



D-19572

T629.89 GARCÉS

629.89
GAR
P.2



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACION

“Diseño y Automatización de un Proceso Industrial con un Controlador Lógico Programable (PLC) y un Software de Visualización”

TOPICO DE GRADUACION

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD
Especialización: INDUSTRIAL



Presentada por:

Marcia Garcés Mendoza
Santiago Torres Romero

Guayaquil - Ecuador

1999

AGRADECIMIENTO

A Dios , por La guía y sabiduría
brindada.

A nuestros Padres por su constante
apoyo y confianza.

Al Ing. Alberto Larco ,por su ayuda y
colaboración para la realización de este
proyecto.

DEDICATORIA

A nuestros Padres y hermanos.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



**Ing. Armando Altamirano
Sub-Decano de la FIEC**



**Ing. Alberto Larco G.
Director de Tópico**



**Ing. Norman Chootong
Miembro del Tribunal**



**Ing. Nelson Layedra
Miembro del Tribunal**

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis , me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma ,a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.”


Marcia Garcés Mendoza


Santiago Torres Romero

RESUMEN

En el presente proyecto se pretende dar a conocer el uso de un Controlador Lógico Programable (PLC) ,un software de visualización, un panel operador, los cuales son programados bajo ambiente de Windows ya que la estructura abierta del software y hardware permite utilizar paquetes de programación Windows y el enlace a redes estándar de comunicación de oficinas e industrias .

Estos dispositivos mencionados permiten automatizar cualquier proceso industrial como se muestra en este proyecto con una aplicación en particular utilizada en la mayoría de industrias ya que el proceso descrito consta de un brazo mecánico lo cual en los últimos años está desplazando la mano del hombre por su capacidad de realizar tareas repetitivas,cansadas y que requieren mucha precisión.

En la primera parte del proyecto se describe el proceso industrial a automatizarse,detallando las partes constitutivas del mismo,la aplicación de las mismas en la industria y la secuencia de operación utilizada.

El capítulo II se refiere a motores de paso ,los cuales se utilizaron en el proyecto, para el movimiento del brazo mecánico ya que se requería de

precisión ; en éste capítulo se dá a conocer la definición clasificación funcionamiento y diseño del controlador de los motores de paso.

El capítulo III se refiere al diseño y construcción de un inversor utilizado para manejar el motor de inducción trifásico AC que dá el movimiento a la banda transportadora presente en el proceso industrial simulado, este capítulo detalla las características generales, principio de operación de los inversores ; se presenta el diseño realizado del circuito de control y fuerza para el inversor trifásico construido con sus respectivos circuitos impresos.

El capítulo IV dá a conocer el sistema eléctrico propuesto ,las ventajas que ofrece utilizar dispositivos que reducen errores y aseguran que el producto sea producido con máxima eficiencia ,como son el PLC Y y los software de visualización y animación, sistemas que comunicados entre sí permiten un trabajo confiable y un indicador para los operadores, que les informa lo que está sucediendo en la planta de trabajo.

El capítulo V presenta la programación del sistema propuesto, tanto del PLC utilizado como del software de animación , se dá a conocer los diagramas de flujo del diseño elaborado ,las diferentes pantallas que se visualizarán en el computador , y sus programas tanto en los editores KOP y Aplicación Script.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE DE ABREVIATURAS.....	XV
INTRODUCCION.....	16
CAPITULO I	
GENERALIDADES DEL PROCESO INDUSTRIAL	
PROPUESTO	
1.1 Introducción.....	18
1.2 Descripción del proceso	15
1.3 Partes constitutivas.....	19
1.3.1 Banda transportadora.....	21
1.3.2 Brazo mecánico.....	22
1.3.3 Electroválvula.....	25
1.3.4 Silo.....	28
CAPITULO II MOTORES DE PASO	
2.1 Introducción.....	30

2.2 Definición y características generales.....	31
2.3 Clasificación general de los motores de paso.....	33
2.3.1 Motores de paso de reluctancia variable.....	34
2.3.1.1 Motores de paso de múltiples grupos.....	35
2.3.1.2 Motores de paso de un solo grupo.....	38
2.3.1.3 Principio de operación.....	40
2.3.2 Motores de paso de magneto permanente.....	42
2.3.3 Motor de paso híbrido.....	46
2.4 Motores de paso utilizados en el proyecto.....	46
2.4.1 Diseño del controlador.....	48
2.4.1.1 Circuito de control.....	48
2.4.1.1.1 Reloj utilizado.....	50
2.4.1.2 Circuito de fuerza.....	51
2.4.2 Circuito impreso.....	52
2.5 Fuentes utilizadas en el proyecto.....	52

CAPITULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN INVERSOR PARA UN MOTOR TRIFASICO AC.

3.1	Introducción.....	56
3.2	Inversores.....	57
3.2.1	Definición y características generales.....	57
3.2.2	Principio de operación.....	58
3.3	Inverso trifásico.....	61
3.3.1	Conducción a 180 grados.....	62
3.3.2	Conducción a 120 grados.....	65
3.4	Control de voltaje en los inversores.....	68
3.4.1	Control de voltaje a La entrada del inversor.....	69
3.4.2	Control de voltaje dentro del inversor.....	73
3.4.2.1	Modulación de un solo ancho de pulso.....	73
3.4.2.2	Modulación de varios anchos de pulsos.....	75
3.4.2.3	Modulación senoidal de ancho de pulso.....	75
3.5	Diseño del inversor trifásico utilizado en el proyecto.....	78
3.5.1	Circuito de control digital.....	79
3.5.1.1	Diagrama ASM.....	79
3.5.1.2	Implementación del controlador.....	82
3.5.1.3	Implementación de las salidas.....	82

3.5.1.4 Divisor por 96.....	82
3.5.1.5 Reloj utilizado.....	87
3.5.2 Circuito de fuerza.....	89
3.6 Aislamiento entre el circuito de control y circuito de fuerza..	90
3.7 Fuentes de poder utilizadas.....	93
3.7.1 Fuente para el circuito digital.....	93
3.7.2 Fuentes de poder para el circuito de fuerza.....	93
3.8 Circuitos impresos realizados.....	95

CAPITULO IV SISTEMA ELÉCTRICO PROPUESTO

4.1 Introducción.....	100
4.2 Sistema de control y automatización.....	101
4.3 Controladores lógicos programables(PLC).....	102
4.3.1 Definición y características generales.....	102
4.4 PLC utilizado en el proyecto.....	103
4.4.1 Componentes.....	104
4.4.2 Programación.....	107
4.5 Programa de visualización utilizado en el proyecto.....	108
4.6 Ventajas del sistema propuesto.....	110

CAPITULO V

PROGRAMACION DEL SISTEMA PROPUESTO

5.1 Sensores utilizados en el proyecto.....	114
5.1.1 Sensores de proximidad.....	114
5.1.2 Sensores de nivel.....	117
5.2 Programación en el PLC:Simatic S7-200 CPU214.....	119
5.2.1 Descripción del programa.....	119
5.2.2 Entradas y salidas del PLC utilizadas.....	121
5.2.3 Diagrama de flujo.....	123
5.2.4 Programa en STEP-7 MicroWin.....	123
5.3 Programación en el software de visualización IN-TOUCH..	123
5.3.1 Descripción del programa.....	123
5.3.2 Diagrama de flujo.....	143
5.3.3 Programa en el software IN-TOUCH.....	143
APENDICES.....	166
CONCLUSIONES	190
BIBLIOGRAFIA.....	193

INDICE DE FIGURAS

No.	Pag.
1.1. Proceso industrial propuesto.....	12
1.2. Uso industrial de una banda transportadora.....	14
1.3. Uso industrial de una banda transportadora.....	16
1.4. Uso industrial de un brazo robótico.....	18
1.5. Aplicación de un brazo robótico.....	20
1.6. Válvula solenoide típica.....	22
2.1. Curva torque vs. Velocidad.....	26
2.2. Motor de paso de reluctancia variable múltiples grupos.....	28
2.3. Motor de paso de reluctancia variable de un solo grupo.....	30
2.4. Motor d reluctancia variable.....	32
2.5. Motor de magneto permanente unipolar.....	40
2.6. Motor de magneto permanente bipolar.....	42
2.7. Motor de paso utilizado en el proyecto.....	45
2.8. Circuito de control digital para el motor de paso.....	48
2.9. Reloj utilizado.....	50
2.10. Circuito de fuerza utilizado.....	55
2.11. Circuito controlador del motor de paso.....	57
2.12. Circuito impreso.....	59
2.13. Fuente para el circuito de control digital.....	63
2.14. Fuente para el circuito de fuerza.....	66
3.1 Inversor monofásico de medio puente.....	70
3.2 Formas de onda obtenidas del inversor monofásico.....	72
3.3 Inversor trifásico puente.....	74
3.4 Formas de onda para conducción a 180 grados.....	77
3.5 Circuitos equivalentes para una carga resistiva en estrella.....	80
3.6 Formas de onda para conducción a 120 grados.....	82
3.7 Variación del voltaje de salida por medio de un troceador.....	85
3.8 Diagrama ASM.....	87
3.9 Controlador.....	89
3.10 Implementación de las salidas.....	93
3.11 Contador.....	95
3.12 Reloj utilizado.....	97
3.13 Acoplador óptico.....	99
3.14 Aislamiento utilizado.....	101
3.15 Fuentes utilizadas.....	104
4.1 Elementos de un sistema de control.....	108

4.2	Componentes de un Micro PLC S7-200.....	113
4.3	CPU con módulo de ampliación.....	116
4.4	Editor KOP.....	118
4.5	Editor AWL.....	122
4.6	Ejemplo utilizando IN-TOUCH.....	125
5.1	Sensor de proximidad.....	129
5.2	Sensor de nivel.....	133
5.3	Diagrama de flujo.....	135
5.4	Diagrama de flujo.....	140
5.5	Diagrama de flujo.....	144
5.6	Pantalla MENU.....	148
5.7	Pantalla PANEL DE CONTROL.....	155
5.8	Pantalla PROCESO.....	158
5.9	Pantall Indicadores.....	159
5.10	Diagrama de flujo.....	162
5.11	Diagrama de flujo.....	163
5.12	Diagrama de flujo.....	164
5.13	Diagrama de flujo.....	165
5.14	Diagrama de flujo.....	166
5.15	Diagrama de flujo.....	167
5.16	Diagrama de flujo.....	168
5.17	Diagrama de flujo.....	169
5.18	Diagrama de flujo.....	170
5.19	Diagrama de flujo.....	171
5.20	Diagrama de flujo.....	172

INDICE DE ABREVIATURAS

ca : corriente alterna

cc : corriente continua.

TTL: Lógica Transistor-Transistor.

uF : microfaradios.

Vcc : Voltaje de corriente continua.

UPS : Sistema de Potencia Ininterrumpida.

IL : Corriente de carga.

OUT: Salida.

mF : milifaradios

AC : corriente alterna

DC : corriente continua.

INTRODUCCIÓN

El control automático ha jugado un papel vital en el avance de la ingeniería y de la ciencia y se ha convertido en parte importante e integral de los procesos industriales modernos , por ejemplo el control automático resulta esencial en operaciones industriales tales como el control de presión , temperatura , nivel , caudal, velocidad ,posición ,etc.

La automatización de cualquier proceso está justificada cuando se exige una determinada cantidad o tasa de producción , una integridad o coherencia en las características de un producto, una calidad invariable o un comportamiento en servicio que de una imagen de prestigio a la organización que pone un producto de calidad en manos del cliente.

El propósito en todas las industrias es incrementar la productividad a través de máquinas y procesos automatizados, por lo cual se requiere de la automatización para incrementar la calidad ,cantidad y precisión de los productos.

Para lograr la automatización de un proceso , el operador debe ser reemplazado de alguna forma por el sistema automático , este sistema requiere de encender ,regular y parar un proceso en respuesta a un monitoreo o por variables de comparación dentro del proceso y obtener los resultados

deseados ,éste proceso es un sistema que también es llamado sistema de control.

Un sistema de control se divide en tres secciones : entradas, procesamiento y salidas , consiste en medición de entradas, control de procesamiento llevado a las salidas sobre dichas entradas y el resultado de las salidas son producidos por las acciones.

Esta tecnología permitirá que el operador no necesariamente debe estar cerca de la planta de trabajo para poner el proceso en funcionamiento sino que podrá controlar el proceso desde un computador, ya que este le permitirá visualizar cada una de las etapas que se van realizando en la planta, dándole al operario posibilidad de detener el proceso desde el computador si visualiza que está ocurriendo alguna falla en la planta y de realizar los reajustes que crea necesario mediante el computador.

Con ésta tecnología se pretende promover el control de procesos industriales por computadora, utilizando el PLC, ya que éste control reduce errores y asegura que el producto sea producido con máxima eficiencia.

CAPITULO I

GENERALIDADES DEL PROCESO INDUSTRIAL PROPUESTO.

1.1 INTRODUCCIÓN.

El control de un proceso industrial por medios automáticos en vez de humanos se conoce como automatización.

El concepto de automatización es fundamental para nuestra sociedad industrial, ya que la automatización es frecuente en las industrias químicas, de generación de electricidad, papelera, automotriz, siderúrgicas, azucareras, entre otras.

Las máquinas automáticas se utilizan para aumentar la producción de una planta de trabajo, cuando se exige una integridad en las características de un producto, una calidad invariable o un comportamiento en servicio que de una imagen de prestigio a la industria y un mejor rendimiento de un aparato o sistema.

Por todas estas razones, este proyecto pretende dar a conocer el uso de un Controlador Lógico Programable (PLC) y un software de visualización con los cuales se logra automatizar cualquier

CAPITULO I

GENERALIDADES DEL PROCESO INDUSTRIAL PROPUESTO.

1.1 INTRODUCCIÓN.

El control de un proceso industrial por medios automáticos en vez de humanos se conoce como automatización.

El concepto de automatización es fundamental para nuestra sociedad industrial, ya que la automatización es frecuente en las industrias químicas, de generación de electricidad, papelera, automotriz, siderúrgicas, azucareras, entre otras.

Las máquinas automáticas se utilizan para aumentar la producción de una planta de trabajo, cuando se exige una integridad en las características de un producto, una calidad invariable o un comportamiento en servicio que de una imagen de prestigio a la industria y un mejor rendimiento de un aparato o sistema.

Por todas estas razones, este proyecto pretende dar a conocer el uso de un Controlador Lógico Programable (PLC) y un software de visualización con los cuales se logra automatizar cualquier

proceso industrial .Para ello se escogió una aplicación en particular utilizada en algunas industrias.

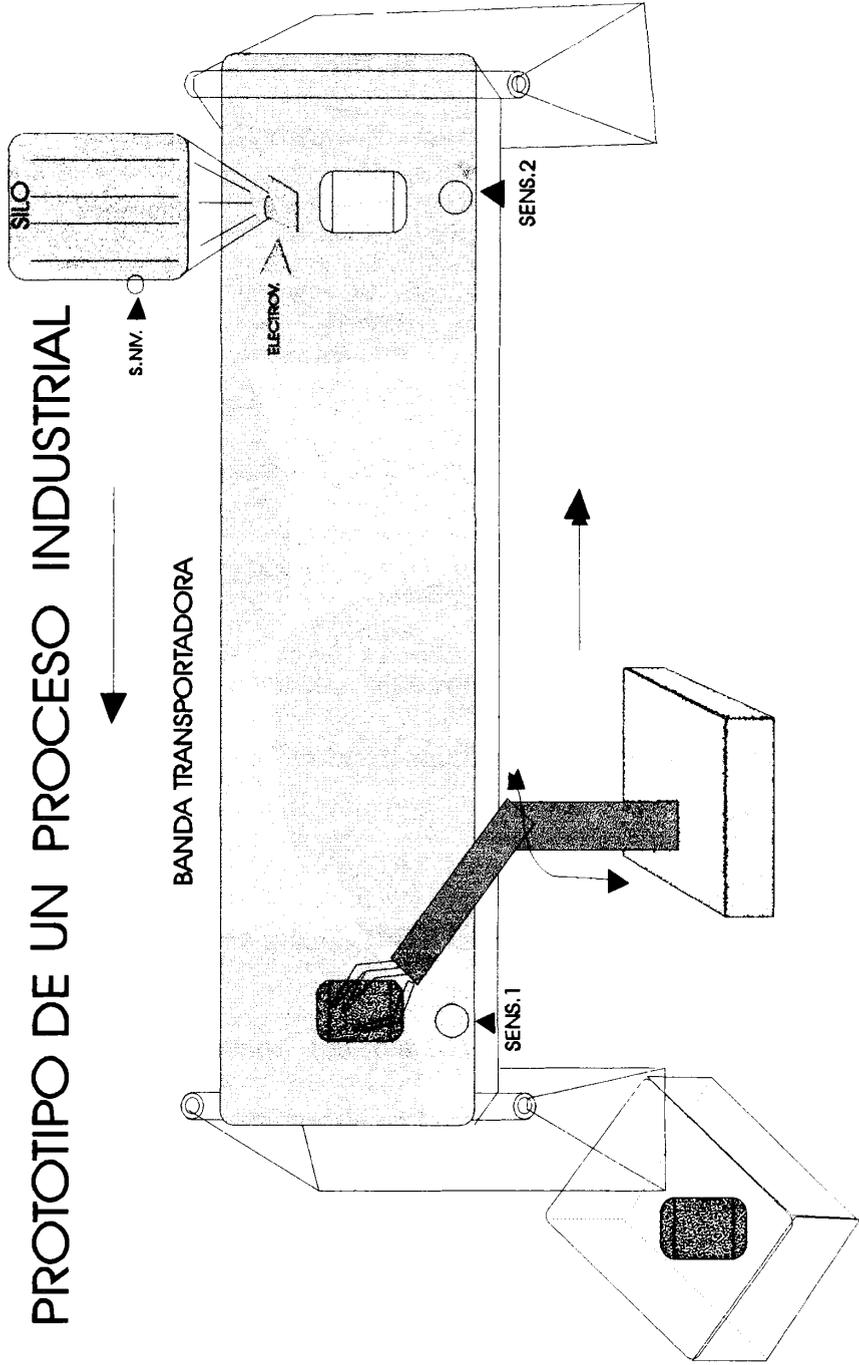
Dicha aplicación industrial abarca el uso de una banda transportadora , un brazo mecánico ,instrumentos que son requeridos por las industrias para realizar trabajos repetitivos en forma rápida,precisa , eficiente, aumentando la producción y el nivel de calidad del producto obtenido.

Este capítulo describe el proceso industrial a automatizarse , detallando sus partes constitutivas ,la aplicación de las mismas en la industria y la secuencia de operación realizada.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

El proceso industrial simulado se ilustra en la figura 1.1 y se detalla a continuación:

Se dispone de un silo que contiene una sustancia en su interior, inicialmente cerrado .Al dar inicio al sistema la electroválvula que permite la salida del material en el interior del silo se abrirá, cayendo la sustancia a un recipiente , el cual en el momento de ser llenado, la electroválvula se cerrará y el recipiente lleno es transportado por una banda transportadora .



PROTOTIPO DE UN PROCESO INDUSTRIAL

BANDA TRANSPORTADORA

Fig.1.1 Proceso industrial propuesto.

Al llegar la banda con el recipiente al sitio establecido , un brazo mecánico coge el recipiente lleno y lo coloca a una mesa de trabajo.El proceso es repetitivo y puede ser detenido en cualquier momento .

Todo el proceso es realizado en forma automática , controlando y visualizando cada una de sus etapas cada una de sus etapas por medio de un computador.

1.3 PARTES CONSTITUTIVAS.

Los elementos utilizados en este proceso son : una banda transportadora, un brazo mecánico ,una electroválvula, un silo , y un recipiente .

1.3.1BANDA TRANSPORTADORA.

La banda transportadora es el instrumento utilizado para transportar objetos de un lugar a otro; es muy utilizada en aplicaciones industriales y se la controla en diferentes velocidades para trasladar objetos.

1.3.1.1 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA.

Las figuras 1.2 y 1.3 ilustran algunas aplicaciones

industriales de la banda transportadora , ya sea en industrias químicas , papeleras , automotrices , azucareras , siderúrgicas ,etc; transportando diversidad de objetos.

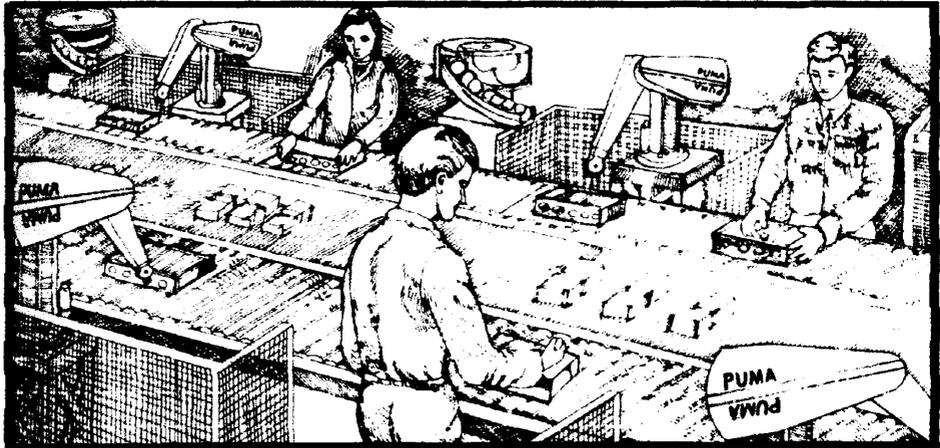


Fig.1.2 Uso industrial de una banda transportadora.

1.3.2 BRAZO MECÁNICO.

Un brazo mecánico es un instrumento capaz de tomar objetos que pesen cientos de kilogramos y colocarlos con precisión en algún sitio establecido.

Al inicio de 1960 ,George Devol introdujo el primer robot industrial , el concepto básico fue construir una máquina que fuese bastante flexible para hacer una variedad de trabajos automáticamente,

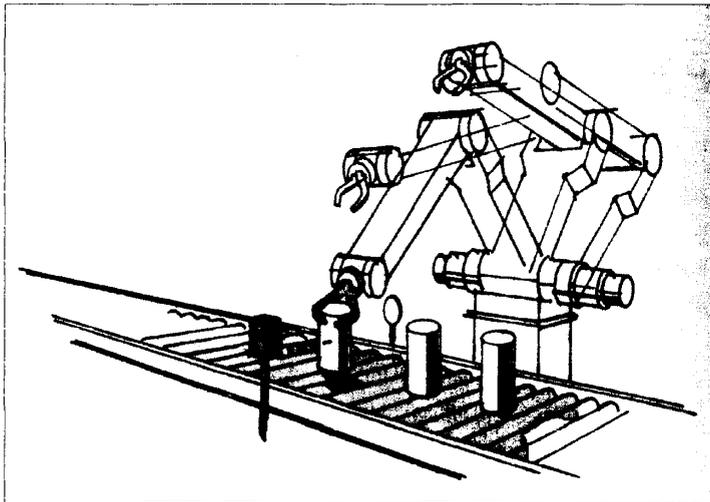
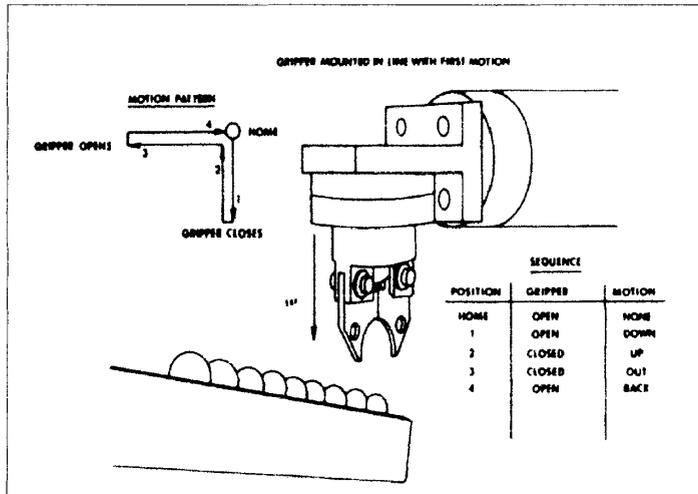


Fig.1.3 Aplicaciones con banda transportadora y brazo mecánico

un dispositivo que pueda ser fácilmente programado si el trabajo que vá a realizar es cambiado lo cual muchas veces sucede en procesos industriales automatizados.

Su uso se hizo indispensable en algunos países tales como en Estados Unidos y Japón. Muchas compañías como IBM, General Electric, Westinhouse han producido estos dispositivos.

Las definición de un robot industrial difiere en todo el mundo, pero el Instituto de Robótica de América lo define como un manipulador multifuncional reprogramable.

Algunos de los beneficios resultantes de la apropiada aplicación de un robot industrial son los siguiente:

- Incremento de la productividad.
- Flexibilidad para ser reprogramado si se desea cambiar la operación que se está realizando.
- Precisión para ubicarse en algún sitio establecido.
- Capacidad para realizar trabajos repetitivos que muchas veces resultan aburridos para los humanos.

Cabe destacar que el uso de los robots en las industrias ha sido de mucho beneficio al hombre ya que aquellos trabajos peligrosos, repetitivos ,aburridos y cansados son realizados actualmente por los robots, de una manera eficiente , pero esto no significa que los robots hayan desplazado al humano ya que la capacidad de pensar es insustituible.Las figuras 1.2, 1.3, 1.4 ,1.5 muestra algunas aplicaciones de los robots industriales .

1.3.3 ELECTROVÁLVULA.

La electroválvula utilizada en el proceso permite el paso al exterior de la sustancia contenida en el silo.Las características y principio de operación de una electroválvula se explican a continuación:

El control efectivo de los procesos industriales requiere generalmente un amplio uso de elementos finales de control de entre los cuales el más frecuentemente empleado en la insustria es la electroválvula o válvula de solenoide.

Estas válvulas son de acción todo-nada , es decir , admiten solamente dos estados: posición abierta dejando totalmente libre el paso del fluido y posición cerrada cortando su paso .



Fig.1.4 Uso industrial de un brazo robótico.

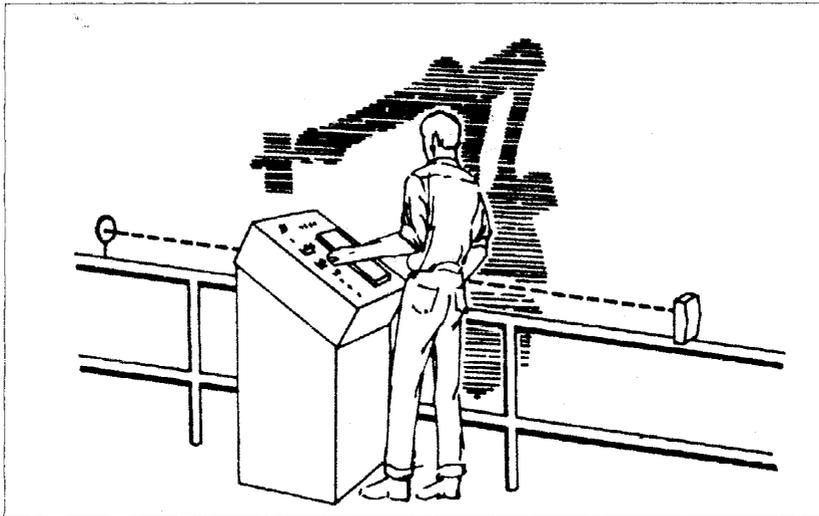
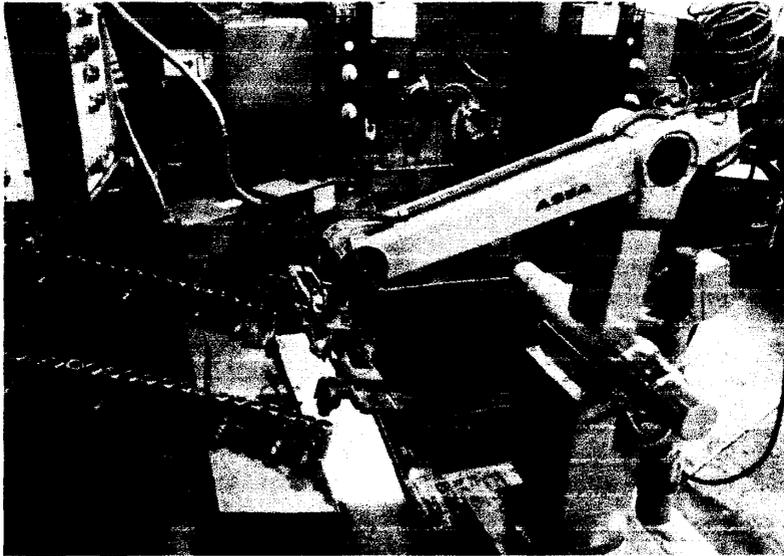


Fig.1.5 Aplicaciones de un brazo robótico.

Una válvula solenoide típica se puede observar en la figura 1.6 ,esta constituida por una bobina solenoide encajada en un núcleo fijo en forma de tubo cilíndrico , en cuyo interior desliza un núcleo móvil provisto en su extremo de un disco o tapón .La válvula actúa como un electroimán , su excitación alimenta eléctricamente la bobina que atrae el núcleo móvil ,mientras que su desexcitación invierte la posición de éste gracias a un resorte que empuja el disco contra el asiento, cerrando así la válvula.

Existen algunos tipos de electroválvulas la mostrada en la figura se denomina de acción directa, ya que el disco o tapón está acoplado directamente al núcleo móvil y abre o cierra el paso del fluido al excitarse o desexcitarse la bobina del solenoide del núcleo fijo.

1.3.4 SILO.

Se denomina silo al recipiente que contiene una sustancia establecida , es de mucho uso industrial por su gran capacidad de almacenamiento.

Un silo se lo utiliza en la mayoría de las industrias tales como papeleras, azucareras, arroceras , químicas, de cemento,etc.

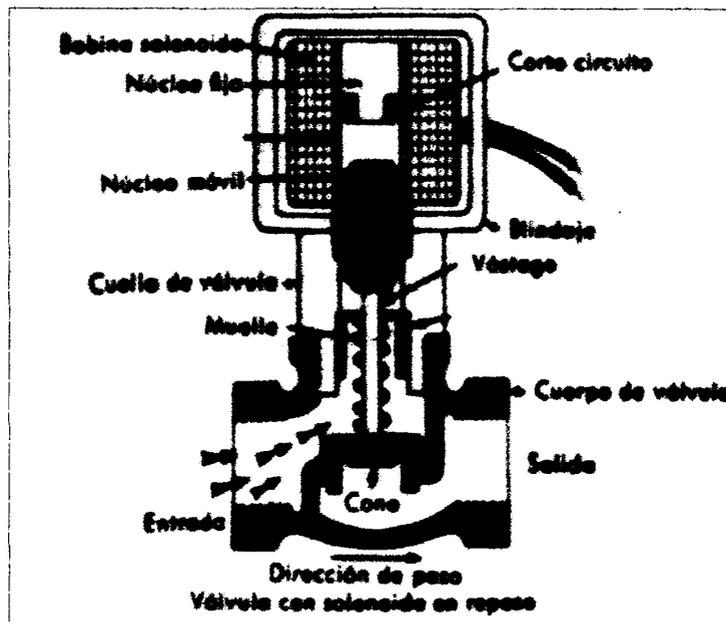
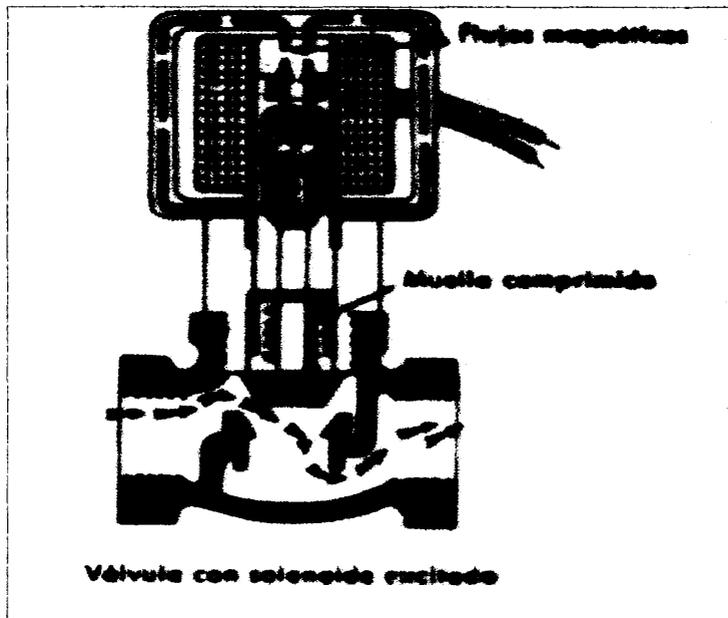


Fig.1.6 Válvula solenoide típica.

CAPITULO II

MOTORES DE PASO

2.1 INTRODUCCIÓN

Los motores de paso se utilizaron en este proyecto para el movimiento del brazo mecánico .

Se hizo necesaria su utilización ya que el movimiento , posición y dirección del brazo mecánico debían ser precisamente controlados.

El motor de paso tiene la habilidad de rotar en la dirección deseada, así como detenerse y empezar en varias posiciones rotatorias mecánicas para lo cual el rotor se mueve en incrementos angulares precisos para cada cambio de paso.

El error de posición en un motor de paso no es acumulativo es un error de paso unitario (distancia o dirección de movimiento) el cual es menor del 5% de un paso.

En este proyecto fueron utilizados tres motores de paso para el movimiento de las tres articulaciones del brazo mecánico

utilizado, para lo cual fue necesario realizar la circuitería de fuerza y control para su control adecuado.

Los motores de paso son controlados generalmente por una fuente de alimentación continua, una circuitería lógica para su control, y el respectivo circuito de fuerza, todo esto constituye el cerebro del motor de paso y adicionalmente son elementos importantes en el rendimiento general del motor.

Este capítulo presenta la definición, clasificación, funcionamiento y diseño del controlador de los motores de paso.

2.2 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

Un motor de paso se define como un dispositivo electromagnético que transforma pulsos eléctricos en movimientos angulares mecánicos.

El motor de paso realiza un movimiento angular por cada pulso eléctrico. Los pulsos no necesariamente tienen que ser en un rango fijo, ya que la máquina es capaz de continuar la rotación.

A continuación se mencionan algunas características generales de los motores de paso:

- Un motor de paso es propiamente un dispositivo de movimientos discretos , ya que se mueve en discretos pasos ,cada paso corresponde a un pulso eléctrico que es suministrado a uno de los embobinados del estator .
- Con un motor de paso es posible alcanzar posiciones exactas y control de velocidad en un sistema , ya que posee la habilidad de posicionar el rotor con precisión en una dirección deseada.
- Los motores de paso vienen en un amplio rango de resolución angular . Los motores típicos generalmente giran 90 grados por paso , mientras que los motores de paso de magneto permanente de alta resolución son comúnmente capaces de manejar 1.8 grados o hasta 0.72 grados por paso.
- A medida que la velocidad del motor se incrementa ,la fuerza electromotriz ,producida por el motor causa que la corriente disminuya . Si la corriente disminuye también disminuye el torque . La figura 2.1 muestra una curva de velocidad-torque para un motor de paso, ésta curva debe ser utilizada en el proceso de seleccionar un motor de pasos.

- Posee la habilidad de rotar en cualquier dirección ,así como parar y empezar en varias posiciones rotatorias mecánicas.
- El único error de posición del rotor es su error de paso unitario que es por lo general el 5% de un paso , y no es acumulativo.
- El motor de paso es más compatible con técnicas modernas de control digital .
- Con un controlador apropiado algunos motores de magneto permanente pueden ser corridos en medios-pasos y algunos controladores pueden manejar fracciones pequeñas de pasos llamados micropasos.

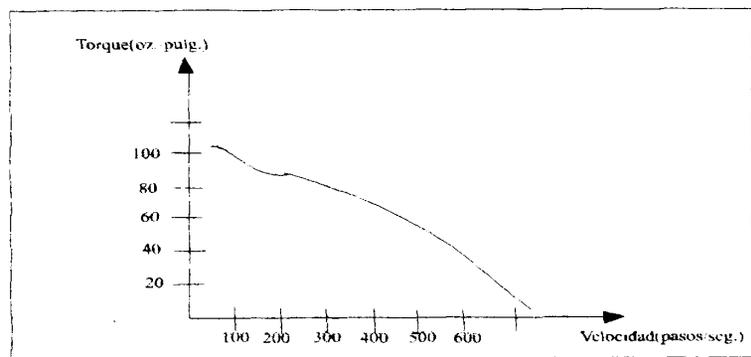


Fig. 2.1 Curva torque vs. velocidad para un motor de paso.

2.3 CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS MOTORES DE PASO .

Generalmente los motores de paso vienen en tres variedades :



Motores de paso de reluctancia variable.

Motores de paso de magneto permanente.

Motores de paso híbridos.

2.3.1 MOTORES DE PASO DE RELUCTANCIA VARIABLE

El motor de paso de reluctancia variable posee un rotor dentado o núcleo de hierro dulce que tiende a alinearse con los polos bobinados dispuestos en el estator, ésta construcción tiene la ventaja de conseguir pasos o desplazamientos muy pequeños sin necesidad de aumentar el número de bobinas y permite trabajar a frecuencias elevadas (1.2K Hz).

Éstos motores tienen una respuesta rápida de paso y son mecánicamente simples con larga vida.

Los motores de paso de reluctancia variable se encuentran en dos configuraciones:

- Motor de paso de reluctancia variable de un solo grupo.
- Motor de paso de reluctancia variable de múltiples grupos.

2.3.1.1 MOTOR DE PASO DE RELUCTANCIA VARIABLE DE MÚLTIPLES GRUPOS.

En la construcción de este tipo de motor el estator y el rotor consisten de tres o más grupos separados de dientes, dichos grupos separados de dientes en el rotor son magnéticamente independientes y son montados en un mismo eje, los dientes en todas las porciones del rotor son perfectamente alineados mientras que las porciones del estator son ubicadas con un desfase una de otra, dicho desfase corresponde a la cantidad de grados que el motor gira al dar un paso.

En este tipo de motores el rotor y el estator tienen el mismo número de dientes. En la figura 2.2 se ilustra, un motor de paso de reluctancia variable de múltiples grupos, el cual tiene tres grupos de dientes estator-rotor separados, con 12 dientes por fase; dicho motor representa un motor de tres fases en el cual se pueden enrollar tres bobinas, una en cada fase del estator. En esta figura se muestra la forma en que las secciones del estator son desplazadas una de otra; aquí los dientes en una fase del estator son desplazados 10 grados con respecto a la otra fase del estator, en este caso, los dientes de la fase A del estator son alineados con los

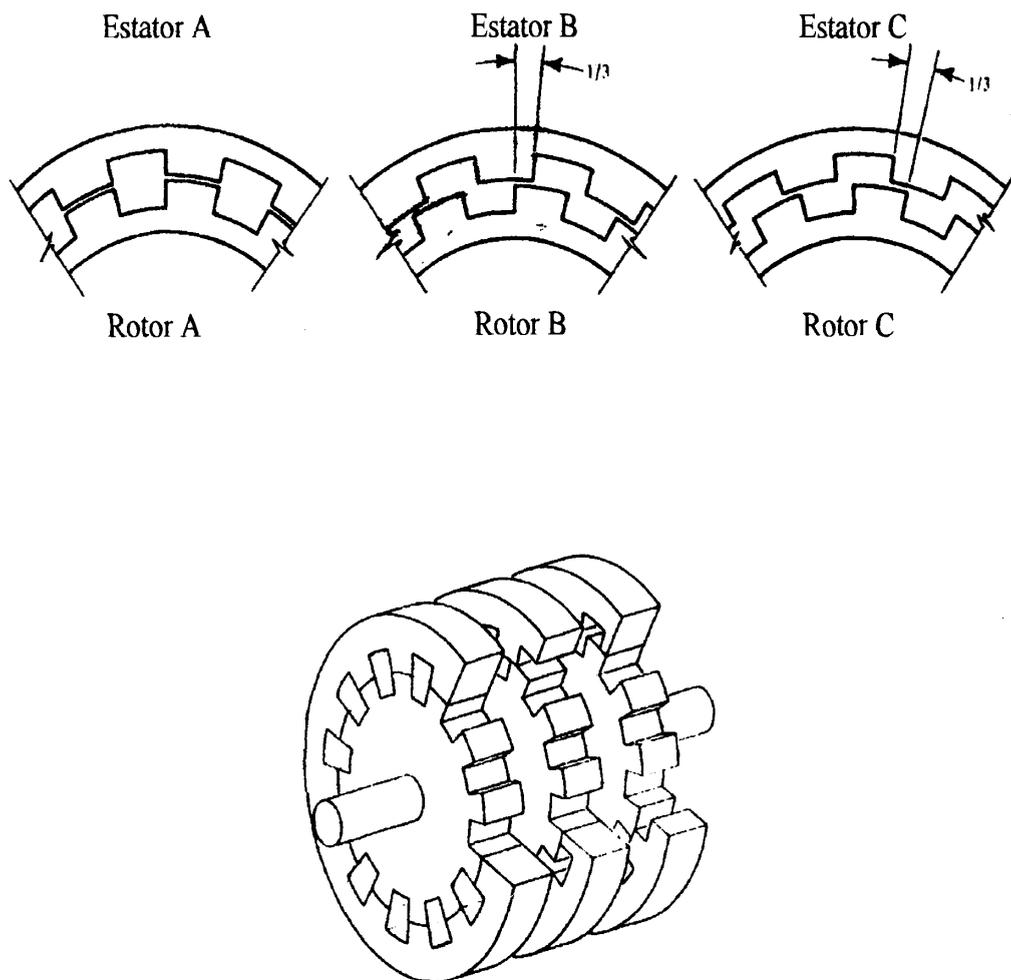


Fig.2.2 Motor de paso de reluctancia variable de múltiples grupos.

correspondientes dientes del rotor ,los dientes de la fase B del estator son desplazados 10 grados en favor de las manecillas del reloj con respecto a los dientes de la fase A, los dientes de la fase C del estator son desplazados 10 grados en favor de las manecillas del reloj con respecto a aquellos de la fase B o 12 grados en contra de las manecillas del reloj con respecto a aquellos de la fase A. El ángulo de paso en este motor es 10 grados.

Es fácil observar que un mínimo de tres fases son necesarias para dar el control bidireccional.

El ángulo de paso es determinado por el número de dientes del rotor y del estator como también por el número de fases, las siguientes ecuaciones muestran ésta situación:

$$P=n* T \quad (2.1)$$

$$R= 360/P \quad (2.2)$$

dónde:

P es el número de pasos por revolución

n es el número de fases.

T es el número de dientes por fase.

R es el ángulo de paso en grados o revolución.

2.3.1.2 MOTOR DE PASO DE RELUCTANCIA VARIABLE DE UN SOLO GRUPO.

En este tipo de motor el rotor y el estator contienen solo un grupo de dientes, tal como se muestra en la figura 2.3., aquí el número de dientes del rotor y el estator son necesariamente diferentes. Este motor ofrece simplicidad en construcción, aunque solo ciertas resoluciones de paso pueden ser obtenidas con este arreglo.

El motor de La figura 2.3 ,es de tres devanados o fases posee 12 dientes en el estator y 8 dientes en el rotor, hay 4 dientes por fase en el estator y la distribución de los dientes por cada fase es ilustrada en esta figura.

Este motor posee 12 dientes en el estator ,lo cual indica que hay 30 grados de separación entre dientes; y 8 dientes en el rotor lo cual indica una separación de 45 grados entre dientes ; de modo que el ángulo de paso del motor es 15 grados que representa la diferencia entre ambos ángulos de separación.

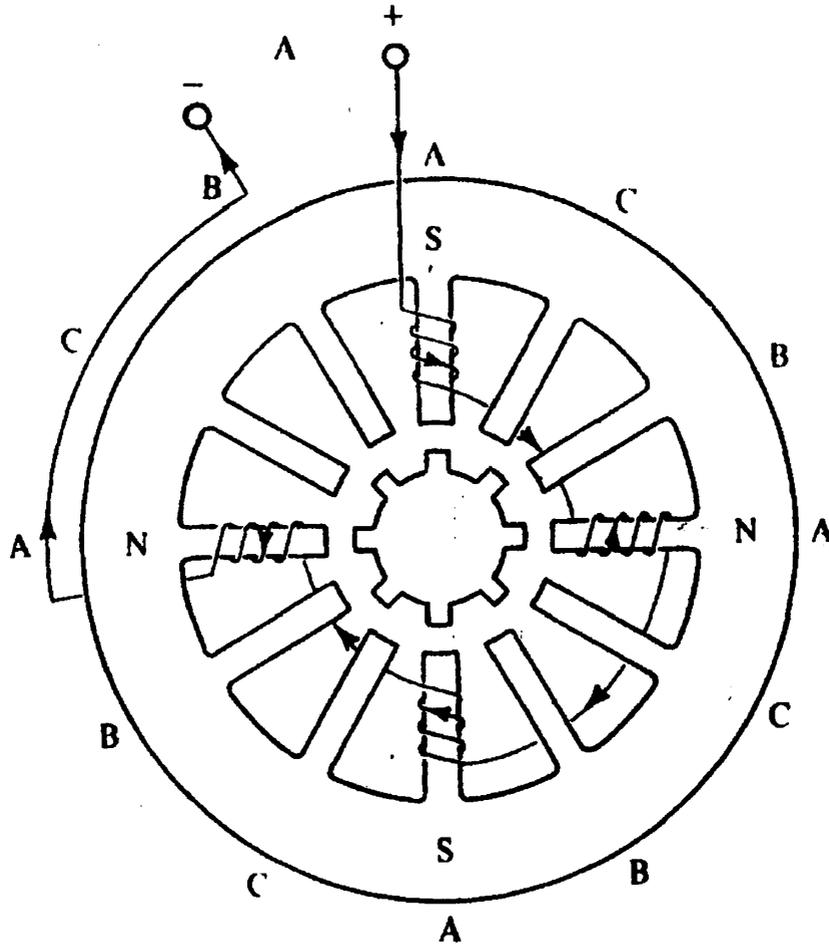


Fig 2.3 Motor de paso de reluctancia variable de un sólo grupo.

Las ecuaciones para determinar el ángulo de paso ,el número de pasos por revolución son:

$$N_s = p \cdot F \quad (2.3)$$

$$R = 360/n \quad (2.4)$$

$$n = 1 / (1/N_r - 1/N_s) \quad (2.5)$$

dónde

N_s representa el número de dientes en el estator

p representa el número de dientes del estator por fase.

F representa el número de fases.

n representa el número de pasos por revolución.

R representa el ángulo de paso o resolución.

2.3.1.3 PRINCIPIO BASICO DE OPERACIÓN DE UN MOTOR DE PASO DE RELUCTANCIA VARIABLE.

Consideremos el motor de paso de reluctancia variable de un solo grupo,mostrado en la figura 2.4 , para explicar el principio básico de operación.

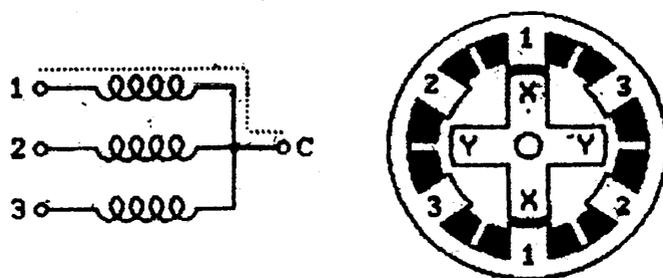


Fig.2.4 Motor de reluctancia variable

Este motor tiene 3 bobinas conectadas como se muestra en la figura , con una terminal común a todas las bobinas, dicho motor es de 30 grados por paso ,el rotor es de hierro dulce tiene 4 dientes y el estator tiene 6 polos con cada bobina enrollada alrededor de dos polos opuestos como se muestra en la figura

Cuando la bobina 1 es energizada los dientes del rotor marcados con X, tal como se muestra en la figura, son atraídos a los polos de éstas bobinas marcados con 1. Si la bobina 1 es desenergizada y se energiza la bobina 2 ,el rotor rotará 30 grados en favor de las manecillas del reloj, de ésta forma los polos marcados con Y se agruparán con los polos marcados con 2. Si en lugar de energizar la bobina 2 se energiza la bobina 3 ,la rotación sería 30 grados en contra de las manecillas del reloj.

Para rotar este motor continuamente se energizan en secuencia las 3 bobinas en la dirección deseada. Si se energizan en secuencia 123123123123..., la rotación será a favor de las manecillas del reloj y si se energizan las bobinas en secuencia 123123123... la rotación sería en contra de las manecillas del reloj.

Este motor tiene una resolución de 30 grados por paso y requiere 12 pulsos para completar una revolución.

Existen motores de pasos de reluctancia variable con más de tres bobinas pero el principio de operación es el mismo que para tres bobinas analizado.

2.3.2 MOTORES DE PASO DE MAGNETO PERMANENTE

Los motores de paso de magneto permanente poseen un inducido o rotor dentado, con polos Norte y Sur; y un estator formado por un cierto número de polos bobinados. En el estator los polos magnéticos son generados por los devanados.

En efecto, debido a las propiedades del magneto permanente el motor desarrolla un llamado torque de detención el cual mantiene el rotor colocado en alguna posición a pesar que las bobinas del estator no sean excitadas. Aún cuando el motor sea desenergizado el magneto

permanente del motor mantendrá su posición. La dirección de rotación del motor dependerá de la dirección de la corriente.

Los motores de paso de magneto permanente usualmente tienen dos bobinas independientes: con toma central en los llamados motores unipolares y sin toma central en los llamados motores bipolares tal como se ilustra en las figuras 2.5 y 2.6.

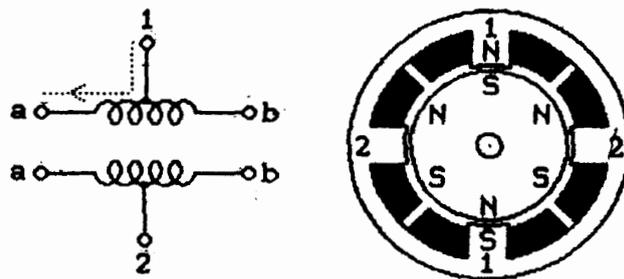


Fig. 2.5 Motor de paso de magneto permanente unipolar.

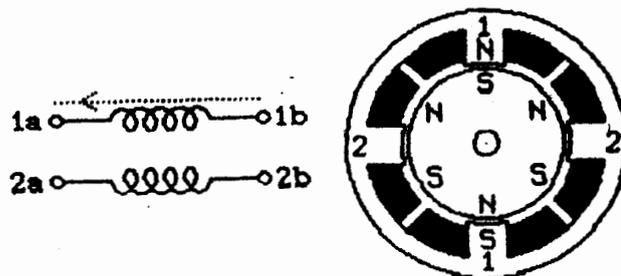


Fig. 2.6 Motor de paso de magneto permanente bipolar.

Como se observa en la figura 2.5 el motor de tipo unipolar llamado así porque las bobinas son enrolladas en direcciones opuestas sobre un mismo polo, posee 6 terminales

2.3.2.1 PRINCIPIO BÁSICO DE OPERACIÓN DE LOS MOTORES DE PASO DE MAGNETO PERMANENTE.

Los motores de paso operan bajo el principio de la teoría de los magnetos la cual indica que polos iguales se repelen y polos opuestos se atraen.

Para explicar el principio de operación de un motor de paso de magneto permanente nos referiremos a la figura 2.5 la cual muestra que dicho motor tiene 4 polos en el estator lo que indica que la separación entre ellos es de 90 grados y 6 polos en el rotor, 3 sur y 3 norte, dispuestos alrededor de su circunferencia, la separación entre los polos del rotor será de $360/6=60$ grados, por lo cual la resolución del motor será $90-60=30$ grados por paso.

La bobina 1 del motor es distribuida entre los polos superior e inferior del estator, mientras que la bobina 2 es distribuida entre los polos derecho e izquierdo del estator. Como se observa en la figura 2.5 la corriente fluye del toma central de la bobina 1 a la

terminal, causando que el polo superior del estator se energice como un polo Norte mientras que el polo inferior del estator se energice como un polo Sur, ésta situación atraerá al rotor en la posición mostrada en dicha figura; si se desenergiza la bobina 1 y se energiza la bobina 2, el rotor girará 30 grados.

Para rotar el motor continuamente se aplica energía a las dos bobinas en secuencia, como se muestra a continuación, aquí asumiremos que el valor de 1 significa energización,

bobina 1 a 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1...

bobina 1 b 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0...

bobina 2 a 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0...

bobina 2 b 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0...

Se puede apreciar que los dos extremos de cada bobina nunca son energizados seguidamente. Dicha secuencia solo energiza una bobina en un tiempo.

También se puede energizar 2 bobinas simultáneamente y generalmente produce mayor torque que la secuencia anterior, esta

forma se aplicó para controlar los motores de paso utilizados en el proyecto, dicha secuencia sera descrita más adelante.

2.3.3 MOTOR DE PASO HIBRIDO.

Los motores híbridos incorporan combinaciones de las características de los motores de paso de magneto permanente y de reluctancia variable .El estator está constituido generalmente por ocho bobinas devanadas cada una en un polo provisto de un cierto número de pequeños dientes. El rotor contiene generalmente dos polos con dientes separados por un imán axial.

La principal ventaja de estos motores es su capacidad para producir torque de valor elevado lo cual resulta útil en las aplicaciones a máquinas herramientas.

2.4 MOTORES DE PASO UTILIZADOS EN EL PROYECTO.

Los 3 motores de paso utilizados en el proyecto para el movimiento del brazo mecánico, son del tipo magneto permanente unipolares, con una resolución de 3,6 grados por paso, poseen 6 terminales, tal como se muestra en la figura 2.7.

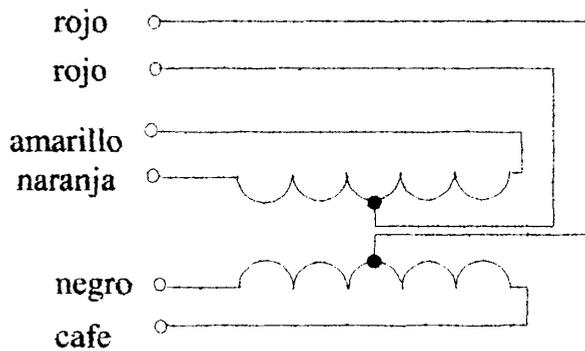


Fig.2.7 Motor de paso utilizado en el proyecto.

La secuencia de operación utilizada para controlar éstos motores fue la siguiente:

bobina 1 a 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1

bobina 1 b 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0

bobina 2 a 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1

bobina 2 b 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1

En esta secuencia el valor 1 indica energización y el valor 0 indica no energización.

Esta secuencia implica energizar dos bobinas simultáneamente, lo cual produce un torque casi de 1.4 veces más grande que si se energizara una bobina en un tiempo.

2.4.1 DISEÑO DEL CONTROLADOR PARA MANEJAR LOS MOTORES DE PASO UTILIZADOS EN EL PROYECTO.

El controlador utilizado para manejar los motores de paso , es el mismo para los tres motores ya que los motores utilizados son idénticos.

2.4.1.1 CIRCUITO DE CONTROL.

La circuitería digital construída para controlar el motor de paso utilizado en el proyecto , se ilustra en la figura 2.8 ,este circuito digital es el encargado de suministrar los pulsos eléctricos en la secuencia descrita en la sección 2.4 , los cuales serán amplificados por el circuito de fuerza utilizado, a las bobinas del motor de paso para su movimiento.

También es el encargado de controlar la dirección del motor de paso ,la cual puede ser en favor de las manecillas del reloj o en contra de las manecillas del reloj.

Las entradas del circuito son :DIRECCIÓN.H la cual al recibir un pulso de nivel bajo (cero lógico) moverá el motor en favor de las manecillas del reloj y al recibir un pulso de nivel alto (uno lógico) moverá el motor en contra de las manecillas del reloj;

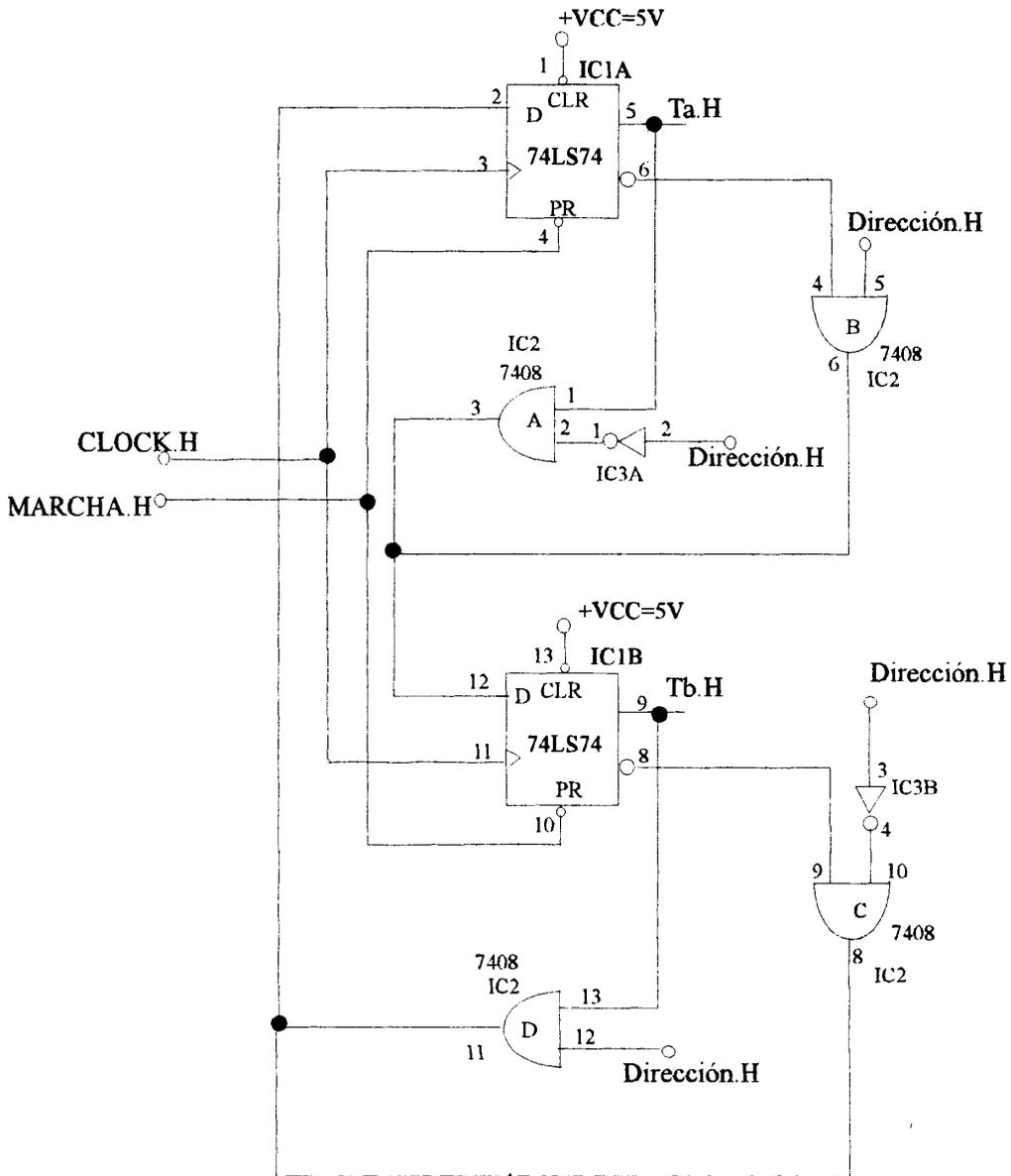


Fig.2.8 Circuito de control digital para el motor de paso.

y MARCHA.H la cual al recibir un cero lógico detendrá el motor y al recibir un uno lógico arrancará al motor.

El circuito mostrado consta de dos flip-flop. que se los obtuvo a partir del integrado 74LS74 de lógica TTL, cuatro puertas lógicas obtenidas del integrado 7408, cuatro inversores obtenidos del integrado 7402 y un reloj formado por el integrado 555.

2.4.1.1.1 RELOJ UTILIZADO.

El reloj utilizado, mostrado en la figura 2.9, permite el control de la velocidad del motor de paso al variar su frecuencia. La frecuencia requerida se la establece variando el potenciómetro R_A , cuyo valor es $10K\Omega$. El valor de la resistencia R_B es de $1k\Omega$ y el capacitor C es de $0.1\mu F$.

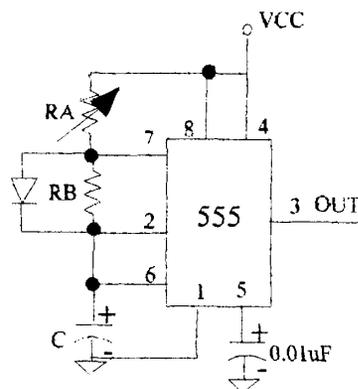


Fig 2.9 RELOJ



2.4.1.2 CIRCUITO DE FUERZA .

La función del circuito de fuerza es recibir las señales lógicas de entrada de nivel bajo en forma de tren de pulsos digitales y amplificarlas para producir el movimiento del motor de paso.

El circuito de fuerza utilizado se muestra en la figura 2.10 , representado por el integrado ULN 2003, el cual es un arreglo de transistores , tiene 7 salidas (pines del 10 al 16) , controladas por 7 entradas (pines del 1 al 7), cada uno de los 7 manejadores están el el rango de corriente continua máxima : 500 m A.El ULN 2003 es un económico y conveniente camino para manejar múltiples cargas tales como las bobinas de un motor de paso.

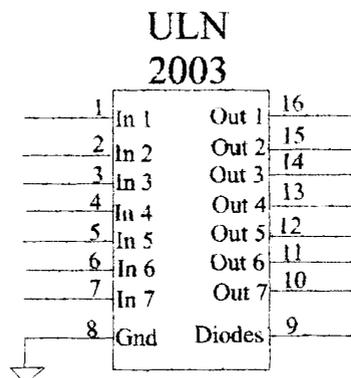


Fig.2.10 Circuito de fuerza utilizado.

2.4.2 CIRCUITO IMPRESO

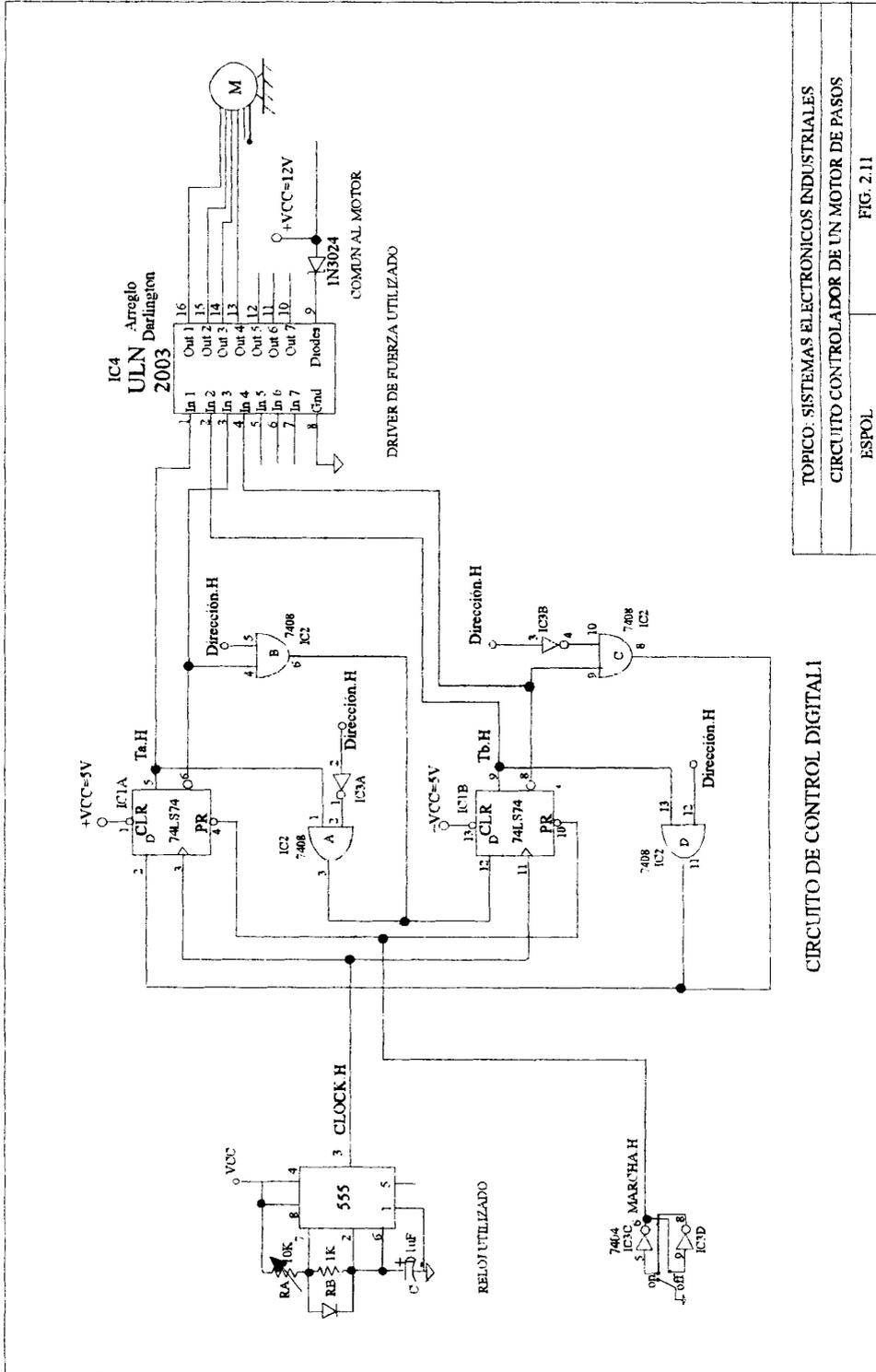
El circuito impreso para la implementación del circuito esquemático mostrado en la figura 2.11 , donde se observan todos los bloques construidos para el manejo del motor de pasos se ilustra en la figura 2.12

2.5 FUENTES UTILIZADAS EN EL PROYECTO.

En el proyecto se utilizaron dos fuentes :una para el circuito de control digital y otra para el circuito de fuerza , las cuales se muestran en las figuras 2.13 y 2.14.

La fuente mostrada en la figura 2.13 representa la utilizada en el circuito de control digital ,dicha fuente proporciona un voltaje de 5V dc y una corriente de 1 Amperio.

La fuente mostrada en la figura 2.14 representa la utilizada en el circuito de fuerza la cual proporciona 12 Voltios dc y una corriente 1 Amperio.



TOPICO. SISTEMAS ELECTRONICOS INDUSTRIALES
 CIRCUITO CONTROLADOR DE UN MOTOR DE PASOS
 ESPOL. FIG. 2.11

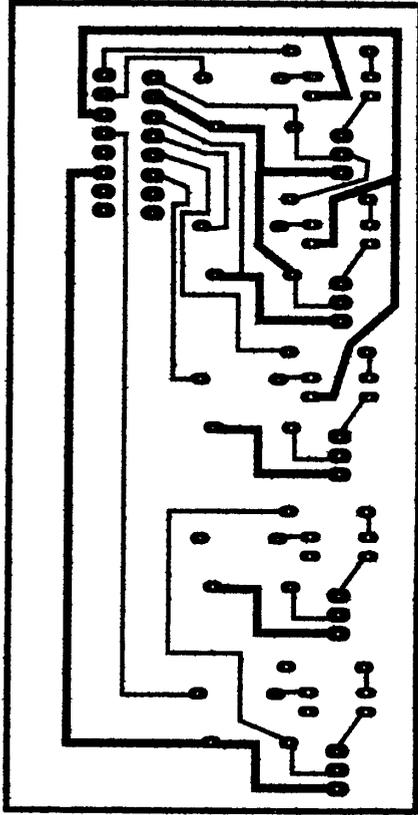


Fig 2.12 Circuito impreso para el controlador de un motor de paso.

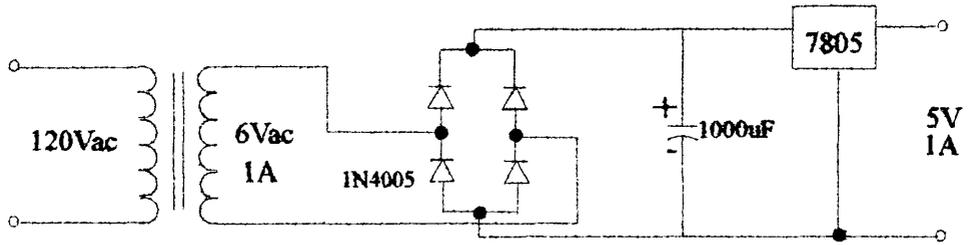


Fig. 2.13 Fuente para el circuito de control digital.

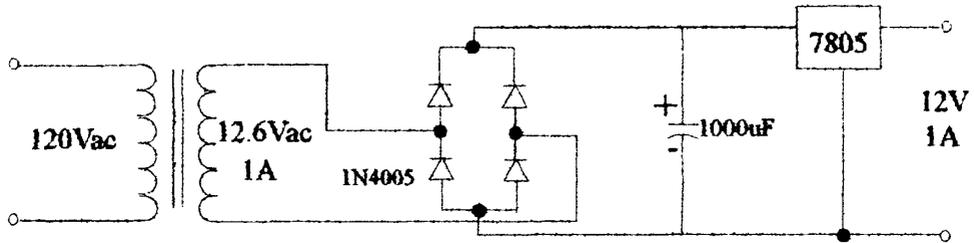


Fig. 2.14 Fuente para el circuito de fuerza.

CAPITULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN INVERSOR PARA UN MOTOR **TRIFÁSICO AC.**

3.1 INTRODUCCIÓN.

Para el movimiento de la banda transportadora utilizada en este proyecto se empleó un motor de inducción trifásico AC, cuyo control de velocidad se lo obtuvo utilizando un inversor trifásico transitorizado.

En este capítulo , se detallan las características generales y principio de operación de los inversores .

El estudio de un inversor con transistores incluye la deducción de las ondas de tensión y corriente en los transistores del circuito de potencia y el diseño del circuito generador de las señales de base de los transistores.

La principal ventaja del uso de transistores frente al uso de tiristores es la ausencia de circuitos de bloqueo, ya que al retirarle la excitación de la base el transistor deja de conducir.

El campo de aplicación de los inversores es diverso tales como:

- El control de velocidad en motores de inducción trifásico y motores síncronos.
- Sistema de potencia ininterrumpida (UPS).
- Generación de corriente alterna de 400 Hz en aeronaves.
- Fuente de suministro de energía alterna para emergencias.
- Alumbrado fluorescentes a frecuencias altas.

Contrariamente a lo que sucede en los osciladores senoidales y en los circuitos amplificadores, los semiconductores utilizados en los inversores trabajan al corte y en saturación más no en la zona activa ,buscando la mayor reducción de pérdidas posibles, lo cual implica que las ondas de tensión generadas estén compuestas por un mayor o menor número de impulsos rectangulares cuya amplitud depende de la tensión continua de entrada.

3.2 INVERSORES

3.2.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES.

El inversor se define como un convertidor de un voltaje de entrada DC a un voltaje de salida AC.

Un inversor alimentado por voltaje se caracteriza porque el voltaje de entrada se mantiene constante .

Por otra parte un inversor alimentado por corriente se caracteriza porque la corriente de entrada se mantiene constante.

En un inversor el voltaje y la frecuencia de salida pueden ser fijos o variables.

Si se tiene un voltaje de entrada DC variable y la ganancia del inversor es constante es posible obtener un voltaje de salida variable.

Si se varía la ganancia del inversor y el voltaje de entrada DC es fijo se puede tener un voltaje de salida variable, lo cual se consigue controlando la modulación del ancho de pulso en el inversor.(Referencia 4)

3.2.2PRINCIPIO DE OPERACIÓN.

Para explicar el principio de operación nos referiremos a la figura 3.1 que representa un inversor monofásico de medio puente.

De acuerdo al gráfico , el circuito inversor está formado por 2 transistores los cuales funcionan como interruptores. En el semiperíodo positivo Q1 está conduciendo y Q2 no conduce en este momento el voltaje de la carga (V_o) es igual a $V/2$.

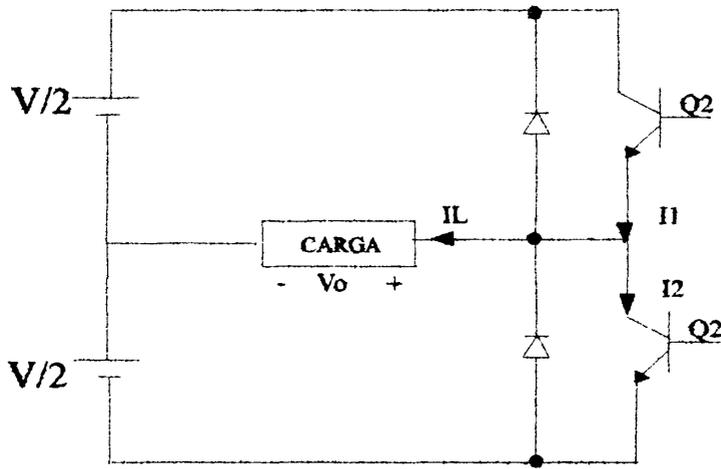


Fig.3.1 Inversor monofásico de medio puente.

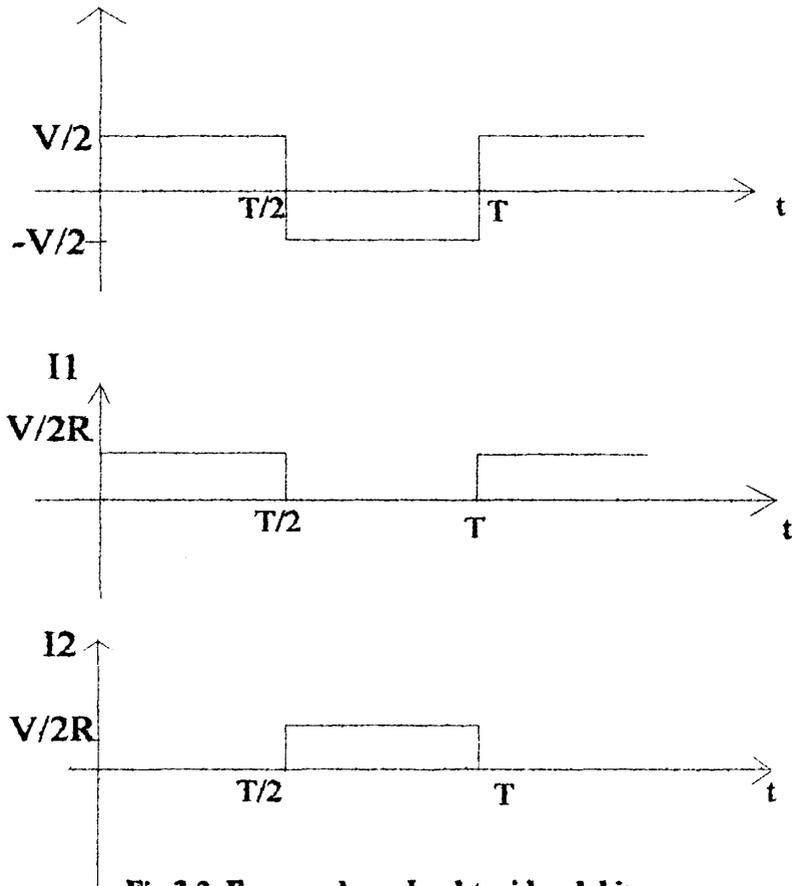


Fig.3.2 Formas de onda obtenidas del inversor monofásico medio puente con carga resistiva.

En el semiperíodo negativo Q2 está conduciendo y Q1 no conduce , obteniéndose así un voltaje en la carga igual a $-V/2$ lo cual se ilustra en la figura 3.2.

El voltaje rms de salida se lo puede obtener por medio de:

$$V_o = \left(2 / T_o \int_0^{T_o/2} V_s^2 / 4 dt \right)^{1/2} = V_s / 2 \quad (3-1)$$

De esta forma Q1 y Q2 no están activos simultáneamente por lo cual el circuito digital para controlar los transistores debe diseñarse de tal forma que Q1 y Q2 no conduzcan, al mismo tiempo sino secuencialmente.

En el inversor, en el caso de una carga resistiva pura la corriente de carga I_L estará en fase con el voltaje de carga, para el caso de la carga inductiva la corriente de carga desfasará el voltaje de salida del inversor.

La función de los diodos de retroalimentación es retornar la energía reactiva de la carga a la fuente DC. (Referencia 2)

Otra función de los diodos es prevenir que la amplitud pico a la salida del inversor exceda a la fuente de alimentación DC y como resultado el voltaje de salida siempre tendrá una amplitud constante.

3.3 INVERSOR TRIFÁSICO

El circuito inversor trifásico cambia un voltaje de entrada DC a un voltaje de salida trifásico variable a frecuencia variable.

El voltaje DC de entrada puede ser proporcionado por una fuente DC o por un voltaje AC rectificado. Los inversores trifásicos se utilizan generalmente en aplicaciones de alta potencia.

Se puede obtener una salida trifásica a partir de una configuración de 6 transistores y 6 diodos, como se ilustra en la figura 3.3 la cual fue utilizada en nuestro proyecto. (Referencia 4)

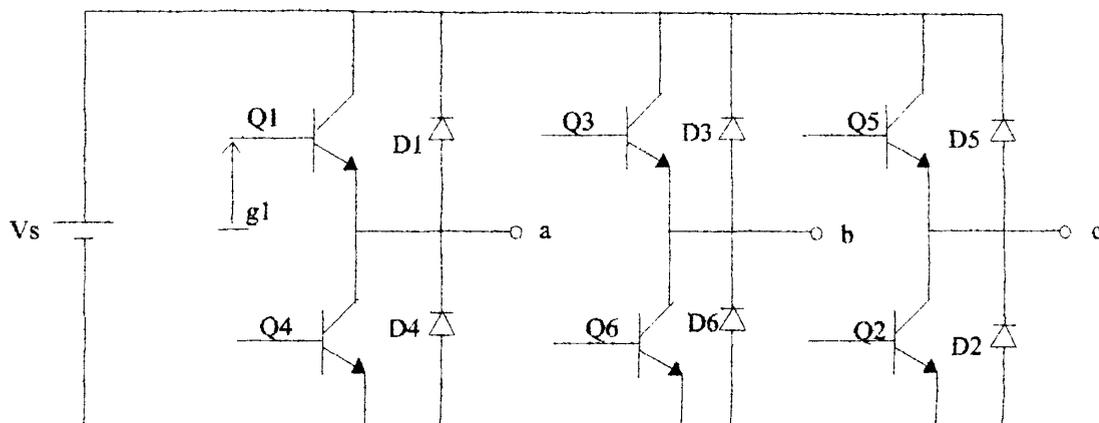


Fig.3.3 Inversor trifásico puente.

Dos tipos de señales de control pueden ser aplicadas a los transistores: conducción a 180 grados o conducción a 120 grados.

3.3.1 CONDUCCIÓN A 180 GRADOS.

La conducción a 180 grados se refiere al hecho de que cada transistor conduce durante 180 grados, en cada ciclo existirán 6 modos de operación cuya duración es de 60 grados.

En esta conducción durante cada instante de tiempo estarán activos 3 transistores, lo cual se puede observar en la figura 3.4.

Para obtener voltajes trifásicos balanceados las señales de excitación están desplazadas 60 grados unas de otra.

En la figura 3.3 cuando Q1 está activado la terminal a se conecta a la terminal positiva de la fuente DC, lo mismo sucede con la terminal b y c cuando Q3 o Q5 son activados.

En cambio cuando Q4 es activado la terminal a es conectada a la terminal negativa de la fuente DC.

En dicho inversor se puede colocar una carga en delta o estrella. En un medio ciclo hay tres modos de operación, por ejemplo, para una carga

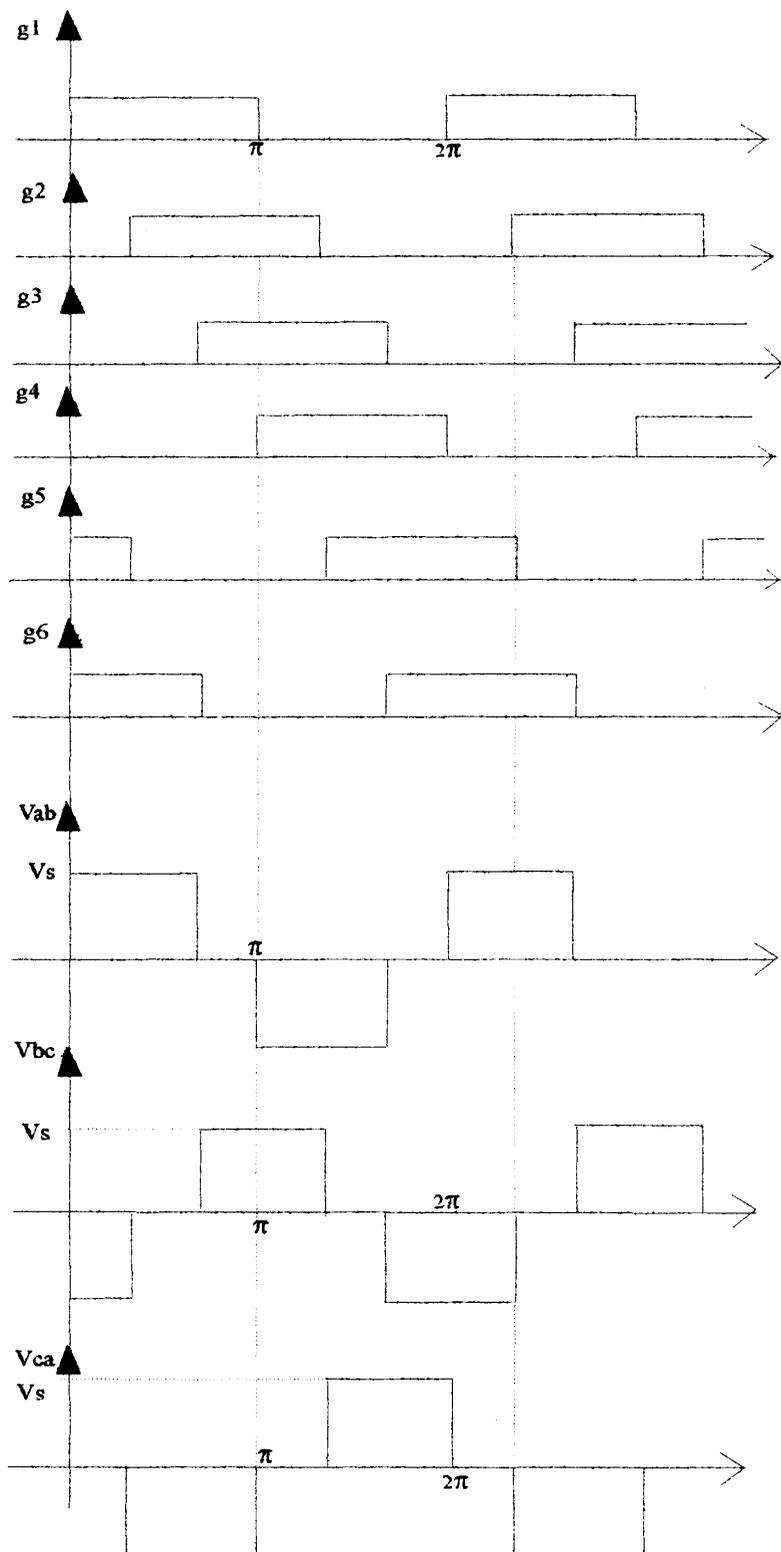


Fig.3.4 Formas de onda obtenidas del inversor trifásico puente para conducción a 180 grados.

conectada en estrella ,como se ilustra en la figura 3.5 ,los tres modos de operación serian: (Referencia 4)

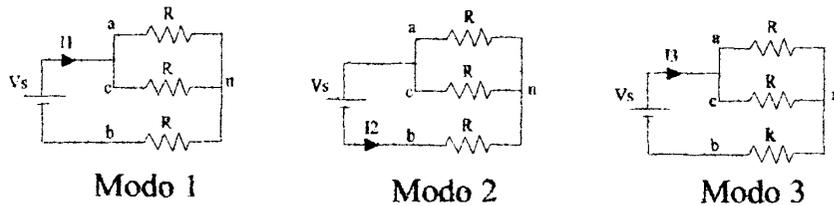


Fig.3.5 Circuitos equivalentes para una carga resistiva conectada en estrella

En el modo 1 conducirán los transistores Q1,Q5,Q6 , de acuerdo al gráfico tendremos:

$$R_{eq} = R + R/2 = 3R/2 \quad (3-2)$$

$$i_1 = V_s/R_{eq} = 2V_s/3R \quad (3-3)$$

$$V_{an} = V_{cn} = i_s R/2 = V_s/3 \quad (3-4)$$

$$V_{bn} = -i_1 R = -2V_s/3 \quad (3-5)$$

En el modo 2 conducirán Q1,Q2,Q6 , aquí tendremos:

$$R_{eq} = R + R/2 = 3R/2 \quad (3-6)$$

$$I_2 = V_s/R_{eq} = 2V_s/3R \quad (3-7)$$

$$V_{an} = I_2 R = 2V_s/3 \quad (3-8)$$

$$V_{bn} = V_{cn} = -I_2 R/2 = -V_s/3 \quad (3-9)$$

En el modo 3 conducirán Q1, Q2, Q3, de lo cual tendremos:

$$R_{eq} = R + R/2 = 3R/2 \quad (3-10)$$

$$I_3 = V_s/R_{eq} = 2V_s/3R \quad (3-11)$$

$$V_{an} = V_{bn} = I_3 R/2 = V_s/3 \quad (3-12)$$

$$V_{cn} = -I_3 R = -2V_s/3 \quad (3-13)$$

Los voltajes de línea serán:

$$V_{ab} = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} (4V_s/n\pi) \cos n\pi/6 \operatorname{sen}(wt + \pi/6)n \quad (3-14)$$

$$V_{bc} = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} (4V_s/n\pi) \cos n\pi/6 \operatorname{sen}(wt - \pi/2)n \quad (3-15)$$

$$V_{ca} = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} (4V_s/n\pi) \cos n\pi/6 \operatorname{sen}(wt - 7\pi/6)n \quad (3-16)$$

3.3.2 CONDUCCIÓN A 120 GRADOS

Para explicar la conducción a 120 grados nos referiremos a la figura

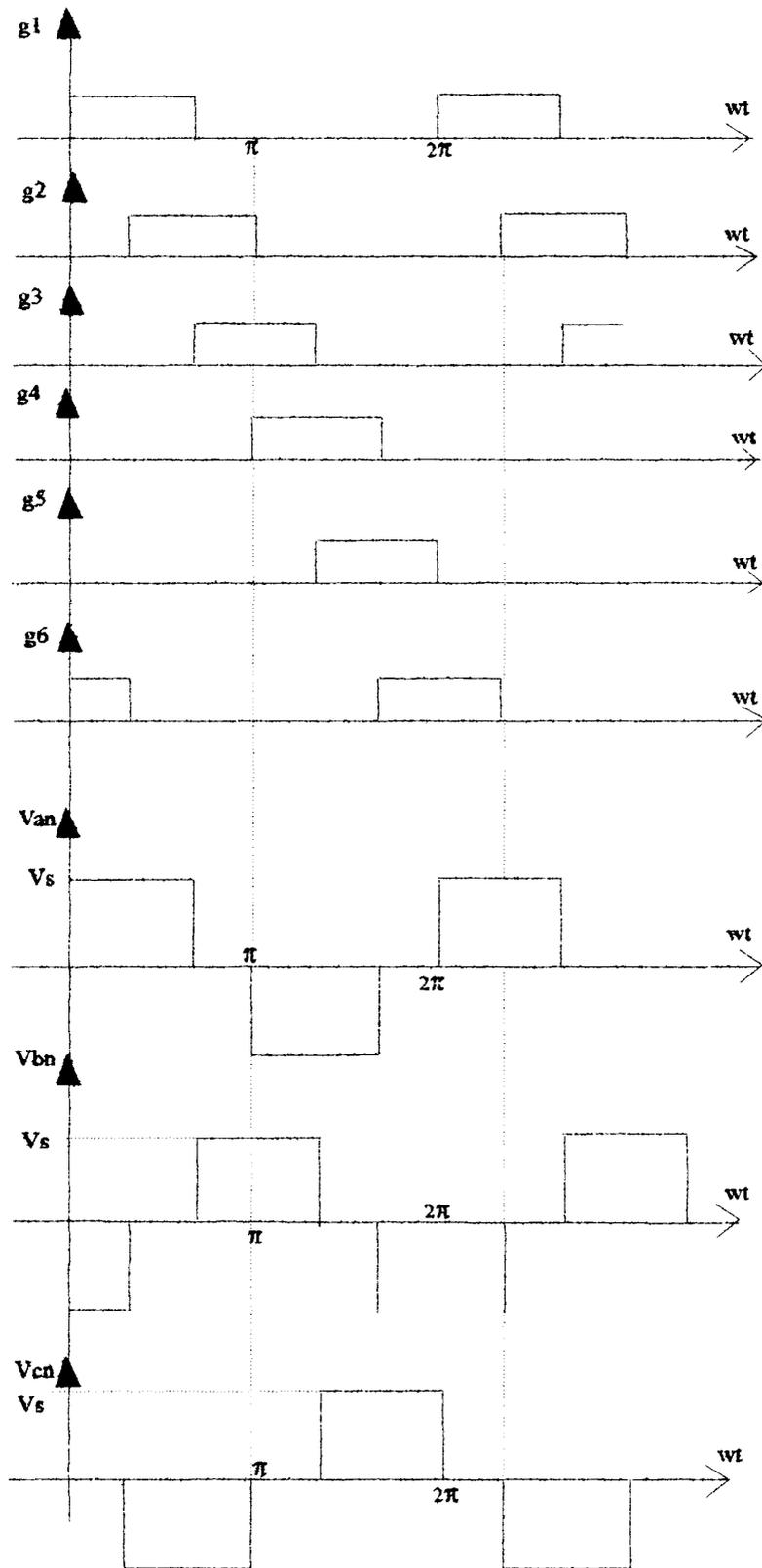


Fig.3.6 Formas de onda obtenidas del inversor trifásico puente para conducción a 120 grados.

3.6, en este caso, los transistores estarán en conducción durante 120 grados y conducirán de dos en dos de modo que en cualquier momento dos terminales de la carga estarán conectadas con las terminales de la fuente DC y la tercera se conserva abierta ;por ejemplo, cuando conducen Q1 y Q6 las terminales a y b quedarán conectadas a la fuente y la terminal c se conservará abierta.

En un medio ciclo ,hay tres modos de operación ,por ejemplo, para una carga conectada en estrella los tres modos mostrados en la figura 3.7 serian:

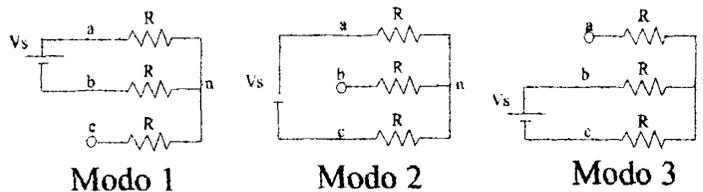


Fig.3.7 Circuitos equivalentes para una carga resistiva conectada en estrella

En el modo 1 conducirán los transistores Q1 y Q6 , de acuerdo al gráfico:

$$V_{an} = V_s/2 \quad (3-17)$$

$$V_{bn} = -V_s/2 \quad (3-18)$$

$$V_{cn} = 0 \quad (3-19)$$

Durante el modo 2 conducirán los transistores Q1, Q2, aquí tendremos:

$$V_{an} = V_s/2 \quad (3-20)$$

$$V_{bn} = 0 \quad (3-21)$$

$$V_{cn} = -V_s/2 \quad (3-22)$$

Durante el modo 3 conducirán los transistores Q2 y Q3, aquí tendremos:

$$V_{an} = 0 \quad (3-23)$$

$$V_{bn} = V_s/2 \quad (3-24)$$

$$V_{cn} = -V_s/2 \quad (3-25)$$

3.4 CONTROL DE VOLTAJE EN LOS INVERSORES.

Los métodos para controlar el voltaje a la salida del inversor pueden ser agrupado dentro de las categorías : (Referencia 3)

Control de voltaje de entrada al inversor.

Control de voltaje dentro del inversor.



Estas técnicas se utilizan tanto para inversores monofásicos como para trifásicos .

Para explicar el concepto básico del control del voltaje a la salida del inversor nos referiremos a un inversor monofásico.

3.4.1 CONTROL DEL VOLTAJE DE ENTRADA AL INVERSOR.

Uno de los métodos de controlar la relación voltios/ hertz es variando el voltaje de entrada DC a las terminales de entrada del inversor .

Si la fuente de voltaje es AC entonces el voltaje de entrada DC al inversor puede ser controlado por los siguientes métodos :

- Un convertidor de fase controlada.
- Un rectificador no controlado con un voltaje de salida DC variable el cual es obtenido:
- Variando el voltaje de entrada AC por medio de un regulador de inducción o un autotransformador variable.
- Variando el voltaje de salida DC por medio de un controlador DC-DC o troceador, como se ilustra en la figura 3.8 .

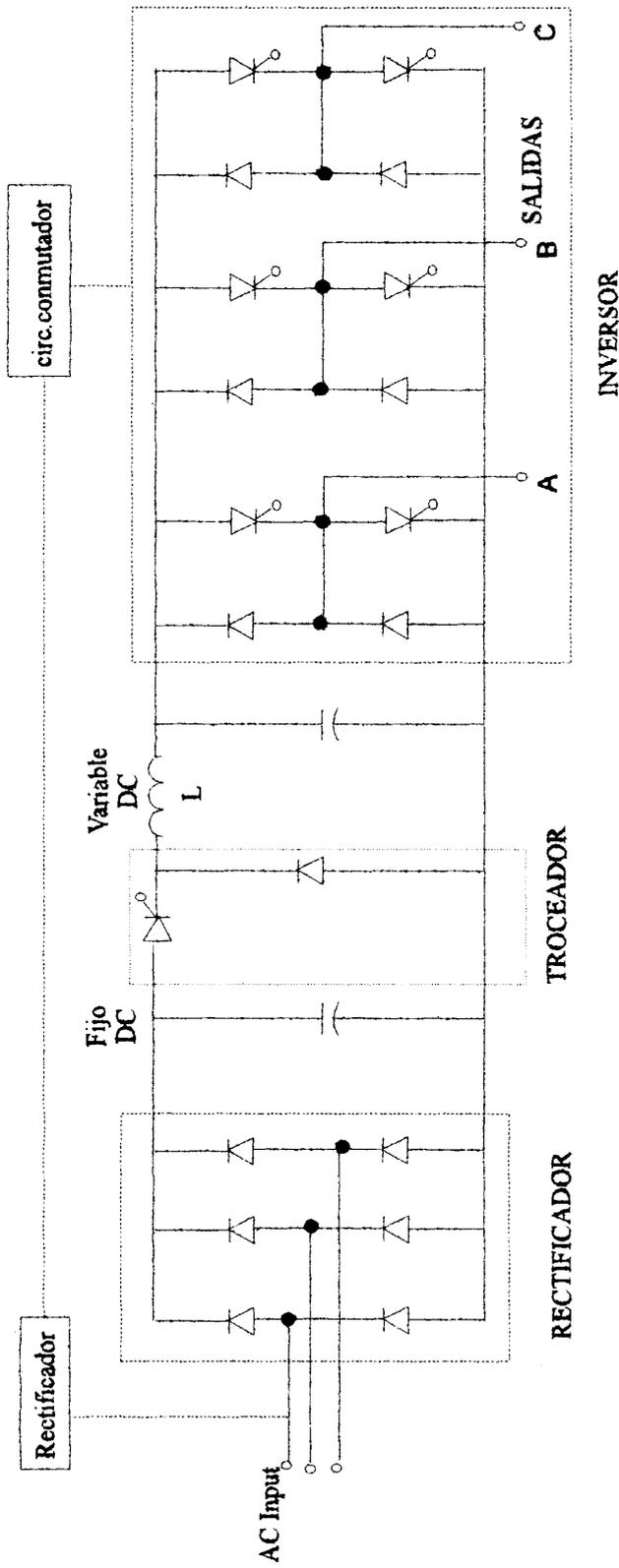


Fig. 3.8 Variación del voltaje de salida por medio de un troceador.

Si la fuente de voltaje es DC el circuito utilizado para variar el voltaje a la entrada del inversor es el troceador .

De los métodos expuestos el sistema mas comúnmente usado para obtener un voltaje DC variable en las terminales de entrada del inversor es el convertidor de fase controlada con tiristores, el cual se muestra en la figura 3.9.

Las principales ventajas de controlar el voltaje de entrada DC son las siguientes :

- La forma de onda a la salida del inversor y su contenido de armónicas no varía en gran escala cuando se varía el nivel de voltaje DC.
- El voltaje entregado al inversor es fácilmente controlado.

Las desventajas que se presentan son:

Cuando el inversor está alimentado por un rectificador a partir de la red ,el cual puede ser un rectificador controlado que varíe la tensión de entrada al inversor ,entonces la tensión de salida varía proporcionalmente a aquella, esto tiene el inconveniente de necesitar un filtro de entrada al inversor de tamaño relativamente grande y de reducirse el poder de

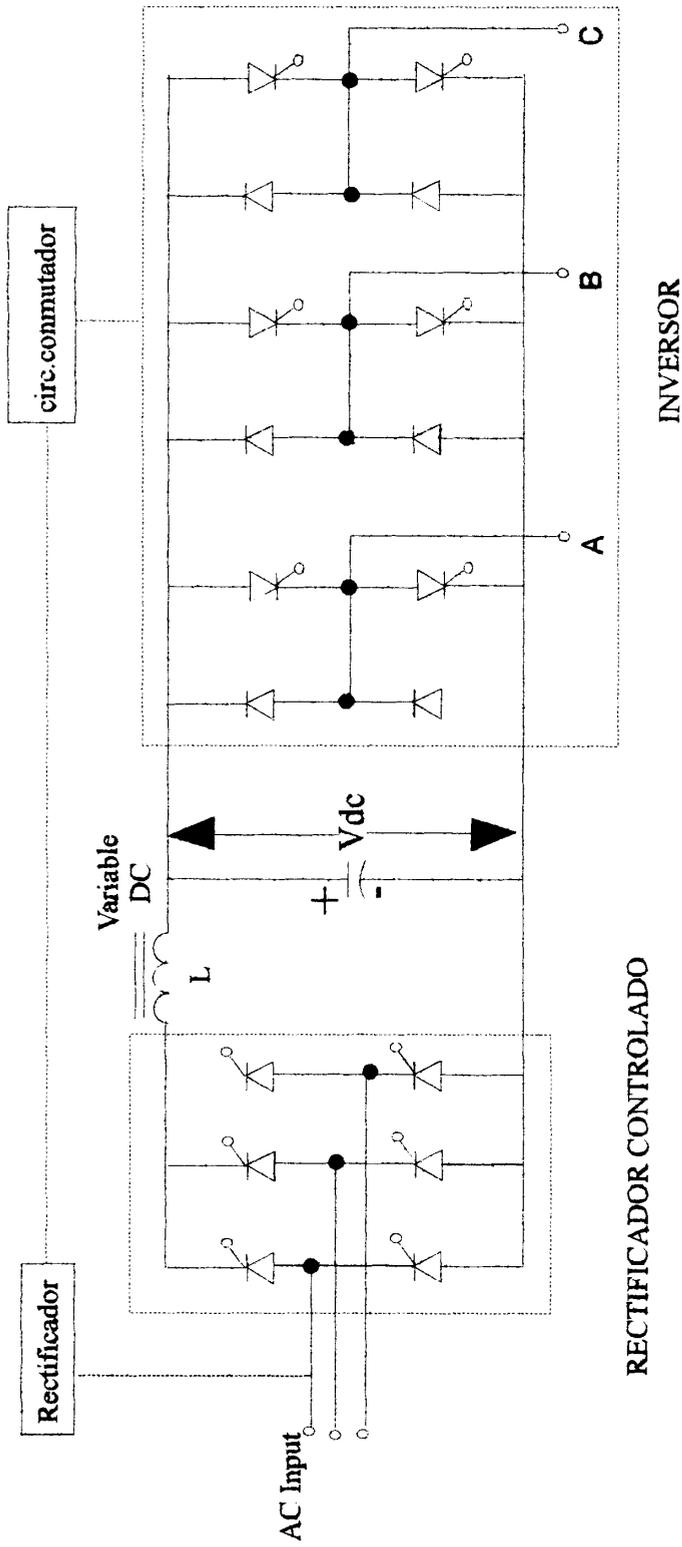


Fig.3.9. Rectificador de fase controlada con tiristores.

conmutación de corriente de carga al disminuir la tensión de entrada en el caso de inversores con tiristores.

3.4.2 CONTROL DE VOLTAJE DENTRO DEL INVERSOR.

El método mas común de controlar el voltaje internamente usa las técnicas de modulación del ancho de pulso, la cual consiste en abrir y cerrar varias veces en un medio ciclo los conmutadores del inversor.

En esta técnica el voltaje de salida del inversor se controla variando el ancho de los pulsos.

Las más utilizadas son : (Referencia 4)

- Modulación de un solo ancho de pulso .
- Modulación de varios anchos de pulso.
- Modulación senoidal del ancho de pulso.

3.4.2.1 MODULACIÓN DE UN SOLO ANCHO DE PULSO.

En este tipo de modulación por cada medio ciclo existe un solo pulso. Para generar las excitaciones se compara una onda de referencia la cual es una señal rectangular y una onda portadora triangular, de acuerdo a la figura 3.10 tendremos:

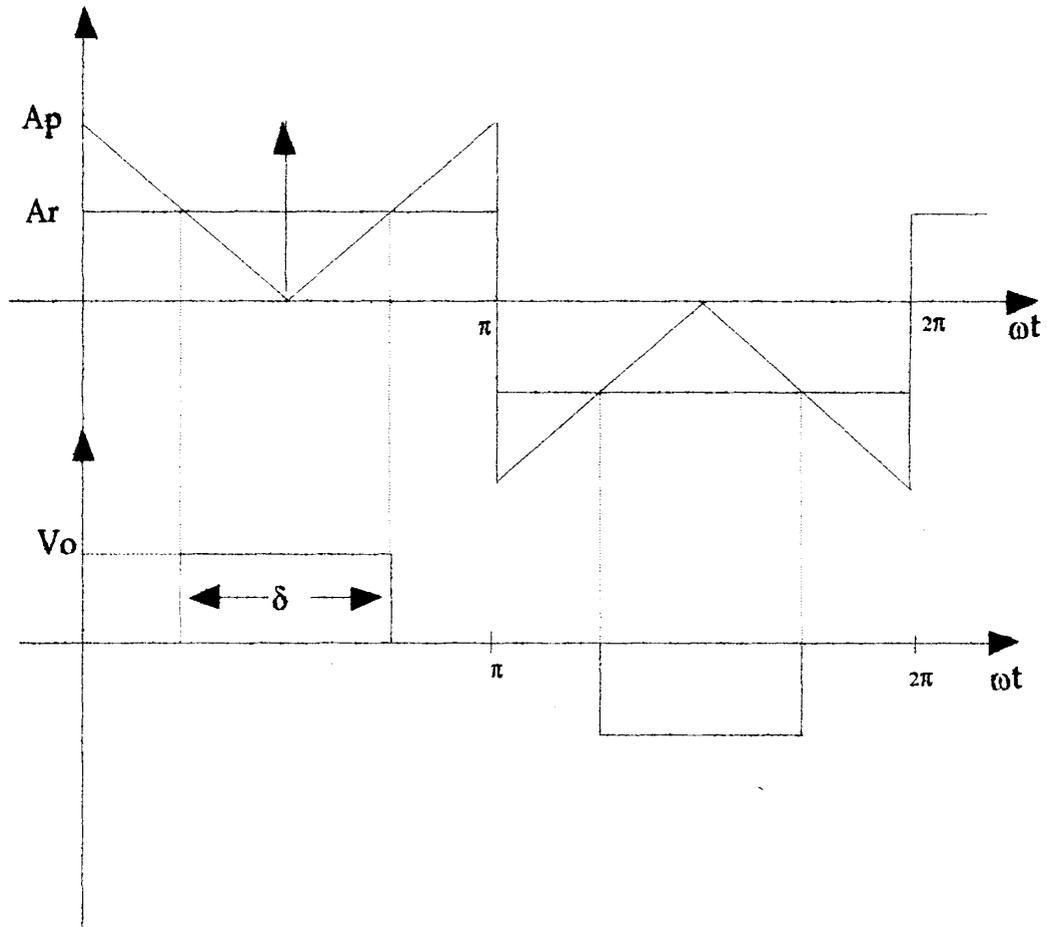


Fig.3.10 Modulación de ancho de pulso.

δ representa el ancho de pulso y la relación entre las 2 amplitudes A_r/A_c se denomina índice de modulación.

$$M = A_r/A_c \quad (3-26)$$

La frecuencia de salida es determinada por la señal de referencia.

3.4.2.2 MODULACIÓN DE VARIOS ANCHOS DE PULSO.

Esta técnica utiliza varios pulsos por cada medio ciclo del voltaje de salida, las señales de excitación se generan comparando una señal de referencia con una onda portadora triangular como se muestra en la fig 3.11, la frecuencia de salida f_o , la establece la señal de referencia y la frecuencia de la portadora f_c , determina el numero de pulsos por cada ciclo P. (Referencia 4)

$$P = f_c/2f_o \quad (3-27)$$

En esta modulación el ancho de los pulsos se mantiene igual.

3.4.2.3 MODULACIÓN SENOIDAL DEL ANCHO DE PULSO

En este tipo de modulación el ancho de los pulsos no se mantienen constantes, aquí las armónicas de menor orden se reducen en forma significativa. (Referencia 4)

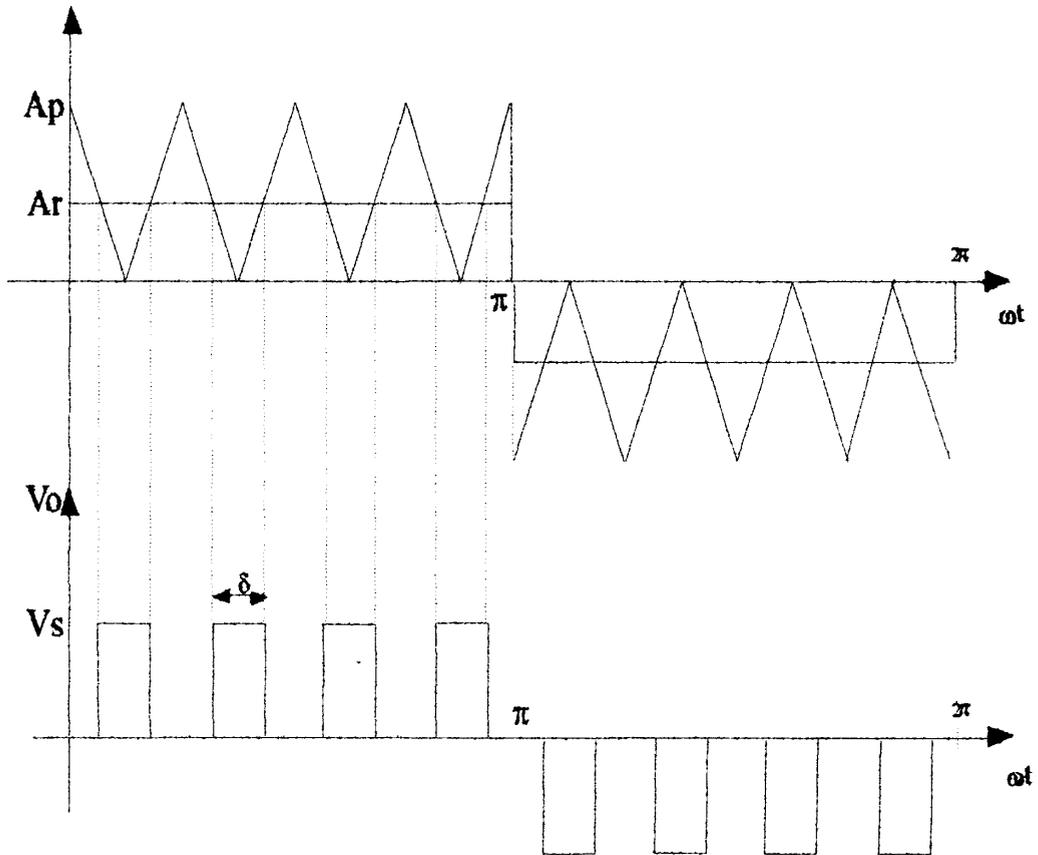


Fig.3.11 Modulación de varios anchos de pulsos

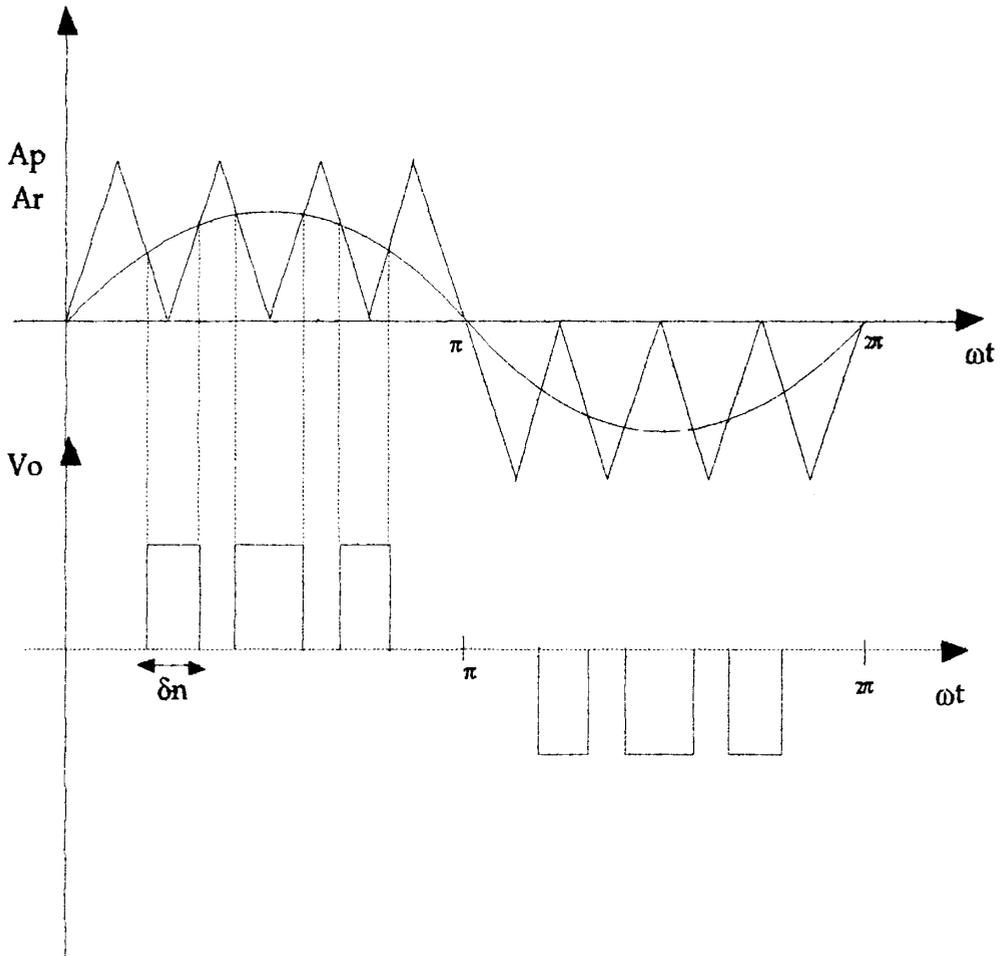


Fig.3.12 Modulación senoidal de ancho de pulso

Las señales de excitación se generan comparando una señal senoidal de referencia con una onda portadora triangular de frecuencia f_c como se muestra en la figura 3.12.

La frecuencia de salida del inversor, f_o , es determinada por la frecuencia de la señal de referencia, f_r .

3.5 DISEÑO DEL INVERSOR TRIFÁSICO UTILIZADO EN EL PROYECTO.

El inversor trifásico diseñado en este proyecto se lo utilizó para el movimiento del motor que maneja la banda transportadora, el cual es un motor trifásico AC que consume como máximo una corriente de 1A y trabaja con un voltaje de 12V ac.

La construcción del inversor trifásico se la hizo a base de transistores los cuales trabajan como interruptores para conectar y desconectar la energía hacia la carga, y se los utilizó por su velocidad de conmutación que es mucho mayor que la de los tiristores y su bajo costo.

Los transistores utilizados soportan máximo 2A de corriente, son del tipo BJT. (Referencia 5)

Para el diseño del inversor trifásico se utilizó el circuito mostrado en la figura 3.3 para la etapa de potencia y un controlador digital para generar las señales de base a los transistores, dichos circuitos son descritos a continuación.

3.5.1 CIRCUITO DE CONTROL DIGITAL.

El circuito de control digital es el encargado de generar las señales de excitación a la base de los transistores.

Dicho circuito fue construido basado en las señales de excitación mostradas en la figura 3.6, para obtener las ondas de salida mostradas en esta figura.

De acuerdo a estos gráficos se realizó el diagrama ASM, el cual es un diagrama de flujo en donde se analiza las secuencias apropiadas para las señales de excitación, luego de lo cual se realizó la implementación del controlador y del circuito contador que determinará el ancho de pulso de la forma de onda del voltaje de salida y la frecuencia del inversor deseada.

3.5.1.1 DIAGRAMA ASM.

El diagrama ASM que muestra la secuencia y la duración de las señales de excitación se ilustra en la figura 3.13:

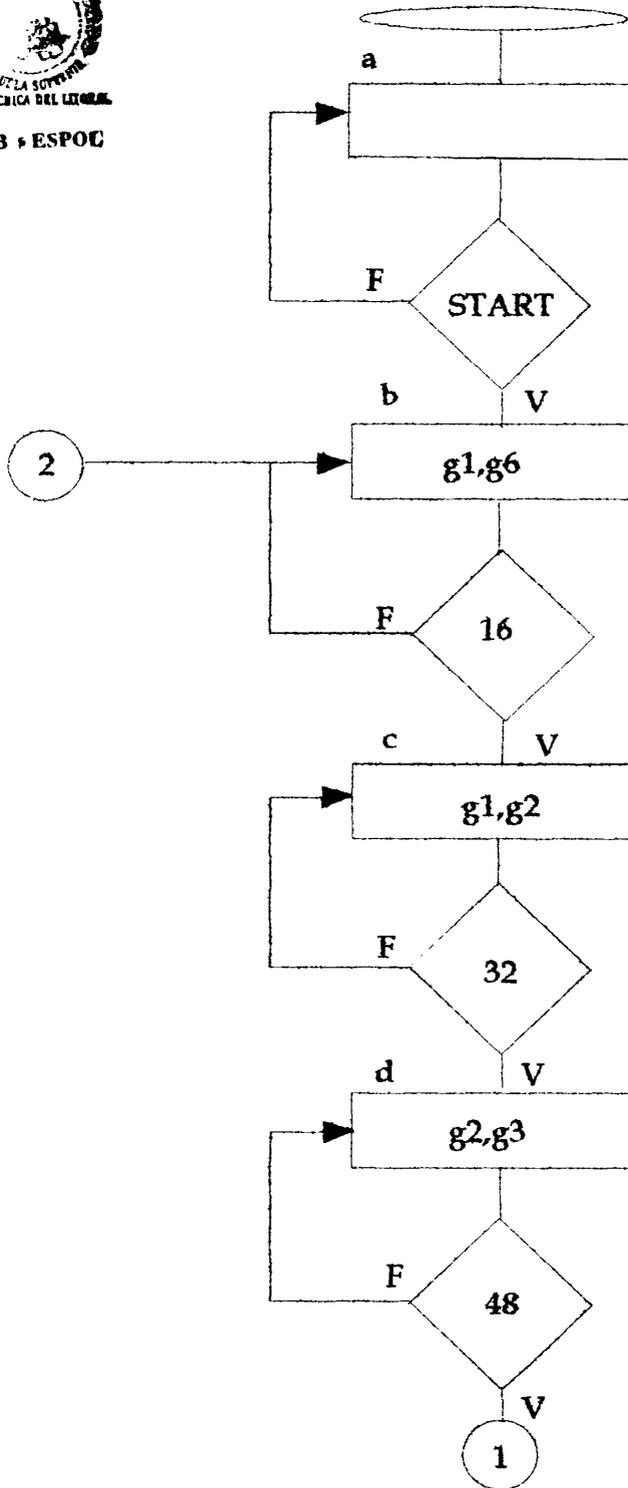


Fig. 3.13 Diagrama ASM.

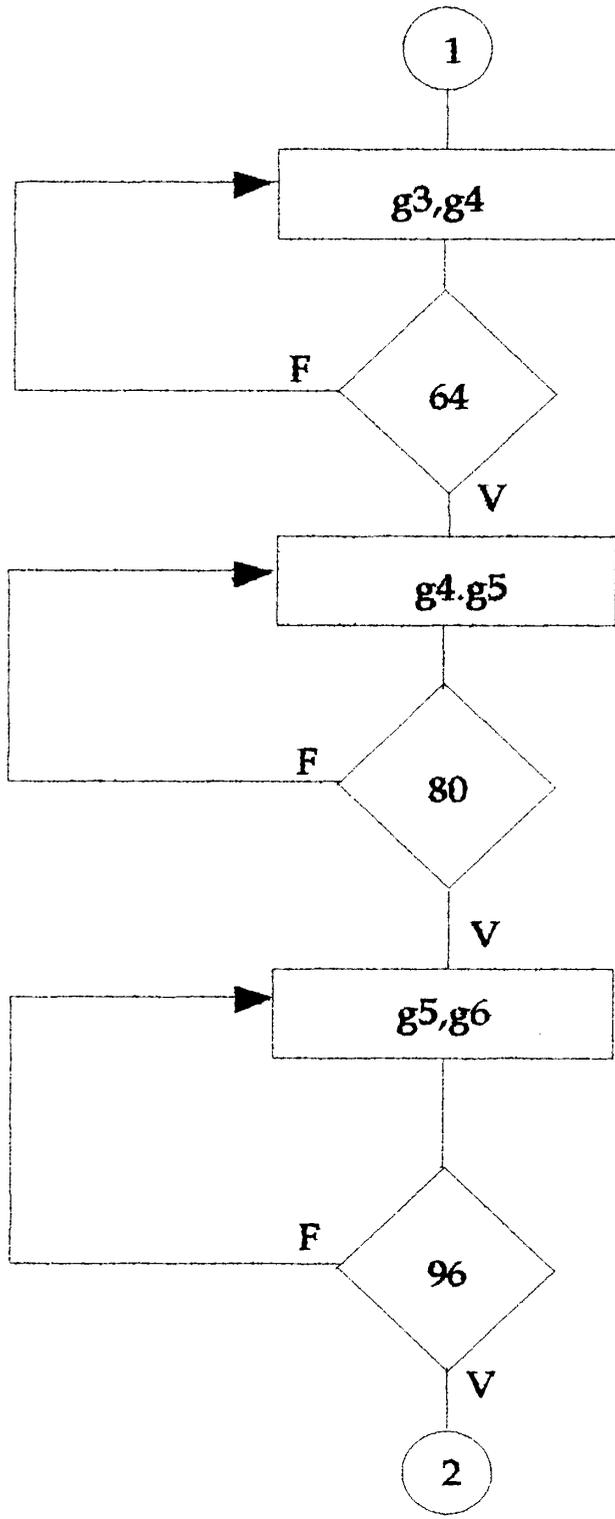


Fig. 3.13 Diagrama ASM.

De acuerdo a la figura 3.13 ,la secuencia de conducción de los transistores es Q1Q6, Q1Q2, Q2Q3, Q3Q4, Q4Q5,Q5Q6; y 16 representará el desfase entre las señales de excitación.

3.5.1.2 IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROLADOR.

La implementación del controlador se la hizo con la técnica de flip-flop por estado, las ecuaciones de estado son dadas a continuación y a partir de ellas se realiza el diseño del mismo , lo cual se ilustra en la figura 3.14.

$$D_a = \overline{\text{START}}$$

$$D_b = (T_a \wedge \text{START}) \vee (T_b \wedge \overline{16}) \vee (T_g \wedge 96)$$

$$D_c = (T_b \wedge 16) \wedge (T_c \vee \overline{32})$$

$$D_d = (T_c \wedge 32) \vee (T_d \wedge \overline{48})$$

$$D_e = (T_d \wedge 48) \vee (T_e \wedge \overline{64})$$

$$D_f = (T_e \wedge 64) \vee (T_f \wedge \overline{80})$$

$$D_g = (T_f \wedge 80) \vee (T_g \wedge \overline{96})$$

3.5.1.3 IMPLEMENTACION DE LAS SALIDAS.

Las salidas g1,g2,g3,g4,g5,g6, que representan las señales de excitación se muestran en la figura 3.15.

3.5.1.4 DIVISOR POR 96.

El divisor por 96 utilizado, representa un contador binario de 8

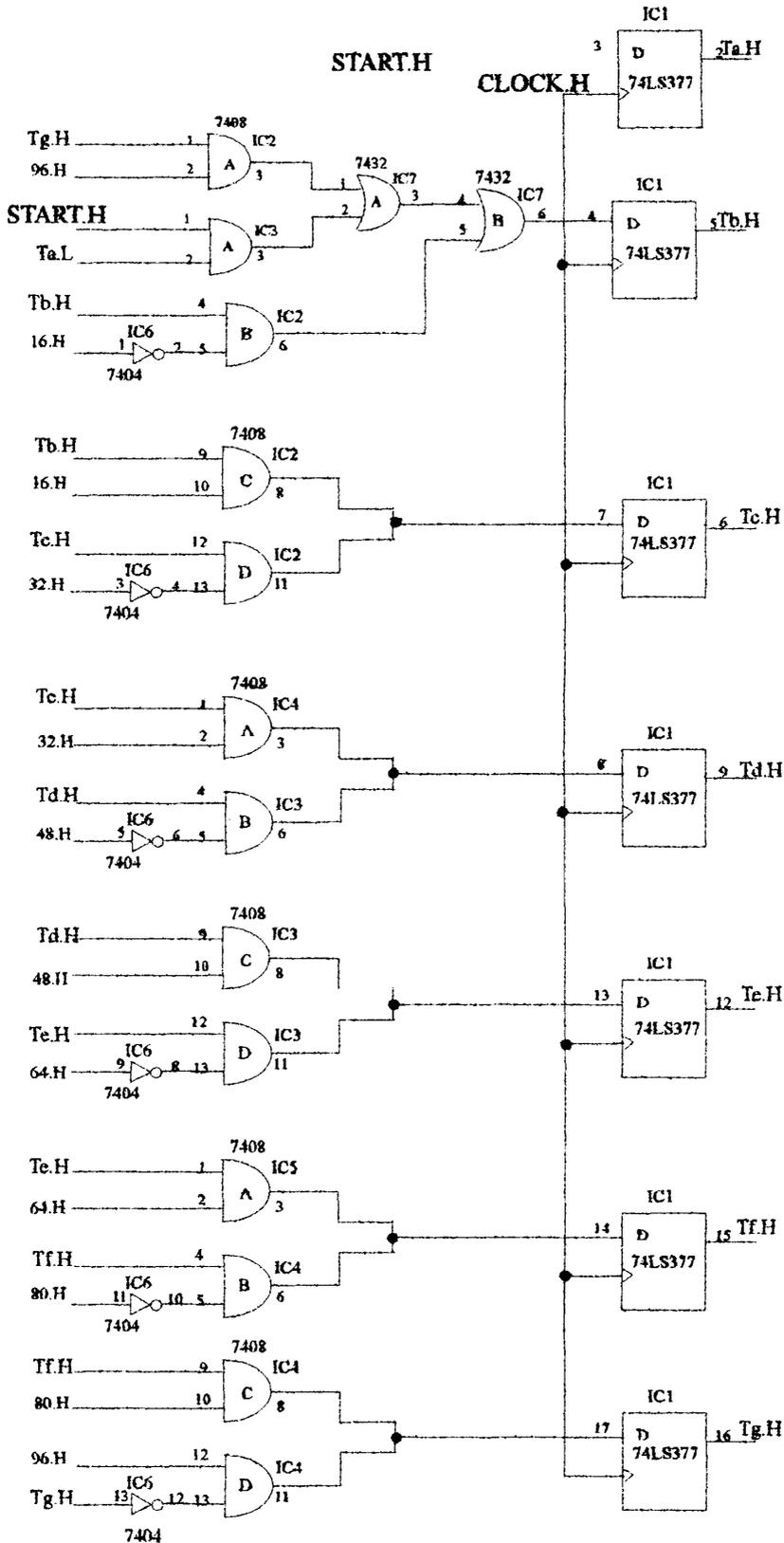


Fig.3.14 Controlador digital.

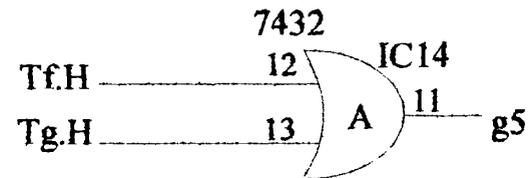
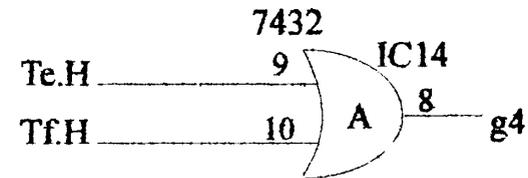
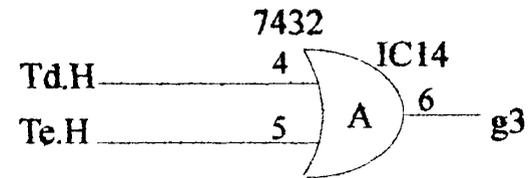
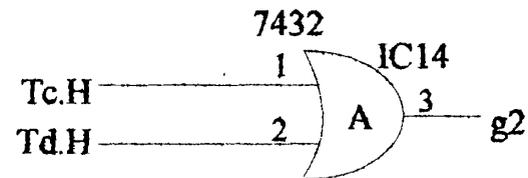
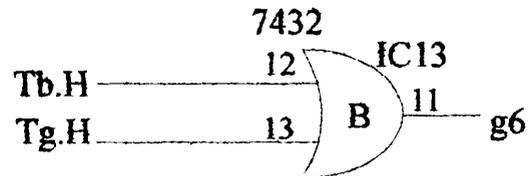
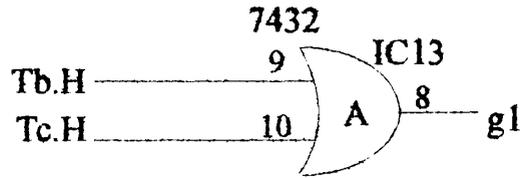


Fig. 3.15 Implementación de las salidas.

bits diseñado para generar la secuencia de conteo desde el número 1 hasta el 96.

Como el período correspondiente a la frecuencia del inversor se ha dividido en 96 muestras, cada una de las cuales representa un período de reloj, entonces el divisor por 96 le asigna a cada una de éstas muestras un código binario.

De ésta forma el divisor por 96 utilizado, permitirá determinar el ancho de pulso de la forma de onda del voltaje de salida, lo cual fija la frecuencia del inversor, proporcionando las señales de entrada al controlador.

Las salidas del divisor por 96, utilizadas como señales de entrada al controlador, fueron las siguientes:

$\delta_1 = 00010000$ correspondiente a 60 grados.

$\delta_2 = 00100000$ correspondiente a 120 grados.

$\delta_3 = 00110000$ correspondiente a 180 grados.

$\delta_4 = 00111100$ correspondiente a 240 grados.

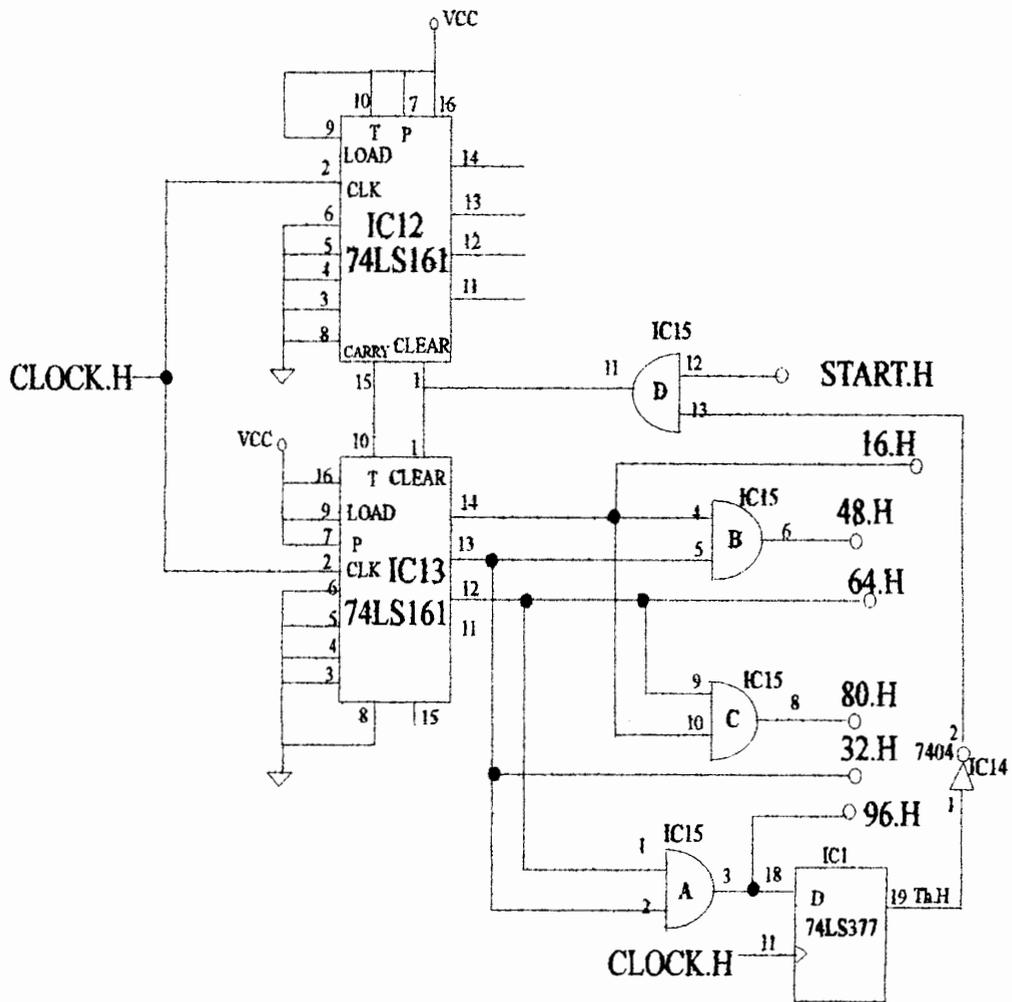


Fig.3.16 Divisor por 96

$\delta_5 = 01010000$ correspondiente a 300 grados.

$\delta_6 = 01100000$ correspondiente a 360 grados.

El circuito utilizado se ilustra en la figura 3.16 el cual se compone de un contador binario de 8 bits, formado por 2 contadores de 4 bits colocados en cascada y puertas lógicas AND para obtener las respectivas señales de excitación utilizadas.

3.5.1.5 RELOJ UTILIZADO.

El reloj utilizado será el encargado de proporcionar la frecuencia de operación al circuito de control digital el cual suministra las señales de excitación, por lo cual el período correspondiente a la frecuencia del inversor se lo ha dividido en 96 muestras y cada muestra tendrá una duración de un período de reloj. De acuerdo a esto el período del inversor será equivalente a 96 períodos de reloj.

El reloj utilizado en el proyecto se ilustra en la figura 3.17, está construido a partir del circuito integrado temporizador 555, utilizado como un multivibrador estable. (Referencia 7)

La frecuencia de operación del reloj será calculada de la

la siguiente forma:

$$96 \cdot T_{\text{reloj}} = T_{\text{inversor}} \quad (3-28)$$

$$96 \cdot (1/f_{\text{reloj}}) = (1/f_{\text{inversor}}) \quad (3-29)$$

$$f_{\text{reloj}} = 96 \cdot f_{\text{inversor}} \quad (3-30)$$

donde :

T_{reloj} representa el período del reloj

T_{inversor} representa el período del inversor.

f_{reloj} representa la frecuencia del reloj.

f_{inversor} representa la frecuencia del inversor.

De acuerdo a la expresión anterior, se observa que la frecuencia del reloj será 96 veces la frecuencia que se desee en el inversor.

La frecuencia de oscilación del circuito de la figura, es:

$$f_{\text{os}} = 1.44 / (R_A + R_B)C \quad (3-31)$$

Los valores escogidos para obtener la frecuencia deseada fueron:

$R_A = 1K$; R_B representa un potenciómetro de $2K$ y $C = 0.1\mu F$.

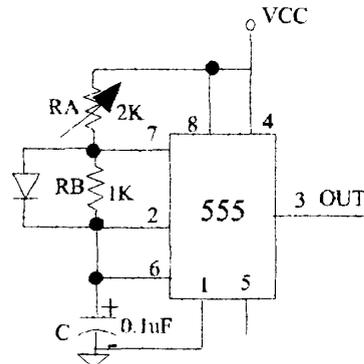


Fig 3.17 Reloj utilizado.

3.5.2 CIRCUITO DE FUERZA.

El circuito de fuerza utilizado para el diseño del inversor trifásico es la configuración mostrada en la figura 3.3 , formada por 6 transistores y 6 diodos .La conducción utilizada es a 120 grados ,por lo cual cada transistor conduce durante 120 grados una vez que le llega la señal de excitación a la base.

Los transistores utilizados son de características NPN, integrados ECG2332 ,con una corriente de colector máxima de 2Amperios y una ganancia igual a 2000 (Referencia 5) ; los diodos utilizados son los 1N4007,los cuales están conectados en paralelo inverso con los transistores para proporcionar un flujo de corriente bidireccional .

La velocidad de conmutación de estos transistores se puede aumentar reduciendo el tiempo de activación y desactivación de los mismos.

3.6 AISLAMIENTO ENTRE EL CIRCUITO DE CONTROL Y CIRCUITO DE FUERZA.

El aislamiento consiste en separar los circuitos lógicos del circuito de fuerza ,puesto que si no fuera así, en la línea de alimentación se podría generar algún tipo de ruido parásito que podría influir sobre las puertas lógicas .

Existen muchos métodos de aislamiento pero el sistema de aislamiento más empleado actualmente en el mando por circuitos lógicos o por microprocesadores es el de optoaislamiento ,basado en el acoplador óptico ,el cual fue utilizado en este proyecto. Este sistema presenta la ventaja de ser estático, si bien es preciso amplificar la señal obtenida.

El acoplador óptico ,mostrado en la fig 3.18 combina un diodo emisor de luz infraroja y un fototransistor de silicio (Referencia 6). En efecto, la señal lógica V_1 activa al led y este provoca la conducción del fototransistor montado como seguidor de tensión , el cual en nuestro proyecto excitará al transistor del circuito de fuerza al modo de saturación.

Los fototransistores requieren de una alimentación de energía por separado.

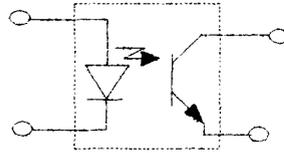


Fig. 3.18 Acoplador óptico.

La razón primordial del aislamiento reside en que el circuito digital y el de potencia pueden estar unidos por un punto sin que suceda absolutamente nada, ya que si por accidente existen dos puntos, existirán corrientes circulatorias y en consecuencia habría peligro de daños; vemos entonces que una de las razones principales del aislamiento es el aumento de la seguridad contra un fallo de aislamiento accidental.

En nuestro proyecto el circuito de fuerza consta de 6 transistores, por lo cual se utilizaron 6 acopladores ópticos, cada uno conectado a su propia fuente la cual es de 12 Voltios, esto se ilustra en la figura 3.19.

En la figura, la señal digital está representada por g_n , aplicada al LED del acoplador óptico, por medio de una resistencia de $1K$. En el colector del fototransistor se utilizó una resistencia de 100Ω

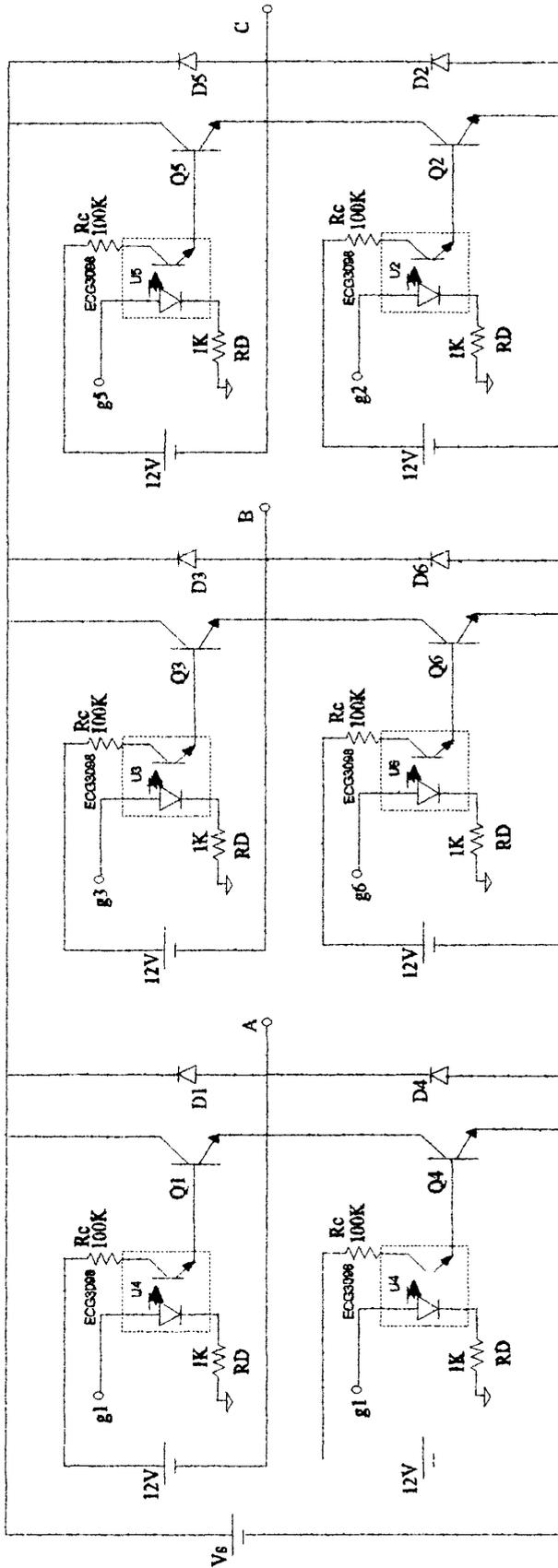


Fig 3.19 Aislamiento utilizado

3.7 FUENTES DE PODER UTILIZADAS

El diseño de las fuentes de poder utilizadas se lo hizo a partir de un transformador de múltiples devanados, tal como se ilustra en la figura 3.20, los detalles de cada fuente se especifican a continuación:

3.7.1 FUENTE PARA EL CIRCUITO DIGITAL.

La fuente de poder utilizada en el circuito controlador digital es de 5VDC y una corriente máxima de 1 A, la cual se ilustra en la figura 3.20, se observa que el voltaje DC a la salida del puente es regulado por un regulador de voltaje de 5 Voltios, 1 Amperio.

3.7.2 FUENTES DE PODER PARA EL CIRCUITO DE FUERZA.

En el circuito de fuerza se utilizaron 5 fuentes: una fuente para alimentar y polarizar el circuito de fuerza y 4 fuentes para alimentar y polarizar los acopladores ópticos que son los que suministran la corriente de base en los transistores Darlington, ubicados a la salida del inversor; dichas fuentes se detallan a continuación:

La fuente para alimentar y polarizar el circuito de fuerza se ilustra en la figura , dicha fuente se diseñó de modo que suministre un voltaje de

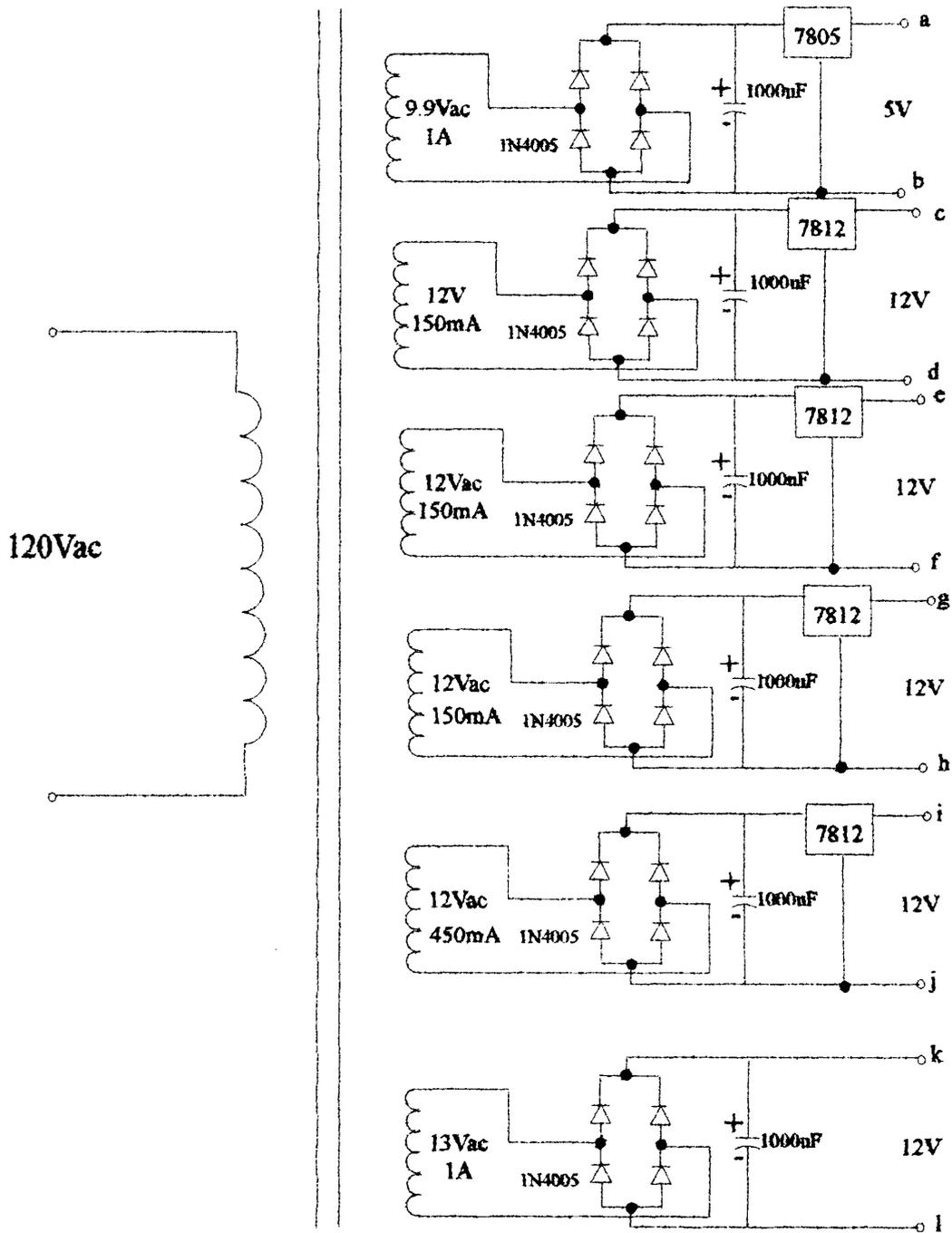


Fig. 3.20 Fuentes utilizadas.

12Voltios DC a una corriente de 1Amperio,utilizando un rectificador puente de onda completa.

Para polarizar y alimentar los aclopadores ópticos se utilizaron 4 fuentes, 3 fuentes idénticas que suministran un voltaje de 12Voltios DC a 150mAmperios y una cuarta fuente que proporciona un voltaje de 12 Voltios DC a una corriente de 1 Amperio, utilizando en cada una un rectificador puente de onda completa, tal como se muestra en la figura

3.8 CIRCUITOS IMPRESOS REALIZADOS.

Para cada etapa del inversor , las cuales son: circuito digital, circuito de fuerza ,fuentes para el circuito digital y circuito de fuerza , se realizó el respectivo circuito impreso los cuales se muestran en las figuras 3.21, 3.22 y 3.23.

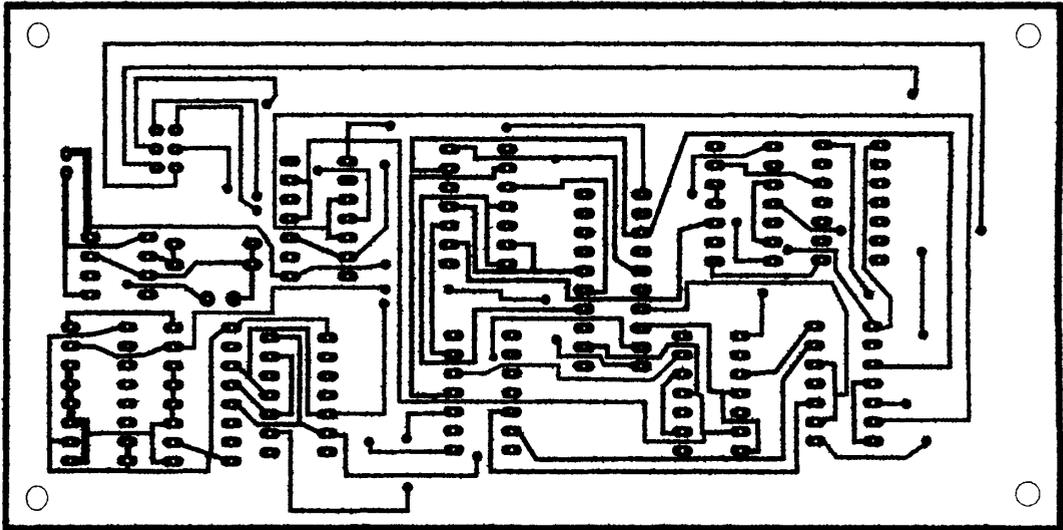


Fig.3.22 Impreso de la vista inferior de la tarjeta para el circuito digital.



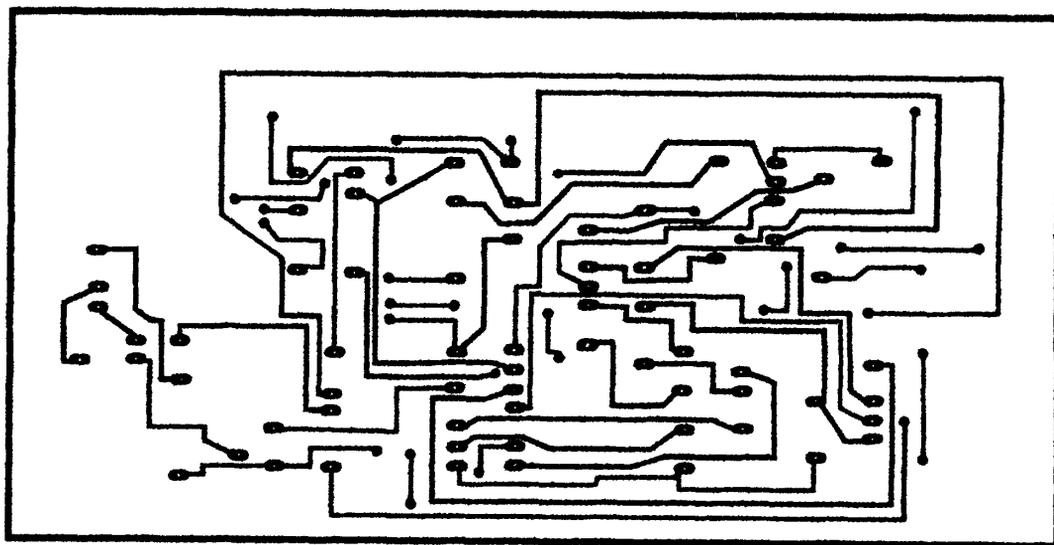


Fig.3.22 Impreso de la vista inferior de la tarjeta para el

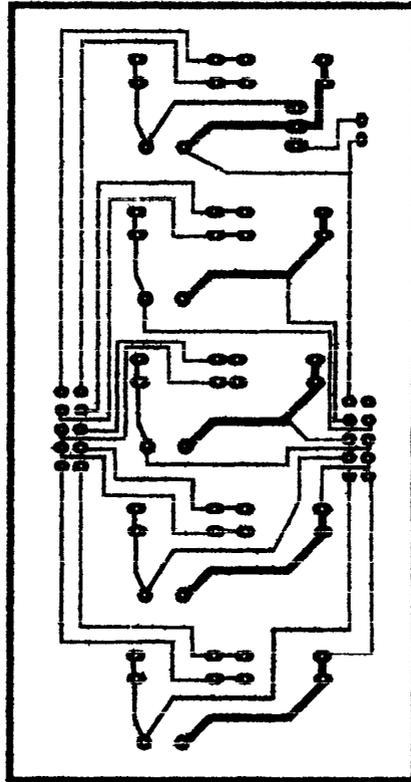


Fig.3.24 Impreso de las fuentes utilizadas para el inversor.

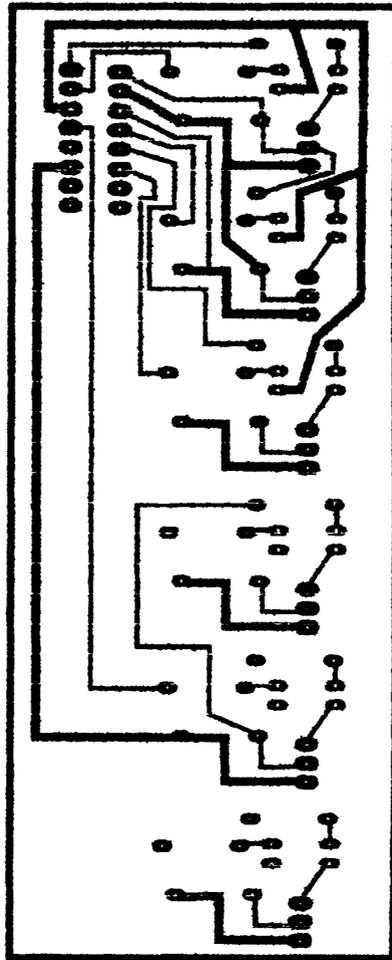


Fig.3.23 Impreso del circuito de fuerza para el inversor.

CAPITULO IV

SISTEMA ELÉCTRICO PROPUESTO.

4.1 INTRODUCCIÓN.

El sistema eléctrico propuesto consiste en la utilización de un controlador lógico programable (PLC) para automatizar un proceso industrial y un software de visualización que permitirá observar el proceso industrial por medio de un computador.

Esta tecnología permitirá que el operador no necesariamente debe estar cerca de la planta de trabajo para poner el proceso en funcionamiento sino que podrá controlar el proceso desde un computador, ya que este le permitirá visualizar cada una de las etapas que se van realizando en la planta ,dándole al operario posibilidad de detener el proceso desde el computador si visualiza que está ocurriendo alguna falla en la planta y de realizar los reajustes que crea necesario mediante el computador.

Con esta tecnología se pretende promover el control de procesos industriales por computadora, utilizando el PLC, ya que éste control reduce errores y asegura que el producto sea producido con máxima eficiencia.

El control automático ha jugado un papel vital en el avance de la ingeniería y de la ciencia y se ha convertido en parte importante e integral de los procesos industriales modernos, por ejemplo el control automático resulta esencial en operaciones industriales tales como el control de presión, temperatura, nivel, caudal, velocidad, posición, etc.

La automatización de cualquier proceso está justificada cuando se exige una determinada cantidad o tasa de producción, una integridad o coherencia en las características de un producto, una calidad invariable o un comportamiento en servicio que de una imagen de prestigio a la organización que pone un producto de calidad en manos del cliente.

Por todo esto, el objetivo de este capítulo es dar a conocer los dispositivos capaces de automatizar cualquier proceso industrial.

4.2 SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

El propósito en todas las industrias es incrementar la productividad a través de máquinas y procesos automatizados, por lo cual se requiere de la automatización para incrementar la calidad, cantidad y precisión de los productos.

Para lograr la automatización de un proceso, el operador debe ser reemplazado de alguna forma por el sistema automático, este sistema

requiere de encender ,regular y parar un proceso en respuesta a un monitoreo o por variables de comparación dentro del proceso y obtener los resultados deseados ,éste proceso es un sistema que también es llamado sistema de control.

Un sistema de control se divide en tres secciones : entradas, procesamiento y salidas , la figura 4.1 muestra un modelo descrito en términos de acciones ,el cual consiste en medición de entradas, control de procesamiento llevado a la salida sobre dichas entradas y el resultado de las salidas son producidos por las acciones.

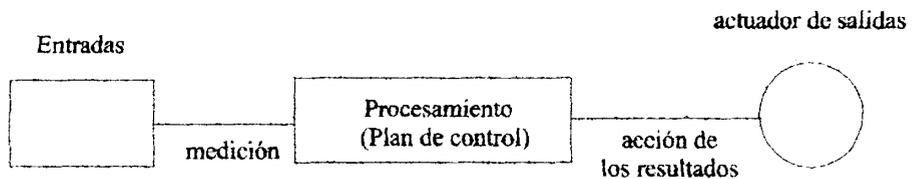


Fig.4.1 Elementos de un sistema de control.

4.3 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC).

4.3.1 DEFINICION Y CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Un PLC se define como un sistema de control electrónico de lógica programable de uso industrial , el cual contiene una memoria programable donde se almacenan diferentes tipos de funciones tales como: lógicas, secuenciales, temporizables ,de conteo , aritméticas, las

cuales se utilizan para controlar varios tipos de procesos por medio de módulos de entradas y salidas analógicas o digitales.

Dichas funciones son ejecutadas cíclicamente por el programa creado por el usuario.

Los primeros PLCs fueron desarrollados en la década del 70 y significativamente usados en las industrias reemplazando a los grandes paneles de control, estos fueron capaces de proporcionar el control requerido mientras ocupaban mucho menos espacio, confiables y precisos en amplios períodos de operación.

Sin embargo la característica más importante es la capacidad que posee para modificar la secuencia de control que se está utilizando ,en caso de ser necesaria.

4.4 PLC UTILIZADO EN EL PROYECTO.

En este proyecto se utilizó el PLC de la serie S7-200 la cual comprende variados sistemas de automatización pequeños que se pueden utilizar para una diversidad de procesos industriales.La estructura básica del PLC S7-200 incluye una unidad central de procesamiento CPU ,un software de programación STEP-7 Micro/WIN y un cable de comunicación tal como se ilustra en la figura 4.2 .

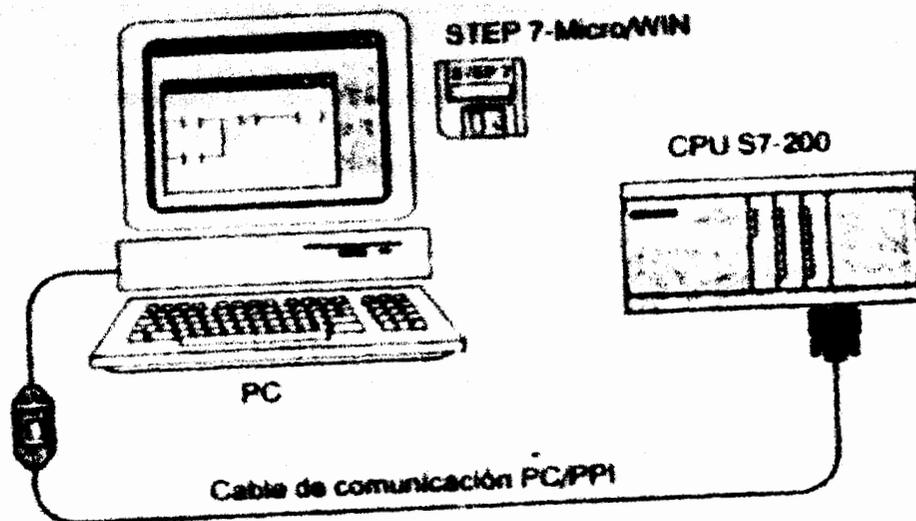


Fig.4.2 Componentes de un Micro PLC S7-200

La serie S7-200 comprende diferentes CPU, las cuales se caracterizan entre sí por la variedad de funciones que contienen.

En este proyecto se utilizó la CPU 214 que ofrece una velocidad de ejecución 0.8 micro segundos.

4.4.1 COMPONENTES.

El PLC utilizado tiene 14 entradas digitales y 10 salidas digitales, una unidad central de procesamiento (CPU) y la fuente de alimentación.

Las entradas y salidas son las que controlan el sistema automatizado, las entradas representan las señales de información del estado de los dispositivos de campo tales como sensores de presión ,temperatura, nivel, etc , e interruptores.

Las salidas son una zona de conexión con el exterior, por medio de ellas se energizan o desenergizan los equipos del proceso.

En la unidad central de procesamiento se almacenan las operaciones para ejecutar el programa de automatización establecido, realiza funciones tales como: Operaciones básicas, aritméticas y de control. Está formada por los siguientes elementos: registros, sumadores, codificadores/decodificadores, sistema de interrupciones, temporización, interrupciones , bus ,etc.

La fuente de alimentación proporciona corriente a la unidad central de procesamiento y a los módulos de ampliación que se utilicen .

Los módulos de ampliación se utilizan cuando se requieran mas entradas o salidas de las disponibles en el micro-plc,dichos

módulos ofrecen un número determinado de entradas y salidas las cuales pueden ser analógicas o digitales.

El término analógica se refiere cuando la acción puede aumentar o disminuir, y el término digital cuando la acción es discreta es decir todo/nada , on/off o un tren de impulsos.

Los módulos de ampliación disponen de un conector de bus para su unión al aparato central, tal como se muestra en la figura 4.3.

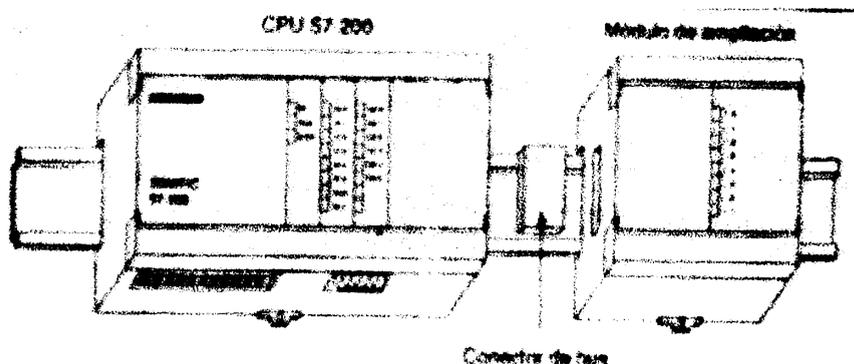


Fig. 4.3 CPU con módulo de ampliación.

La CPU 214 utilizada en este proyecto ,mostrada en la figura 4.6, acepta como máximo dos módulos de ampliación conectados al micro-PLC.

4.4.2 PROGRAMACIÓN.

El STEP-7 Micro/WIN es el software utilizado para programar el sistema de automatización S7-200, el cual es ejecutable bajo Windows.

La programación del S7-200 se la puede realizar de dos formas: utilizando el Editor KOP o el Editor AWL.

El editor KOP permite escribir programas utilizando el lenguaje Esquema de contactos o diagrama de escalera tal como se ilustra en la figura 4.5.

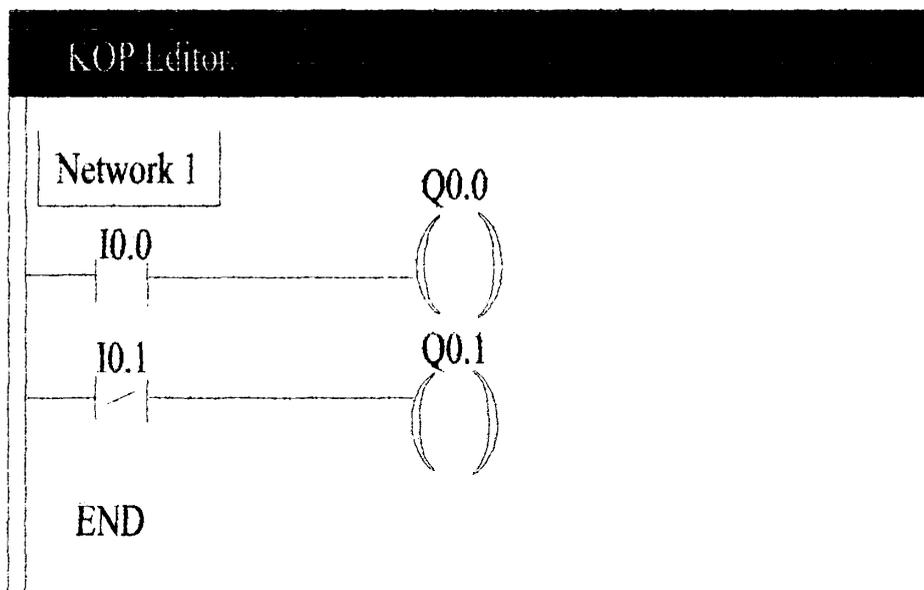


Fig. 4.4 Editor KOP

El Editor AWL es un editor de texto que brinda cierta flexibilidad en cuanto a la forma de introducir las operaciones del programa., tal como se muestra en la figura 4.5

```

AWL Editor
// Programa para tren transportador

NETWORK      //Marcha motor:
LD  "Marcha1" //Si I0.0 está activada
UN  "Para Em1" //y I0.1 no está activada,
=   Q0.0      //poner en marcha el motor del transporte.

NETWORK      //Fin del programa

MEND

```

Fig.4.5 Editor AWL

4.5PROGRAMA DE VISUALIZACIÓN UTILIZADO EN EL PROYECTO.

Un programa de visualización permite observar en pantalla, mediante representaciones gráficas de procesos en tiempo real, los trabajos de una operación completa.

El programa de visualización utilizado en este proyecto es el IN-TOUCH basado en Windows cuyo proveedor a nivel mundial es

Wonderware, esta diseñado para el mercado de la automatización industrial.

La versión utilizada es 5.6 la cual incluye varias funciones de arquitectura distribuidas entre las que se encuentran la gestión de alarmas distribuidas, conversión de resolución dinámica y desarrollo de aplicaciones para sus usos en grandes redes basadas en PC.

Con este software de visualización se puede controlar un proceso desde el computador sin necesidad de estar en la planta de trabajo, detenerlo en caso de observar alguna falla, realizar los reajustes necesarios cuando crea conveniente.

IN TOUCH brinda potentes herramientas de desarrollo orientadas a objetos, facilitan dibujar, organizar, alinear, disponer en capas, rotar, invertir, duplicar, cortar, copiar, pegar, etc.

Los enlaces de animación pueden combinarse para ofrecer tamaños, colores, movimientos y cambios de posiciones complejos.

INTOUCH posee una variedad de herramientas para facilitar el diseño y animación de cualquier proceso industrial

Este programa posee el lenguaje SCRIPT el cual es tan potente y fácil de usar por medio del cual se puede escribir un programa que realice una secuencia deseada en un proceso industrial en particular.

Algunas pantallas obtenidas con el uso de este software de visualización y animación INTOUCH , de algún proceso en particular se muestran en la figura 4.7.

4.6 VENTAJAS DEL SISTEMA PROPUESTO.

El sistema eléctrico propuesto , formado por un controlador lógico programable (PLC) , mostrado en la figura 4.6 y el software de visualización presentan muchas ventajas a las aplicaciones industriales, a continuación se mencionan algunas de ellas:

- Este sistema utilizado para la automatización de procesos industriales , reduce errores y asegura que el producto sea producido con máxima eficiencia.
- El Controlador Lógico Programable (PLC) gracias a su diseño compacto , su capacidad de ampliación y su amplio juego de operaciones se adecúan para numerosas aplicaciones de control.
- Permite a los supervisores ver los datos de planta en tiempo real desde un computador de escritorio en cualquier punto de ubicación .

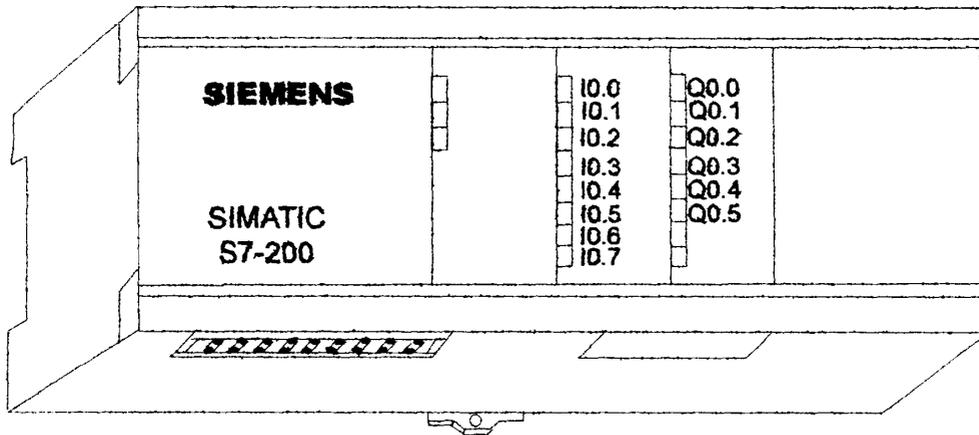


Fig.4.6 PLC utilizado.

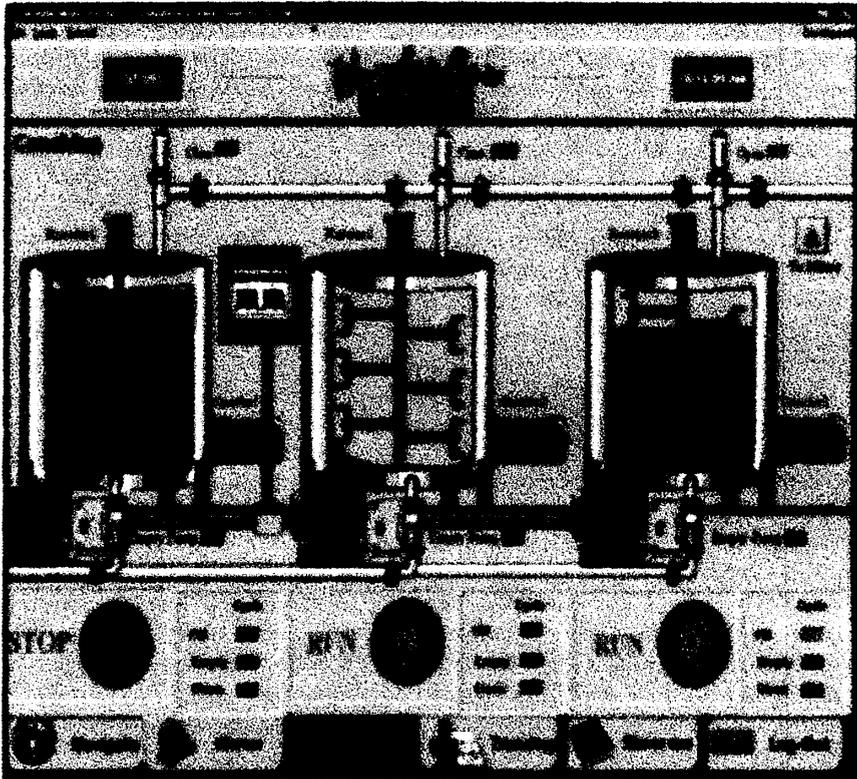


Fig.4.7 Ejemplos utilizando INTOUCH

- Este sistema tiene la capacidad de realizar de una forma precisa y eficiente trabajos repetitivos que muchas veces resultaban dificultosos para el hombre.
- Los diversos tamaños y fuentes de alimentación de las CPUs así como las múltiples opciones de programación ,ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización.
- El operario tiene la capacidad de ver información de alarmas desde varias ubicaciones remotas al mismo tiempo.

CAPITULO V

PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

5.1 SENSORES UTILIZADOS EN EL PROYECTO .

Un sensor es un dispositivo utilizado para detectar, medir o indicar fenómenos físicos tales como calor, radiación, presión, presencia de objetos, etc , con lo cual transmiten información para operar controles.

En este proyecto se utilizaron dos tipos de sensores: sensores de proximidad y sensores de nivel .

A continuación se definen estos elementos y se dá a conocer su utilización en el proyecto.

5.1.1 SENSORES DE PROXIMIDAD

En el proyecto se utilizaron sensores de proximidad para detectar la presencia de recipientes ubicados en la banda transportadora.

Los sensores utilizados se denominaron en este proyecto de la siguiente manera: SENS.1 y SENS.2.

El sensor de proximidad apropiado en este proyecto se muestra en la figura 5.1, el cual es de tipo inductivo ya que el recipiente que vá a sensar

es metálico .Este sensor es un interruptor de posición que trabaja exento de roces y sin contactos ,el cual es excitado por un campo alterno de alta frecuencia ,el cual se origina en la superficie activa del sensor ,la magnitud de este campo alterno determina el alcance del aparato.Cuando se aproxima un material buen conductor eléctrico o magnético ,el campo se amortigua. Ambos estados, campo amortiguado o no amortiguado, son valorados por dicho sensor y conducen a un cambio de señal en la salida.

Su empleo es especialmente indicado donde se requieren elevadas exigencias, precisión en el punto de conexión, duración, frecuencia de maniobras, velocidad de accionamiento, etc.

Al sensar el recipiente metálico el sensor envía señal es decir sus contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados cambiarán su posición inicial ; cuando el sensor no detecta la presencia del recipiente ubicado en la banda transportadora ,los contactos del sensor permanecen en su posición inicial.

Estos dispositivos detectores son utilizados con una gran variedad de dispositivos electrónicos para realizar innumerables tareas , gracias a su precisión y confiabilidad.

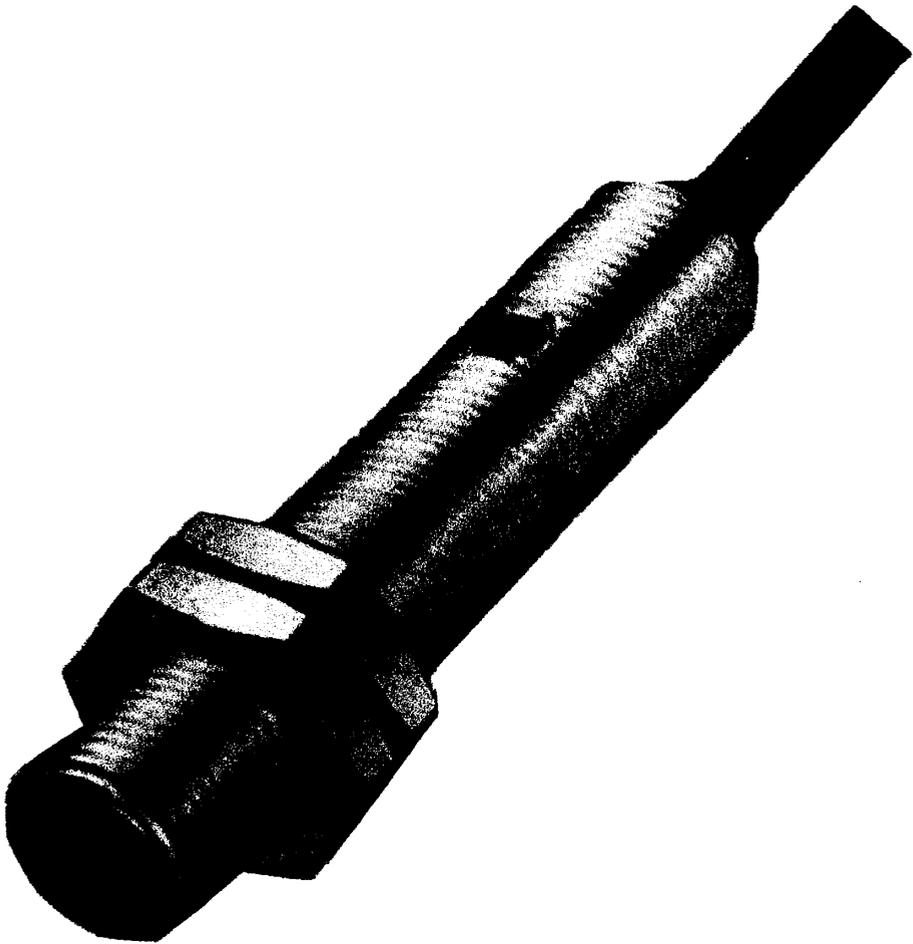


Fig.5.1 Sensor de proximidad.

5.1.2 SENSORES DE NIVEL.

Este dispositivo se utiliza para detectar el nivel o posición de líquidos, materiales a base de granos u objetos sólidos.

En este proyecto se utilizaron dos sensores de nivel, ubicados en el silo , uno para indicar el nivel inferior del silo y el otro para indicar el nivel superior del silo.

Estos dos sensores denominados: S.NIV.SUP , S.NIV.INF actúan de la siguiente forma:

Cuando hay material en el silo éstos sensores envían señal, es decir sus contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados cambian de posición ; y cuando no hay material en el silo los contactos del sensor permanecen en su posición inicial.

Un sensor de nivel apropiado para este proyecto se muestra en la figura 5.2 , el cual es un interruptor de membrana que permite el monitoreo de materiales secos en recipientes de almacenamiento. Se pueden usar para indicar condiciones de completo o vacío de materiales en polvo o granulares a granel. Dicho sensor es un interruptor sensible a la presión con presión transmitida a un sensor interno a través de una membrana orgánica ,o metálica delgada.

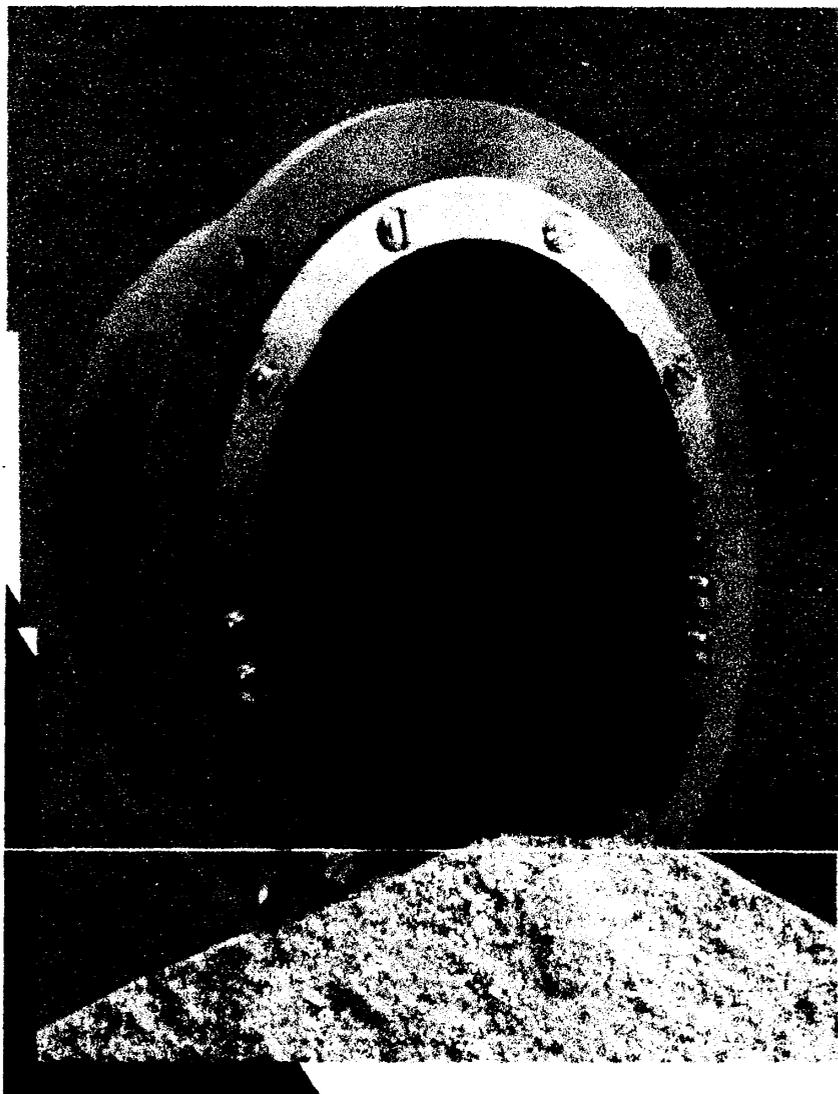


Fig.5.2 Sensor de nivel

5.2 PROGRAMACIÓN EN EL PLC: SIMATIC S7-200 CPU 214.

5.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA.

La secuencia de operación del sistema es la siguiente: Al presionar la botonera de MARCHA , se inicia el proceso de la siguiente manera: Los sensores de nivel ubicados en el silo , sienten si hay material dentro del mismo, y un sensor de proximidad ubicado en un extremo de la banda transportadora detectará la presencia de un recipiente a llenarse , si estas dos condiciones son verdaderas entonces se abrirá la electroválvula dejando caer el material que contiene el silo , al recipiente que va a ser llenado.

La electroválvula permanecerá abierta durante 5 segundos que representa el tiempo de llenado del recipiente , luego de lo cual se cerrará la electroválvula y el motor de La banda se energizará , trasladando el recipiente que se llenó al otro extremo de la banda transportadora. En dicho extremo está ubicado un sensor de proximidad el cual detecta la presencia del recipiente en el extremo final de la banda transportadora , si esto es verdadero , se energizarán los motores de un brazo mecánico ubicado en éste extremo que procederá a coger el recipiente, y a trasladarlo a otro sitio de trabajo .

El proceso es automático y se reinicia continuamente.

El proceso se puede detener en cualquier momento ,presionando la botonera de PARO.

El brazo mecánico utiliza para su movimiento de tres motores los cuales realizan las siguientes funciones:

- El motor 1 , gira el brazo.
- El motor 2, sube y baja el brazo.
- El motor 3 ,abre y cierra los dedos.

La secuencia de operación de éstos tres motores que mueven el brazo mecánico es La siguiente: Al llegar el recipiente lleno al extremo final de la banda transportadora, el sensor de proximidad ubicado en este extremo detecta la presencia del recipiente ,en este momento el brazo mecánico empieza su movimiento energizándose el motor 3 en el sentido que cierra los dedos , luego de 4 segundos se detiene el motor 3 y se energiza el motor 1 en el sentido de giro a la derecha ,luego de 10 segundos se detiene el motor 1 y se energiza el motor 3 en el sentido de apertura de los dedos, momento en el cual el brazo suelta el recipiente y lo coloca sobre una mesa, luego 4 segundos se detiene el motor 3 y se energiza el motor 2 en el sentido de subida del brazo mecánico ,luego

de 3 segundos se detiene el motor 2 y se energiza el motor 1 en el sentido de giro a la izquierda ,luego de 10 segundos se detiene el motor 1 y se energiza el motor 2 en el sentido de bajada del brazo mecánico ,con lo cual el brazo empieza a bajar hasta ubicarse en la posición inicial, luego de 3 segundos el motor 2 se detiene y el brazo mecánico finaliza sus movimientos hasta que se presente otro recipiente lleno.

5.2.2 ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC UTILIZADAS

En el capítulo 4 se definió lo que representa una entrada y una salida del PLC, en esta sección se presenta un listado de las entradas y salidas del PLC utilizadas en el programa realizado.

ENTRADAS:

I0.0 Pulsador de paro, contacto normalmente cerrado (NC).

I0.1 Pulsador de marcha, contacto normalmente abierto.(NA).

I0.2 Sensor de proximidad ubicado en el extremo inicial de la banda, denominado SENS.2.

I0.3 Sensor de nivel mínimo ubicado en el silo ,denominado S.NIV.

I0.4 Sensor de proximidad ubicado en el extremo final de la banda denominado SENS.1.

I0.5 Sensor de nivel máximo ubicado en el silo ,denominado S.N.MAX.

I0.6 Fin de carrera ,indica válvula completamente abierta.

I0.7 Fin de carrera, indica válvula completamente cerrada.



SALIDAS:

Q0.0 Paro del motor 1 .

Q0.1 Motor 1: Q0.1=0 Giro a La izquierda y Q0.1=1 Giro a La derecha.

Q0.2 Motor 2: Q0.2=0 movimiento hacia abajo y Q0.2=1 hacia arriba.

Q0.3 Motor 3 : Q0.3=0 abrir dedos y Q0.3=1 cerrar dedos.

Q0.4 Paro del motor 3 .

Q0.5 Paro del motor 2 .

Q0.6 Electroválvula

Q0.7 Motor de banda transportadora.

Q1.0 Alarma de falla.

5.2.3 DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo que describe la secuencia de operación utilizada para la elaboración del programa en STEP-7 que manejará al PLC Simatic S7-200 CPU 214, se muestra en las figuras 5.3,5.4,5.5.

5.2.4 PROGRAMA EN STEP7-Micro/WIN.

El programa realizado en el software S7-Micro/Win para el PLC utilizado fue realizado en el editor KOP que representa diagrama de contactos y en el editor AWL que representa un lenguaje de instrucciones. A continuación se muestra el programa en KOP , el programa en AWL se presenta en el Apendice A.

5.3 PROGRAMACIÓN EN EL SOFTWARE DE VISUALIZACIÓN: IN- TOUCH

5.3.1 DESCRIPCION DEL PROGRAMA

El programa realizado en IN-TOUCH consta de 4 pantallas denominadas: MENU, INDICADORES, PANEL DE CONTROL y PROCESO.

A continuación se describen cada una de las pantallas mencionadas.

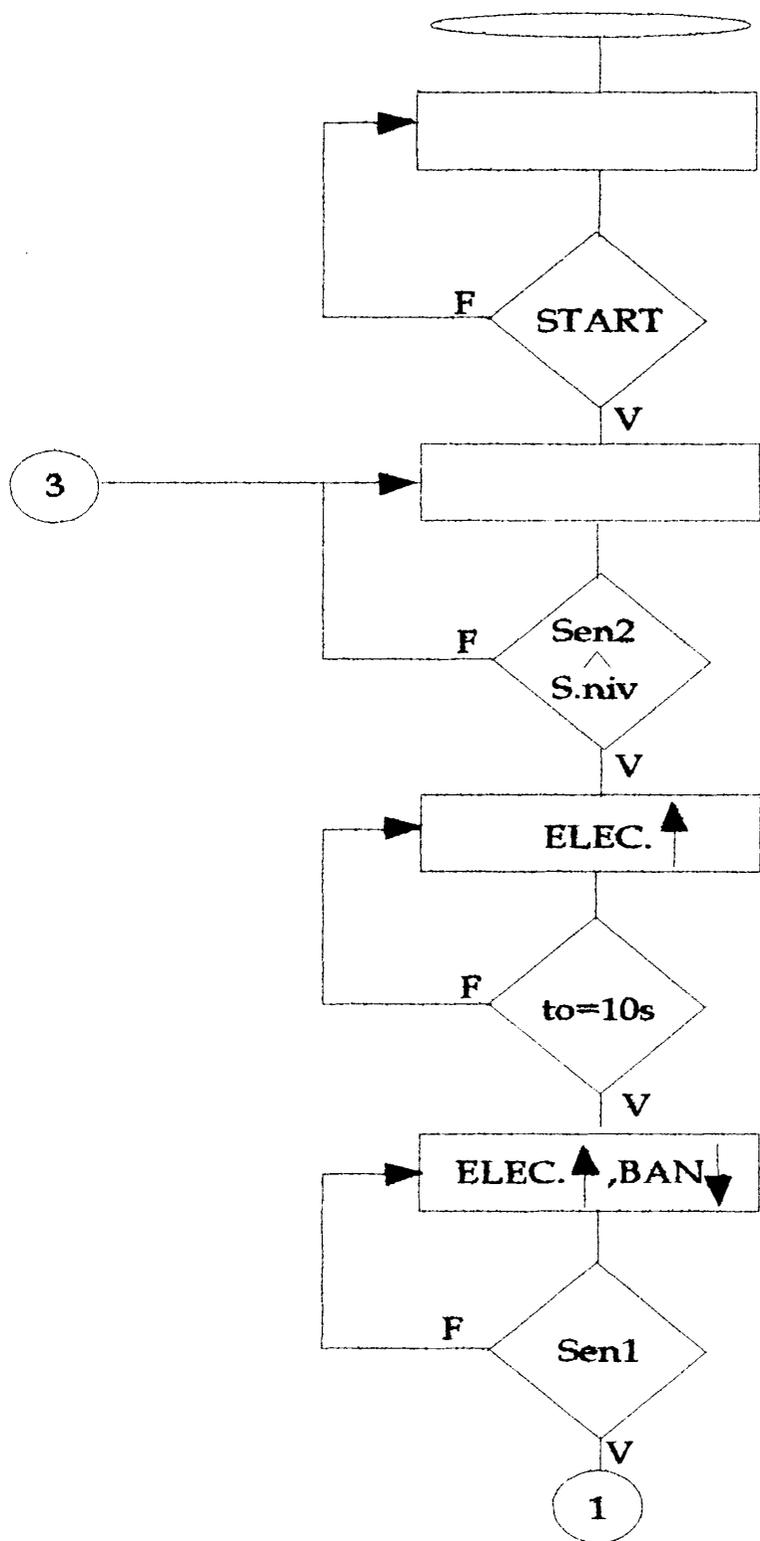


Fig.5.3 Diagrama de flujo del programa en step-7 Micro/Win.

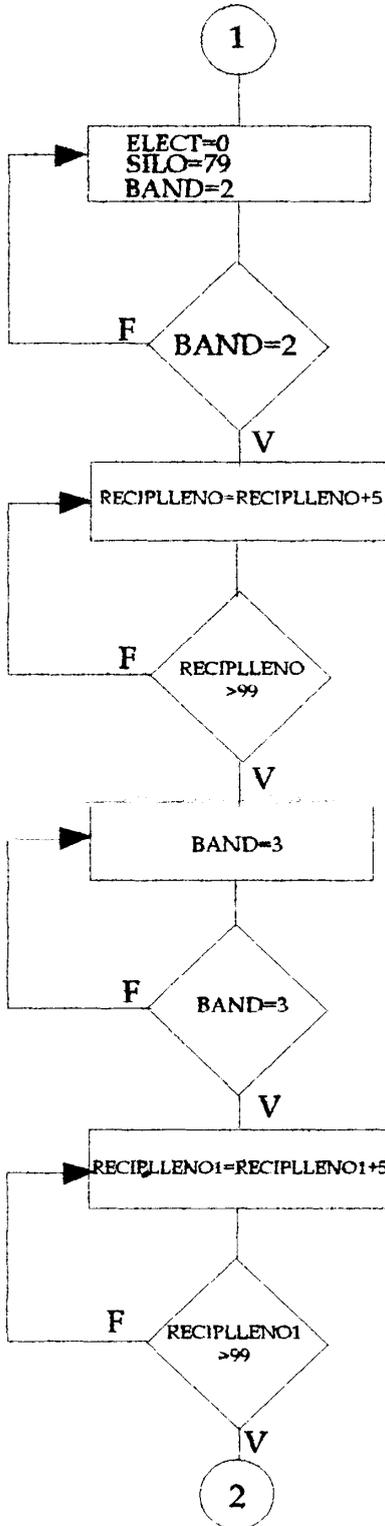


Fig.5.4 Diagrama de flujo del programa en step-7 Micro/Win.

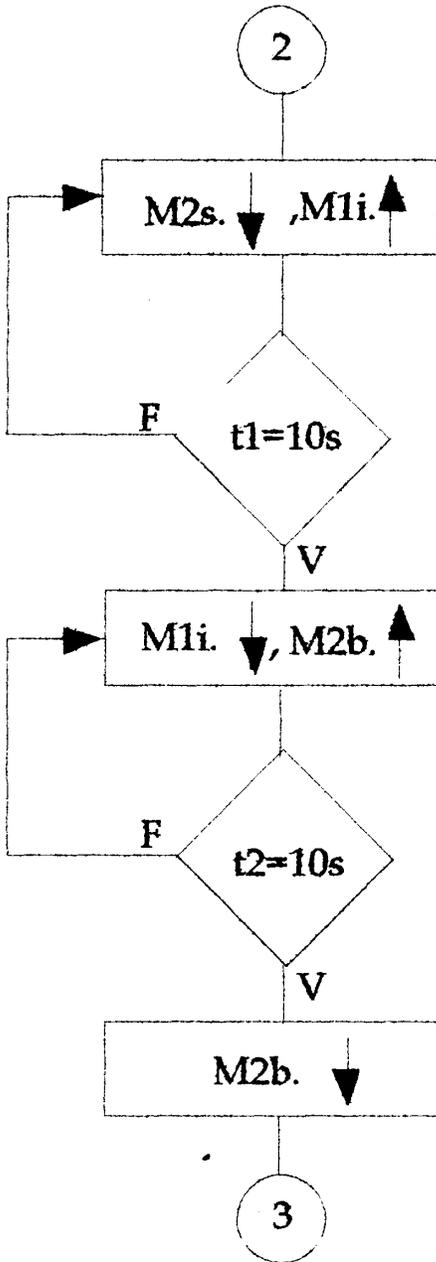


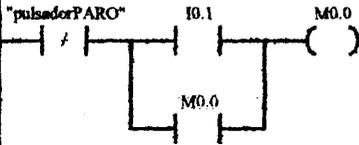
Fig.5.5 Diagrama de flujo del programa en step-7 Micro/Win.

DISEÑO-TOPICO.

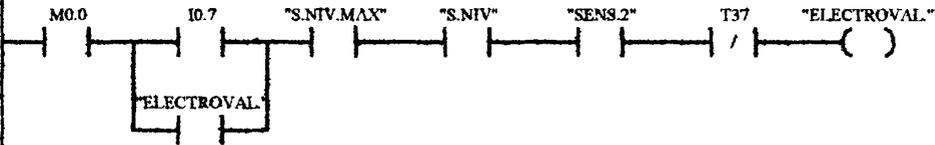
PROCESO INDUSTRIAL AUTOMATICO

AUTORES: MARCIA GARCES MENDOZA.
SANTIAGO TORRES ROMERO.

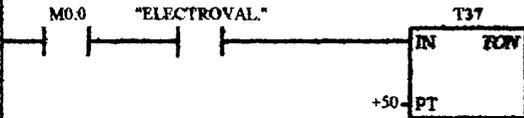
Segmento 1 MODO AUTOMATICO



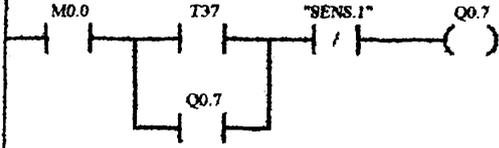
Segmento 2 ELECTROVALVULA



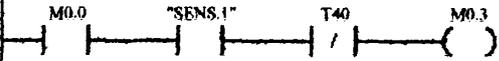
Segmento 3 TIEMPO DE LLENADO DEL RECIPIENTE



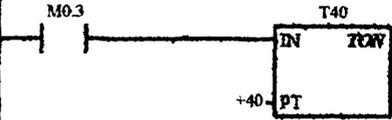
Segmento 4 MOTOR DE BANDA TRANSPORTADORA



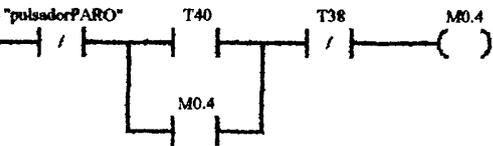
Segmento 5 RELE QUE ENERGIZA EL MOTOR QUE CIERRAN LOS DEDOS DEL BRAZO MECANICO



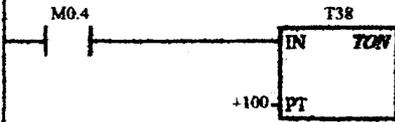
Segmento 6 TIEMPO DE CERRADO DE LOS DEDOS DEL BRAZO MECANICO



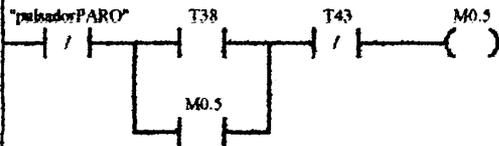
Segmento 7 RELE QUE ENERGIZA MOTOR DE GIRO HACIA LA DERECHA DEL BRAZO MECANICO



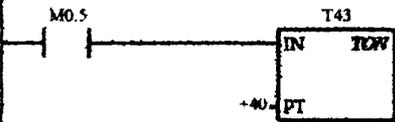
Segmento 8 TIEMPO DE GIRO A LA DERECHA DEL BRAZO MECANICO



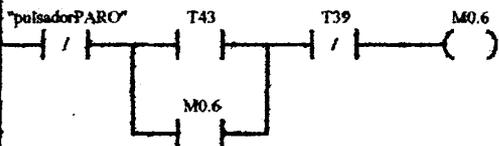
Segmento 9 RELE QUE ENERGIZA EL MOTOR QUE ABRE DEDOS DEL BRAZO MECANICO



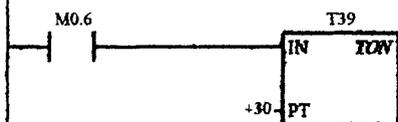
Segmento 10 TIEMPO DE ABRIR DEDOS



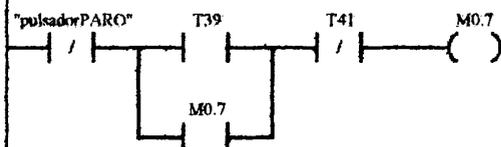
Segmento 11 RELE QUE ENEGIZA EL MOTOR DE SUBIDA DEL BRAZO MECANICO



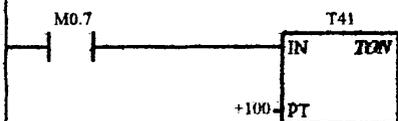
Segmento 12 TIEMPO DE SUBIDA DEL BRAZO MECANICO



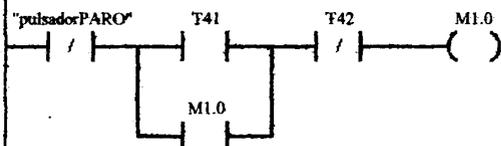
Segmento 13 RELE QUE ENERGIZA MOTOR DE GIRO A LA IZQUIERDA DEL BRAZO MECANICO



Segmento 14 TIEMPO DE GIRO A LA IZQUIERDA DEL BRAZO MECANICO



Segmento 15 RELE QUE ENERGIZA MOTOR DE SUBIDA DEL BRAZO MECANICO



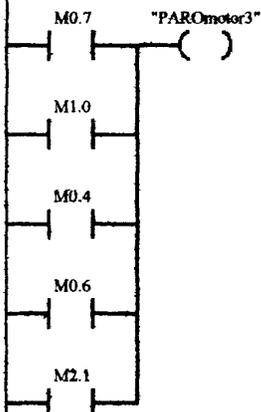
Segmento 16 TIEMPO DE SUBIDA DEL BRAZO MECANICO



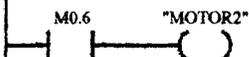
Segmento 17 MOTOR DE ABRIR Y CERRAR DEDOS DEL BRAZO MECANICO



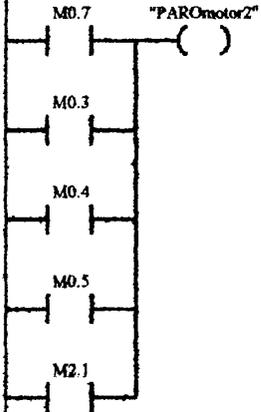
Segmento 18 PARO DEL MOTOR ABRIR Y CERRAR DEDOS.



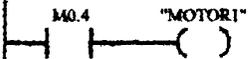
Segmento 19 MOTOR DE SUBIDA Y BAJADA DEL BRAZO MECANICO.



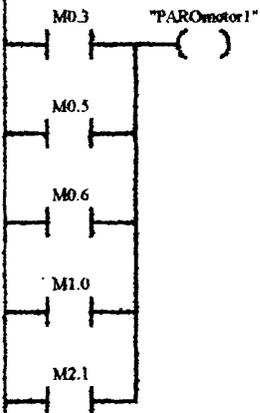
Segmento 20 PARO DEL MOTOR DE SUBIDA Y BAJADA DEL BRAZO MECANICO.



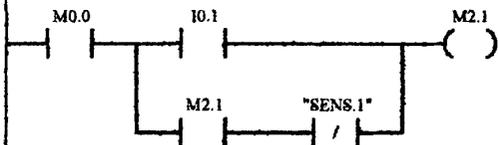
Segmento 21 MOTOR DE GIRO DERECHO E IZQUIERDO DEL BRAZO MECANICO.



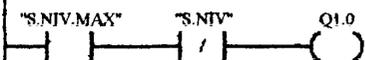
Segmento 22 PARO DEL MOTOR DE GIRO DEL BRAZO MECANICO



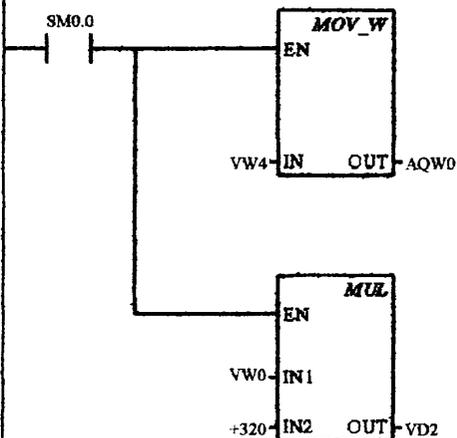
Segmento 23 RELE PARA MANTENER DETENIDOS LOS MOTORES DEL BRAZO AL INICIO DEL PROCESO



Segmento 24 ALARMA DE FALLA DE SENSOR DE NIVEL



Segmento 25 CONTROL DE VELOCIDAD DE BANDA TRANSPORTADORA



Segmento 26

(END)

Nombre simbólico	Dirección	Comentario
pulsadorPARO	I0.0	PARA EL SISTEMA
pulsadorMARCHA	I0.1	INICIA EL SISTEMA
SENS.2	I0.2	SENSOR DE PROXIMIDAD
S.NIV	I0.3	SENSOR DE NIVEL MINIMO
SENS.1	I0.4	SENSOR DE PROXIMIDAD
S.NIV.MAX	I0.5	SENSOR DE NIVEL MAXIMO
microVAL.ABIERT.	I0.6	VALVULA COMPLETAMENTE ABIERTA
microVAL.CERRAD.	I0.7	VALVULA COMPLETAMENTE CERRADA
PAROmotor1	Q0.0	DETIENE AL MOTOR 1
MOTOR1	Q0.1	ENERGIZA AL MOTOR1
MOTOR2	Q0.2	ENERGIZA AL MOTOR2
MOTOR3	Q0.3	ENERGIZA AL MOTOR 3
PAROmotor3	Q0.4	DETIENE AL MOTOR 3
PAROmotor2	Q0.5	DETIENE AL MOTOR 2
ELECTROVAL.	Q0.6	ENERGIZA ELECTROVALVULA
BANDATRANSP.	Q0.7	ENERGIZA MOTOR DE BANDA TRANSPORT.
ALARMAFALLA	Q1.0	INDICA FALLA

//VW0 16#0000
//VW1 16#0000
//VW2 16#0000
//VW3 16#0000
//VW4 16#0000

MENÚ.- Esta pantalla se muestra en la figura 5.6 ,aquí se le permite seleccionar al usuario la pantalla a la que quiere acceder, ya sea PANEL DE CONTROL, PROCESO o INDICADORES.

PANEL DE CONTROL.- Esta pantalla mostrada en la figura 5.7, representa el tablero de control del proceso, por medio de esta pantalla se le puede dar marcha al sistema o detenerlo en cualquier momento.

También esta pantalla da a conocer el número de envases listos que van a bodega .

Cuando se le dá marcha al sistema se presiona el 1 que esta en la botonera ,donde aparecerá START , si se desea detener el proceso se presiona el cero en la botonera con lo cual aparecerá STOP. Una vez iniciado el proceso se irá incrementando el contador que enumera los envases listos, al detener el proceso dicho contador se encera.

PROCESO.- Esta pantalla , mostrada en la figura 5.8 presenta el proceso industrial propuesto ,al dar inicio al sistema desde el panel de control ,el proceso empieza de la siguiente forma: Al dar inicio el sensor ubicado en un extremo de la banda transportadora ,representado por una luz verde, detecta que hay un recipiente ;y los sensores de nivel ubicados en los extremos del silo sensan que hay material en el interior del silo;de modo

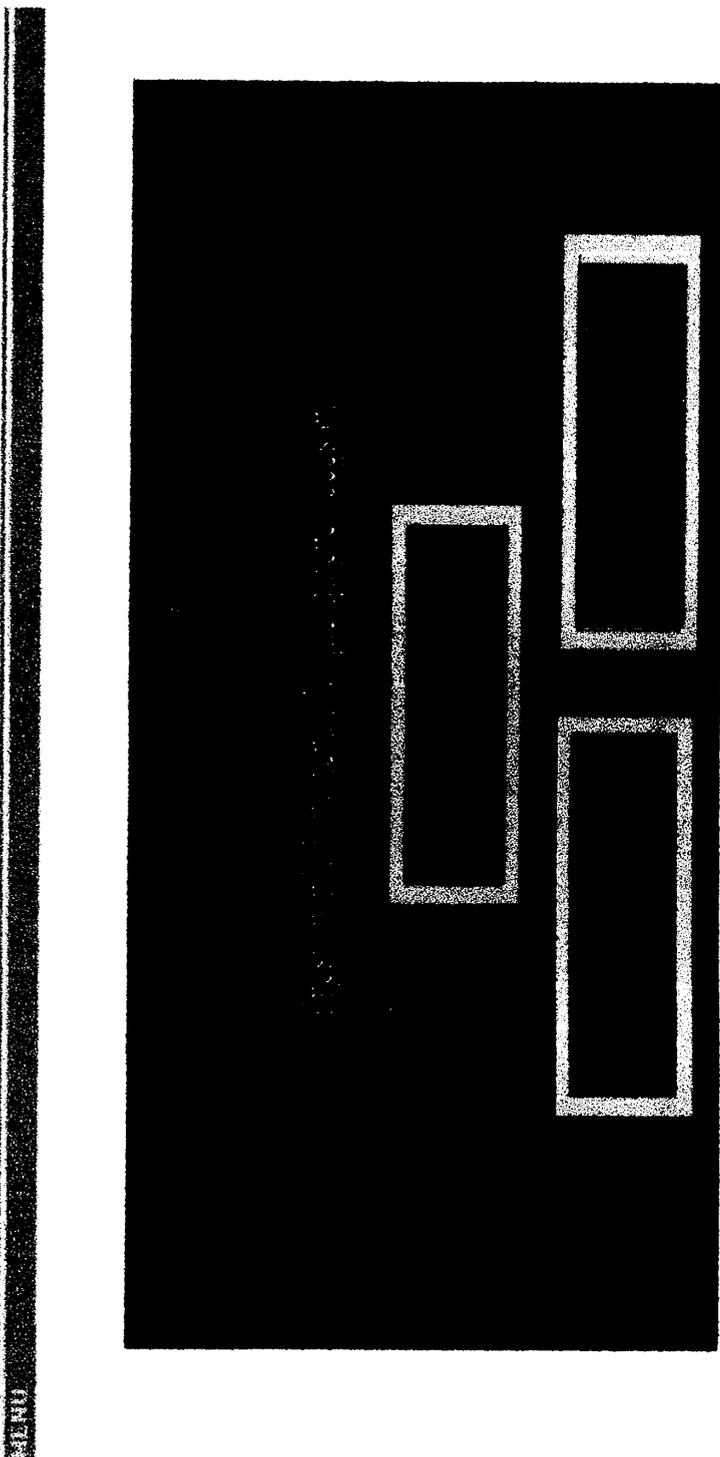


Fig.5.6 Pantalla MENU realizada en IN-TOUCH.

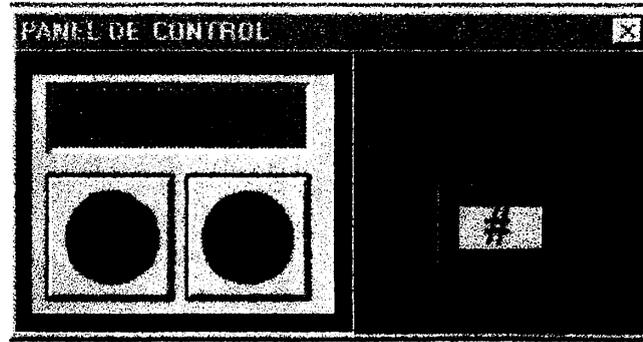


Fig.5.7 Pantalla PANEL DE CONTROL realizada en IN-TOUCH.

que si se detecta un recipiente en el extremo inicial de la banda transportadora y hay material en el silo ,entonces la electroválvula se abre. Una vez que se llena el recipiente la electroválvula se cierra y el motor de la banda transportadora se energiza ,trasladándose el recipiente al extremo final de la banda ,en el momento en el momento que el sensor de proximidad ubicado al final de la banda detecta la presencia del recipiente ,los motores que dan movimiento al brazo mecánico se energizan trasladando el brazo al recipiente hasta una mesa de trabajo ,de donde serán llevados a bodega.

Los sensores de proximidad cuando detectan el recipiente lo indican con una luz verde y cuando no detectan el recipiente lo indican con una luz roja.

Los sensores de nivel al indicar que hay material encienden una luz verde y cuando indican que no hay material encienden una luz roja.

La electroválvula indica que esta abierta cuando su color es verde y que está cerrada cuando su color es rojo.

El proceso es automático y se repite continuamente, hasta que se detenga.

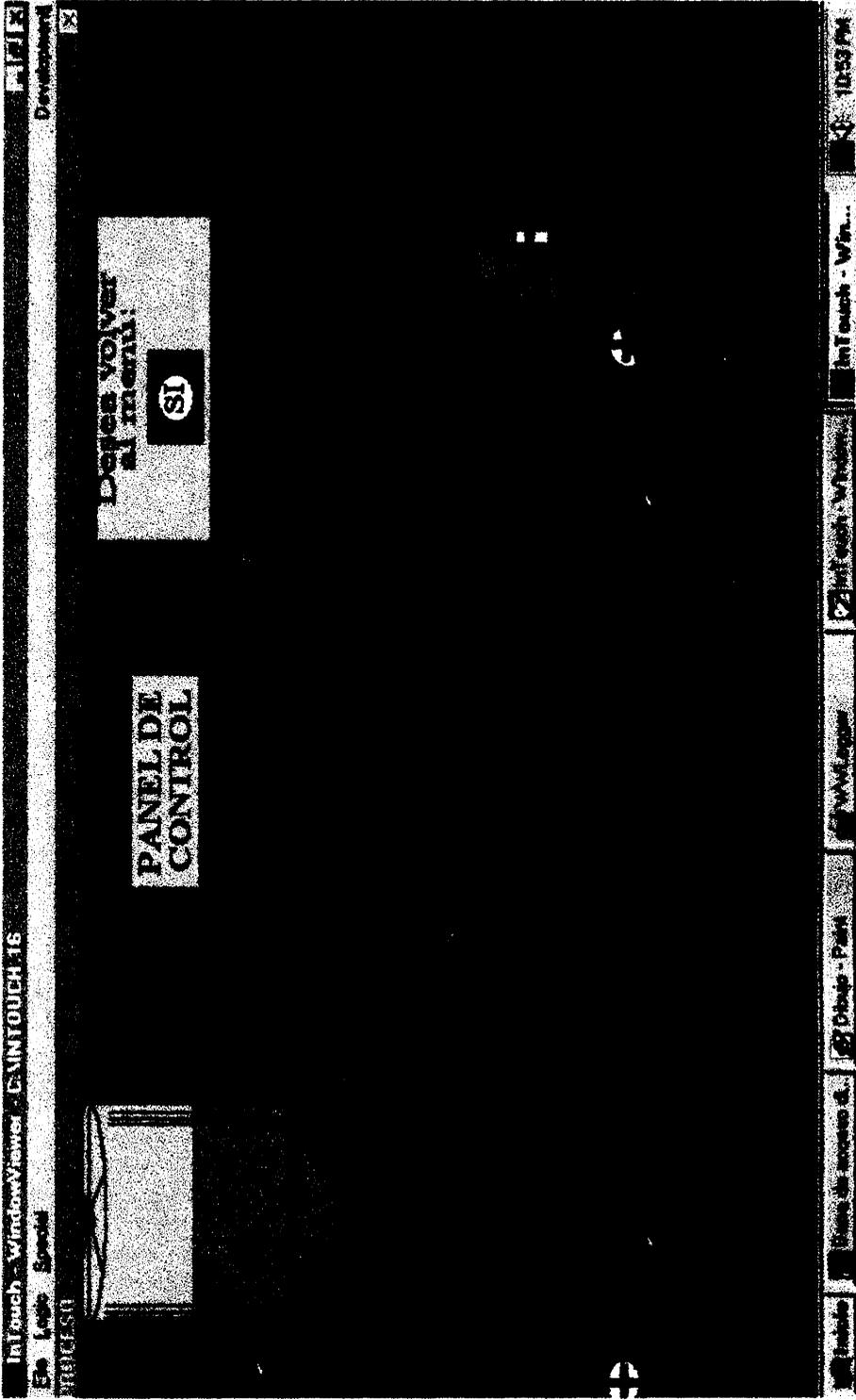


Fig.5.8 Pantalla PROCESO realizada en IN-TOUCH.

INDICADORES

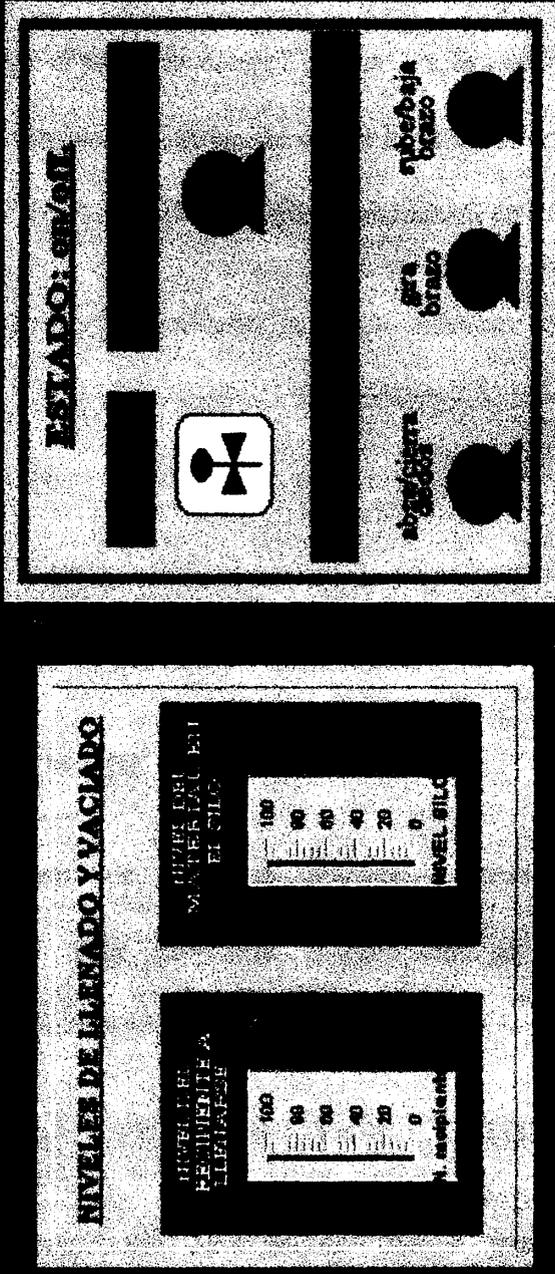


Fig.5.9 Pantalla INDICADORES realizada en IN-TOUCH..

El proceso se lo puede detener en cualquier momento presionando el STOP desde el panel de control, al cual se lo puede llamar desde ésta pantalla. En ésta pantalla se puede volver al menú si se desea presionando una botonera de regreso al menú que se encuentra en ésta pantalla.

INDICADORES.- Esta pantalla ,la cual se indica en la figura 5.9 muestra el estado en el cual se encuentran: los motores, electroválvula, niveles del silo y recipiente.

Esta pantalla dá la opción de regresar al menú o llamar al panel de control presionando sus respectivas botoneras.

5.3.2 DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo que muestra la secuencia seguida en la realización de éste programa se muestra en las figuras 5.10, 5.11,5.12,5.13,5.14,5.15,5.16,5.17,5.18,5.19,5.20.

5.3.3 PROGRAMA EN EL SOFTWARE : IN-TOUCH.

El programa realizado para animar las 4 pantallas mencionadas anteriormente fue realizado en la aplicación SCRIP de IN-TOUCH.El programa realizado para la animación se presenta a continuación.

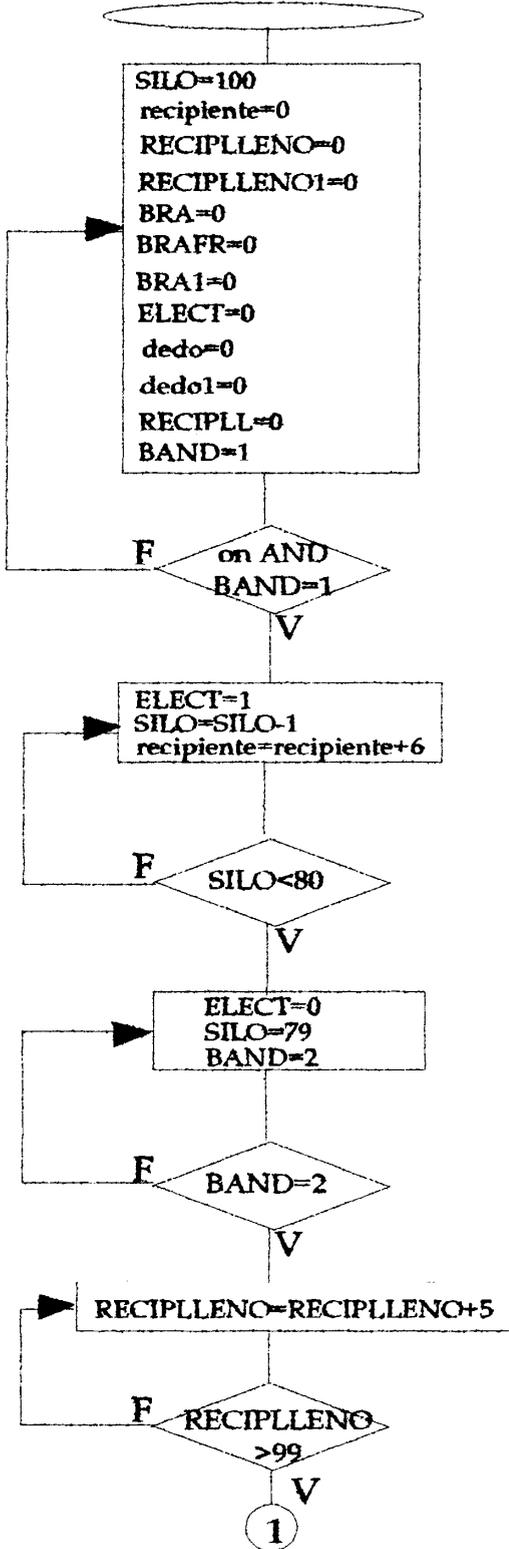


Fig.5.10 Diagrama de flujo del programa en IN-TOUCH.

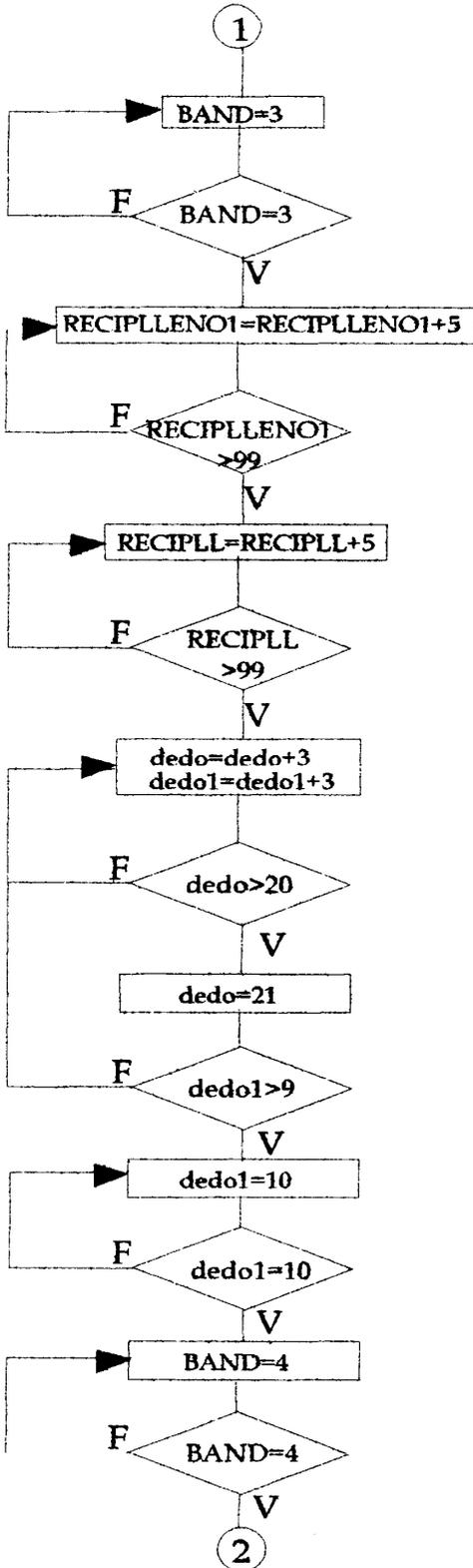


Fig. 5.11 Diagrama de Fluxo del programa IN TOUCH

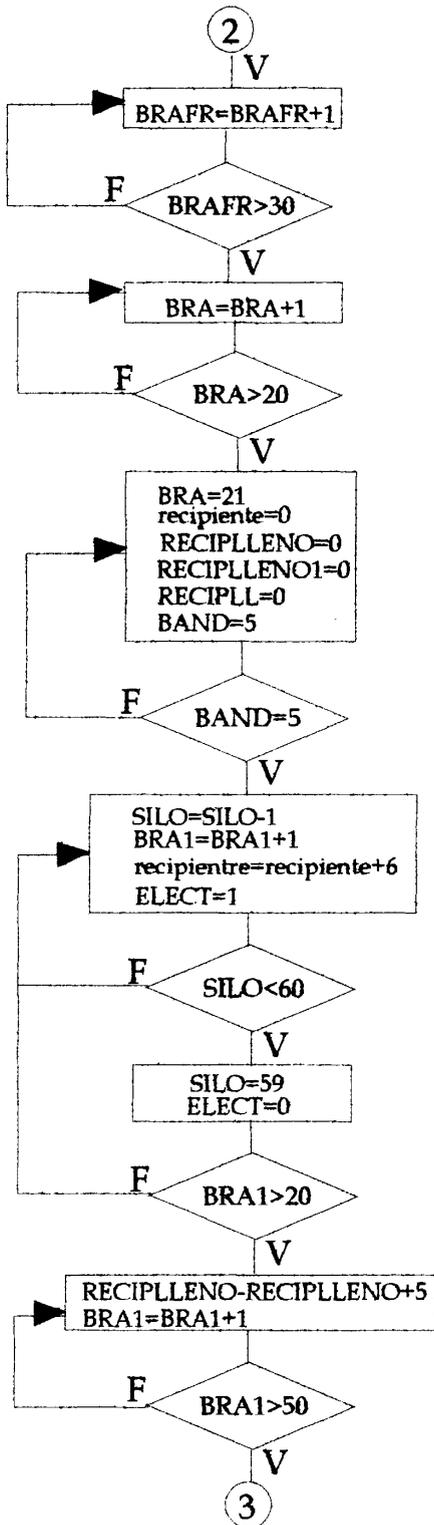


Fig.5.12 Diagrama de flujo del programa en IN-TOUCH.

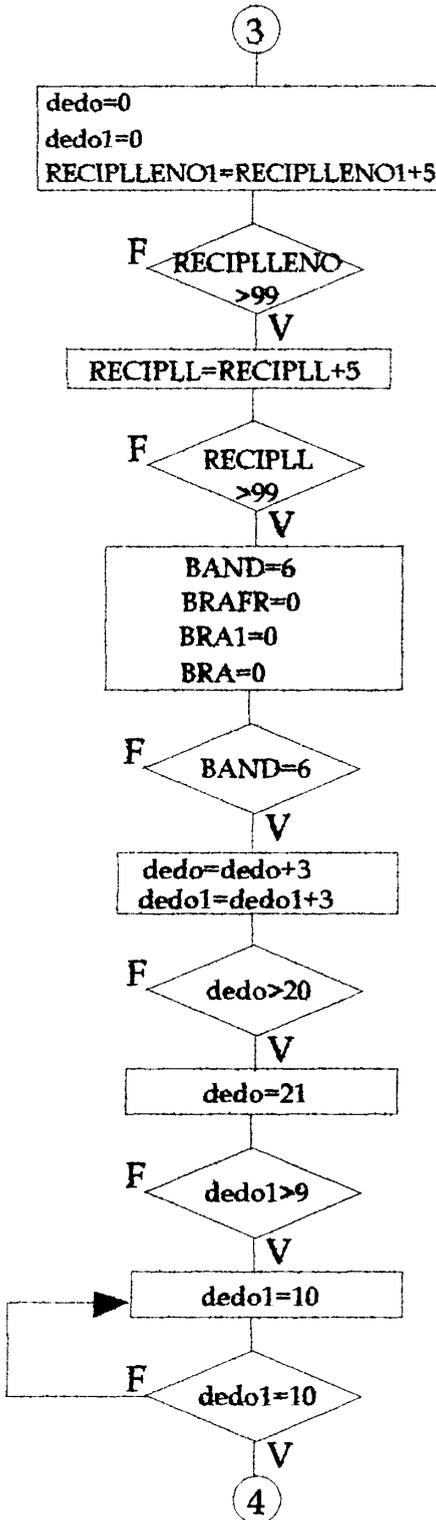


Fig.5.13 Diagrama de flujo del programa en IN-TOUCH.

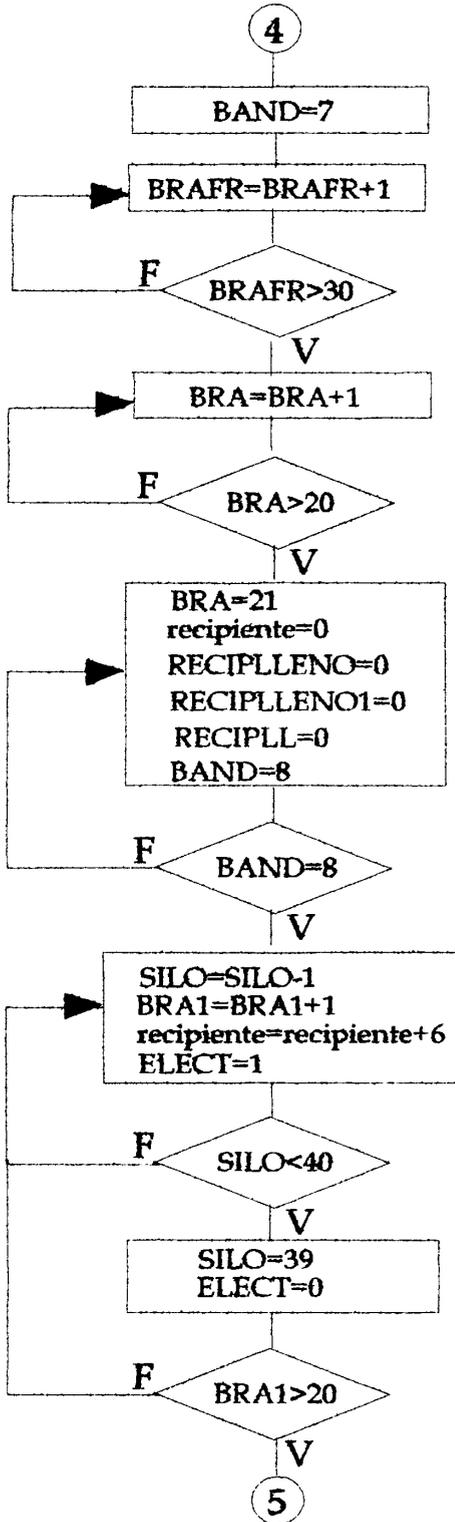


Fig.5.14 Diagrama de flujo del programa en IN-TOUCH.

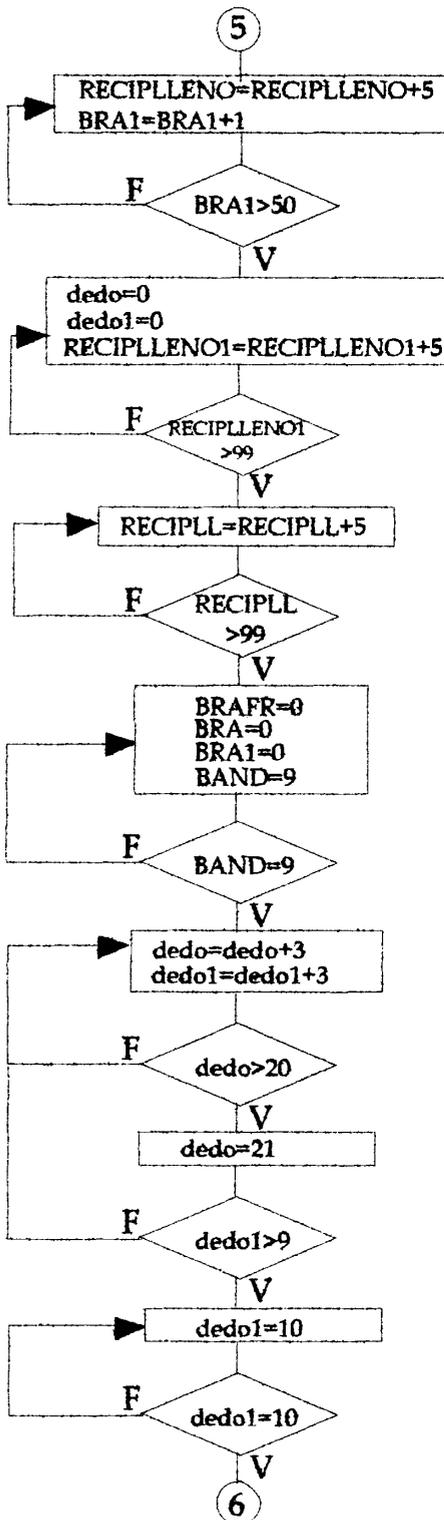


Fig.5.15 Diagrama de flujo del programa en IN-TOUCH.

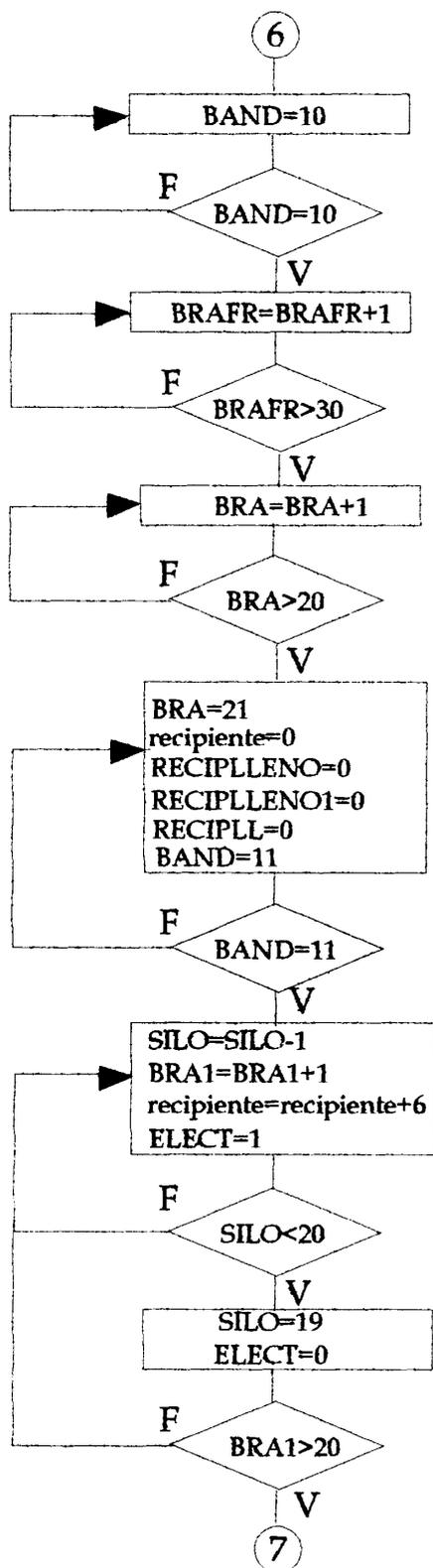


Fig.5.16 Diagrama de flujo del programa en IN-TOUCH.

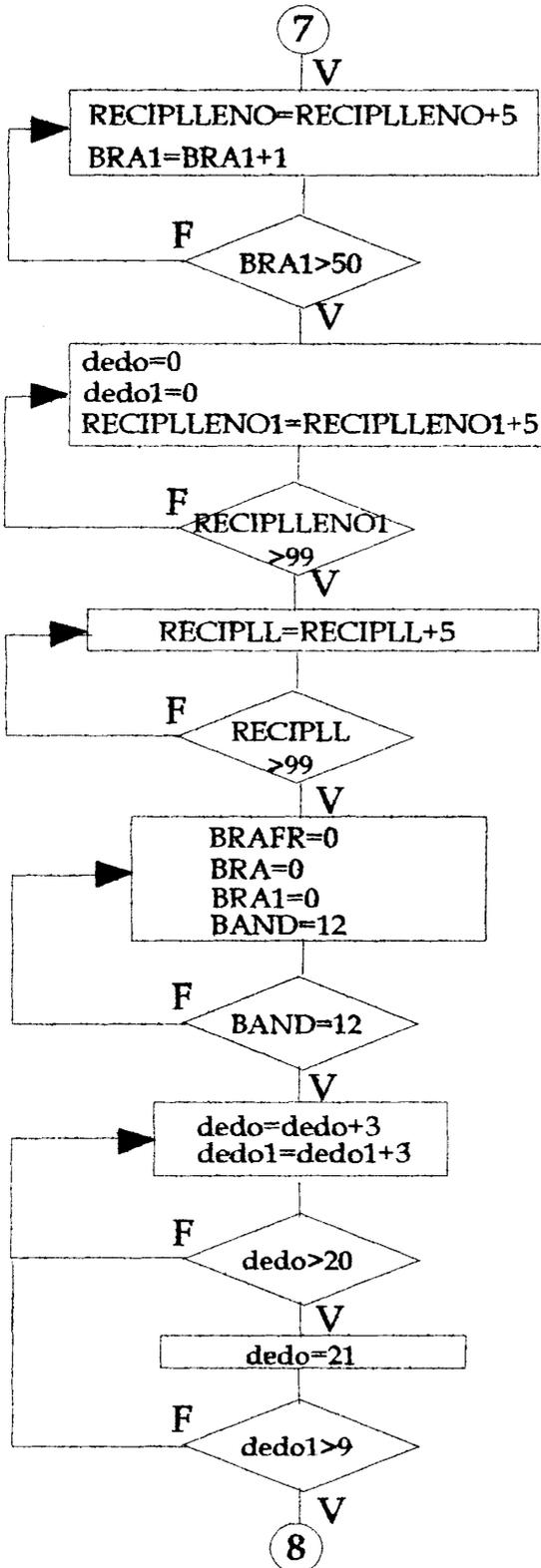


Fig.5.17 Diagrama de flujo del programa en IN-TOUCH.

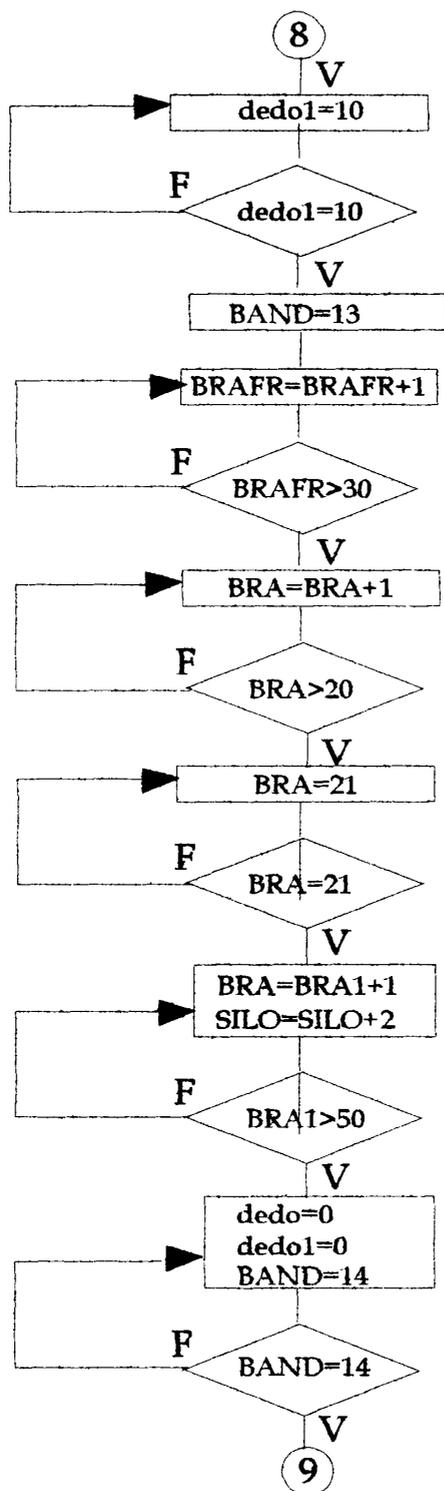


Fig.5.18 Diagrama de flujo del programa en IN-TOUCH.

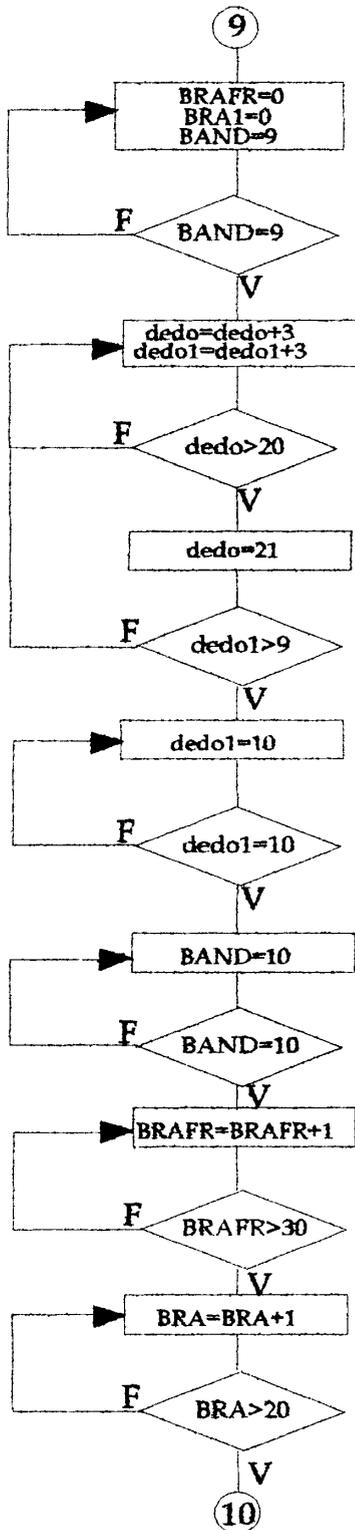


Fig.5.19 Diagrama de flujo del programa en IN-TOUCH.

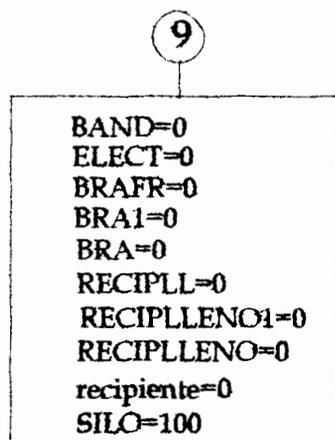


Fig.5.20 Diagrama de flujo del programa IN-TOUCH.

APLICACIÓN SCRIPTS

IF NOT on THEN

```

SILO = 100;
recipiente = 0;
RECIPLLENO = 0;
RECIPLLENO1 = 0;
BRA = 0;
dedo = 0;
dedo1 = 0;
RECIPLL = 0;
BRAFR=0;
BRA1=0;
ELECT = 0;
BAND = 1;
ENDIF;

```

IF on AND BAND == 1 THEN

```

ELECT = 1;
SILO =SILO - 1;
recipiente = recipiente +6;
IF SILO < 80 THEN
    ELECT=0;
    SILO = 79;
    BAND = 2;
ENDIF;
ENDIF;

```

IF BAND == 2 THEN

```

RECIPLLENO=RECIPLLENO + 5;
IF RECIPLLENO >99 THEN
    BAND = 3;

```

```
IF NOT on THEN
  BAND=2;
ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
```

```
IF BAND == 3 THEN
  RECIPLLENO1 = RECIPLLENO1 +5;
  IF RECIPLLENO1>99 THEN
    RECIPLL = RECIPLL +5;
    IF RECIPLL>99 THEN
      dedo = dedo + 3;
      dedo1 = dedo1 + 3;
      IF dedo>20 THEN
        dedo = 21;
        IF dedo1>9 THEN
          dedo1 =10;
          IF dedo1 == 10 THEN
            BAND = 4;
          ENDIF;
        ENDIF;
      ENDIF;
    ENDIF;
  ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
```

```
IF BAND == 4 THEN
  BRAFR = BRAFR+1;
  IF BRAFR>30 THEN
    BRA = BRA + 1;
    BANDA= BANDA+1;
    IF BRA>20 THEN
      BRA = 21;
```



```

        ENDIF;
        ENDIF;
        ENDIF;
        ENDIF;
        ENDIF;
ENDIF;

```

```

IF BAND == 6 THEN
    dedo=dedo+3;
    dedo1=dedo1+3;
    IF dedo > 20 THEN
        dedo=21;
        IF dedo1 > 9 THEN
            dedo1 = 10;
            IF dedo1 == 10 THEN

                BAND=7;
            ENDIF;
        ENDIF;
    ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;

```

```

IF BAND == 7 THEN
    BRAFR=BRAFR+1;
    IF BRAFR > 30 THEN
        BRA=BRA+1;
        IF BRA>20 THEN
            BRA=21;
            IF BRA == 21 THEN
                BRAFRE=BRAFRE+1;
                recipiente=0;
                RECIPLLENO=0;
                RECIPLLENO1=0;
            ENDIF;
        ENDIF;
    ENDIF;
ENDIF;

```

```

    RECIPLL=0;
    BAND=8;
  ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;

```

```

IF BAND == 8 THEN
  SILO=SILO - 1;
  BRA1=BRA1+1;
  recipiente=recipiente+6;
  ELECT=1;
  IF SILO<40 THEN
    SILO=39;
    ELECT=0;
    IF BRA1>20 THEN
      RECIPLLENO=RECIPLLENO+5;
      BRA1=BRA1+1;
      IF BRA1 > 50 THEN
        dedo=0;
        dedo1=0;
        RECIPLLENO1=RECIPLLENO1+5;
        IF RECIPLLENO1>99 THEN
          RECIPLL=RECIPLL+5;
          IF RECIPLL>99 THEN
            BRAFR=0;
            BRA=0;
            BRA1=0;
            BAND=9;
          ENDIF;
        ENDIF;
      ENDIF;
    ENDIF;
  ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;

```

ENDIF;

```

IF BAND == 9 THEN
  dedo=dedo+3;
  dedo1=dedo1+3;
  IF dedo > 20 THEN
    dedo=21;
    IF dedo1 > 9 THEN
      dedo1 = 10;
      IF dedo1 == 10 THEN
        BAND=10;
      ENDIF;
    ENDIF;
  ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;

```

```

IF BAND == 10 THEN
  BRAFR=BRAFR+1;
  IF BRAFR > 30 THEN
    BRA=BRA+1;
    IF BRA>20 THEN
      BRA=21;
      IF BRA == 21 THEN
        BRAFRE=BRAFRE+1;
        recipiente=0;
        RECIPLLENO=0;
        RECIPLLENO1=0;
        RECIPLL=0;
        BAND=11;
      ENDIF;
    ENDIF;
  ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;

```

```

IF BAND == 11 THEN
  SILO=SILO - 1;
  BRA1=BRA1+1;
  recipiente=recipiente+6;
  ELECT=1;
  IF SILO<20 THEN
    SILO=19;
    ELECT=0;
    IF BRA1>20 THEN
      RECIPLLENO=RECIPLLENO+5;
      BRA1=BRA1+1;
      IF BRA1 > 50 THEN
        dedo=0;
        dedo1=0;
        RECIPLLENO1=RECIPLLENO1+5;
        IF RECIPLLENO1>99 THEN
          RECIPLL=RECIPLL+5;
          IF RECIPLL>99 THEN
            BRAFR=0;
            BRA=0;
            BRA1=0;
            BAND=12;
          ENDIF;
        ENDIF;
      ENDIF;
    ENDIF;
  ENDIF;
ENDIF;

```

```

IF BAND == 12 THEN
  dedo=dedo+3;
  dedo1=dedo1+3;
  IF dedo > 20 THEN
    dedo=21;

```

```
IF dedo1 > 9 THEN
  dedo1 = 10;
  IF dedo1 = 10 THEN
    BAND=13;
  ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
```

```
IF BAND = 13 THEN
  BRAFR=BRAFR+1;
  IF BRAFR > 30 THEN
    BRA=BRA+1;
    IF BRA = 20 THEN
      BRAFRE=BRAFRE+1;
    ENDIF;
    IF BRA>20 THEN
      BRA=21;
      IF BRA = 21 THEN
        BRA1=BRA1+1;
        SILO=SILO+2;
        IF BRA1>50 THEN
          dedo=0;
          dedo1=0;
          BAND=14;
        ENDIF;
      ENDIF;
    ENDIF;
  ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
```

```
IF BAND = 14 THEN
  SILO=100;
```

```
recipiente=0;  
RECIPLLENO=0;  
RECIPLLENO1=0;  
RECIPLL=0;  
BRA=0;  
BRA1=0;  
BRAFR=0;  
ELECT=0;  
BAND=1;  
ENDIF;
```



CONDITION SCRIPT

BRAFRE=0;

DATA SCRIPT

```
SILO=100;  
BRA=0;  
dedo=0;  
BRA1=0;  
ELECT=0;  
BRAFR=0;  
recipiente=0;
```

APÉNDICES

APÉNDICE A

STEP 7- MICROWIN

⇒PROGRAMACIÓN EN EDITOR AWL.

⇒TABLA DE SÍMBOLOS.

⇒LISTA DE ELEMENTOS UTILIZADOS.

⇒PRECIOS ACTUALES DE LOS EQUIPOS.

```

1 //          DISEÑO-TOPICO.
2 //
3 //          PROCESO INDUSTRIAL AUTOMATICO
4 //
5 //    AUTORES: MARCIA GARCES MENDOZA.
6 //              SANTIAGO TORRES ROMERO.
7 //
8 //
9
10 NETWORK 1 //MODO AUTOMATICO
11 //
12 //COMENTARIO DEL SEGMENTO
13 //
14 LDN      I0.0
15 LD       I0.1
16 O        M0.0
17 ALD
18 =        M0.0
19
20 NETWORK 2 //ELECTROVALVULA
21 LD       M0.0
22 LD       I0.7
23 O        Q0.6
24 ALD
25 A        I0.5
26 A        I0.3
27 A        I0.2
28 AN       T37
29 =        Q0.6
30
31 NETWORK 3 //TIEMPO DE LLENADO DEL RECIPIENTE
32 LD       M0.0
33 A        Q0.6
34 TON      T37, +50
35
36 NETWORK 4 //MOTOR DE BANDA TRANSPORTADORA
37 LD       M0.0
38 LD       T37
39 O        Q0.7
40 ALD
41 AN       I0.4
42 =        Q0.7
43
44 NETWORK 5 //RELE QUE ENERGIZA EL MOTOR QUE CIERRAN
    LOS DEDOS DEL BRAZO MECANICO
45 LD       M0.0
46 A        I0.4
47 AN       T40
48 =        M0.3
49
50 NETWORK 6 //TIEMPO DE CERRADO DE LOS DEDOS DEL BRAZO
    MECANICO
51 LD       M0.3
52 TON      T40, +40
53
54 NETWORK 7 //RELE QUE ENERGIZA MOTOR DE GIRO HACIA LA

```

DERECHA DEL BRAZO MECANICO

```

55 LDN      I0.0
56 LD       T40
57 O        M0.4
58 ALD
59 AN       T38
60 =        M0.4
61
62 NETWORK 8 //TIEMPO DE GIRO A LA DERECHA DEL BRAZO
    MECANICO
63 LD       M0.4
64 TON      T38, +100
65
66 NETWORK 9 //RELE QUE ENERGIZA EL MOTOR QUE ABRE
    DEDOS DEL BRAZO MECANICO
67 LDN      I0.0
68 LD       T38
69 O        M0.5
70 ALD
71 AN       T43
72 =        M0.5
73
74 NETWORK 10 //TIMPO DE ABRIR DEDOS
75 LD       M0.5
76 TON      T43, +40
77
78 NETWORK 11 //RELE QUE ENEGIZA EL MOTOR DE SUBIDA DEL
    BRAZO MECANICO
79 LDN      I0.0
80 LD       T43
81 O        M0.6
82 ALD
83 AN       T39
84 =        M0.6
85
86 NETWORK 12 //TIEMPO DE SUBIDA DEL BRAZO MECANICO
87 LD       M0.6
88 TON      T39, +30
89
90 NETWORK 13 //RELE QUE ENERGIZA MOTOR DE GIRO A LA
    IZQUIERDA DEL BRAZO MECANICO
91 LDN      I0.0
92 LD       T39
93 O        M0.7
94 ALD
95 AN       T41
96 =        M0.7
97
98 NETWORK 14 //TIEMPO DE GIRO A LA IZQUIERDA DEL BRAZO
    MECANICO
99 LD       M0.7
100 TON     T41, +100
101
102 NETWORK 15 //RELE QUE ENERGIZA MOTOR DE SUBIDA DEL
    BRAZO MECANICO
103 LDN     I0.0

```

```

104 LD      T41
105 O       M1.0
106 ALD
107 AN      T42
108 =       M1.0
109
110 NETWORK 16 //TIEMPO DE SUBIDA DEL BRAZO MECANICO
111 LD      M1.0
112 TON     T42, +30
113
114 NETWORK 17 //MOTOR DE ABRIR Y CERRAR DEDOS DEL BRAZO
    MECANICO
115 LD      M0.3
116 =       Q0.3
117
118 NETWORK 18 //PARO DEL MOTOR ABRIR Y CERRAR DEDOS.
119 LD      M0.7
120 O       M1.0
121 O       M0.4
122 O       M0.6
123 O       M2.1
124 =       Q0.4
125
126 NETWORK 19 //MOTOR DE SUBIDA Y BAJADA DEL BRAZO
    MECANICO.
127 LD      M0.6
128 =       Q0.2
129
130 NETWORK 20 //PARO DEL MOTOR DE SUBIDA Y BAJADA DEL
    BRAZO MECANICO.
131 LD      M0.7
132 O       M0.3
133 O       M0.4
134 O       M0.5
135 O       M2.1
136 =       Q0.5
137
138 NETWORK 21 //MOTOR DE GIRO DERECHO E IZQUIERDO DEL
    BRAZO MECANICO.
139 LD      M0.4
140 =       Q0.1
141
142 NETWORK 22 //PARO DEL MOTOR DE GIRO DEL BRAZO
    MECANICO
143 LD      M0.3
144 O       M0.5
145 O       M0.6
146 O       M1.0
147 O       M2.1
148 =       Q0.0
149
150 NETWORK 23 //RELE PARA MANTENER DETENIDOS LOS MOTORES
    DEL BRAZO AL INICIO DEL PROCESO
151 LD      M0.0
152 LD      I0.1
153 LD      M2.1

```

```
154 AN      I0.4
155 OLD
156 ALD
157 =       M2.1
158
159 NETWORK 24 //ALARMA DE FALLA DE SENSOR DE NIVEL
160 LD      I0.5
161 AN      I0.3
162 =       Q1.0
163
164 NETWORK 25 //CONTROL DE VELOCIDAD DE BANDA
    TRANSPORTADORA
165 LD      SM0.0
166 MOVW   VW4, AQW0
167 MOVW   VW0, VW4
168 MUL    +320, VD2
169
170 NETWORK 26
171 MEND
```

Nombre simbólico	Dirección	Comentario
pulsadorPARO	I0.0	PARA EL SISTEMA
pulsadorMARCHA	I0.1	INICIA EL SISTEMA
SENS.2	I0.2	SENSOR DE PROXIMIDAD
S.NIV	I0.3	SENSOR DE NIVEL MINIMO
SENS.1	I0.4	SENSOR DE PROXIMIDAD
S.NIV.MAX	I0.5	SENSOR DE NIVEL MAXIMO
microVAL.ABIERT.	I0.6	VALVULA COMPLETAMENTE ABIERTA
microVAL.CERRAD.	I0.7	VALVULA COMPLETAMENTE CERRADA
PAROmotor1	Q0.0	DETIENE AL MOTOR 1
MOTOR1	Q0.1	ENERGIZA AL MOTOR1
MOTOR2	Q0.2	ENERGIZA AL MOTOR2
MOTOR3	Q0.3	ENERGIZA AL MOTOR 3
PAROmotor3	Q0.4	DETIENE AL MOTOR 3
PAROmotor2	Q0.5	DETIENE AL MOTOR 2
ELECTROVAL.	Q0.6	ENERGIZA ELECTROVALVULA
BANDATRANSP.	Q0.7	ENERGIZA MOTOR DE BANDA TRANSPORT.
ALARMAFALLA	Q1.0	INDICA FALLA

Elemento Segmento / Operación

I0.0	1	— / T
	7	— / T
	9	— / T
	11	— / T
	13	— / T
	15	— / T
I0.1	1	— T
	23	— T
I0.2	2	— T
I0.3	2	— T
	24	— / T
I0.4	4	— / T
	5	— T
	23	— / T
I0.5	2	— T
	24	— T
I0.7	2	— T
Q0.0	22	— ()
Q0.1	21	— ()
Q0.2	19	— ()
Q0.3	17	— ()
Q0.4	18	— ()

Elemento Segmento / Operación

Q0.5	20	└┘
Q0.6	2	└┘
	2	└┘└┘
	3	└┘└┘
Q0.7	4	└┘
	4	└┘└┘
Q1.0	24	└┘
VW0	25	MUL
VW4	25	MOV_W
	25	MUL
VD2	25	MUL
AQW0	25	MOV_W
M0.0	1	└┘└┘
	1	└┘
	2	└┘└┘
	3	└┘└┘
	4	└┘└┘
	5	└┘└┘
	23	└┘└┘
M0.3	5	└┘
	6	└┘└┘
	17	└┘└┘
	20	└┘└┘
	22	└┘└┘
M0.4	7	└┘
	7	└┘└┘

Objeto / Operación

8 I T

18 I T

20 I T

21 I T

M0.5

9 I)

9 I T

10 I T

20 I T

22 I T

M0.6

11 I)

11 I T

12 I T

18 I T

19 I T

22 I T

M0.7

13 I)

13 I T

14 I T

18 I T

20 I T

M1.0

15 I)

15 I T

16 I T

18 I T

22 I T

M2.1

18 I T

20 I T

22 I T

23 I T

23 I)



Elemento Segmento / Operación

T37	2	— / —
	3	TON
	4	— —
T38	7	— / —
	8	TON
	9	— —
T39	11	— / —
	12	TON
	13	— —
T40	5	— / —
	6	TON
	7	— —
T41	13	— / —
	14	TON
	15	— —
T42	15	— / —
	16	TON
T43	9	— / —
	10	TON
	11	— —
SM0.0	25	— —

**LISTA DE PRECIOS DE LOS EQUIPOS DE
AUTOMATIZACIÓN UTILIZADOS EN EL PROYECTO.**

SIMATIC S7-200.

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>PRECIO(DÓLAR)</u>
CPU 214 14 ENTRADAS/10 SALIDAS DE RELE.....	675.0
SOFTWARE S7-200 MICROWIN VERSION 2.1.....	448.7
TARJETA ANALÓGICA 3AI/1AO.....	398.9
CABLE PPI (INTERFACE PUNTO A PUNTO).....	178.6

APÉNDICE B

COMUNICACIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) Y UN PANEL OPERADOR.

⇒INTRODUCCIÓN .

⇒PROGRAMACIÓN DEL OP5.

⇒PANTALLAS PROGRAMADAS.

⇒LISTA DE PRECIOS.

COMUNICACIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) Y UN PANEL OPERADOR

INTRODUCCIÓN

Cuánto más complejos se vuelven los procesos automatizados, tanto más importante son las funciones de comunicación hombre-máquina orientadas al proceso.

Un panel operador es un equipo con el que se visualizan y operan procesos, se han diseñado para hacer más cómodos el manejo y la vigilancia de máquinas.

Pueden adaptarse fácilmente a las necesidades del usuario por ser fáciles de manejar y se utilizan entre otras aplicaciones en:

- Maquinaria y equipos mecánicos.
- Técnicas de embalaje.
- Refrigeración calefacción, aire acondicionado.

En este proyecto se realizó la comunicación entre el PLC Simatic S7-200 y el panel operador OP5 ya que ambos tienen en común numerosas características desde una base de datos y símbolos unificados hasta el mismo

interface de usuario, cómodo y orientado a Windows lo que simplifica el uso de éstos sistemas.

El panel operador OP5 el cual se muestra en la figura 1, representa un visualizador de textos y un sistema de control , el cual por medio de su teclado de funciones puede controlar un proceso industrial comunicado con el PLC.

- El usuario de un OP5 dispone de las siguientes funciones:
- Visualización de valores del proceso .
- Gestión y procesamiento de avisos de operación y de fallo.
- Definición de operación de avisos.
- Diferenciación entre avisos de primer y último orden.
- Textos informativos sobre avisos ,imágenes ,etc.
- Peticiones al autómeta (PLC) para activar acciones controladas por éste .
- Ajuste de la luminosidad del display
- Protección por palabra clave.

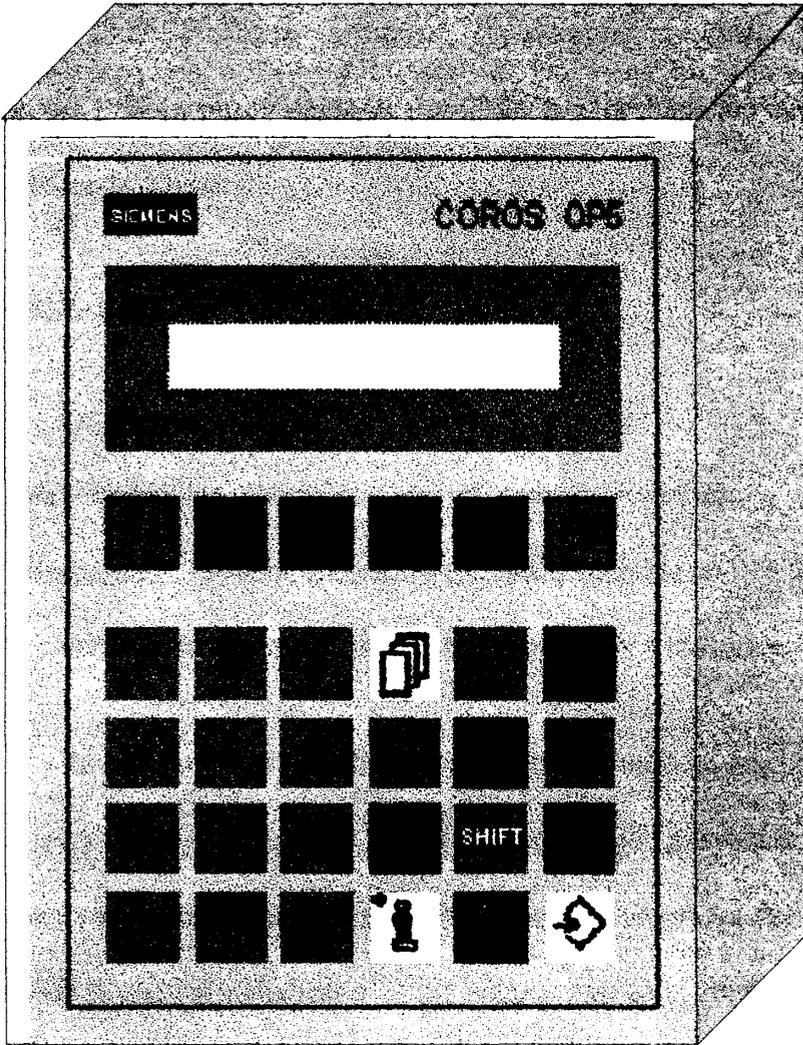


Figura 1. Panel operador OP5.

El panel operador OP5 consta de 6 teclas funcionales rotuladas de modo fijo, de ellas cuatro son utilizadas como teclas software y se las denomina teclas soft. Su carcasa es robusta de aluminio inyectado y un display de cristal liquido retroiluminado por LED. La profundidad de instalación del OP5 es de 40mm.

PROGRAMACION DEL OP5

La programación del OP5 se realiza con el software de configuración para equipos de operación, con el cual se visualizan y operan procesos denominado : ProTool. Este software está disponible en tres niveles los cuales se clasifican de acuerdo al tipo de panel operador a utilizarse.

En éste proyecto se utilizó el software ProTool/Lite que es para configurar displays de líneas. Con este éste software se puede **proyectar** lo cual significa crear imágenes y avisos y combinarlos con el programa del control. De este modo se pueden visualizar e influir los procesos en el control.

Las imágenes sirven para representar una imagen del proceso .De este modo el operario puede comprender mas rápidamente las relaciones y dado el caso, intervenir en el desarrollo del proceso .Los textos explican los distintos elementos en la imagen. En las imágenes se visualizan valores de control. El operario puede llamar imágenes y procurarse así una visión de conjunto sobre,

por ejemplo: la temperatura y nivel de llenado de una instalación. Con la ayuda de imágenes también se pueden escribir valores en el control.

Los avisos le indican al operario determinados estados de servicio o indican anomalías en el desarrollo del proceso. Los avisos aparecen automáticamente, son activados por el control.

Los paneles operador poseen un panel de teclas de funciones que pueden ser ocupadas con funciones durante la configuración, se este modo se realiza el auténtico proceso de manejo.

En la programación realizada primero se definió en el control las áreas de comunicación, las cuales se necesitan para activar y confirmar avisos. El equipo de operación y el control acceden conjuntamente a las áreas de datos configuradas para poder comunicarse entre sí

Para configurar el área de comunicaciones se procedió a elegir en el control al PLC SIMATIC S7-200 y especificar la dirección de éste y la interface utilizada tal como se muestra en la figura 2

En el menú de elección del ProTool se pueden observar: Imágenes, Avisos, Recetas, Variables, Lista de símbolos, Alarmas; tal como se muestra en la figura 3.

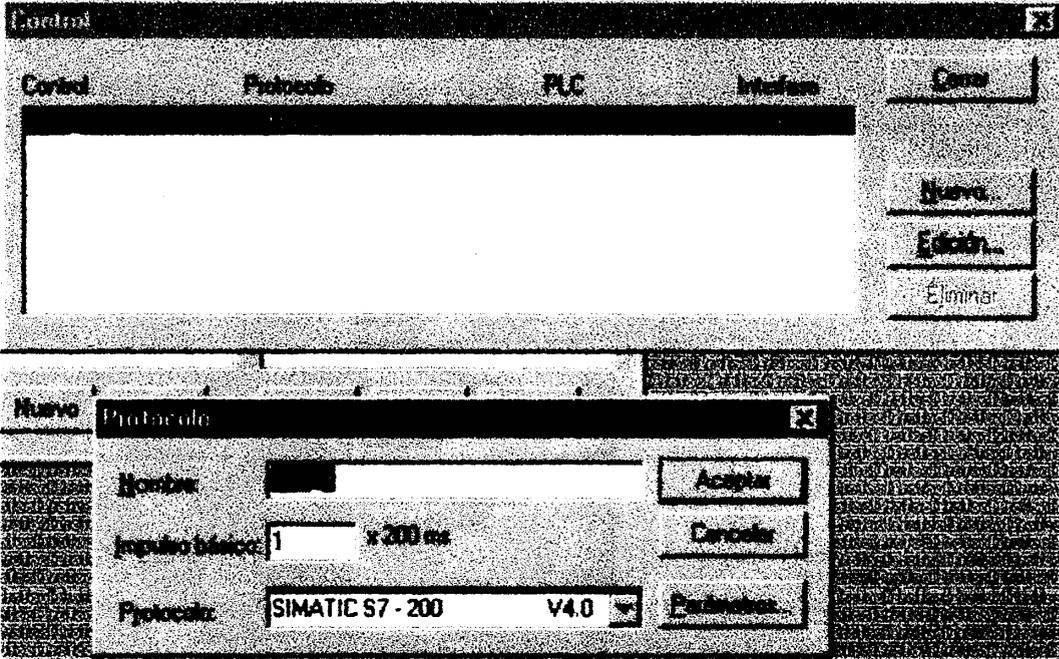


Fig.2 Configuración del Area de comunicación.

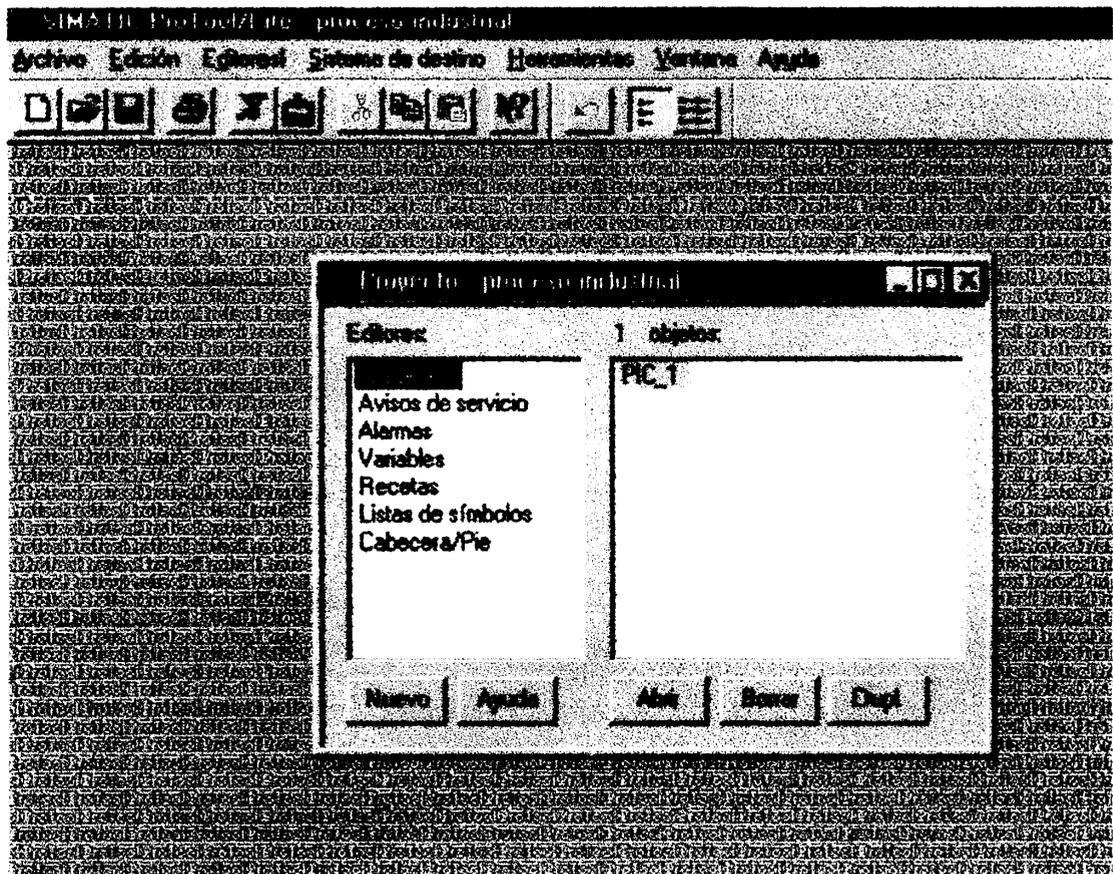


Fig.3 Menú de elección en ProTool/Lite.

Las pantallas programadas en el proyecto fueron las siguientes:

Pantalla 1:

PROCESO INDUSTRIAL AUTOMATIZADO

Pantalla 2:

FALLA EN SENSOR DE NIVEL

Pantalla 3:

F2:AJUSTES

F3: MODO DE TRABAJO

F4 : ALARMAS

Pantalla 4:

F2: AUTOMATICO.

Pantalla 4:

FALLA EN ELECTROVALVULA.

Pantalla 5:

FALLA EN MOTOR 1

Pantalla 6 :

FALLA EN MOTOR 2

Pantalla 7:

FALLA EN MOTOR 3

Entre otras pantallas adicionales .Un ejemplo de estas pantallas se muestra en la figura 4.

Las marcas utilizadas del PLC para que se comuniquen con el OP5 fueron: MB3 , MB4 y MB5.

Este sistema compuesto por un PLC y un OP5 representa una ventaja para los operadores que se encuentran en las plantas de trabajo industriales ya que el manejo del OP5 es por medio de teclas de funciones que se pueden presionar con manos de grasa o sucias que muchas veces es la situación de los operarios debido al trabajo que realizan ,y el OP5 no sufre daños por estas causas. También le permite al operador visualizar donde está la falla rápidamente con una indicación clara y sencilla de la misma

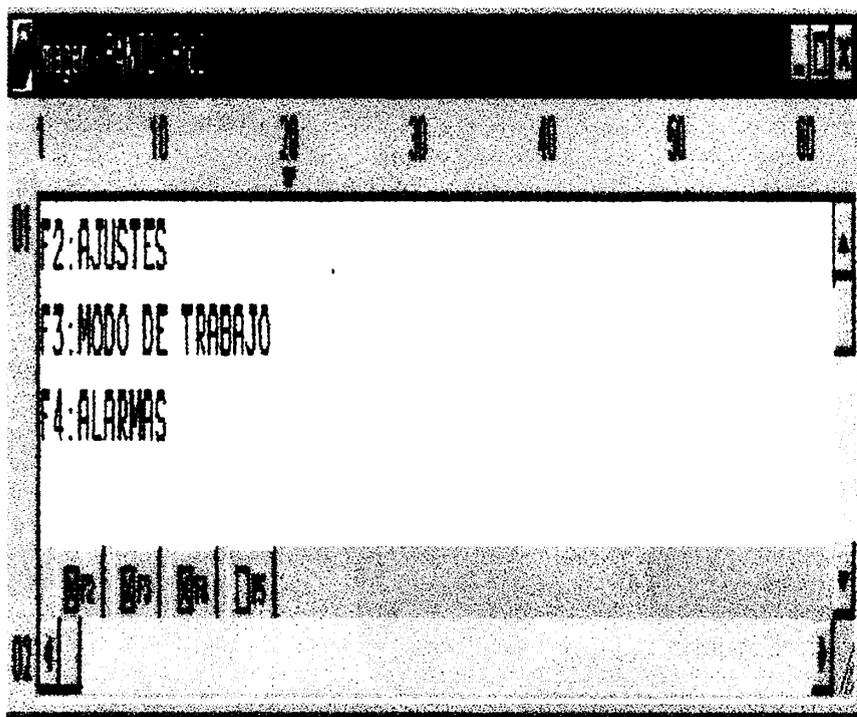


Fig 4 Imagen realizada.

LISTA DE PRECIOS DE LOS EQUIPOS DESCRITOS**COMUNICACIÓN ENTRE UN OP5 Y UN PLC S 7-200**

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>PRECIO(DÓLAR)</u>
PANEL OPERADOR OP5.....	675.0
SOFTWARE PROTOOL/LITE VERSION 2.5.....	448.7
CABLE DE COMUNICACIÓN ENTRE PLC Y OP5.....	398.9

CONCLUSIONES

En este proyecto se automatizó un proceso industrial utilizado en algunas industrias, con el fin de dar a conocer equipos modernos de automatización como son un Controlador Lógico Programable (PLC) , un software de visualización y un panel operador ,los cuales representan una solución confiable y de mucha precisión , para el sistema controlador de innumerables procesos industriales.

Se presentaron las ventajas que proporciona utilizar esta tecnología como son: La sustitución de grandes tableros de control , la capacidad de desarrollar trabajos repetitivos y cansados , el permitir al supervisor u operario visualizar y controlar el proceso desde su oficina o sitio de trabajo sin necesidad de ir a la Planta industrial y tener la posibilidad de detener el proceso o realizar los cambios que sean necesarios ,así como también de detectar los errores que están sucediendo en la planta de trabajo.

En este proyecto se realizó la programación en cada uno de los equipos utilizados ,dando a conocer el diseño realizado ,la explicación del mismo, los precio actuales de dichos equipos y la descripción de cada uno de ellos .

Los programas desarrollados en este proyecto han sido probados con los respectivos equipos ,de modo que podrían ser utilizados de manera confiable en la realización de un proceso similar.

Se muestran las pantallas obtenidas con el software de visualización y animación, en las cuales se observa los indicativos de operación y falla que le permiten al operador estar al tanto de lo que sucede en una planta industrial.

Dado que el propósito en toda industria es incrementar la productividad a través de máquinas y procesos automatizados, se requiere el uso de estos equipos utilizados en el proyecto, para incrementar la calidad, cantidad, precisión de los productos, una integridad o coherencia en las características de un producto, un comportamiento en servicio que de una imagen de prestigio a la organización que pone un producto de calidad en manos del cliente.

En este proyecto también se realizó el diseño de un inversor trifásico, el cual se lo realizó a base de transistores ya que la principal ventaja frente al uso de tiristores es la ausencia de circuitos de bloqueo, por lo que al retirarle la excitación de la base, el transistor deja de conducir; se lo utilizó para el manejo de un motor de inducción trifásico AC, de 12V a 1 Amperio. Para el diseño del circuito de fuerza fueron utilizados transistores de corriente máxima igual a 2 Amperios, elegidos de acuerdo a las características del motor utilizado. Se realizó el diseño de las pistas para los circuitos de fuerza y control del inversor así como de las fuentes utilizadas, lo cual fue realizado en el programa Corel Draw 6.0.

También se realizó el diseño de un controlador para motores de paso realizándose el circuito de control digital y para el circuito de fuerza se observo lo ventajoso que es utilizar el integrado ULN2003 ya que proporciona precisión y la corriente necesaria para el movimiento de los motores de paso. Elaborándose el circuito impreso para las tarjetas diseñadas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-DEWAN,STRAUGHEN, Power Semiconductor Circuitd.Wiley Interscience Publication, USA, 1984 .
- 2.-PEARMAN RICHARD, Power Electronics.Reston Publishing Company. Prentice-Hall Company , Virginia,1980. Pags. (158-179).
- 3.-DATTA SAMIR K, Power Electronics & Controls .Reston Publishing Company. Virginia ,1985. Pags. (107-115).
- 4.-RASHID MUHAMMAD, Electrónica de Potencia .Prentice Hall Hispanoamericana ,México, 1993. Pags. (158-183).
- 5.- ECG, Semiconductors Master Replacement Guide ,1998.
- 6.-SERIE MUNDO ELECTRONICO,Electrónica y Automática Industrial, México, 1992 . Pags.(124-130)
- 7.-DRISCOLL FREDERICK, Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales.Prentice Hall Hispanoamericana S.A, México,1993.
- 8.-DOUGLAS JONES, Stepping Motors, USA, [Http://www.cs.ulows.edu/~jones.html](http://www.cs.ulows.edu/~jones.html)