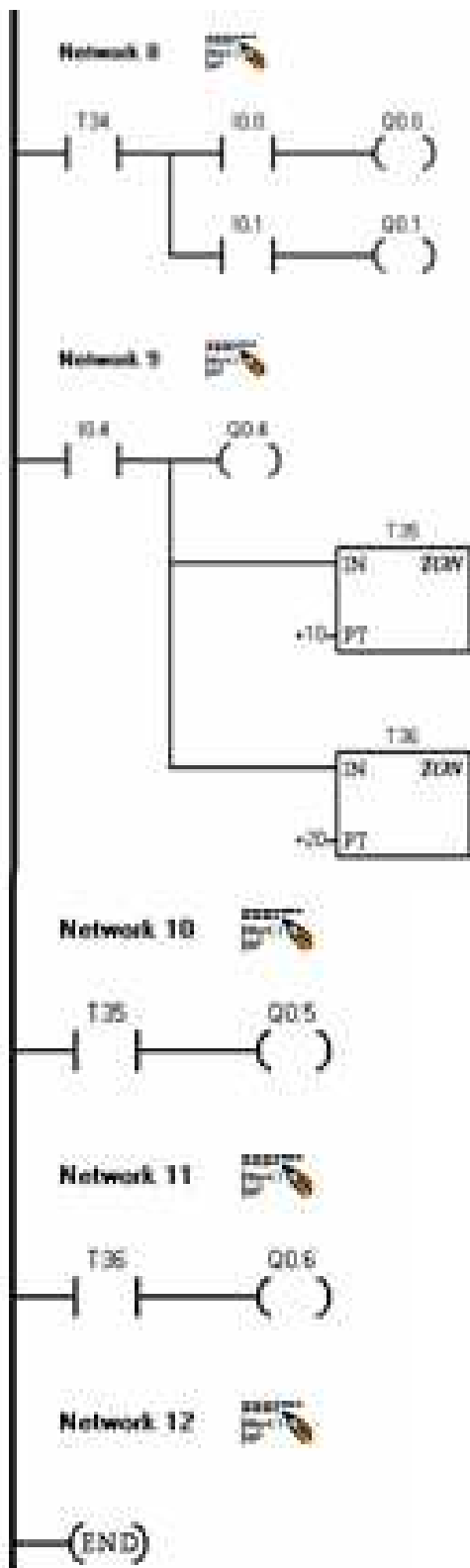


FIGURA 4.1 Diagrama LEADER del programa

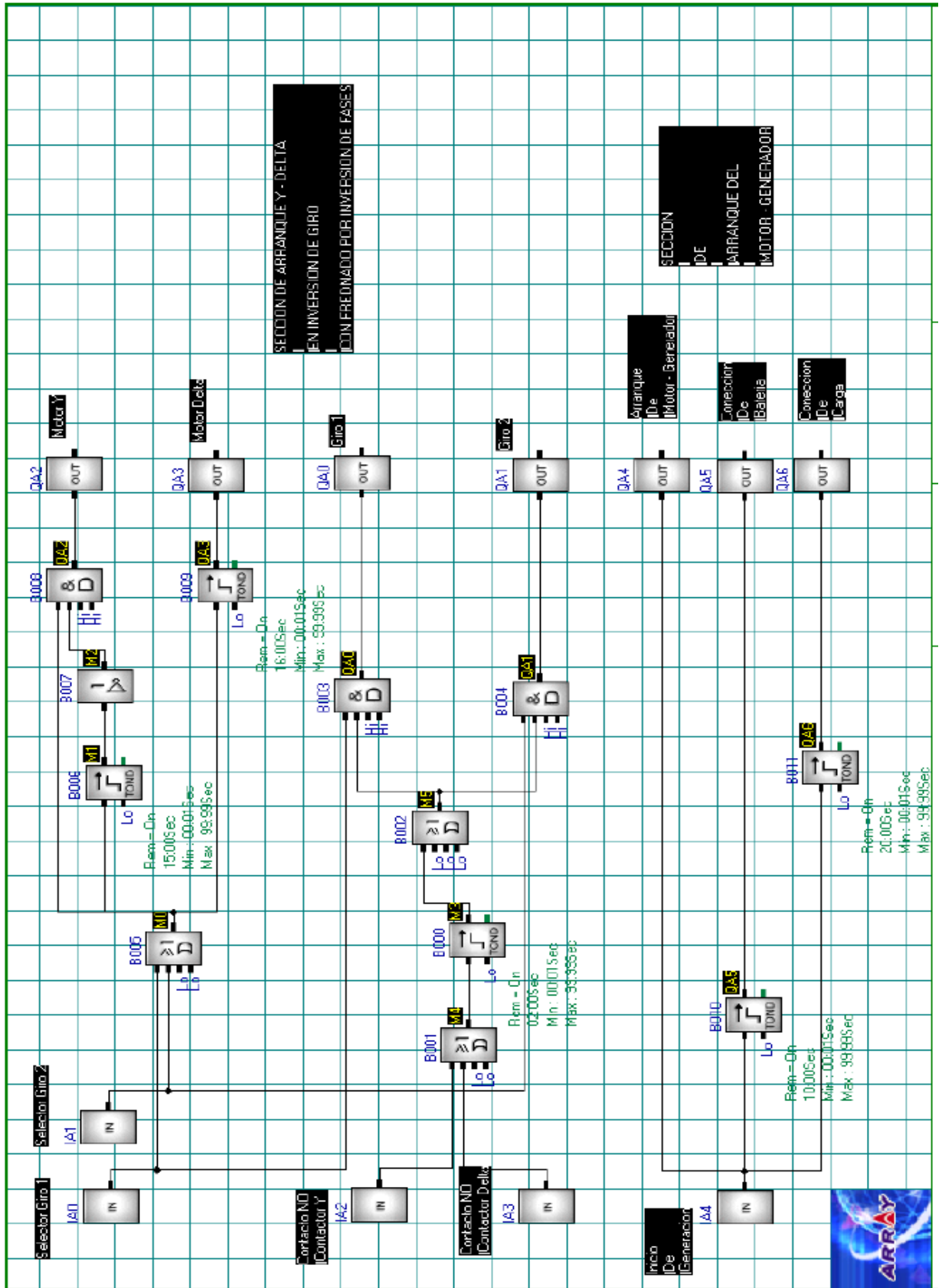


FIGURA 4.2 Diagrama de programación en lenguaje FBD

4.3 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTRUCCIONES DE PROGRAMACIÓN

En forma general a continuación se describen las instrucciones en lenguaje FBD y su respectiva equivalencia en lenguaje LEADER de una compuerta lógica, las cuales fueron las mas utilizadas en la programación:

4.3.1 COMPUERTA AND

Eléctricamente esta compuerta es como tener contactos NO es serie y la salida de este bloque únicamente se pone en alto si todos los contactos están cerrados al mismo tiempo. En la grafica 4.3 se muestra el equivalente eléctrico de esta compuerta.

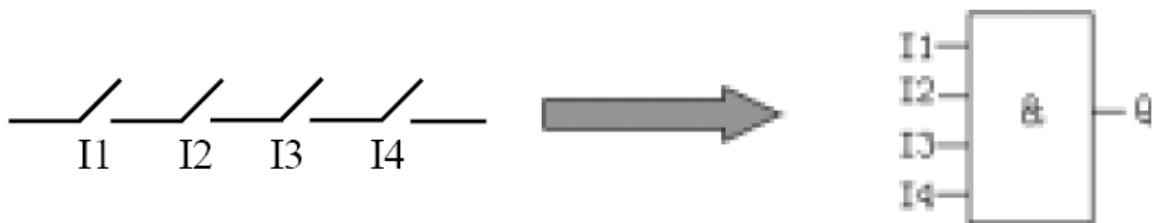


FIGURA 4.3 Compuerta AND

Su equivalente en lenguaje leader es:

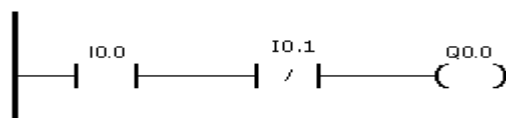


FIGURA 4.4 Equivalente de una compuerta AND

Un bloque AND opera obedeciendo la tabla de verdad que se muestra continuación:

I1	I2	I3	Q
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

FIGURA 4.5 Tabla de verdad.

4.3.2 COMPUERTA OR

Un Bloque OR opera siguiendo la tabla de verdad de la compuerta lógica OR, pero eléctricamente equivale a poner contactos NO en paralelo uno a otro y la salida de este circuito únicamente se pone en Cero si todos los contactos esta abiertos. En la Figura 4.6 se muestra el equivalente eléctrico para este Bloque:



FIGURA 4.6 Compuerta OR

Su equivalente en lenguaje ladder es:

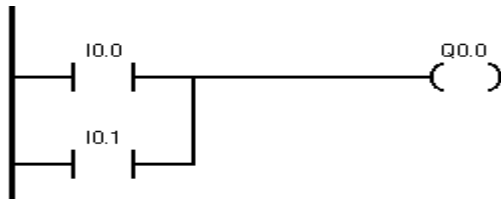


FIGURA 4.7 Equivalente de una compuerta OR

La forma de operar del Bloque OR en esquema de compuertas lógicas se muestra en la siguiente Tabla de verdad para una compuerta OR:

I1	I2	I3	Q
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

FIGURA 4.8 Tabla de Verdad compuerta OR

4.3.3 COMPUERTA NOT

La función de este Bloque es negar la señal de entrada y eléctricamente corresponde a tener un contacto normalmente cerrado como se muestra en la siguiente figura:



FIGURA 4.9 Compuerta NOT

Su equivalente en lenguaje ladder es:

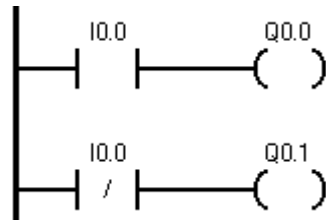


FIGURA 4.10 Equivalente de una compuerta NOT

Esta compuerta hace negativa a una señal positiva y a una señal positiva la transforma en negativa. De acuerdo a la siguiente tabla lógica:

I1	Q
0	1
1	0

FIGURA 4.11 Tabla de Verdad compuerta NOT

4.4 TEMPORIZADOR TON

El temporizador TON es el que tiene un tiempo de retraso en su conexión. La forma de operar de este bloque se describe a continuación:

- Bloque con señal de ingreso en cero.
- Bloque con señal de ingreso en alto.
- Inicio de conteo del tiempo programado.
- Si el tiempo programado aun no se cumple. La salida se mantiene en bajo.
- Si el tiempo programado se cumple, la salida se pone en alto.
- La salida se mantiene en alto hasta que se cambie a cero la señal de entrada.
- Si se aplica el pulso de reset, se reinicia el conteo y la salida se pone en bajo hasta que termine el conteo. Una vez cumplido el tiempo nuevamente se pone en alto.

La grafica que representa a un timer TON se muestra en la Figura 4.11:

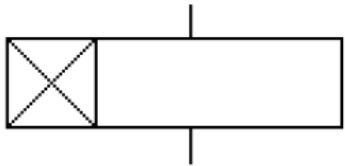
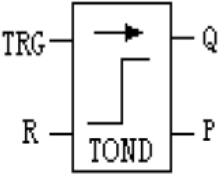
Function	Representation	Graphic
TOND		

FIGURA 4.12 TEMPORIZADOR TON

En el programa de la FIGURA 4.2 se representan las ejecuciones secuenciales de tareas. La evolución dentro del ciclo se realiza de forma secuencial, de tal manera que el paso entre cada etapa se gobierna mediante condiciones de transición, las cuales tienen relación con las señales procedentes de sensores o elementos de entrada al sistema. Las tareas a seguirse son las siguiente:

- De acuerdo a la selección del conector: inversión de giro del motor (derecha o izquierda)
- Arranque estrella-triángulo (de acuerdo a la giro seleccionado)

Secuencia de funcionamiento del sistema de generación:

- Arranque motor (conjuntamente con el generador)
- Conexión de la batería
- Conexión de la carga

4.5 VENTAJAS E INCONVENIENTES A LA REALIZACIÓN DEL PROGRAMA

Al momento de escoger el autómatas se descubrió que no todos los PLCs ofrecen las mismas ventajas debido a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente.

4.5.1 Ventajas

- Mínimo espacio de ocupación.
- Aumenta la fiabilidad y confiabilidad del sistema. Los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de controlar varias máquinas con un mismo PLC.

4.5.2 Inconveniente

- El costo de los elementos utilizados puede ser un inconveniente.

CAPITULO V

5.1 PRUEBAS DE SIMULACIÓN DEL MODULO.

5.1.1 PRUEBAS REALIZADAS EN EL SISTEMA DE GENERACIÓN

Para analizar en el que estado se encontraba el sistema de generación se procedió a realizar las siguientes pruebas:

- Se procedió a probar el sistema con los elementos originales para así comprobar resultados, dificultades y anomalías que presentaba el sistema.
- De este análisis se obtuvo como conclusión poco rendimiento de voltaje dando un de valor 20V y no alcanzaba el voltaje nominal por lo cual este problema llego a constituirse uno de los objetivos a solucionar de este sistema de generación.
- Para solucionar el problema anterior se procedió a desarmar y verificar las partes que probablemente podían presentar daños. En el momento de la investigación en las bobinas del generador se descubrió que se encontraban rotas y que por ello no existía campo.
- Además se estudio algunos sistemas de transmisión ya que el sistema inicialmente no poseía las dimensiones adecuadas, para que el sistema funcione en óptimas condiciones. El sistema consistía en dos poleas, una en el generador y otra en el motor las cuales no tenían bien dimensionadas sus medidas.
- Después de rebobinar, limpiar y dar mantenimiento al generador y dimensionar adecuadamente a las poleas del sistema de transmisión se produjo el mejoramiento de esta parte del proyecto dando como resultado los valores esperados.

5.1.2 PRUEBAS DEL SISTEMA DE CONTROL

- Al momento de realizar las pruebas en el tablero de control se llegó a la conclusión de que los tiempos de cambios en la conexión delta-estrella estaban demasiado altos.
- Cuando el motor cambiaba la conexión delta a estrella el temporizador estaba programado con un tiempo largo por esta razón el motor paraba y en la conexión estrella el motor saltaba esto era producido por el cambio brusco de corriente a causa de la parada del motor.
- Para solucionar este problema se procedió a disminuir los tiempos en los temporizadores.
- Luego de programar nuevamente los tiempos se procedió a verificar nuevamente el sistema y se comprobó los tiempos correctos.

CAPITULO VI

6.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1.1 CONCLUSIONES

- Se ha cumplido las metas y objetivos del trabajo.
- El voltaje y la frecuencia de un generador deben ser los correctos ($f=60\text{Hz}$, $V=110\text{v}$) para que funcionen de manera optima los aparatos eléctricos.
- La velocidad del motor debe ser la nominal para que el generador llegue a producir el voltaje nominal.
- Los sistemas mecánicos de transmisión deben ser seleccionados correctamente de acuerdo a la aplicación (poleas, cadena, engranajes, etc.)
- Las protecciones deben estar dimensionadas de acuerdo a la corriente de la carga.
- Las características de los contactores son muy importantes en el momento de dimensionar. Además se debe tomar muy en cuenta la carga a manejar.
- En la investigación de PLC se encontró que existen varias gamas como son:
 - Gama alta: utilizados para procesos grandes.
 - Gama media: utilizados para procesos no muy extensos
 - Gama baja: utilizados para procesos pequeños.

- El PLC escogido para el desarrollo del presente proyecto trabaja con lenguaje de Diagrama de Función de Bloques (FBD).
- El lenguaje de Diagrama de Función de Bloques (FBD) esta basado en el lenguaje LEADER (LD).
- El PLC trabaja con diferentes valores de voltaje en corriente alterna(AC) y corriente continua(DC) como son: 120/240 Vac, 24Vdc

6.1.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda colocar un templador en la banda para con esto ganar una mayor compresión de la banda y más velocidad.
- La batería debe tener su propio sistema de retroalimentación aislado eléctricamente.
- Se debería cambiar los rodamientos del generador para con esto evitar fricción.
- Se debería colocar en el sistema un tablero mas grande en donde pueda trabajar la misma aplicación con el PLC S7_300
- En base a este trabajo se puede realizar otros módulos didácticos que sirvan para complementar la educación en las carreras de la Escuela Politécnica Nacional.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARO AGUINAGA: Autómatas programables, Ecuador-Quito, 2006
- SCHNEIDER ELECTRIC: W9 1489499 01 11 A03, Telemecanique
- PABLO ANGULO: Sensores y Actuadores, Escuela Politecnica Nacional 1990
- [http: www.array.sh/fabE.htm](http://www.array.sh/fabE.htm)
- http://www.grupomaser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm