



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL

Y REDES INDUSTRIALES

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO
CON COMUNICACIÓN ETHERNET PARA EL LABORATORIO DE
CONTROL Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS AC EN LA EIE-CRI”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de

INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Presentado por

CRISTIAN GERMAN SANTIANA ESPIN

JOSÉ ALCIDES RUMIPAMBA LÓPEZ

RIOBAMBA-ECUADOR

2012

Al ingeniero Paúl Romero y nuestro director de tesis quien con humildad y responsabilidad nos encaminó por la senda del éxito hacia la culminación de la tesis.

Al ingeniero Jhony Vizuite en su calidad de miembro colaborador de tesis, quien de una u otra manera nos brindó el apoyo constante y la confianza supo estar siempre pendiente de nuestro proyecto.

A todos los maestros quienes nos formaron con criterios técnicos y valores morales, los mismos que serán de gran utilidad en nuestra vida profesional y social.

A Dios y a la virgen de Agua Santa por todas las bendiciones derramadas sobre mi ser durante el transcurso de mis estudios en la politécnica.

A mi madre Rosa López y a mi padre José Rumipamba quienes con amor, paciencia y sabiduría supieron aconsejarme para no dejar inconclusa mi carrera, sin su apoyo nunca lo hubiera logrado.

A mis hermanos por todas esas veces que me ayudaron durante toda mi carrera, pero en especial a mi hermano Guido, quien me apoyo moral y económicamente y a mi hermana Maricela quien con sus conocimientos estuvo siempre presta a brindarme ayuda, muchísimas gracias queridos hermanos.

José

A Dios, a la virgen de la Elevación y al patrono San Lucas por darme la oportunidad de vida, las bendiciones derramadas y la guía incondicional en la toma de decisiones de mi vida de estudiante politécnico.

A mi madre Narcisa y mi padre Gerardo, por la confianza, consejos y apoyo depositado en mí para la culminación de mi carrera, gracias papitos nunca les defraudare.

A mi hermano Oscar Danilo quien de una u otra forma siempre estuvo conmigo en momentos buenos y malos para apoyarme y brindarme sus consejos.

A mi hermano Marco Vinicio quien desde del cielo siempre me cuidó y guió mis pasos para ser una persona de bien.

A mi esposa Cristina y mi hija Gissel Alejandra quienes con su alegría supieron levantarme los ánimos, constituyendo uno de los pilares fundamentales y la razón de superación y esfuerzo en mi vida estudiantil y cotidiana.

Cristian

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes

**DECANO DE LA FACULTAD
DE INFORMÁTICA Y
ELECTRÓNICA**

.....

.....

Ing. Paul Romero

**DIR.ESC.ING.ELECTRONICA
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
Y DIRECTOR DE TESIS**

.....

.....

Ing. Jhony Vizquete

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

Tlgo. Carlos Rodríguez C.

**DIRECTOR DPTO.
DOCUMENTACIÓN**

.....

.....

NOTA DE LA TESIS

“Nosotros, **Cristian Germán Santiana Espín** y **José Alcides Rumipamba López** somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en ésta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

.....

Cristian Germán Santiana Espín

.....

José Alcides Rumipamba López

INDICE DE ABREVIATURAS

A/D	Analógico/Digital
AC	Corriente Alterna
CAD	Convertor analógico/digital
CAN	Controller Area Network
CCFL	Lámpara fluorescente de cátodo frío
CDA	Convertor digital/analógico
CISC	Computadores de Juego de Instrucciones Complejo
CMOS	Semiconductor complementario de metal oxido
CPU	Unidad central de Procesamiento
CRC	Codificador de control de errores
CSMA/CD	Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones
D/A	Digital/Analógico
DC	Corriente Directa
DPDT	Interruptor doble polo y doble vía
E/S	Entradas/Salidas
EEPROM	Electricall y Erasable/Programable ROM
FUK	Funciones de Bloques
GBIT	Giga bits.
HMI	Interfaz Hombre - Maquina
HP	Horse Power - Caballos de Potencia
I2C	Circuitos Inter-Integrados
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IGBT	Transistores bipolares de puerta aislada
LADDER	Lenguaje de Programación en escalera o contactos
LED	Diodos electro luminiscentes
LOGO	Relé programmable de Siemens
MAC	Control de acceso al medio
MAU	Unidades medianas adjuntas
MCLR	Master Clear
MCU	Unidad micro controladora
NA	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado

OLED	Diodo emisor de luz orgánica
PC	Computador Personal
PCB	Placa de circuito impreso
PDA	Asistente digital personal
PIC	Tipo de microcontrolador
PLC	controlador lógico programable
PWM	Modulador por ancho de pulso
RAM	Memoria de acceso aleatorio, volátil
R-C	Filtro Resistor - Capacitor
REBT	Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
RISC	Computadores de Juego de Instrucciones Reducido
ROM	Memoria de solo Lectura, no volátil
RPM	Revoluciones por minuto
SFP	Small form-factor pluggable
SISC	Computadores de Juego de Instrucciones Específico
TCP/IP	Protocolo de comunicación TCP/IP
TTL	Lógica transistor a transistor
UART	Adaptador de comunicación serie asíncrona
USART	Adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona
USB	Universal Serial Bus
UTR	Unidad Terminal Remota
VDD	Voltaje de alimentación directa
VFD	Variable Frequency Driver – Variador de Frecuencia
VVVF	Variador de voltaje variador de frecuencia
XAUI	Full duplex interface
XFP	10 Gigabit Small Form Factor Pluggable

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD	
RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES	
ÍNDICE	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I	
MARCO REFERENCIAL	
1.1 Antecedentes	- 17 -
1.2 Justificación	- 18 -
1.3 Objetivos:	- 19 -
1.3.1 General	- 19 -
1.3.2 Específicos	- 19 -
CAPITULO II	
MARCO TEORICO	
2.1 Circuitos Eléctricos y Electrónicos	- 20 -
2.2 Componentes Electrónicos	- 21 -
2.3 Microcontroladores	- 23 -
2.3.1 Definición de Microcontrolador	- 23 -
2.3.2 Arquitectura del Microcontrolador	- 23 -
2.3.2.1 El procesador o CPU	- 24 -
2.3.2.2 Memoria	- 25 -
2.3.2.3 Puertos de entrada y salida	- 25 -
2.3.2.4 Reloj principal	- 26 -
2.3.2.5 Recursos especiales	- 26 -
2.3.2.6 Temporizadores o “Timers”	- 27 -
2.3.2.7 Perro guardián o “watchdog”	- 27 -
2.3.2.8 Protección ante fallo de alimentación o “Brownout”	- 27 -
2.3.2.9 Estado de reposo ó de bajo consumo	- 28 -
2.3.2.10 Conversor A/D (CAD)	- 28 -
2.3.2.11 Conversor D/A (CDA)	- 28 -
2.3.2.12 Comparador analógico	- 29 -
2.3.2.13 Modulador de ancho de impulso PWM	- 29 -
2.3.2.14 Puertos de comunicación	- 29 -
2.3.3 Aplicaciones y usos del Microcontrolador	- 30 -
2.4 Comunicación Ethernet	- 33 -
2.4.1 Medio físico	- 33 -
2.4.2 Componentes de Señalización	- 34 -
2.4.3 El conjunto de reglas para acceder al medio	- 35 -
2.4.4 El frame (paquete) Ethernet	- 36 -
2.4.5 Dirección física MAC	- 37 -
2.4.6 Principio de transmisión	- 38 -
2.5 Control Industrial	- 39 -

2.5.1	Lógica Cableada	- 39 -
2.5.1.1	Guardamotor	- 40 -
2.5.1.2	Relés o Contactores	- 41 -
2.5.1.3	Pulsadores e Interruptores	- 44 -
2.5.1.3.1	Clasificación de los Interruptores:	- 45 -
2.5.1.4	Relé programable	- 46 -
2.5.1.5	Variador de frecuencia	- 47 -
2.6	Motores Eléctricos	- 50 -
2.6.1	Definición	- 50 -
2.6.2	Partes de un Motor Eléctrico	- 51 -
2.6.3	Clasificación de los Motores de Corriente Alterna	- 52 -
2.6.4	Motores de Corriente Alterna Síncronos	- 52 -
2.6.5	Motores de Corriente Alterna Asíncronos	- 54 -
2.6.6	Conexiones y Tipos de Arranque de Motores	- 63 -
2.6.7	Sentido de giro de los motores trifásicos	- 68 -

CAPÍTULO III

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS Y DE CONTROL

3.1	Selección de Dispositivos para la Tarjeta Electrónica	- 70 -
3.1.1	Selección de Microcontroladores	- 71 -
3.2	Selección del Módulo de Comunicación	- 73 -
3.3	Selección de Elementos de Control, Protección y Mando de Motores	- 75 -
3.3.1	Selección de Contactores	- 76 -
3.3.2	Selección de Protecciones:	- 79 -
3.3.3	Selección de Mando y Controles de Operación	- 84 -
3.4	Selección del Relé Programable	- 85 -
3.5	Selección del Variador de Frecuencia	- 88 -

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO

4.1	Diseño Mecánico	- 98 -
4.2	Diseño de la Arquitectura de Control	- 99 -
4.3	Circuito de Control General	- 100 -
4.4	Diseño e implementación de la tarjeta electrónica	- 101 -
4.4.1	Componentes electrónicos utilizados para la tarjeta de control	- 104 -
4.5	Diseño y dimensionamiento de pistas para la placa electrónica	- 114 -
4.6	Diseño de software para la gestión de los elementos controladores de la tarjeta electrónica.	- 119 -
4.6.1	Diagramas de Flujo para el funcionamiento general del módulo.	- 120 -
4.6.2	Programación de la pantalla táctil	- 122 -

CAPÍTULO V

PUESTA EN MARCHA, PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1	Pruebas de la Tarjeta Electrónica	- 125 -
5.1.1	Pruebas de Pantalla Táctil	- 125 -
5.1.2	Pruebas Modulo Ethernet	- 126 -

5.1.3	Entradas y Salidas de Control de la Tarjeta Electrónica	- 127 -
5.1.4	Integración de la tarjeta electrónica General	- 128 -
5.2	Pruebas de Control	- 128 -
5.2.1	Control Local	- 128 -
5.2.2	Control Remoto	- 129 -
5.3	Pruebas de prácticas planteadas	- 130 -
5.4	Arranque de Motores	- 130 -

CONCLUSIONES:

RECOMENDACIONES:

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

ANEXOS

ANEXO A DISEÑO MECANICO

ANEXO B PLANOS DEL MODULO DE ENTRENAMIENTO

ANEXO C CODIGO FUENTE DEL PROGRAMA DE LA TARJETA
ELECTRONICA

ANEXO D CONEXIONES DE MOTORES

ANEXO E MANUAL DE USUARIO

ANEXO F GUIA DE PRÁCTICAS

INDICE DE FIGURAS

Figura II. 1	Arquitectura interna de un Microcontrolador.....	24 -
Figura II. 2	Ejemplo de aplicación de un microcontrolador.....	32 -
Figura II. 3	Diagrama esquemático de un paquete Ethernet.....	36 -
Figura II. 4	Representación de la dirección física Ethernet.....	38 -
Figura II. 5	Símbolo representativo de un guardamotor.....	41 -
Figura II. 6	Símbolos representativos de los relés o contactores.....	42 -
Figura II. 7	Símbolo electrónico de un Interruptor.....	44 -
Figura II. 8	Símbolo electrónico de un pulsador SPST (Pulse Switch).....	45 -
Figura II. 9	Símbolo electrónico de un interruptor de doble polo (DP).	45 -
Figura II. 10	Símbolo electrónico de un interruptor de doble vía (DT).	46 -
Figura II. 11	Interruptor de doble polo y doble vía	46 -
Figura II. 12	Diagrama de bloques del Variador de Frecuencia.....	47 -
Figura II. 13	Diagrama de Variador de frecuencia con Modulación de Ancho de Pulso (PWM).....	49 -
Figura II. 14	Partes del Motor	51 -
Figura II. 15	Comprobación de Campo Magnético	56 -
Figura II. 16	Pérdidas de un motor eléctrico	58 -
Figura II. 17	Datos de placa de motores eléctricos.....	63 -
Figura II. 18	Conexiones en los bobinados trifásicos: a) conexión estrella y b) conexión triángulo.....	63 -
Figura II. 19	Fórmulas de Voltaje y corriente y Puentes sobre las placas de bornes -	64 -
Figura II. 20	Distribución de los extremo de los bobinadosla placa de bornes y sus denominaciones.	64 -
Figura II. 21	Arranque directo de un motor trifásico de forma manual.	65 -
Figura II. 22	Arranque estrella-triángulo de un motor trifásico mediante arrancador manual.	66 -
Figura II. 23	Arranque de un motor trifásico mediante auto-transformador.....	67 -
Figura II. 24	Arranque de un motor trifásico mediante resistencias en serie con el estator.	68 -
Figura II. 25	Inversión de Giro: a) Inversor manual y b) esquema de conexiones para la inversión de giro mediante conmutador manual.....	69 -
Figura III. 26	Módulo de comunicación Ethernet de MICROCHIP	74 -
Figura III. 27	Placa de un motor trifásico.....	76 -
Figura III. 28	Curva típica de un guardamotor magnético.	80 -
Figura III. 29	Factores para elegir el cable.....	91 -
Figura III. 30	Datos necesarios para el cálculo del conductor.....	92 -
Figura III. 31	Pasos para calcular el calibre adecuado del conductor.	93 -
Figura IV. 32	Diagrama de bloques de la ubicación física de los elementos en el módulo de entrenamiento	99 -
Figura IV. 33	Diagrama de bloques con la distribución de entradas y salidas.....	100 -
Figura IV. 34	Diagrama esquemático general de la tarjeta electrónica.....	102 -
Figura IV. 35	Circuito independiente de salida para activar un relé magnético	103 -

Figura IV. 36	Circuito independiente de entrada diseñado con un MOC3021	104 -
Figura IV. 37	Descripción periférica del PIC18F4620.....	105 -
Figura IV. 38	Pantalla táctil modelo DMT48270T043_01WK/T	105 -
Figura IV. 39	Dimensiones físicas de la pantalla táctil	106 -
Figura IV. 40	Módulo Ethernet utilizado en nuestro proyecto.....	107 -
Figura IV. 41	Características mecánicas de nuestro módulo Ethernet	108 -
Figura IV. 42	Fuente normal de PC utilizada en nuestro proyecto de tesis	109 -
Figura IV. 43	Esquema eléctrico interno de un optoacoplador	109 -
Figura IV. 44	MOC3021 en encapsulado tipo DIP	110 -
Figura IV. 45	Apariencia física de una resistencia eléctrica con sus valores en ohmios y tolerancia.	111 -
Figura IV. 46	Diferentes tipos de relés.....	111 -
Figura IV. 47	Oscilador de cristal de 10MHz	112 -
Figura IV. 48	Transistor 2N3904 en dos vistas, frontal y trasera.....	114 -
Figura IV. 49.	Diseño de pistas y ubicación de elementos de la placa principal	115 -
Figura IV. 50	Simulación en 3D de placa principal	116 -
Figura IV. 51	Placa principal terminada.....	116 -
Figura IV. 52	Diseño de pistas y ubicación de elementos de la placa de entradas.-	117 -
Figura IV. 53	Simulación de la placa de entradas en 3D	118 -
Figura IV. 54	Placa de entradas terminada.....	118 -
Figura IV. 55	Tarjeta electrónica terminada y trabajando en conjunto la placa principal con la placa de entradas	119 -
Figura IV. 56	Diagrama de Flujo General	120 -
Figura IV. 57	Diagrama de Flujo de la Programación en Pantalla Táctil	121 -
Figura IV. 58	Diagrama de Flujo de la Programación de la Página WEB	122 -
Figura IV. 59	Apariencia de la interface visual que se cargó en la pantalla	123 -
Figura IV. 60	Pantalla programada e instalada en el módulo de entrenamiento	123 -
Figura IV. 61	Interface de la pantalla táctil cuando se activa en control remoto ..	124 -
Figura V. 62	Configuración de Direcciones IP	127 -
Figura V. 63	Pagina Web de control remoto	129 -

INDICE DE TABLAS

Tabla II. I Número de polos y velocidad de los motores.....	- 57 -
Tabla II. II Tipo de pérdida	- 59 -
Tabla II. III Distribución típica de pérdidas de un motor abierto.....	- 60 -
Tabla II. IV Valores de eficiencia según el porcentaje de factor de carga.	- 61 -
Tabla II. V Relación de intensidades de arranque y plena carga admisibles en los motores de corriente alterna para su puesta en marcha según el REBT.....	- 65 -
Tabla III. VI Gama de microcontroladores con sus características disponibles en el mercado	- 72 -
Tabla III. VII Modelo de tablas provistas por los fabricantes con especificación de datos.....	- 78 -
Tabla III. VIII Ejemplo de una tabla de datos de guardamotors provista por los fabricantes.....	- 83 -
Tabla III. IX Resumen de los pasos más importantes en la selección de un PLC.....	- 87 -
Tabla III. X Tabla de Cables de Electrocables Concéntricos	- 97 -
Tabla IV. XI Tabla de especificaciones eléctricas de la pantalla táctil.	- 107 -

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico II. 1	Reparto del uso de microcontroladores en áreas de mayor difusión	- 32 -
Gráfico II. 2	Deslizamiento y corriente en función de la carga.....	- 56 -
Gráfico II. 3	Comparativo de eficiencia de motores	- 61 -

INTRODUCCION

El uso de máquinas eléctricas como: transformadores, generadores y motores eléctricos, en la industria son de mucha importancia para los procesos de producción, máquinas de talleres y de campo tales como: tornos, fresadoras, prensas, bombas, etc. Dentro de procesos de producción las encontramos en un sin número de aplicaciones especialmente en movimientos rotatorios tales como en bandas transportadoras, molinos, ventiladores, cadenas de arrastre, etc.

El presente proyecto tiene como finalidad ayudar a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica de la ESPOCH, ayudar en la implementación de circuitos de arranque, inversiones de giro de motores eléctricos de inducción, los mismos que servirá para mejor desenvolvimiento en el campo laboral, en vista que son circuitos que se encuentran con mayor frecuencia en las industrias.

Como controlador principal del módulo de entrenamiento hemos utilizado un Microcontrolador PIC 16F4620, por el cual recibe las señales de entrada y controla los actuadores de cada bloque. Mientras que para el monitoreo tanto en modo local como en remoto usaremos una pantalla táctil y un módulo Ethernet respectivamente.

El software para la programación de este microcontrolador es Mikrobasic PRO, el mismo que cuenta con librerías para comunicación serial, y para el manejo de páginas web como hemos planteado para nuestro proyecto.

El módulo de entrenamiento cuenta con tres partes que son: el bloque de contactores, el relé programable y el VFD debiendo ser cada uno de estos monitoreados y controlador por una tarjeta electrónica de control diseñada propiamente para el módulo.

Dentro del módulo contaremos con elementos eléctricos de control y de protección tales como: Fusibles, Breakers, guardamotors, contactores, temporizadores, pulsadores, selectores, luces piloto, relé programable y un VFD para la realización de las prácticas con máquinas eléctricas.

La fuente principal de voltaje del módulo es de 220 VAC trifásica, mientras que para el control interno del módulo es 110VAC.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

La ESPOCH cuenta al momento con la Escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales en donde se forman profesionales competitivos en el país con gran destreza teórica en máquinas eléctricas y sistemas de control conocimientos requeridos en las industrias mineras, petroleras, manufactureras, etc.

En el pensum de estudios para la obtención el título de ingeniero electrónico, control y redes industriales cuenta con cátedras que son para aplicar los conocimientos obtenidos en las aulas. Además las empresas exigen que el ingeniero pueda diseñar, implementar y dar mantenimiento a los tableros de control de maquinaria en donde se encuentran circuitos de control y fuerza para motores eléctricos. Actualmente no se cuenta con un laboratorio de equipos, por lo que se necesitaba solicitar laboratorios de otras facultades, cosa que en muchas de las veces resulta difícil por los horarios de disposición de los mismos.

Además esto repercute costos extras para los estudiantes solicitar los laboratorios de Mecánica o en otras ocasiones los estudiantes están obligados a tomar cursos extras para conseguir destrezas prácticas que son de mucha importancia en el perfil para el cual nos estamos formando y cumplir con las exigencias del campo industrial.

Según los avances tecnológicos hacia las comunicaciones, todo equipo o módulo que se adquiere ya sea en el país o internacional viene con un protocolo de comunicación para

realizar el control y monitoreo de los procesos industriales, además dependiendo del protocolo se puede controlar y monitorear con un acceso remoto por medio de la web.

1.2 Justificación

Con el diseño e implementación del módulo de entrenamiento de máquinas eléctricas se podrá aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas, realizando circuitos de arranques, inversiones de giro aplicando lógica cableada con el uso de botoneras, contactores, contactos auxiliares y temporizadores que se encuentran en los tableros de máquinas industriales.

Luego los estudiantes podrán pasar al uso de LOGO de Siemens en donde se comenzará aplicar los principios de programación LADDER y FUC (Funciones de Bloques), con la ejercitación de la programación se estará iniciando en el mundo de la automatización industrial. Además ayudará a establecer una comparación entre la lógica cableada y la programación LADDER en especial en donde se determinara diferencias y semejanza entre los dos tipos de Control para máquinas eléctricas.

Con el uso de un VFD (Variable Frequency Driver – Variador de Frecuencia), se podrá aplicar el control que se encuentra en auge de la tecnología moderna para controlar el accionamiento de una máquina eléctrica. El estudiante en este módulo podrá adquirir destrezas en la programación de un variador de frecuencia, equipos que en la actualidad se encuentra muy a menudo controlando un motor en la industria y que ha venido a reemplazar controles que no brinda seguridad y ahorro en el consumo de energía.

El uso de la comunicación Ethernet dentro del módulo permitirá el control y monitoreo remoto del mismo, lo cual facilita a los técnicos encargados la utilización y la ayuda rápida al estudiante que lo solicita. Con la implementación de la tarjeta electrónica de comunicación se pretende que a futuro se realice una red industrial de información con los módulos y equipos que la escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales vaya adquiriendo para el uso y formación de los estudiantes de esta manera llevando un control organizado en la disposición de los equipos.

1.3 Objetivos:

1.3.1 General

- Diseñar e Implementar un módulo de entrenamiento con comunicación Ethernet con elementos de maniobra, control y protección para el laboratorio de control y máquinas eléctricas en la escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales.

1.3.2 Específicos

- Diseñar e Implementar una tarjeta electrónica que permita la selección de tareas a desarrollar por los estudiantes en el módulo con microcontrolador, teclado y LCD que brinde seguridades para los estudiantes.
- Diseñar e Implementar una tarjeta electrónica que permita la comunicación Ethernet entre el módulo de entrenamiento y un computador con dispositivos electrónicos y un microcontrolador.
- Diseñar de los planos unifilares de circuitos de control y fuerza de los motores eléctricos AC, para soporte del módulo en el mantenimiento del mismo con el uso de Autocad eléctrico.
- Diseñar e Implementar el módulo de entrenamiento y banco de trabajo para el laboratorio de Motores Eléctricos AC con elementos de Control y Fuerza, Relé Programable y un Variador de Frecuencia.
- Elaborar el manual de Operación del módulo de entrenamiento que servirá para el uso correcto de este por los técnicos de la Escuela.
- Elaborar una guía de prácticas para el control de circuitos eléctricos, arranques de motores, inversiones de giro y procesos con motores eléctricos de AC, que se puede realizar en el módulo de entrenamiento para el profesor que imparte la cátedra de Laboratorio Control y Máquinas Eléctricas.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Circuitos Eléctricos y Electrónicos

Un circuito electrónico es una red eléctrica (interconexión de dos o más componentes, tales como resistencias, inductores, condensadores, fuentes, interruptores, y semiconductores) que contiene al menos una trayectoria cerrada. Los circuitos que contienen solo fuentes, componentes lineales (resistores, condensadores, inductores), y elementos de distribución lineales (líneas de transmisión o cables) pueden analizarse por métodos algebraicos para determinar su comportamiento en corriente directa o en corriente alterna. Un circuito que tiene componentes electrónicos es denominado un circuito electrónico. Estas redes son generalmente no lineales y requieren diseños y herramientas de análisis mucho más complejos.

Un circuito electrónico es un circuito eléctrico que también contiene dispositivos tales como transistores, válvulas y otros elementos electrónicos. Los circuitos electrónicos pueden hacer funciones complejas utilizando las cargas eléctricas, aunque se gobiernan con las mismas leyes que los circuitos eléctricos. Los circuitos electrónicos se pueden clasificar en tres grupos, los cuales son:

- a) **Circuitos analógicos.-** Son aquellos en que las señales eléctricas varían continuamente para corresponderse con la información representada. El equipamiento electrónico como los amplificadores de voltaje o de potencia, radios, televisiones, suelen ser analógicos con la excepción de muchos dispositivos modernos que suelen usar circuitos digitales. Las unidades básicas

de los circuitos analógicos son pasivos (resistencias, capacitadores, inductores) y activos (fuentes de energía independientes y fuentes de energía dependientes).

- b) **Circuitos digitales.-** En estos circuitos, las señales eléctricas obtienen unos valores discretos para mostrar valores numéricos y lógicos que representen la información a procesar. Los transistores se utilizan principalmente como conmutadores para crear pasarelas lógicas. Algunos ejemplos de equipos electrónicos que utilizan circuitos digitales son las calculadoras, PDAs y los microprocesadores.
- c) **Circuitos mixtos.-** Estos circuitos son híbridos y contienen elementos tanto analógicos como digitales. Algunos ejemplos de estos circuitos son los convertidores de analógico a digital y viceversa.

2.2 Componentes Electrónicos

Se denomina componente electrónico a aquel dispositivo que forma parte de un circuito electrónico. Se suele encapsular, generalmente en un material cerámico, metálico o plástico, y terminar en dos o más pines o patillas metálicas. Se diseñan para ser conectados entre ellos, normalmente mediante soldadura, a un circuito impreso, para formar el mencionado circuito.

Hay que diferenciar entre componentes y elementos. Los componentes son dispositivos físicos, mientras que los elementos son modelos o abstracciones idealizadas que constituyen la base para el estudio teórico de los mencionados componentes. Así, los componentes aparecen en un listado de dispositivos que forman un circuito, mientras que los elementos aparecen en los desarrollos matemáticos de la teoría de circuitos.

De acuerdo con el criterio que se elija podemos obtener distintas clasificaciones. Seguidamente se detallan las comúnmente más aceptadas:

a) Según su estructura física:

- **Discretos.-** Son aquellos que están encapsulados uno a uno, como es el caso de los resistores, condensadores, diodos, transistores, etc.
- **Integrados.-** Forman conjuntos más complejos, como por ejemplo un amplificador operacional o una puerta lógica, que pueden contener desde

unos pocos componentes discretos hasta millones de ellos. Son los denominados circuitos integrados.

b) Según el material base de fabricación:

- **Semiconductores.-** También denominados como componentes de estado sólido, son los componentes "estrella" en casi todos los circuitos electrónicos. Se obtienen a partir de materiales semiconductores, especialmente del silicio aunque para determinadas aplicaciones aún se usa germanio.
- **Aislantes.-** Los cuerpos aislantes ofrecen una alta resistencia al paso de la corriente eléctrica.

c) Según su funcionamiento:

- **Activos.-** Son aquellos que son capaces de excitar los circuitos o de realizar ganancias o control del mismo. Fundamentalmente son los generadores eléctricos y ciertos componentes semiconductores. Estos últimos, en general, tienen un comportamiento no lineal, esto es, la relación entre la tensión aplicada y la corriente demandada no es lineal.
- **Pasivos.-** Son los encargados de la conexión entre los diferentes componentes activos, asegurando la transmisión de las señales eléctricas o modificando su nivel (condensadores, resistencias y bobinas).

d) Según el tipo energía:

- **Electromagnéticos.-** Aquellos que aprovechan las propiedades electromagnéticas de los materiales (fundamentalmente transformadores e inductores).
- **Electroacústicos.-** Transforman la energía acústica en eléctrica y viceversa (micrófonos, altavoces, bocinas, auriculares, etc.).
- **Optoelectrónicos.-** Componentes optoelectrónicos, son aquellos que transforman la energía luminosa en energía eléctrica, denominados fotosensibles, o la energía eléctrica en luminosa, denominados electroluminiscentes diodos LED, células fotoeléctricas, etc.

2.3 Microcontroladores

2.3.1 Definición de Microcontrolador

Un microcontrolador es una máquina tonta, un objeto sin razonamiento ninguno, un cubo negro con patitas metálicas que se suelda a una placa con más o menos componentes electrónicos. Su misión al igual que cualquier ordenador personal es la misma que una calculadora. Frente a datos de entrada, sigue un programa, un algoritmo dado por un programador y cambia su estado interior. Como objetos o dispositivos de entrada o salida podemos encontrar diversos periféricos, desde simples líneas de entrada digital que pueden estar a cero o a uno, hasta complejos puertos usados en ordenadores que permiten comunicar con otros dispositivos externos como microcontroladores o PC.

Un microcontrolador es un circuito integrado que nos ofrece las posibilidades de un pequeño computador. En su interior encontramos un procesador, memoria, y varios periféricos. El secreto de los microcontroladores es su tamaño, su precio y su diversidad.

Micro porque son pequeños, y controladores, porque controlan máquinas o incluso otros controladores. Los Microcontroladores, por definición entonces, son diseñados para ser conectados más a máquinas que a personas. Son muy útiles porque ya que usted puede construir una máquina o artefacto, escribir programas para controlarlo, y luego dejarlo trabajar para usted automáticamente.

2.3.2 Arquitectura del Microcontrolador

La arquitectura de von Neumann se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control) mientras que la arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes, una que contiene sólo instrucciones y otra sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias.

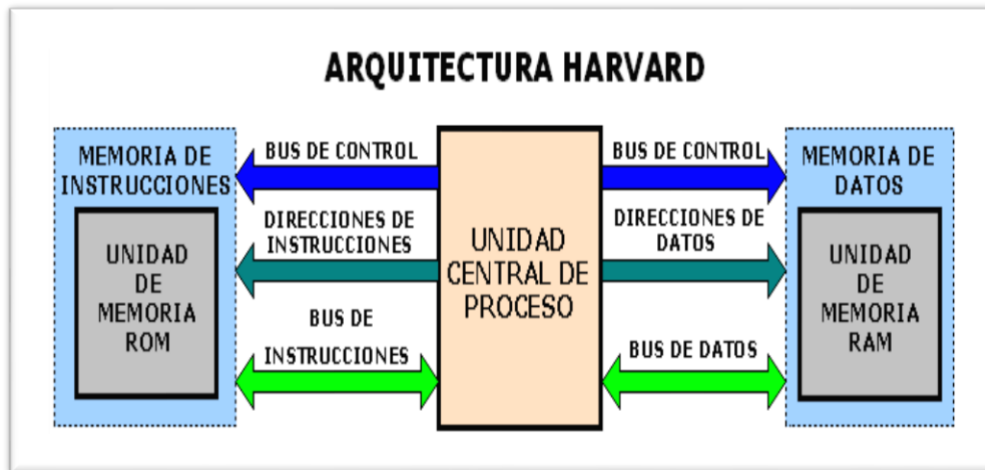


Figura II. 1 Arquitectura interna de un Microcontrolador

2.3.2.1 El procesador o CPU

Es el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel hardware como software.

Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código OP de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado.

Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales.

CISC: Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía CISC (Computadores de Juego de Instrucciones Complejo). Disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo muchos ciclos para su ejecución. Una ventaja de los procesadores CISC es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros.

RISC: Tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están decantándose hacia la filosofía RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y, generalmente, se ejecutan en un ciclo. La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.

SISC: En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es "específico", o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadores de Juego de Instrucciones Específico).

2.3.2.2 Memoria

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio circuito integrado. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos.

Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de los PC's:

- No existen sistemas de almacenamiento masivo como disco duro o disquetes.
- Como el microcontrolador sólo se destina a una tarea en la memoria de programa, sólo hay que almacenar un único programa de trabajo.

La memoria de datos (RAM) en estos dispositivos es de poca capacidad pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la memoria de programa (ROM).

El usuario de PC está acostumbrado a manejar Megabytes de memoria, pero los diseñadores con microcontroladores trabajan con capacidades de memoria de programa de 512 bytes, 1K, 2K (hasta unos 64K) y de RAM de 20 bytes, 68 bytes, 512 bytes (hasta unos 4K).

2.3.2.3 Puertos de entrada y salida

La principal utilidad de las patillas que posee la cápsula que contiene un microcontrolador es soportar las líneas de E/S que comunican al computador interno con los periféricos exteriores y según los controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

Todos los microcontroladores destinan algunas de sus patillas a soportar líneas de E/S de tipo digital, esto es, todo o nada. Por lo general, estas líneas se agrupan de ocho en ocho formando Puertos. Las líneas digitales de los Puertos pueden configurarse como Entrada o como Salida cargando un 1 ó un 0 en el bit correspondiente de un registro destinado a su configuración.

2.3.2.4 Reloj principal

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema. Esta señal del reloj es el motor del sistema y la que hace que el programa y los contadores avancen.

Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico o una red R-C.

Aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones pero lleva aparejado un incremento del consumo de energía y de calor generado.

2.3.2.5 Recursos especiales

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica de microcontrolador. En algunas amplía las capacidades de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc. La labor del diseñador es encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los requerimientos de su aplicación. De esta forma, minimizará el coste, el hardware y el software.

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Temporizadores o "Timers".
- Perro guardián o "Watchdog".
- Protección ante fallo de alimentación o "Brownout".
- Estado de reposo o de bajo consumo.
- Conversor A/D.
- Conversor D/A.

- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- Puertos de comunicación.

2.3.2.6 Temporizadores o “Timers”

Se emplean para controlar periodos de tiempo (temporizadores) y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores).

Para la medida de tiempos se carga un registro con el valor adecuado y a continuación dicho valor se va incrementando o decrementando al ritmo de los impulsos de reloj o algún múltiplo hasta que se desborde y llegue a 0, momento en el que se produce un aviso.

Cuando se desean contar acontecimientos que se materializan por cambios de nivel o flancos en alguna de las patillas del microcontrolador, el mencionado registro se va incrementando o decrementando al ritmo de dichos impulsos.

2.3.2.7 Perro guardián o “watchdog”

Cuando un ordenador personal se bloquea por un fallo del software u otra causa, se pulsa el botón del reset y se reinicializa el sistema.

En la mayoría de los casos y a diferencia de un ordenador personal, un microcontrolador funciona sin el control de un supervisor y de forma continuada las 24 horas del día y 365 días al año. El Perro guardián consiste en un temporizador que, cuando se desborda y pasa por 0, provoca un reset automáticamente en el sistema.

Se debe diseñar el programa de trabajo que controla la tarea de forma que refresque o inicialice al Perro guardián antes de que provoque el reset. Si falla el programa o se bloquea, el programa no refrescará al Perro guardián y, al completar su temporización, provocará el reset del sistema.

2.3.2.8 Protección ante fallo de alimentación o “Brownout”

Se trata de un circuito que resetea al microcontrolador cuando el voltaje de alimentación (VDD) es inferior a un voltaje mínimo ("brownout"). Mientras el voltaje de alimentación sea inferior al de Brown out el dispositivo se mantiene

reseteado, comenzando a funcionar normalmente cuando sobrepasa dicho valor. Esto es muy útil para evitar datos erróneos por transiciones y ruidos en la línea de alimentación.

2.3.2.9 Estado de reposo ó de bajo consumo

Son abundantes las situaciones reales de trabajo en que el microcontrolador debe esperar, sin hacer nada, a que se produzca algún acontecimiento externo que le ponga de nuevo en funcionamiento. Para ahorrar energía, (factor clave en los aparatos portátiles), los microcontroladores disponen de una instrucción especial (SLEEP en los PIC), que les pasa al estado de reposo o de bajo consumo, en el cual los requerimientos de potencia son mínimos.

En dicho estado se detiene el reloj principal y se "congelan" sus circuitos asociados, quedando sumido en un profundo "sueño" el microcontrolador. Al activarse una interrupción ocasionada por el acontecimiento esperado, el microcontrolador se despierta y reanuda su trabajo. Para hacernos una idea, esta función es parecida a la opción de Suspend en el menú para apagar el equipo (en aquellos s con administración avanzada de energía).

2.3.2.10 Conversor A/D (CAD)

Los microcontroladores que incorporan un Conversor A/D (Analógico/Digital) pueden procesar señales analógicas, tan abundantes en las aplicaciones. Suelen disponer de un multiplexor que permite aplicar a la entrada del CAD diversas señales analógicas desde las patillas del circuito integrado.

2.3.2.11 Conversor D/A (CDA)

Transforma los datos digitales obtenidos del procesamiento del computador en su correspondiente señal analógica que saca al exterior por una de las patillas de la cápsula. Existen muchos dispositivos de salida que trabajan con señales analógicas.

2.3.2.12 Comparador analógico

Algunos modelos de microcontroladores disponen internamente de un Amplificador Operacional que actúa como comparador entre una señal fija de referencia y otra variable que se aplica por una de las patillas de la cápsula. La salida del comparador proporciona un nivel lógico 1 ó 0 según una señal sea mayor o menor que la otra.

También hay modelos de microcontroladores con un módulo de tensión de referencia que proporciona diversas tensiones de referencia que se pueden aplicar en los comparadores.

2.3.2.13 Modulador de ancho de impulso PWM

Son circuitos que proporcionan en su salida impulsos de anchura variable, que se ofrecen al exterior a través de las patillas del encapsulado. Resulta útil para sistemas de control de potencia, como por ejemplo motores.

2.3.2.14 Puertos de comunicación

Con objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos externos, otros buses de microprocesadores, buses de sistemas, buses de redes y poder adaptarlos con otros elementos bajo otras normas y protocolos. Algunos modelos disponen de recursos que permiten directamente esta tarea, entre los que destacan:

- UART, adaptador de comunicación serie asíncrona.
- USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona
- Puerto paralelo esclavo para poder conectarse con los buses de otros microprocesadores.
- USB (Universal Serial Bus), el conocido bus serie para los PC.
- Bus I²C, que es un interfaz serie de dos hilos desarrollado por Philips.
- Interface SPI, un puerto serie síncrono.
- CAN (Controller Area Network), para permitir la adaptación con redes de conexionado multiplexado desarrollado conjuntamente por Bosch e Intel para el cableado de dispositivos en automóviles. En EE.UU. se usa el J1850.
- TCP/IP, ya existen microcontroladores con un adaptador de comunicación para este protocolo.

Tanto el I2C en televisores, como el Bus CAN en automóviles, fueron diseñados para simplificar la circuitería que supone un bus paralelo de 8 líneas dentro de un televisor, así como para librar de la carga que supone una cantidad ingente de cables en un vehículo.

2.3.3 Aplicaciones y usos del Microcontrolador

Si sólo se dispusiese de un modelo de microcontrolador, éste debería tener muy potenciados todos sus recursos para poderse adaptar a las exigencias de las diferentes aplicaciones. Esta potenciación supondría en muchos casos un despilfarro. En la práctica cada fabricante de microcontroladores oferta un elevado número de modelos diferentes, desde los más sencillos hasta los más poderosos.

Es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S, la cantidad y potencia de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy destacado del diseño es la selección del microcontrolador a utilizar.

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño y coste, mejorar su fiabilidad y disminuir el consumo.

Algunos fabricantes de microcontroladores superan el millón de unidades de un modelo determinado producidas en una semana. Este dato puede dar una idea de la masiva utilización de estos componentes.

Los microcontroladores están siendo empleados en multitud de sistemas presentes en nuestra vida diaria, como pueden ser juguetes, horno microondas, frigoríficos, televisores, ordenadores, impresoras, módems, el sistema de arranque de nuestro coche, etc. Y otras aplicaciones con las que seguramente no estaremos tan familiarizados como instrumentación electrónica, control de sistemas en una nave espacial, etc. Una aplicación típica podría emplear varios microcontroladores para controlar pequeñas partes del sistema.

Estos pequeños controladores podrían comunicarse entre ellos y con un procesador central, probablemente más potente, para compartir la información y coordinar sus acciones, como, de hecho, ocurre ya habitualmente en cualquier PC.

Los microcontroladores se encuentran por todas partes:

- Sistemas de comunicación: en grandes automatismos como centrales y en teléfonos fijos, móviles, fax, etc.
- Electrodomésticos: lavadoras, hornos, frigoríficos, lavavajillas, batidoras, televisores, vídeos, reproductores DVD, equipos de música, mandos a distancia, consolas, etc.
- Industria informática: Se encuentran en casi todos los periféricos; ratones, teclados, impresoras, escáner, etc.
- Automoción: climatización, seguridad, etc.
- Industria: Autómatas, control de procesos, etc
- Sistemas de supervisión, vigilancia y alarma: ascensores, calefacción, aire acondicionado, alarmas de incendio, robo, etc.
- Otros: Instrumentación, electro medicina, tarjetas (Smart card), sistemas de navegación, etc.

La distribución de las ventas según su aplicación es la siguiente:

- Una tercera parte se absorbe en las aplicaciones relacionadas con los ordenadores y sus periféricos.
- La cuarta parte se utiliza en las aplicaciones de consumo (electrodomésticos, juegos, TV, vídeo, etc.)
- El 16% de las ventas mundiales se destinó al área de las comunicaciones.
- Otro 16% fue empleado en aplicaciones industriales.
- El resto de los microcontroladores vendidos en el mundo, aproximadamente un 10% fueron adquiridos por las industrias de automoción.

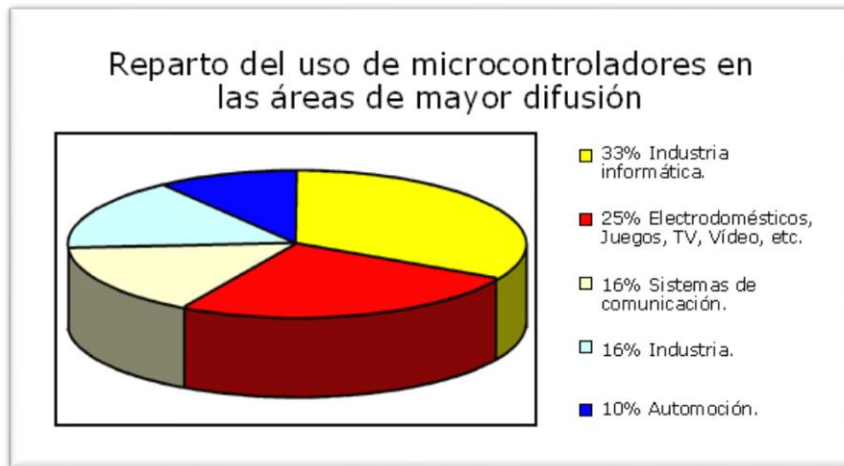


Gráfico II. 1 Reparto del uso de microcontroladores en áreas de mayor difusión

También los modernos microcontroladores de 32 bits van afianzando sus posiciones en el mercado, siendo las áreas de más interés el procesamiento de imágenes, las comunicaciones, las aplicaciones militares, los procesos industriales y el control de los dispositivos de almacenamiento masivo de datos.

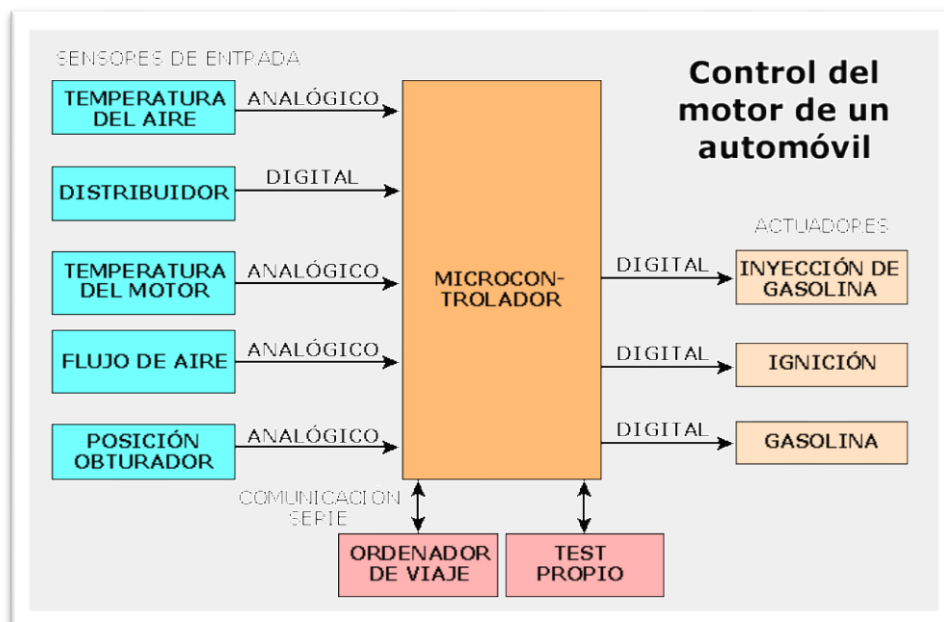


Figura II. 2 Ejemplo de aplicación de un microcontrolador

2.4 Comunicación Ethernet

Ethernet es un estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD. ("Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones"), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones. El nombre viene del concepto físico de *ether*. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

La Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3. Usualmente se toman Ethernet e IEEE 802.3 como sinónimos. Ambas se diferencian en uno de los campos de la trama de datos. Las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.

Ethernet consta de cuatro elementos básicos:

- a) El medio físico: compuesto por los cables y otros elementos de hardware, como conectores, utilizados para transportar la señal entre los computadores conectados a la red.
- b) Los componentes de señalización: dispositivos electrónicos estandarizados (transceivers) que envían y reciben señales sobre un canal Ethernet.
- c) El conjunto de reglas para acceder el medio: protocolo utilizado por la interfaz (tarjeta de red) que controla el acceso al medio y que le permite a los computadores acceder (utilizar) de forma compartida el canal Ethernet. Existen dos modos: half y full duplex.
- d) El frame (paquete) Ethernet: conjunto de bits organizados de forma estándar. El frame es utilizado para llevar los datos dentro del sistema Ethernet. También recibe el nombre de marco o trama.

2.4.1 Medio físico

La capa física de Ethernet evolucionó sobre un considerable período de tiempo y abarca completamente algunas interfaces de medios físicos y varias magnitudes de velocidad. La velocidad se extiende desde 1 Mbit/s a 10 Gbit/s (velocidades más altas están en desarrollo) mientras que el medio físico puede extenderse desde el cable coaxial voluminoso, al par trenzado, hasta la fibra óptica. En general, el software

del stack de protocolo de la red trabajará similarmente en todos los tipos que se describirán más adelante.

Las secciones siguientes proporcionan un breve resumen de todos los tipos de medios oficiales de Ethernet (los números de sección del estándar IEEE802.3-2008 están entre paréntesis). Adicionalmente de estos estándares oficiales, muchos vendedores han implementado tipos de medios propietarios por varias razones a menudo para soportar distancias más largas sobre el cableado de fibra óptica.

Muchos adaptadores de Ethernet y puertos de switches soportan múltiples velocidades, usando auto negociación para ajustar la velocidad y la modalidad duplex para los mejores valores soportados por ambos dispositivos conectados. Si la auto-negociación falla, un dispositivo de múltiple velocidad detectará la velocidad usada por su socio, pero asumirá semiduplex. Un puerto Ethernet 10/100 soporta 10BASE-T y 100BASE-TX. Un puerto Ethernet 10/100/1000 soporta 10BASE-T, 100BASE-TX, y 1000BASE-T.

2.4.2 Componentes de Señalización

Un transceiver es un dispositivo que tiene tanto un transmisor y un receptor que se combinan y los circuitos de acciones ordinarias o de una sola cubierta. Si no es común entre los circuitos de transmisión y recepción de las funciones, el dispositivo es un transmisor-receptor. El término se originó en la década de 1920. Técnicamente, transmisores-receptores deben combinar una cantidad significativa del transmisor y receptor de la manipulación de circuitos. Dispositivos similares, tales como los transceivers, transverters y repetidores

Transmisores-receptores se llaman medianas unidades adjunto (MAU) en IEEE 802.3 documentos, que fueron ampliamente utilizados en Base 10, Base 2 y 10Base5 Ethernet redes.

Fibra Óptica Gigabit y 10 Gigabit Ethernet utilizan transmisores-receptores conocidos como GBIT, SFP, XFP y XAUI.

2.4.3 El conjunto de reglas para acceder al medio

Ethernet no es una tecnología para networking, sino una familia de tecnologías para networking que incluye Legacy, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet. Las velocidades de Ethernet pueden ser de 10, 100, 1000 ó 10000 Mbps. El formato básico de la trama y las subcapas del IEEE de las Capas OSI 1 y 2 siguen siendo los mismos para todas las formas de Ethernet.

Cuando es necesario expandir Ethernet para agregar un nuevo medio o capacidad, el IEEE publica un nuevo suplemento del estándar 802.3. Los nuevos suplementos reciben una designación de una o dos letras, como por ejemplo: 802.3u. También se asigna una descripción abreviada (identificador) al suplemento.

La descripción abreviada consta de:

- Un número que indica el número de Mbps que se transmiten.
- La palabra “base”, que indica que se utiliza la señalización banda base.
- Una o más letras del alfabeto que indican el tipo de medio utilizado (F = cable de fibra óptica, T = par trenzado de cobre no blindado).

Ethernet emplea señalización banda base, la cual utiliza todo el ancho de banda del medio de transmisión. La señal de datos se transmite directamente por el medio de transmisión. Ethernet utiliza la señalización banda base, la cual usa la totalidad del ancho de banda del medio de transmisión. La data se transmite directamente sobre el medio de transmisión.

En la señalización banda ancha, la señal de datos nunca se transmite directamente sobre el medio. Ethernet usaba señalización de banda ancha en el estándar 10BROAD36. 10BROAD36 es el estándar IEEE para una red Ethernet 802.3 que usa cable coaxial grueso a 10 Mbps como medio de transmisión de banda ancha. 10BROAD36 se considera ahora obsoleto. Una señal analógica, o señal portadora, es modulada por la data, y la señal portadora modulada es transmitida. En la radio difusión y en la TV por cable se usa la señalización de banda ancha. Una señal analógica (señal portadora) es modulada por la data y se transmite la señal portadora modulada. Las estaciones de radio y la TV por cable utilizan la señalización banda ancha.

El IEEE no puede forzar a los fabricantes de equipamiento para networking a cumplir con todas las particularidades de ningún estándar. El IEEE espera que se logre lo siguiente:

- Proporcionar la información de ingeniería necesaria para fabricar dispositivos que cumplan con los estándares de Ethernet.
- Promover que los fabricantes introduzcan innovaciones.

2.4.4 El frame (paquete) Ethernet

El corazón del sistema Ethernet es el frame Ethernet utilizado para llevar datos entre los computadores.

El “frame” consta de varios bits organizados en varios campos. Estos campos incluyen la dirección física de las interfaces Ethernet, un campo variable de datos (entre 46 y 1500 bytes) y un campo de chequeo de error.

Hay varios tipos de frames: Para 10 Mbps y 100 Mbps se tienen Ethernet V2 (Frame DIX) e IEEE 802.3. Adicionalmente, Gigabit Ethernet hace algunos ajustes al manejo del frame (carrier extension y frame bursting) para poder ser utilizado en canales compartidos (half duplex)

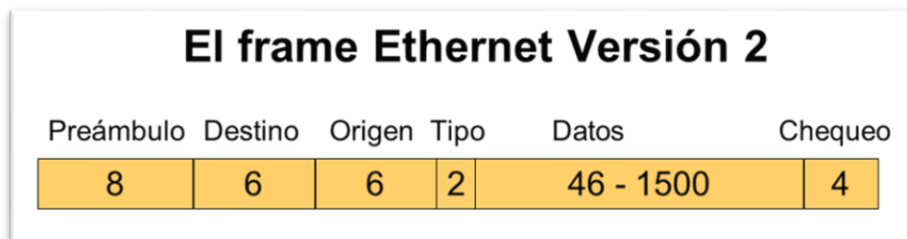


Figura II. 3 Diagrama esquemático de un paquete Ethernet.

- Preámbulo. Este campo tiene una extensión de 7 bytes que siguen la secuencia <<10101010>>.
- Inicio. Es un campo de 1 byte con la secuencia <<10101011>>, que indica que comienza la trama.
- Dirección de destino. Es un campo de 2 o 6 bytes que contiene la dirección del destinatario. Aunque la norma permite las dos longitudes para este campo, la utilizada en la red de 10 Mbps es la de 6 bytes. Esta dirección puede ser local o global. Es local cuando la dirección sólo tiene sentido dentro de la propia red, y suele estar asignada por el administrador de red.

Una dirección global (dirección MAC o dirección Ethernet) es única para cada tarjeta de red, normalmente codifica la compañía constructora de la tarjeta y un número de serie. El bit de mayor orden de este campo, que ocupa el lugar 47, codifica si la dirección de destino es un único destinatario (bit puesto a 0) o si representa una dirección de grupo (bit puesto a 1). Una dirección de grupo es la dirección a la que varias estaciones tienen derecho de escucha (transmisión de uno a varios). Cuando todos los bits del campo dirección están a 1, se codifica una difusión o «broadcast», es decir, codifica una trama para todas las estaciones de la red.

El sistema sabe si se trata de una dirección local o global analizando el valor del bit 46.

- Dirección de origen. Es semejante al campo de dirección de destino, pero codifica la dirección MAC de la estación que originó la trama, es decir, de la tarjeta de red de la estación emisora.
- Longitud. Este campo de dos bytes codifica cuántos bytes contiene el campo de datos. Su valor oscila en un rango entre 0 y 1 500.
- Datos. Es un campo que puede codificar entre 0 y 1500 bytes en donde se incluye la información de usuario procedente de la capa de red.
- Relleno. La norma IEEE 802.3 especifica que una trama no puede tener un tamaño inferior a 64 bytes, por tanto, cuando la longitud del campo de datos es muy pequeña se requiere rellenar este campo para completar una trama mínima de al menos 64 bytes. Es un campo que puede, por tanto, tener una longitud comprendida entre 0 y 46 bytes, de modo que la suma total de la trama sea al menos de 64 bytes.
- CRC. Es el campo de 4 bytes en donde se codifica el control de errores de la trama.

2.4.5 Dirección física MAC

En las redes de computadoras, la dirección MAC (siglas en inglés de media access control; en español "control de acceso al medio") es un identificador de 48 bits (3 bloques hexadecimales) que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red.

Se conoce también como dirección física, y es única para cada dispositivo. Está determinada y configurada por el IEEE (los últimos 24 bits) y el fabricante (los primeros 24 bits) utilizando el unificado y organizacional. La mayoría de los protocolos que trabajan en la capa 2 del modelo OSI usan una de las tres numeraciones manejadas por el IEEE: MAC-48, EUI-48, y EUI-64, las cuales han sido diseñadas para ser identificadores globalmente únicos. No todos los protocolos de comunicación usan direcciones MAC, y no todos los protocolos requieren identificadores globalmente únicos.

Las direcciones MAC son únicas a nivel mundial, puesto que son escritas directamente, en forma binaria, en el hardware en su momento de fabricación. Debido a esto, las direcciones MAC son a veces llamadas *burned-in addresses*, en inglés.

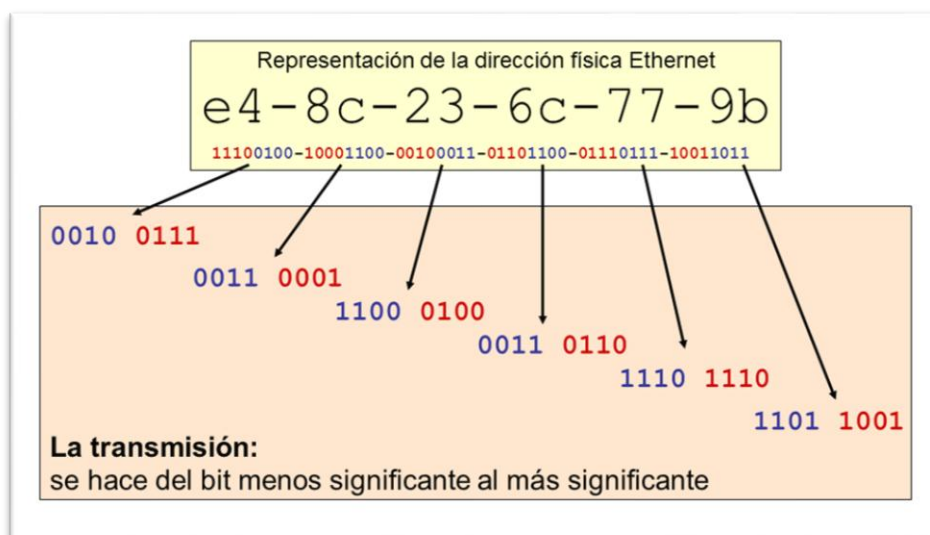


Figura II. 4 Representación de la dirección física Ethernet.

2.4.6 Principio de transmisión

Todos los equipos de una red Ethernet están conectados a la misma línea de transmisión y la comunicación se lleva a cabo por medio de la utilización un protocolo denominado CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect que significa que es un protocolo de acceso múltiple que monitorea la portadora: detección de portadora y detección de colisiones).

Con este protocolo cualquier equipo está autorizado a transmitir a través de la línea en cualquier momento y sin ninguna prioridad entre ellos. Esta comunicación se realiza de manera simple:

- Cada equipo verifica que no haya ninguna comunicación en la línea antes de transmitir.
- Si dos equipos transmiten simultáneamente, entonces se produce una colisión (o sea, varias tramas de datos se ubican en la línea al mismo tiempo).
- Los dos equipos interrumpen su comunicación y esperan un período de tiempo aleatorio, luego una vez que el primero ha excedido el período de tiempo, puede volver a transmitir.

Este principio se basa en varias limitaciones:

- Los paquetes de datos deben tener un tamaño máximo.
- Debe existir un tiempo de espera entre dos transmisiones.

El tiempo de espera varía según la frecuencia de las colisiones:

- Luego de la primera colisión, un equipo espera una unidad de tiempo.
- Luego de la segunda colisión, un equipo espera dos unidades de tiempo.
- Luego de la tercera colisión, un equipo espera cuatro unidades de tiempo. Por supuesto, con una cantidad menor de tiempo aleatorio adicional.

2.5 Control Industrial

2.5.1 Lógica Cableada

Lógica cableada o Lógica de contactos, es una forma de realizar controles, en la que el tratamiento de datos (botonería, fines de carrera, sensores, presóstatos, etc.), se efectúa en conjunto con contactores o relés auxiliares, frecuentemente asociados a temporizadores y contadores.

La lógica cableada industrial consiste en el diseño de automatismos con circuitos cableados entre contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, diodos, relés de protección, válvulas óleo-hidráulicas o neumáticas y otros componentes. Los cableados incluyen funciones de comando y control, de señalización, de protección y de potencia. La potencia además de circuitos eléctricos comprende a los circuitos neumáticos (mando por aire a presión) u óleo

hidráulicos (mando por aceite a presión). Crea automatismos rígidos, capaces de realizar una serie de tareas en forma secuencial, sin posibilidad de cambiar variables y parámetros. Si se ha de realizar otra tarea será necesario realizar un nuevo diseño. Se emplea en automatismos pequeños, o en lugares críticos, donde la seguridad de personas y máquinas, no puede depender de la falla de un programa de computación.

En sistemas mayores también se emplea el autómata programable, entre los que se encuentran los PLC controlador lógico programable, la UTR Unidad Terminal Remota o los relés programables, o computadoras o servidores de uso industrial. Estos autómatas no se programan en lenguajes tradicionales como cualquier computador, se programan en Ladder, lenguaje en el cual las instrucciones no son otra cosa que líneas de lógica cableada. Así el conocimiento de la lógica cableada es de fundamental importancia para quien programa un autómata programable o PLC. La lógica cableada más que una técnica, hoy en día constituye una filosofía que permite estructurar circuitos en forma ordenada, prolija y segura, sea en circuitos cableados o programados. La práctica de la lógica cableada ha sido asimilada por otras ramas de la tecnología como las telecomunicaciones y la informática, con la introducción del cableado estructurado en edificios, oficinas y locales comerciales, lugares donde es poco usual el manejo de esquemas y dibujos de las instalaciones eléctricas, excepto la de potencia, la elaboración de proyectos de detalle y el cableado en forma ordenada mediante el uso de borneras y regletas, que pasaron a llamarse “patcheras” en el caso de las redes de datos y telefonía.

A continuación se describen los elementos, circuitos básicos y la filosofía comúnmente empleada en la lógica cableada. Los dibujos de los componentes presentados no siguen una normativa en particular, correspondiendo al estilo europeo de dibujo de esquemas eléctricos (normas CEI internacional, DIN de Alemania, NF de Francia).

2.5.1.1 Guardamotor

Los interruptores automáticos de motor utilizan el mismo principio de protección que los interruptores magnetotérmicos. Son aparatos diseñados para ejercer hasta 4 funciones:

- 1.- Protección contra sobrecargas.
- 2.- Protección contra cortocircuitos.
- 3.- Maniobras normales manuales de cierre y apertura.
- 4.- Señalización.

Este tipo de interruptores, en combinación con un contactor, constituye una solución excelente para la maniobra de motores, sin necesidad de fusibles de protección.

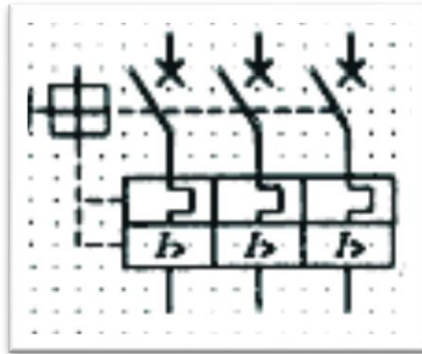


Figura II. 5 Símbolo representativo de un guardamotor

Como ya hemos dicho, estos interruptores disponen de una protección térmica. Cada uno de los tres polos del interruptor automático dispone de un disparador térmico de sobrecarga consistente en unos bimetales por los cuales circula la intensidad del motor. En caso de una sobrecarga el disparo se produce en un tiempo definido por su curva característica

2.5.1.2 Relés o Contactores

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos).

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.

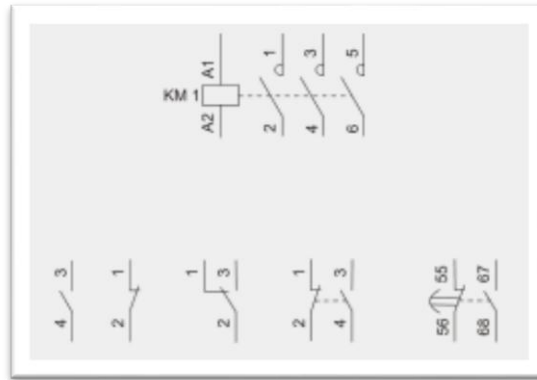


Figura II. 6 Símbolos representativos de los relés o contactores.

Partes del contactor:

- **Carcasa:** Es el soporte fabricado en material no conductor, con un alto grado de rigidez y rigidez al calor, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores del contactor.
- **Electroimán:** Es el elemento motor del contactor. Está compuesto por una serie de elementos cuya finalidad es transformar la energía eléctrica en magnetismo, generando un campo magnético muy intenso, el cual a su vez producirá un movimiento mecánico.
- **Bobina:** Es un arrollamiento de alambre de cobre muy delgado y un gran número de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético. El flujo magnético produce un electromagnético, superior al par resistente de los muelles (resortes) que separan la armadura del núcleo, de manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente.
- Cuando una bobina se energiza con AC la intensidad absorbida por esta, denominada corriente de llamada, es relativamente elevada, debido a que en el circuito prácticamente solo se tiene la resistencia del conductor. Esta corriente elevada genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo puede atraer a la armadura, a pesar del gran entrehierro y la resistencia mecánica del resorte o muelle que los mantiene separados en estado de reposo. Una vez que se cierra el circuito magnético, al juntarse el núcleo con la armadura, aumenta la impedancia de la bobina, de tal manera que la corriente de llamada se reduce considerablemente, obteniendo de esta manera una corriente de mantenimiento o trabajo mucho más baja.
- **Núcleo:** Es una parte metálica, de material ferromagnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo

magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo), para atraer con mayor eficiencia la armadura.

- Armadura: Elemento móvil, cuya construcción se parece a la del núcleo, pero sin espiras de sombra, Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizada la bobina, ya que en este estado de reposo debe estar separado del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina entre hierro cota de llamada.

Las características del muelle permiten que, tanto el cierre como la apertura del circuito magnético, se realicen en forma muy rápida (solo unos 10 milisegundos). Cuando el par resistente del muelle es mayor que el par electromagnético, el núcleo no lograra atraer la armadura o lo hará con mucha dificultad. Por el contrario, si el par resistente del muelle es demasiado débil, la separación de la armadura no se producirá con la rapidez necesaria.

Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente en cuanto la bobina se energice. Todo contacto está compuesto por tres conjuntos de elementos:

Dos partes fijas ubicadas en la coraza y una parte móvil colocada en la armadura para establecer o interrumpir el paso de la corriente entre las partes fijas. El contacto móvil lleva el mencionado resorte que garantiza la presión y por consiguiente la unión de las tres partes.

- Contactos principales: Su función es establecer o interrumpir el circuito principal, consiguiendo así que la corriente se transporte desde la red a la carga.
- Simbología: Se referencian con una sola cifra del 1 al 16.
- Contactos auxiliares: Son contactos cuya función específica es permitir o interrumpir el paso de la corriente a las bobinas de los contactores o los elementos de señalización, por lo cual están dimensionados únicamente para intensidades muy pequeñas.

Los tipos más comunes son:

- Instantáneos: actúan tan pronto se energiza la bobina del contactor, se encargan de abrir y cerrar el circuito.
- Temporizados: actúan transcurrido un tiempo determinado desde que se energiza la bobina (temporizados a la conexión) o desde que se desenergiza la bobina (temporizados a la desconexión).
- De apertura lenta: el desplazamiento y la velocidad del contacto móvil es igual al de la armadura.
- De apertura positiva: los contactos cerrados y abiertos no pueden coincidir cerrados en ningún momento.

En su simbología aparecen con dos cifras donde la unidad indica:

- 1 y 2, contacto normalmente cerrados, NC.
- y 4, contactos normalmente abiertos, NA.
- y 6, contacto NC de apertura temporizada o de protección.
- 7 y 8, contacto NA de cierre temporizado o de protección. por su parte, la cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contactor. En un lado se indica a que contactor pertenece.

2.5.1.3 Pulsadores e Interruptores

Un interruptor eléctrico es un dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno las aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende un bombillo, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas controlado por computadora.

Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen para permitir que la corriente circule. El actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unidos.

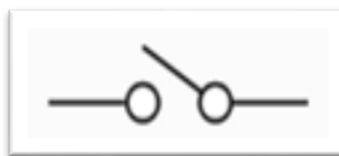


Figura II. 7 Símbolo electrónico de un Interruptor

2.5.1.3.1 Clasificación de los Interruptores:

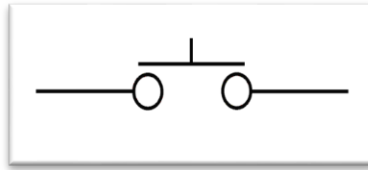


Figura II. 8 Símbolo electrónico de un pulsador SPST (Pulse Switch)

- **Actuantes**

Los actuantes de los interruptores pueden ser normalmente abiertos, en cuyo caso al accionarlos se cierra el circuito (el caso del timbre) o normalmente cerrados en cuyo caso al accionarlos se abre el circuito.

- **Pulsadores**

También llamados interruptores momentáneos. Este tipo de interruptor requiere que el operador mantenga la presión sobre el actuante para que los contactos estén unidos. Un ejemplo de su uso lo podemos encontrar en los timbres de las casas.

- **Interruptor de doble polo**

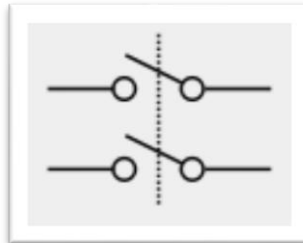


Figura II. 9 Símbolo electrónico de un interruptor de doble polo (DP).

Son la cantidad de circuitos individuales que controla el interruptor. Un interruptor de un solo polo como el que usamos para encender una lámpara. Los hay de 2 o más polos. Por ejemplo si queremos encender un motor de 220 voltios y a la vez un indicador luminoso de 12 voltios necesitaremos un interruptor de 2 polos, un polo para el circuito de 220 voltios y otro para el de 12 voltios.

- **Interruptor de doble vía**

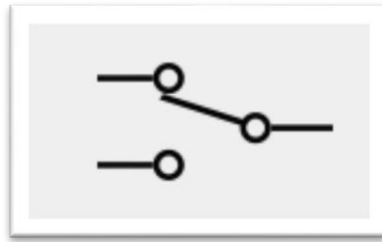


Figura II. 10 Símbolo electrónico de un interruptor de doble vía (DT).

Los hay de 2 o más vías. Un ejemplo de un interruptor de 3 vías es el que podríamos usar para controlar un semáforo donde se enciende una bombilla de cada color por cada una de las posiciones o vías.

Combinaciones:

Se pueden combinar las tres clases anteriores para crear diferentes tipos de interruptores. En la figura inferior podemos ver un ejemplo de un interruptor DPDT.

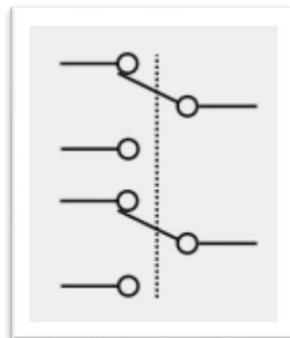


Figura II. 11 Interruptor de doble polo y doble vía

2.5.1.4 Relé programable

Los relés programables compactos responden a las necesidades de los automatismos simples, hasta 20 entradas/salidas

Los relés programables modulares permiten, si fuera necesario, ampliar las entradas/salidas y la comunicación en la red Modbus, para obtener más rendimiento y flexibilidad, de 10 a 40 entradas/salidas.

Se pueden utilizar para diferentes áreas y procesos, como por ejemplo:

- Sistemas de iluminación
- Energía
- Ventilación
- Transporte
- Alarma
- Irrigación
- Refrigeración y acondicionamiento de aire
- Comando de puertas y cancelas
- Control de silos y ascensores
- Comando de bombas y compresores
- Comando de señaleros y otras aplicaciones

2.5.1.5 Variador de frecuencia

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, micro drivers o inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

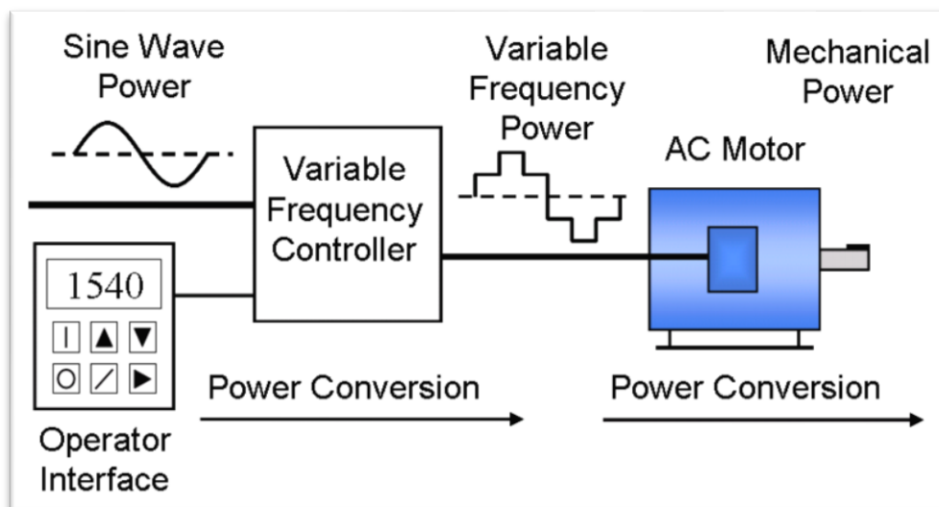


Figura II. 12 Diagrama de bloques del Variador de Frecuencia

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de CA suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la relación:

$$RPM = \frac{120 \times f}{p}$$

Dónde:

RPM = Revoluciones por minuto

f = frecuencia de suministro CA (Hercio)

p = Número de polos (adimensional)

Las cantidades de polos más frecuentemente utilizadas en motores síncronos o en Motor asíncrono son 2, 4, 6 y 8 polos que, siguiendo la ecuación citada, resultarían en 3000 RPM, 1500 RPM, 1000 RPM y 750 RPM respectivamente para motores sincrónicos únicamente y a la frecuencia de 50 Hz. Dependiendo de la ubicación geográfica funciona en 50Hz o 60Hz.

En los motores asíncronos las revoluciones por minuto son ligeramente menores por el propio asincronismo que indica su nombre. En estos se produce un desfase mínimo entre la velocidad de rotación (RPM) del rotor (velocidad "real" o "de salida") comparativamente con la cantidad de RPM's del campo magnético (las cuales si deberían cumplir la ecuación arriba mencionada tanto en Motores síncronos como en motores asíncronos) debido a que sólo es atraído por el campo magnético exterior que lo aventaja siempre en velocidad (de lo contrario el motor dejaría de girar en los momentos en los que alcanzase al campo magnético)

Motor del VFD

El motor usado en un sistema VFD es normalmente un motor de inducción trifásico. Algunos tipos de motores monofásicos pueden ser igualmente usados, pero los motores de tres fases son normalmente preferidos. Varios tipos de motores síncronos ofrecen ventajas en algunas situaciones, pero los motores de inducción son más apropiados para la mayoría de propósitos y son generalmente la elección más económica. Motores diseñados para trabajar a velocidad fija son usados habitualmente, pero la mejora de los diseños de motores estándar aumenta la fiabilidad y consigue mejor rendimiento del VFD.(variador de frecuencia)

Controlador del VFD

El controlador de dispositivo de variación de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de estado sólido. El diseño habitual primero convierte la energía de entrada AC en DC usando un punteo rectificador. La energía intermedia DC es convertida en una señal quasi-senoidal de AC usando un circuito inversor conmutado. El rectificador es usualmente un puente trifásico de diodos, pero también se usan rectificadores controlados. Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un *convertidor de fase*, un variador de velocidad).

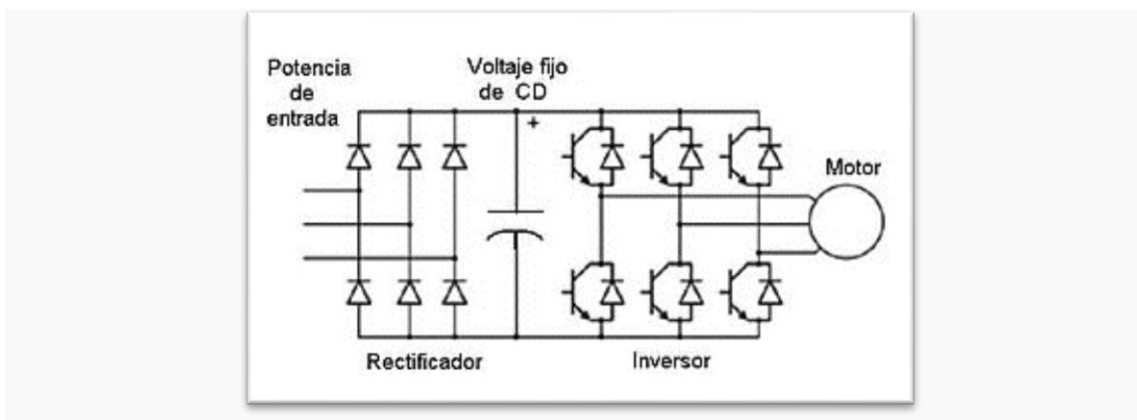


Figura II. 13 Diagrama de Variador de frecuencia con Modulación de Ancho de Pulso (PWM).

Tan pronto como aparecieron los interruptores semiconductores fueron introducidos en los VFD, ellos han sido aplicados para los inversores de todas las tensiones que hay disponible. Actualmente, los transistores bipolares de puerta aislada (IGBTs) son usados en la mayoría de circuitos inversores.

Las características del motor CA requieren la variación proporcional del voltaje cada vez que la frecuencia es variada. Por ejemplo, si un motor está diseñado para trabajar a 460 voltios a 60 Hz, el voltaje aplicado debe reducirse a 230 volts cuando la frecuencia es reducida a 30 Hz. Así la relación voltios/hertzios deben ser regulados en un valor constante ($460/60 = 7.67$ V/Hz en este caso). Para un funcionamiento óptimo, otros ajustes de voltaje son necesarios, pero nominalmente la constante es V/Hz es la regla general. El método más novedoso y extendido en nuevas aplicaciones es el control de voltaje por PWM.

2.6 Motores Eléctricos

El motor eléctrico es el equipo más utilizado por el hombre en su caminata en busca del progreso, ya que la mayoría de las máquinas y muchos inventos conocidos dependen de él.

Como desempeña un papel muy importante para el contorno y bienestar de la humanidad, el motor eléctrico necesita ser identificado y tratado como una máquina motriz cuyas características encierran determinados cuidados, de los cuales la instalación y mantenimiento. Esto significa decir que el motor eléctrico debe ser tratado de forma adecuada.

La instalación y mantenimiento exigen cuidados específicos, para garantizar el perfecto funcionamiento y prolongar la vida de la máquina motriz.

2.6.1 Definición

Los motores eléctricos convierten la electricidad en energía mecánica apta para mover los accionamientos de una variedad de equipos; son utilizados en tornos, ventiladores, extractores, bandas transportadoras, bombas de agua, compresores, taladros y en múltiples aplicaciones en las empresas.

Estas máquinas se han convertido en los principales consumidores de energía eléctrica, representando hasta un 50% del consumo en los sectores comercial e industrial.

El funcionamiento de un motor se logra circulando corriente eléctrica en el embobinado de cobre de la parte fija (estator), lo cual genera un campo magnético. Al interactuar con el campo magnético de la parte móvil (rotor), se produce el movimiento de giro. El motor eléctrico usa los polos magnéticos (que funcionan como imanes) para producir el movimiento del rotor. Este movimiento es transmitido al exterior por medio de un eje o flecha para accionar equipos mecánicos.

La potencia de salida mecánica del motor está definida por el torque y la velocidad. El torque se refiere al equivalente de una fuerza por distancia que es capaz de ejercer un motor en cada giro, la velocidad es la cantidad de veces que gira el eje del motor en un minuto.

2.6.2 Partes de un Motor Eléctrico

Los motores eléctricos en su mayoría sin importar el tipo que sea constan de dos partes esenciales para realizar su trabajo motriz como son el estator y el rotor, pero además de estas partes constan de otras partes complementarias que se detallan a continuación:

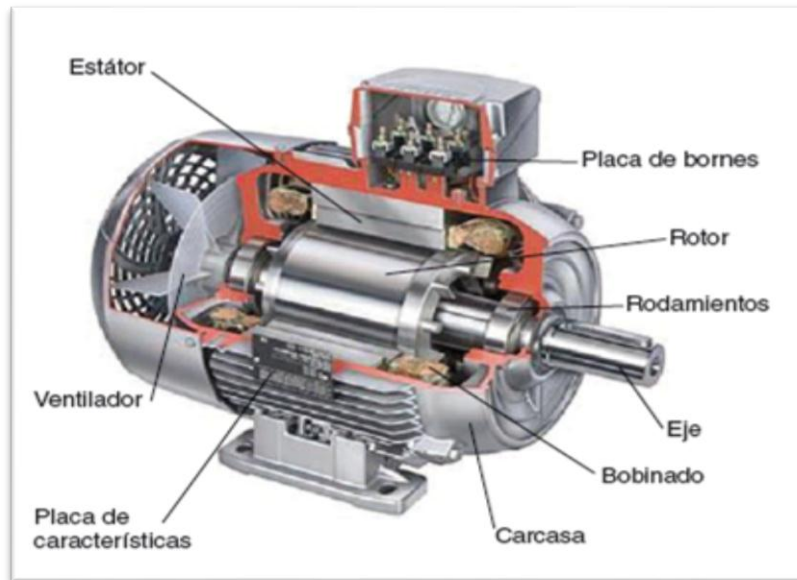


Figura II. 14 Partes del Motor

Los motores eléctricos están conformados por dos partes principales:

- Estator fijo
- Rotor móvil.

Estator.- En este se encuentran los elementos magnéticos del motor, esto es, polos magnéticos (imanes) y un embobinado de alambres de cobre.

Rotor móvil.- Este es un elemento que gira a gran velocidad y se apoya en cojinetes de rodamiento. Su velocidad de rotación en revoluciones por minuto es inversamente proporcional al número de polos magnéticos del estator. Dependiendo del diseño del rotor, puede estar formado por barras conductoras o devanados de cobre.

Además, existen otros elementos importantes en el motor como:

Carcasa: Es la parte externa del motor y puede tener formas diferentes según la aplicación mecánica que éste vaya a tener. En su exterior se encuentran las aletas de enfriamiento del motor

Entrehierro: Es el espacio uniforme comprendido entre el rotor y estator.

Otros elementos complementarios son:

- Caja de conexiones
- Ventilador
- Rodamientos
- Base
- Tapas
- Placa de datos

2.6.3 Clasificación de los Motores de Corriente Alterna

Por las grandes ventajas que tiene de recibir la corriente alterna de la empresa de distribución eléctrica, la gran mayoría de los equipos que requieren de un motor eléctrico utilizan los de corriente alterna, preferentemente en forma trifásica, aunque existen muchos de baja potencia que reciben sólo una fase eléctrica (denominados monofásicos).

Los motores de corriente alterna también pueden variar la velocidad y torque que entregan al equipo acoplado, para ello deben instalarse en combinación con un regulador electrónico de velocidad variable, conocidos en el lenguaje industrial como “drivers”, “variadores de frecuencia” o “convertidores de frecuencia variable”.

Se diseñan dos tipos básicos de motores para funcionar con corriente alterna polifásica: los motores síncronos y los motores de inducción.

2.6.4 Motores de Corriente Alterna Síncronos

El motor síncrono es en esencia un alternador trifásico que funciona a la inversa. Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica. La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo, y hace que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna. En los síncronos, el eje gira a la misma velocidad que lo hace el campo magnético, mientras que en los asíncronos el eje revoluciona a una velocidad poco menor a la del campo magnético.

La única condición para que esto ocurra consiste en que ambos campos roten a la velocidad sincrónica:

$$n_s = \frac{60f}{p}$$

Es decir, son motores de velocidad constante.

Para una máquina sincrónica de polos no salientes (rotor cilíndrico), el par se puede escribir en términos de la corriente alterna del estator, $i_s(t)$, y de la corriente continua del rotor “ i_f ”:

$$T = k \cdot \frac{i_s(t)}{i_f} \cdot \frac{1}{\text{sen}(\gamma)}$$

Dónde: γ es el ángulo entre los campos del estator y del rotor

El rotor de un alternador de dos polos debe hacer una vuelta completa para producir un ciclo de c-a. Debe girar 60 veces por segundo (si la frecuencia fuera de 60 Hz), o 3.600 revoluciones por minuto (rpm), para producir una c-a de 60 Hz. Si se puede girar a 3.600 rpm tal alternador por medio de algún aparato mecánico, como por ejemplo, un motor de c-c, y luego se excita el inducido con una c-a de 60 Hz, continuará girando como un motor síncrono.

Su velocidad de sincronismo es 3.600 rpm. Si funciona con una c-a de 50 Hz, su velocidad de sincronismo será de 3.000 rpm. Mientras la carga no sea demasiado pesada, un motor síncrono gira a su velocidad de sincronismo y solo a esta velocidad. Si la carga llega a ser demasiado grande, el motor va disminuyendo velocidad, pierde su sincronismo y se para.

Los motores síncronos sustituyen a los motores asíncronos solamente en aplicaciones que requieren características especiales. Se utilizan en grandes industrias que cuentan con aplicaciones de velocidad baja además de constante y ser de alta potencia, como:

- molinos
- mezcladoras
- trituradoras.

En la pequeña y mediana empresa son prácticamente innecesarios.

Una de las ventajas más importantes de los motores síncronos es que su factor de potencia puede llegar a tener valores iguales a uno, e incluso se puede fabricar con $\cos\phi$ capacitivo, es decir, con la intensidad adelantada respecto de la tensión, pudiéndose utilizar por tanto como generadores de potencia reactiva, compensando así la instalación y evitando recargos por consumo de potencia reactiva, es decir, disminuyendo el costo de la facturación eléctrica. La eficiencia de los motores síncronos con $\cos\phi = 0.8$ en adelante es entre 0.5 a 1 % más bajo que con un factor de potencia de la unidad.

La velocidad constante de un motor síncrono es ventajosa en ciertos aparatos. Sin embargo, no pueden utilizarse este tipo de motores en aplicaciones en las que la carga mecánica sobre el motor llega a ser muy grande, ya que si el motor reduce su velocidad cuando está bajo carga puede quedar fuera de fase con la frecuencia de la corriente y llegar a pararse. Los motores síncronos pueden funcionar con una fuente de potencia monofásica mediante la inclusión de los elementos de circuito adecuados para conseguir un campo magnético rotatorio.

2.6.5 Motores de Corriente Alterna Asíncronos

El más simple de todos los tipos de motores eléctricos es el motor de inducción de caja de ardilla que se usa con alimentación trifásica. La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas y es similar a la del motor síncrono. El elemento rotatorio consiste en un núcleo, en el que se incluyen una serie de conductores de gran capacidad colocados en círculo alrededor del árbol y paralelos a él. Cuando no tienen núcleo, los conductores del rotor se parecen en su forma a las jaulas cilíndricas que se usaban para las ardillas.

Los motores asíncronos basan su funcionamiento en la creación de un campo magnético giratorio en el entrehierro, que es el espacio comprendido entre el rotor y el estator, debido a la circulación de corriente alterna por los devanados trifásicos y la influencia de los polos magnéticos del estator.

Principio de funcionamiento

El funcionamiento de un motor asíncrono se basa en la acción del flujo giratorio generado en el circuito estatórico sobre las corrientes inducidas por dicho flujo en el circuito del rotor. El flujo creado por el bobinado estatórico corta los conductores del rotor, por lo que se generan fuerzas electromotrices (f.e.m.) inducidas. Suponiendo cerrado el bobinado rotórico, es de entender que sus conductores serán recorridos por corrientes eléctricas. La acción mutua del flujo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor originan fuerzas electrodinámicas sobre los propios conductores del rotor y originan fuerzas electrodinámicas sobre los propios conductores que arrastran al rotor haciéndolo girar (Ley de Lenz).

La velocidad de rotación del rotor en los motores asíncronos de inducción es siempre inferior a la velocidad de sincronismo (velocidad de flujo giratorio). Para que se genere una fuerza electromotriz en los conductores del rotor ha de existir un movimiento relativo entre los conductores y el flujo giratorio. A la diferencia entre la velocidad del flujo giratorio y del rotor se le llama deslizamiento.

Los conductores del rotor están cortocircuitados por los extremos (jaula de ardilla) o unidos a un reóstato exterior.

Circula por ellos una corriente cuyo sentido viene dado por la regla de la mano derecha. Por los conductores del rotor circula corriente y está inmerso en un campo magnético. Aparece sobre ellos una fuerza cuyo sentido viene dado por la regla de la mano izquierda.

Como consecuencia el rotor girará en el mismo sentido que el campo magnético giratorio pero a una velocidad “ n ” algo inferior a la de sincronismo “ ns ” ya que si $n = ns$ los conductores del rotor no cortarían líneas de fuerza.

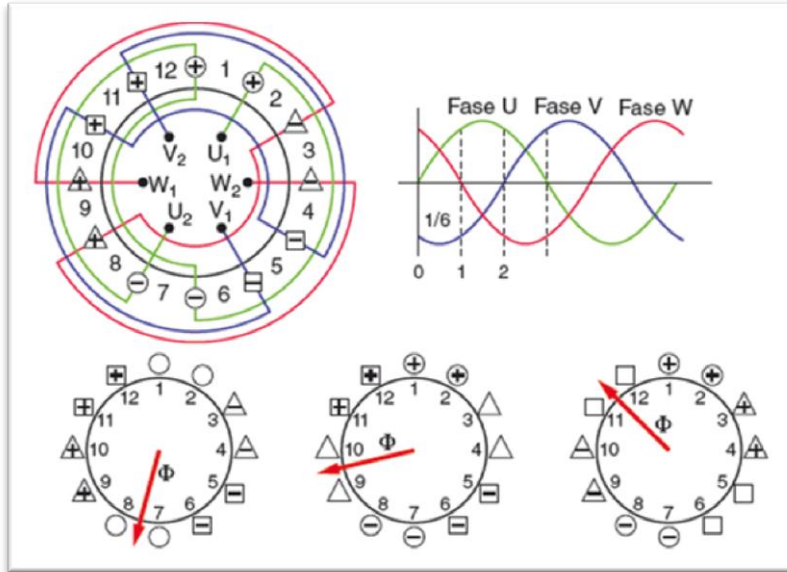


Figura II. 15 Comprobación de Campo Magnético

Deslizamiento

Ya se mencionó que los motores asíncronos no giran a la velocidad del campo magnético, llamada sincronía, sino que lo hacen a una velocidad muy próxima, se llama deslizamiento “s”, a la diferencia entre la velocidad de sincronismo “n_s” y la del rotor n, expresada como un porcentaje de la velocidad de sincronismo:

$$S = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100$$

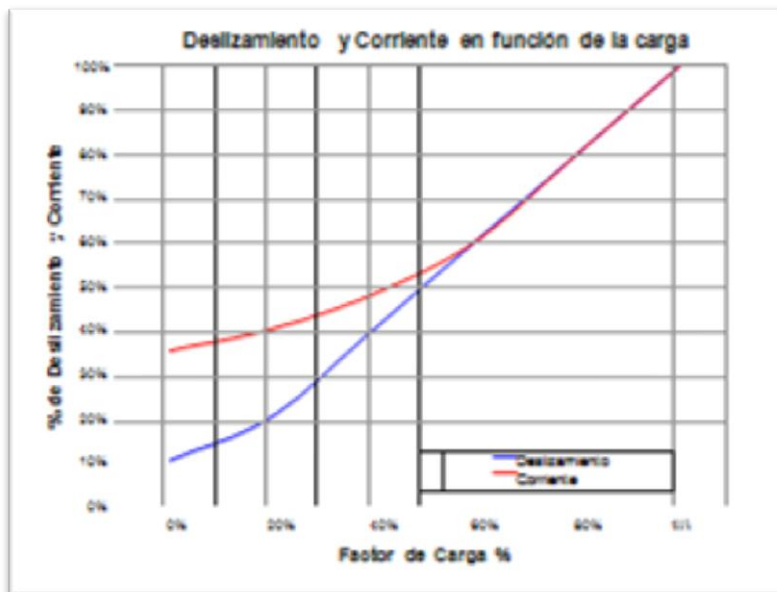


Gráfico II. 2 Deslizamiento y corriente en función de la carga

Por este motivo, los motores asíncronos no pueden funcionar a cualquier velocidad, sino a una serie de velocidades cercanas a la de sincronismo, como lo indica la Gráfico 2 . A medida que el motor ocupa menos carga su deslizamiento es menor, su velocidad de rotación se aproxima más a la de sincronismo; igualmente la corriente nominal solo se demanda cuando la carga es del 100%, en la medida que el motor este a menor carga se solicita menos corriente, cuando se queda en vacío puede demandar más de del 25% de su corriente de placa.

Velocidad

La velocidad de giro de un motor eléctrico es determinada por el número de polos magnéticos: cuantos más polos, el motor revolucionará más lentamente. La Tabla 1 indica la velocidad de giro del campo magnético en función del número de polos para una frecuencia de alimentación de 60 Hertz.

Tabla II. I Número de polos y velocidad de los motores

Nº de polos	2	4	6	8	10	12
Velocidad en rpm	3.600	1.800	1.200	900	720	600

La razón para utilizar motores de menor velocidad es incrementar el torque o par que necesita entregar el motor.

Perdidas de Energía y Eficiencia

En la transformación de energía eléctrica en mecánica, que tiene lugar en los motores eléctricos, una parte de la energía eléctrica tomada de la red se convierte en calor, constituyendo las pérdidas del motor.

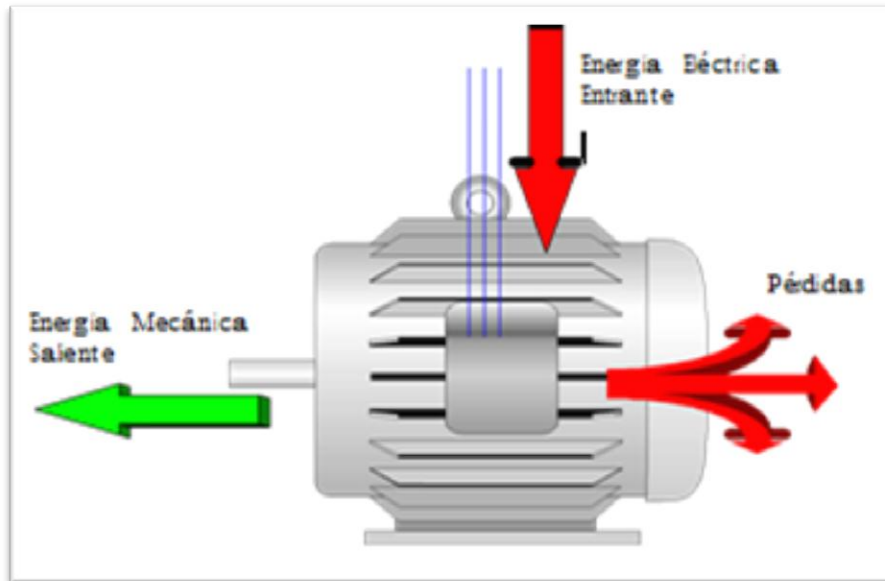


Figura II. 16 Pérdidas de un motor eléctrico

Las pérdidas de un motor de corriente alterna son las siguientes:

Pérdidas eléctricas: dependen del régimen de trabajo del motor, conocido como factor de carga. Se presentan tanto en el estator como en el rotor; se reflejan como calentamiento a través del embobinado del estator y dependen de la resistencia eléctrica del material utilizado en su fabricación.

Según las especificaciones técnicas de cada fabricante, este tipo de pérdidas se pueden reducir haciendo que el diseño de la armadura disipe mejor el calor y disminuyendo el espesor del aislamiento, para incrementar el volumen de cable en el estator.

En el caso del rotor, las pérdidas pueden disminuirse incrementando el tamaño de las barras conductoras para bajar la resistencia, o reduciendo la corriente eléctrica.

Pérdidas en el núcleo: son independientes de la carga y representan la energía requerida para magnetizar el material del núcleo, por lo que se producen en el acero magnético del motor.

Pérdidas mecánicas: se dividen en pérdidas por fricción y por ventilación. Las primeras ocurren debido a la fricción entre el rotor y el estator y el rozamiento de los rodamientos del eje del motor. Por su parte, las pérdidas por ventilación se deben a la

fricción de las partes en movimiento del motor con el aire que se encuentra dentro de la carcasa.

Las pérdidas mecánicas pueden reducirse mejorando la selección de cojinetes, utilizando baleros de mejor calidad, reduciendo el entrehierro, mejorando el movimiento del flujo de aire y empleando un ventilador más eficiente, según el diseño del fabricante.

Las pérdidas de un motor de inducción pueden agruparse en dos bloques: las que dependen del índice de carga del motor, y las que son independientes de la carga. La magnitud de ambos tipos depende del diseño, construcción del motor, materiales y calidad del proceso de manufactura.

Tabla II. II Tipo de pérdida

Tipo de Pérdidas	Donde ocurre	Qué factores las determinan	Como se disminuyen
Independientes del índice de carga	Núcleo, armazón, rodamientos, ventilador	Tipo, calidad y cantidad del material magnético Capacidad de eliminar el calor Fricción entre las partes rodantes Tipo de material aislante	Empleando acero de mejor calidad magnética, como acero al silicio. Con una armadura diseñada para disipar mejor el calor. Utilizando un material aislante que resista mayor temperatura. Con un ventilador de enfriamiento de diseño aerodinámico. Utilizando baleros antifricción.
Dependientes del índice de carga	Estator y Rotor	La potencia entregada por el motor reflejada por el índice de carga y la corriente eléctrica su magnitud es el cuadrado de la corriente por la resistencia eléctrica del conductor I^2R	Utilizando conductores de mejor calidad con menor resistencia eléctrica. Con un diámetro adecuado y mayor cantidad del conductor eléctrico, más cobre. Mayor área de laminación. Espacio del entrehierro más estrecho.

Tabla II. III Distribución típica de pérdidas de un motor abierto

Tipos de Perdidas	Potencia del Motor en HP		
	25	50	100
Estator	42%	38%	28%
Rotor	21%	20%	18%
Núcleo	15%	14%	13%
Ventilación y fricción	7%	10%	14%
Adicionales	15%	18%	27%
Total	100%	100%	100%

Eficiencia

La eficiencia de un motor es la relación entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada. Este es el concepto más importante desde el punto de vista del consumo de energía y del costo de operación de un motor eléctrico. La eficiencia se puede expresar de las siguientes maneras:

$$Eficiencia = \frac{Potencia\ Mecánica\ de\ salida}{Potencia\ Eléctrica\ de\ Entrada}$$

$$Eficiencia = \frac{Potencia\ Eléctrica\ de\ Entrada - Perdidas}{Potencia\ Eléctrica\ de\ Entrada}$$

El valor más alto de eficiencia es la unidad (1), en el caso ideal si las pérdidas fueran cero, como lo indica la segunda expresión. Los fabricantes de motores hacen innovaciones tecnológicas tendientes a disminuir las pérdidas al máximo posible empleando materiales de alta calidad y un proceso de mejora continua en la fabricación.

Según la eficiencia, los motores eléctricos se clasifican en tres tipos:

1. **Motores de eficiencia estándar:** no consideran la eficiencia como la principal cualidad, más bien privilegian la funcionalidad y precio, prácticamente los motores con más de 15 años podrían considerarse de eficiencia estándar.
2. **Motor de alta eficiencia:** surge en la década de los años noventa, como consecuencia de contrarrestar los altos precios de la energía y por la necesidad evidente de hacer un uso eficiente y racional de la energía.
3. **Motor Premium:** La innovación de los motores Premium se basa en elevar aún más la eficiencia de los motores eléctricos, para ello se ha perfeccionado su proceso de manufactura y se utilizan materiales de alta calidad, lo cual implica que su costo es también más elevado.

En el gráfico 3 se muestran las eficiencias de los diferentes tipos de motores.

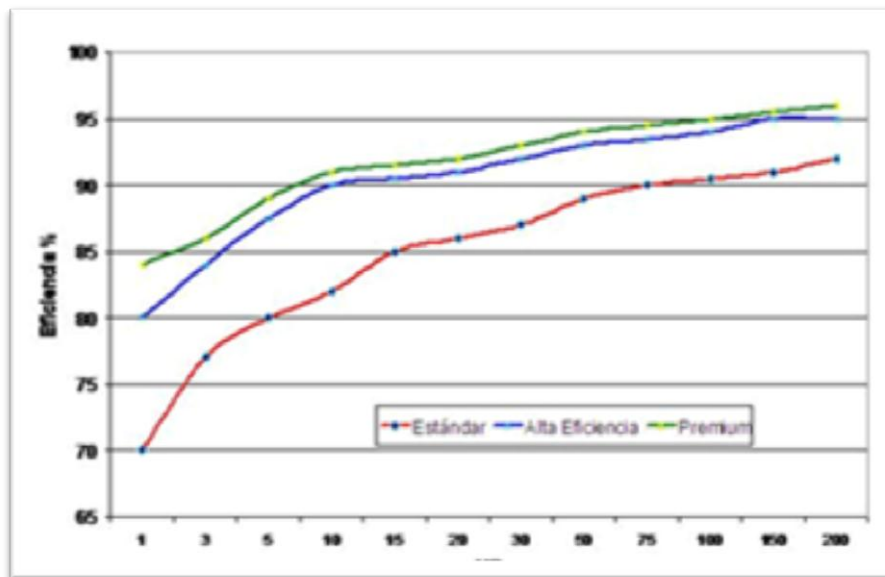


Gráfico II. 3 Comparativo de eficiencia de motores

Factor de Carga

Se llama factor de carga al índice que indica el porcentaje de la capacidad del motor que está siendo utilizado.

Los fabricantes de motores eléctricos reportan en sus manuales técnicos la eficiencia del motor en porcentajes del 100%, 75%, 50% y 25% de factor de carga. Un ejemplo de cómo es reportado este concepto se muestra en la Tabla IV.

Tabla II. IV Valores de eficiencia según el porcentaje de factor de carga.

Potencia del Motor (HP)	Factor de Carga			
	25%	50%	75%	100%
1	39	59	69	72
2	41	61	73	74
3	48	64	75	77
5	51	67	78	78
10	55	69	79	79
15	56	70	81	80
20	63	77	85	83
25	68	85	89	87

La mayoría de los motores eléctricos presentan su mayor eficiencia al 75% de factor de carga, por ello, es conveniente que la elección de la potencia de un motor sea para

que este trabaje a ese porcentaje de carga. Así funcionará en el rango de alta eficiencia y tendrá un 25% de capacidad adicional para soportar mayores cargas de trabajo.

La potencia del motor eléctrico la determina el equipo acoplado, indicada en horse power o caballos de potencia en el eje (HP, por sus siglas en inglés).

Datos de Placa

Los fabricantes de motores indican en la carcasa las especificaciones técnicas del motor eléctrico.

Los datos generalmente reportados son:

- Marca
- Modelo
- Velocidad en revoluciones por minuto(rpm)
- Voltaje de diseño en voltios(v)
- Corriente eléctrica al 100% y al arranque en amperios
- Potencia del motor en el eje al 100% de carga en HP o kW
- Eficiencia del motor al 100% de carga
- Factor de potencia al 100% de carga
- Temperatura máxima de servicio
- Factor de servicio
- Tipo de armadura (frame)

Cada fabricante tiene su propio diseño para presentar la información técnica, por tanto, no siempre se observan los mismos datos, inclusive, información tan importante como la eficiencia puede ser omitida en la placa.

No obstante, es muy importante conservar en buen estado y en su sitio original la placa del motor, pues informa las características de diseño cuando éste trabaja al 100% de su capacidad.

Algunos métodos de diagnóstico de motores eléctricos comparan su operación normal contra su diseño, pero si la placa no está bien conservada, no podrá hacerse tal comparación.



Figura II. 17 Datos de placa de motores eléctricos.

2.6.6 Conexiones y Tipos de Arranque de Motores

Todo bobinado trifásico se puede conectar en estrella (todos los finales conectados en un punto común, alimentando el sistema por los otros extremos libres) o bien en triángulo (conectando el final de cada fase al principio de la fase siguiente, alimentando el sistema por los puntos de unión), como se puede apreciar en la Figura 20.

En la conexión estrella, la intensidad que recorre cada fase coincide con la intensidad de línea, mientras que la tensión que se aplica a cada fase es $\sqrt{3}$ menor que la tensión de línea.

En la conexión triángulo la intensidad que recorre cada fase es $\sqrt{3}$ menor que la intensidad de línea, mientras que la tensión a la que queda sometida cada fase coincide con la tensión de línea.

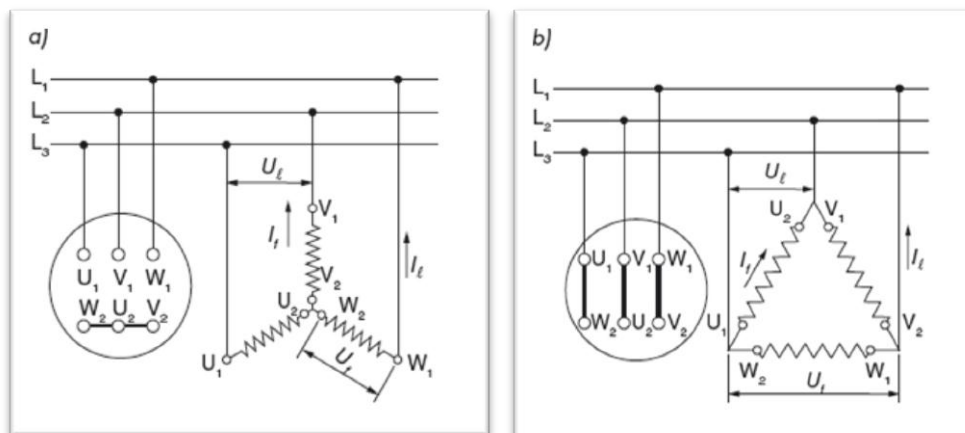


Figura II. 18 Conexiones en los bobinados trifásicos: a) conexión estrella y b) conexión triángulo

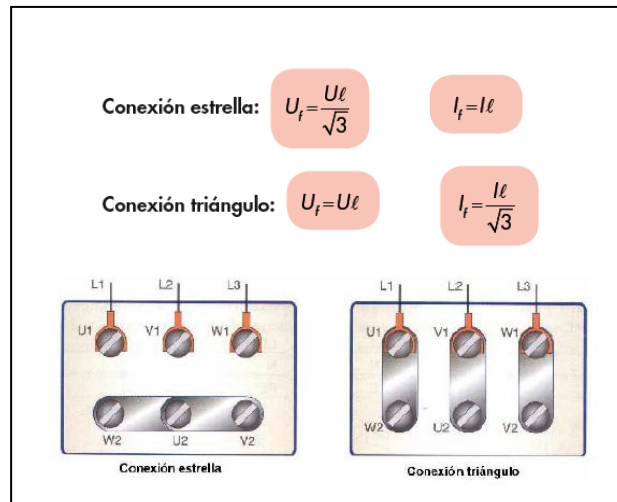


Figura II. 19 Fórmulas de Voltaje y corriente y Puentes sobre las placas de bornes

Arranque Directo

En el momento del arranque este motor acoplado directamente a la red presenta un momento de rotación de 1,8 a 2 veces el de régimen, pero la intensidad absorbida en el arranque toma valores de 5 a 7 veces la nominal.

Para facilitar el conexionado en la placa de bornes del motor (véase la Figura 19), los extremos del bobinado inductor se disponen como muestra la Figura 20.

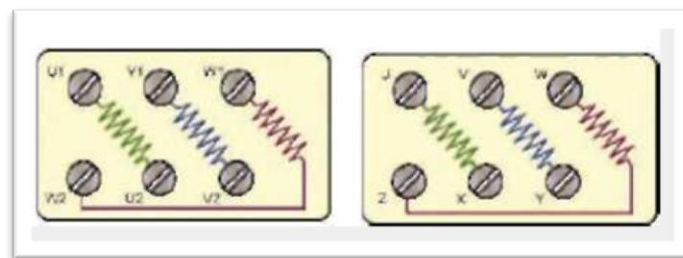


Figura II. 20 Distribución de los extremo de los bobinadosla placa de bornes y sus denominaciones.

Su puesta en marcha se realiza de una forma simple y sencilla mediante un interruptor manual tripolar (véase la Figura 21). Estos interruptores han de estar diseñados para la intensidad del motor.

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) en su instrucción ITC-BT-47 regula la relación que debe existir entre las intensidades de arranque y plena carga de los motores alimentados desde una red pública de alimentación en función de su potencia. De dicha relación de proporcionalidad (véase la Tabla 5) se desprende que los motores de potencias superiores a 0,75 kW que no cumplan la relación de intensidades

expuesta en la tabla, han de disponer de un sistema de arranque que disminuya esa relación.

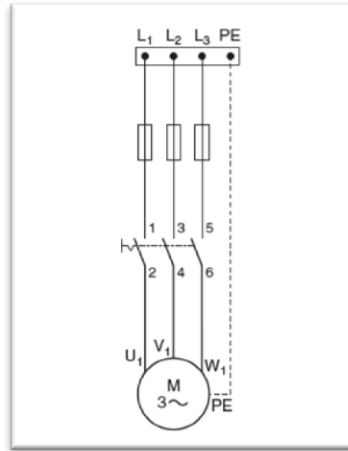


Figura II. 21 Arranque directo de un motor trifásico de forma manual.

Tabla II. V Relación de intensidades de arranque y plena carga admisibles en los motores de corriente alterna para su puesta en marcha según el REBT

Potencia nominal del motor de corriente alterna	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de arranque y plena carga
De 0,75 a 1,5 kW	4,5
De 1,5 a 5,0 kW	3,0
De 5,0 a 15,0kW	2,0
De más de 15,0 kW	1,5

La intensidad en el momento del arranque de motores que no cumpla esta relación puede hacer que salten las protecciones o bien perjudicar las líneas que los alimentan. Para evitar estos inconvenientes se disminuye la tensión en el periodo de arranque y con ello la intensidad, y una vez alcanzada la velocidad de régimen se conecta el motor a su tensión nominal, con lo que se logra amortiguar la intensidad de arranque.

Para conseguir esto se utilizan los siguientes procedimientos:

- Arranque estrella triángulo.
- Arranque mediante autotransformador.
- Arranque mediante resistencias en serie con el bobinado estático.

Arranque Estrella – Triangulo (Y-Δ)

El procedimiento más empleado para el arranque de motores trifásicos de rotor en cortocircuito con relaciones superiores a la expuesta en la Tabla 5 consiste en conectar el motor en estrella durante el periodo de arranque y, una vez lanzado, conectarlo en triángulo para que quede conectado a la tensión nominal. Para ello, se hace necesario intercalar entre el motor y la línea un conmutador manual especial que realiza las conexiones de los extremos del bobinado del motor, sin realizar los puentes sobre la placa de bornes.

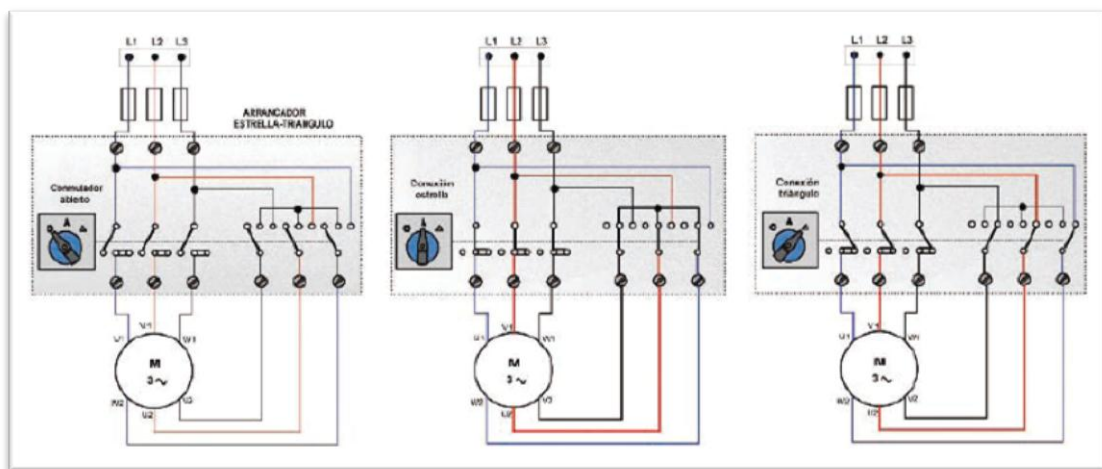


Figura II. 22 Arranque estrella-triángulo de un motor trifásico mediante arrancador manual.

Este conmutador posee tres posiciones: la inicial de desconexión, la siguiente que conecta los bobinados del motor en estrella y la tercera que conecta los bobinados en triángulo. La parada se hace de forma inversa, como se puede ver en el esquema de la Figura 22. En el mercado podemos encontrar distintos modelos de conmutadores y para distintas intensidades.

Para poder utilizar este método, es necesario que el motor pueda funcionar en conexión triángulo a la tensión de la red. En consecuencia, cuando en el arranque lo conectamos en estrella, cada fase queda sometida a una tensión $\sqrt{3}$ menor que la de línea y, por lo tanto, la intensidad que circula por ella es también $\sqrt{3}$ menor que si estuviese conectado en triángulo.

Teniendo en cuenta que si lo conectásemos en triángulo la intensidad en la línea es $\sqrt{3}$ mayor que la de fase, mientras que en estrella son iguales, resulta que el mismo motor

arrancado en estrella consume una intensidad $\sqrt{3}-\sqrt{3} = 3$ veces menor que si lo conectamos en triángulo. Por esta misma razón, el momento de rotación también se reduce en $1/3$.

Arranque mediante autotransformador

Es un procedimiento que se utiliza para motores de gran potencia y consiste en intercalar entre la red de alimentación y el motor un autotransformador, como se ve de forma esquemática en la Figura 23.

Este tiene distintas tomas de tensión reducida, por lo que, en el momento del arranque, al motor se le aplica la tensión menor disminuyendo la intensidad y se va elevando de forma progresiva hasta dejarlo conectado a la tensión de la red.

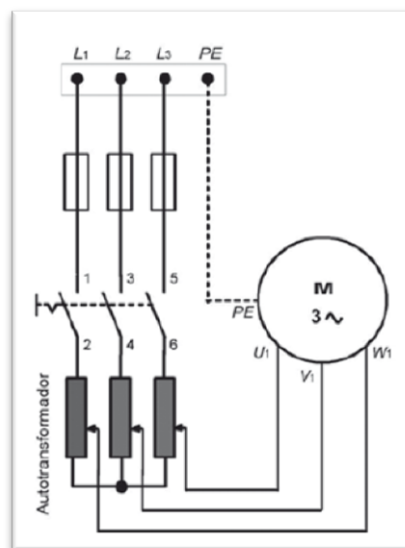


Figura II. 23 Arranque de un motor trifásico mediante auto-transformador.

Arranque con resistencias en serie con el bobinado del estator

Es un procedimiento poco empleado que consiste en disponer un reóstato variable en serie con el bobinado estático. La puesta en marcha se hace con el reóstato al máximo de resistencia y se va disminuyendo hasta que el motor queda conectado a la tensión de red.

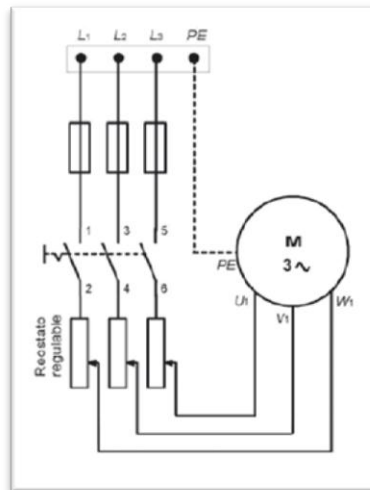


Figura II. 24 Arranque de un motor trifásico mediante resistencias en serie con el estator.

2.6.7 Sentido de giro de los motores trifásicos

Para comprobar el campo magnético giratorio, se tenía en cuenta el sentido de circulación de la corriente por las tres fases del bobinado. En él se ve que la resultante del flujo tiene el sentido de giro de las agujas del reloj (sentido horario), por lo que el rotor es arrastrado en el mismo sentido de giro. Cuando necesitamos que el giro sea al contrario (sentido anti-horario), basta con permutar dos fases de alimentación del motor, con lo que el motor gira en sentido opuesto. Hay que tener cuidado de no permutar las tres fases pues en ese caso el motor sigue girando en el mismo sentido. Este fenómeno se observa en el campo magnético giratorio de la Figura 24.

Cuando una máquina ha de girar en ambos sentidos, necesitamos un *conmutador* (inversor) que realice la permuta de la alimentación sin tener que manipular las conexiones. Estos conmutadores han de estar dimensionados para la intensidad del motor y poseen tres posiciones, con el cero en el medio para conseguir que la inversión no se realice a contramarcha (véase la Figura 25 (a)). En la Figura 25(b) podemos ver el esquema de conexiones de un inversor de giro manual para realizar estas maniobras sin tocar las conexiones.

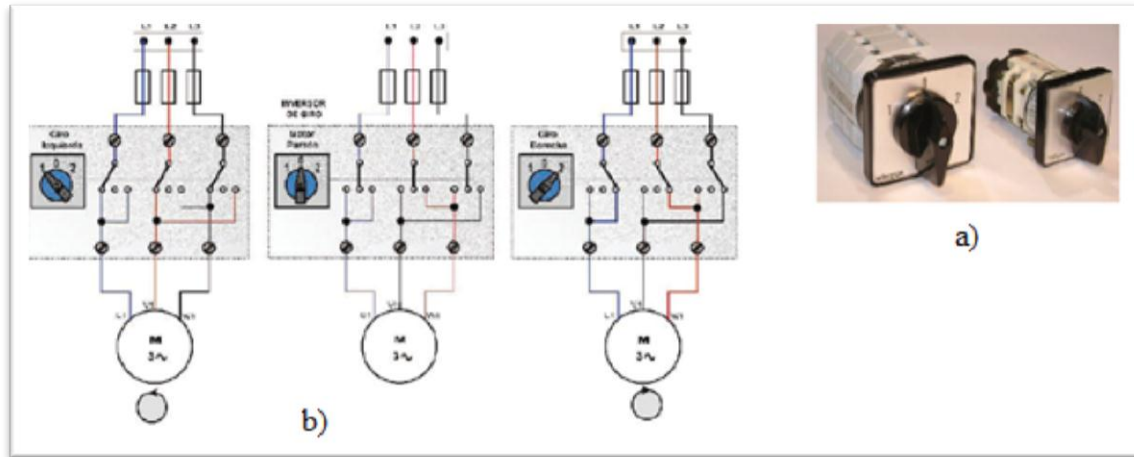


Figura II. 25 Inversión de Giro: a) Inversor manual y b) esquema de conexiones para la inversión de giro mediante conmutador manual.

CAPÍTULO III

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS Y DE CONTROL

3.1 Selección de Dispositivos para la Tarjeta Electrónica

La selección de dispositivos electrónicos en la actualidad se ha convertido en una tarea muy difícil para aplicaciones electrónicas, esto se debe a la gran variedad de productos, marcas y las múltiples alternativas de reemplazo que se encuentra en el mercado electrónico.

Para la selección de dispositivos electrónicos se debe considerar de mucha importancia la aplicación a desarrollar y el papel que va a cumplir estos dispositivos en el proyecto a desarrollar, su utilidad.

Además se debe considerar la capacidad de almacenamiento requerido en el proyecto y en especial la tecnología de comunicación, interpretación y comunicación; en vista que hoy en día todos los elementos o máquinas deben estar relacionadas con un computador o simplemente con otras máquinas.

3.1.1 Selección de Microcontroladores

Para seleccionar un microcontrolador por para un proyecto son las siguientes, debes hacerte las siguientes preguntas y filtra según criterios.

- ¿Requiere conversor análogo a digital?
- ¿Cuántos Pines entrada-salida Necesitas?
- ¿Qué tanta memoria ocuparía tu programa?
- ¿Requiere comunicación UART?
- ¿Requiere comunicación USB?
- ¿Requiere oscilador interno?
- ¿Qué tanto tamaño debe ocupar en PCB?

Después de haber filtrado los micros, con el criterio de selección, simplemente escoge el que más se ajuste a tu proyecto priorizando, tamaño, costo. Recuerda sobre dimensionar el micro, es como poner un camino a llevar un kilo de peso.

Para seleccionar los microcontroladores se debe considerar un dispositivo que cumplan con los requerimientos y de acuerdo a las preguntas planteadas anteriormente para lo cual el dispositivo deberá responder de acuerdo a la aplicación a desarrollar.

Es por eso que se detalla a continuación una gama de microcontroladores PIC que se puede encontrar fácilmente en el mercado con el fin de seleccionar y cubrir las expectativas del proyecto a desarrollar.

Tabla III. VI Gama de microcontroladores con sus características disponibles en el mercado

Microcontrolador Disponibles	PINES I/O	Memoria de programa	ConvertorAnálogo a Digital	Otros Recursos
PIC12F629	6/8	1024	10 BIT. 4 CANALES	1 TIMER, 1 COMPARADORES
PIC16F628	16/18	2048	NO	3 TIMER, PWM, UART COMPARADOR, 256 EEPROM
PIC16F84	14/18	1024	NO	1 TIMER, 64 BYTES EEPROM
PIC16F688	12/14	4096	10 BIT. 8 CANALES	1 TIMER, 2 COMPARADORES
PIC16F676	12/14	1024	10 BIT. 8 CANALES	1 TIMER, 1 COMPARADORES
PIC16F877A	33/40	8192	10 BIT - 8 CANALES	3 TIMER, 2 PWM, 256, UART
PIC16F873	22/28	4096	10 BIT - 4 CANALES	3 TIMER, 2 PWM, 256, UART
PIC18F252	22/28	32K	10 BIT - 4 CANALES	4 TIMER, 2 PWM, 256, UART
PIC18F452	33/40	32K	10 BIT - 8 CANALES	4 TIMER, 2 PWM, 256, UART
PIC18F2550	22/28	32K	10 BIT - 10 CANALES	4 TIMER, 2 PWM, 256, UART, USB
PIC18F4550	33/0	32K	10 BIT - 10 CANALES	4 TIMER, 2 PWM, 256, UART, USB

Por las características mencionadas y su alta flexibilidad, los microcontroladores son ampliamente utilizados como el cerebro de una gran variedad de sistemas embebidos que controlan máquinas, componentes de sistemas complejos, como aplicaciones industriales de automatización y robótica, domótica, equipos médicos, sistemas aeroespaciales, e incluso dispositivos de la vida diaria como automóviles, hornos de microondas, teléfonos y televisores.

Frecuentemente se emplea la notación μC o las siglas MCU (por microcontroller unit) para referirse a los microcontroladores. De ahora en adelante, los microcontroladores serán referidos en este documento por μC .

Las principales características de los μC son:

- Unidad de Procesamiento Central (CPU): Típicamente de 8 bits, pero también las hay de 4, 32 y hasta 64 bits con arquitectura Harvard, con memoria/bus de datos separada de la memoria/bus de instrucciones de programa, o arquitectura

de von Neumann, también llamada arquitectura Princeton, con memoria/bus de datos y memoria/bus de programa compartidas.

- Memoria de Programa: Es una memoria ROM (Read – Only Memory), EPROM (Electrically Programable ROM), EEPROM (Electricall y Erasable/Programable ROM) o Flash que almacena el código del programa que típicamente puede ser de 1 kilobyte a varios megabytes.
- Memoria de Datos: Es una memoria RAM (Random Access Memory) que típicamente puede ser de 1, 2 4, 8, 16, 32 kilobytes.
- Generador del Reloj: Usualmente un cristal de cuarzo de frecuencias que genera una señal oscilatoria de entre 1 a 40 MHz, o también resonadores o circuitos RC.
- Interfaz de Entrada/Salida: Puertos paralelos, seriales (UARTs, Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), I2C (Inter-Integrated Circuit), Interfaces de Periféricos

3.2 Selección del Módulo de Comunicación

La integración de la automatización y los sistemas industriales en las empresas requieren un cambio en la arquitectura abierta de los sistemas de control. El nivel de integración entre la automatización y sistemas empresariales sólo puede lograrse a través de la tecnología de Internet e interconexión de interfaces máquina a máquina.

El elemento clave de la perfecta integración es una arquitectura de red común, que rompa la tradición de las capas (capa de empresa, información de la capa vegetal, capa de control, dispositivo de nivel de la capa, la capa y el sensor) que requieren una puerta de enlace de datos como una interfaz para la comunicación entre diferentes capas. La implementación de dispositivos remotos E/S mediante el protocolo TCP/IP Ethernet industrial sobre las interconexiones de la planta son confiables, robustas y rentables.

Para la comunicación de entre maquinas o la elevación a un sitio web se debe considerar entre las principales características las detalladas a continuación:

- Protocolo de comunicación
- Estándar de comunicación (IEEE 802.3)
- Velocidad de transmisión
- Dirección de comunicación
- Compatibilidad con equipos y dispositivos electrónicos.

En la revisión de los módulos existentes en el mercado que cumple con las características mencionadas anteriormente, en especial que sea compatible con el microcontrolador de MICROCHIP PIC. Hemos llegado a la conclusión de utilizar el modulo con la tecnología MICROCHIP ENC28J60.



Figura III. 26 Módulo de comunicación Ethernet de MICROCHIP

Este módulo de desarrollo Ethernet, formado por el controlador ENC28J60 de Microchip, es una solución perfecta para crear una interfaz de red con la que controlar tu aplicación de forma remota a través de una red IP, ya sea mediante una página web o a través del envío de correos electrónicos para advertir de incidencias.

Integra la electrónica necesaria para ser conectado directamente a un Router/Switch mediante un cable de red. El control se realiza mediante el bus serie SPI.

El módulo puede ser alimentado tanto a 5V como a 3,3V, para ello dispone de un jumper de selección de la tensión de alimentación. El conector Ethernet presenta además dos leds (verde y naranja) para indicar la correcta conexión al router y el estado de la transmisión de datos.

Características Generales del ENC28J60

- Controlador Ethernet ENC28J60
- IEEE 802.3
- 10BASE-T
- Full/Half Duplex

Especificaciones

- Alimentación: 3.3V o 5 VDC
- Consumo: 138mA@3.3V, 145mA@5V
- Dimensiones: 55,88 x 35,56mm (2.2'' x 1.4'')
- Peso: 16,6g

Ideas de aplicación

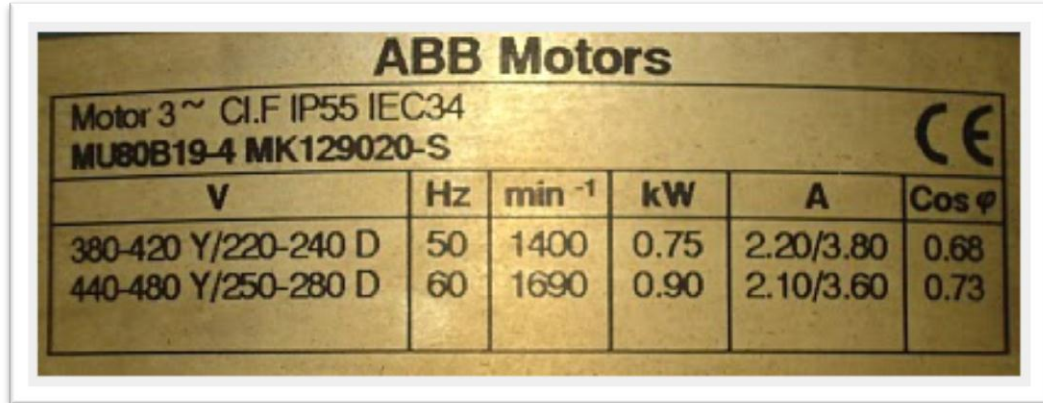
- Aplicaciones de Comunicación
- Envío de parámetros por e-mail
- Visualización de parámetros en una sencilla página web

3.3 Selección de Elementos de Control, Protección y Mando de Motores

Para el desarrollo de proyectos de control y fuerza la selección de los elementos de control y protecciones para motores eléctricos es un factor importante que se realiza previo a la implementación de esta manera se puede brindar condiciones seguras y eficientes a la aplicación que se desea implementar. Además se puede tener una referencia del presupuesto necesario para desarrollar el proyecto.

La elección de estos elementos antes representaba una complejidad porque era necesaria una serie de cálculos de corrientes, tiempos y otras variables que intervienen en el arranque de un motor de AC. En la actualidad esta tarea ha disminuido la complejidad en una buena proporción en vista que hoy disponemos de una gran variedad de marcas y cada una de estas tiene su propia tabla con su línea de productos en donde detallan valores de tensión, corriente y potencia que soportan dicho dispositivos.

En la selección de dispositivos es importante conocer los valores nominales que vienen marcados en los datos de placa del motor. En base a estos se busca en las tablas de los dispositivos según la marca deseada por el implementador del proyecto.



Placa de un motor trifásico ABB Motors. El título de la placa es "ABB Motors". Debajo del título, se indica "Motor 3~ Cl.F IP55 IEC34" y "MU80B19-4 MK129020-S". A la derecha de esta información se encuentra el símbolo CE. La placa contiene una tabla con los siguientes datos:

V	Hz	min ⁻¹	kW	A	Cos φ
380-420 Y/220-240 D	50	1400	0.75	2.20/3.80	0.68
440-480 Y/250-280 D	60	1690	0.90	2.10/3.60	0.73

Figura III. 27 Placa de un motor trifásico

3.3.1 Selección de Contactores

Elegir un contactor para una aplicación concreta significa fijarla capacidad de un aparato para establecer, soportar e interrumpirla corriente en el receptor que se desea controlar, en unas condiciones de utilización establecidas, sin recalentamientos ni desgaste excesivo de los contactos.

Para elegir correctamente el contactor hay que tener en cuenta:

- El tipo y las características del circuito o del receptor que se desea controlar: intensidad y tipo de corriente, tensión, regímenes transitorios en la puesta bajo tensión, etc.,
- Las condiciones de explotación: ciclos de maniobras/hora, factor de marcha, corte en vacío o en carga, categoría de empleo, tipo de coordinación, durabilidad eléctrica deseada, etc.,
- Las condiciones del entorno: temperatura ambiente, altitud cuando sea necesario, etc.

La importancia de cada uno de estos criterios es distinta en cada aplicación. Es muy importante que tengamos en cuenta las características del motor y el tipo de aplicación para el que lo vamos a utilizar.

Por ejemplo:

El calentamiento del contactor depende principalmente de la corriente nominal del receptor y del tiempo de paso de esta corriente.

Criterios de elección

Para elegir al contactor adecuado hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Tipo de corriente, tensión y frecuencia de alimentación de la bobina.
- Potencial nominal de la carga.
- Condiciones de servicio: ligera, normal, dura, extrema.
- Frecuencia de maniobra, robustez mecánica y robustez eléctrica.
- Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que necesita.
- Posición del funcionamiento del contactor vertical u horizontal.
- La corriente de servicio (I_e) o en su defecto la potencia del circuito.
- Los lapsos de trabajo, que determinan la clase de servicio (permanente, intermitente, etcétera).
- La naturaleza de la carga, que determina la categoría de servicio (AC1, AC3, etcétera).
- La tensión nominal de funcionamiento.

Con estos valores se consultan las tablas provistas por los fabricantes para elegir el contactor más apropiado. Estas tablas dan los límites garantizados de aplicación de cada uno de los modelos de contactores, para cumplir con las normas correspondientes.

Tabla III. VII Modelo de tablas provistas por los fabricantes con especificación de datos.

Rated data AC-2 and AC-3, T _g : up to 60 °C		Auxiliary contacts AC-1, T _g : 40 °C		Rated control supply voltage U _c at 50 Hz	DT	Screw terminals	Weight per PU approx.	DT	Cage Clamp terminals for coil terminals	Weight per PU approx.
Operational current I _n up to	Ratings of induction motors at 50 Hz and	Operational current I _n up to	Ident. No.	Version		Order No.	Price per PU		Order No.	Price per PU
400 V A	400 V KW	690 V A								
			NO	NC	V					
For screw and snap-on mounting onto 35 mm standard mounting rail										
Size S0										
9	4	40 ¹⁾	--	--	24	▶ 3RT10 23-1AB00	0.350 B		3RT10 23-3AB00	0.350
					110	▶ 3RT10 23-1AF00	0.350 B		3RT10 23-3AF00	0.350
					230	▶ 3RT10 23-1AP00	0.350 ▶		3RT10 23-3AP00	0.350
12	5.5	40 ¹⁾	--	--	24	▶ 3RT10 24-1AB00	0.350 B		3RT10 24-3AB00	0.350
					110	▶ 3RT10 24-1AF00	0.350 B		3RT10 24-3AF00	0.350
					230	▶ 3RT10 24-1AP00	0.350 ▶		3RT10 24-3AP00	0.350
17	7.5	40 ¹⁾	--	--	24	▶ 3RT10 25-1AB00	0.350 B		3RT10 25-3AB00	0.350
					110	▶ 3RT10 25-1AF00	0.350 B		3RT10 25-3AF00	0.350
					230	▶ 3RT10 25-1AP00	0.350 ▶		3RT10 25-3AP00	0.350
25	11	40 ¹⁾	--	--	24	▶ 3RT10 26-1AB00	0.350 B		3RT10 26-3AB00	0.350
					110	▶ 3RT10 26-1AF00	0.350 B		3RT10 26-3AF00	0.350
					230	▶ 3RT10 26-1AP00	0.350 ▶		3RT10 26-3AP00	0.350
Size S0										
With mounted auxiliary switch block (removable) ²⁾										
Terminal designations according to EN 50012										
9	4	40 ¹⁾	22 E	2	2	24	▶ 3RT10 23-1AB04	0.400	--	
						110	▶ 3RT10 23-1AF04	0.400	--	
						230	▶ 3RT10 23-1AP04	0.400	--	
12	5.5	40 ¹⁾	22 E	2	2	24	▶ 3RT10 24-1AB04	0.400	--	
						110	▶ 3RT10 24-1AF04	0.400	--	
						230	▶ 3RT10 24-1AP04	0.400	--	
17	7.5	40 ¹⁾	22 E	2	2	24	▶ 3RT10 25-1AB04	0.400	--	
						110	▶ 3RT10 25-1AF04	0.400	--	
						230	▶ 3RT10 25-1AP04	0.400	--	
25	11	40 ¹⁾	22 E	2	2	24	▶ 3RT10 26-1AB04	0.400	--	
						110	▶ 3RT10 26-1AF04	0.400	--	
						230	▶ 3RT10 26-1AP04	0.400	--	
Size S0										
With permanently mounted auxiliary switch block										
Terminal designations according to EN 50012										
12	5.5	40 ¹⁾	22 E	2	2	230	B	3RT10 24-1AL24-3MA0	0.420	--
17	7.5	40 ¹⁾	22 E	2	2	230	A	3RT10 25-1AL24-3MA0	0.420	--
25	11	40 ¹⁾	22 E	2	2	230	A	3RT10 26-1AL24-3MA0	0.420	--

For other voltages see page 3/25, for contactors with permanently mounted auxiliary switch block please inquire.
 For accessories, see page 3/101.
 For spare parts, see page 3/114.
 For multi-unit packing and reusable packaging, see Appendix -> Ordering notes.

¹⁾ Minimum conductor cross-section 10 mm².
²⁾ Order No. for the auxiliary switch block (removable): 3RH19 21-1HA22 (2NO + 2NC according to EN 50012; 22E).

3.3.2 Selección de Protecciones:

Para la protección de instalaciones eléctricas y maquinas eléctricas tenemos como componente los detallados a continuación:

- Fusibles.
- Relés térmicos.
- Guardamotores.

En nuestro caso centraremos la atención a los guardamotores, en vista que cumple las dos funciones de los otros dos dispositivos.

Los guardamotores magnéticos cumplen la función de protección contra cortocircuitos, cumpliendo adicionalmente la función de seccionamiento.

Los requisitos para que cumplan con la función de protección contra cortocircuito son básicamente una pronta detección de la corriente de defecto y una rápida apertura de los contactos.

Esto conduce a que los guardamotores magnéticos sean aparatos limitadores.

A continuación se presenta la curva típica de un guardamotor magnético:

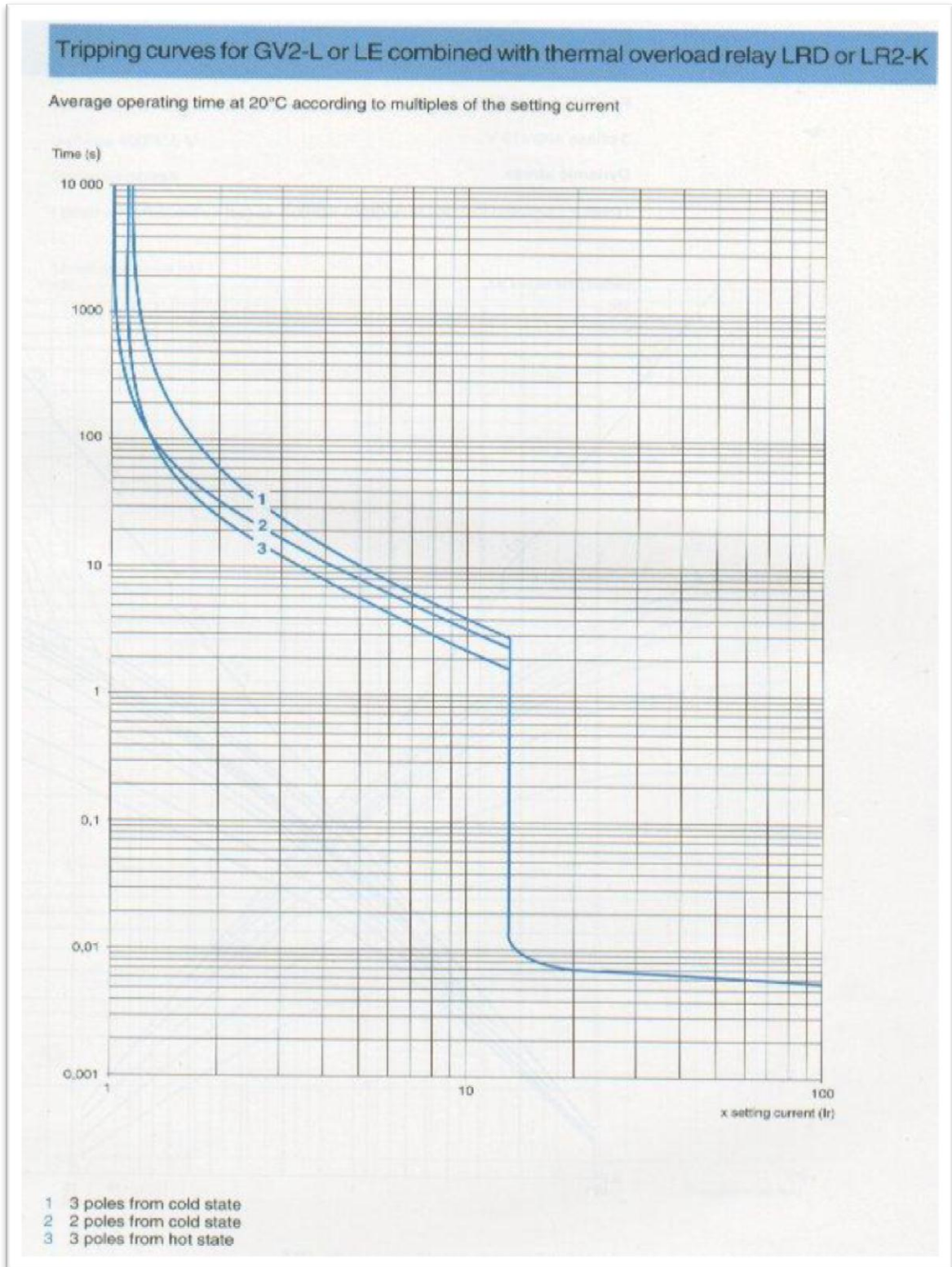


Figura III. 28 Curva típica de un guardamotor magnético.

Entre las características principales para la elección del guardamotor adecuado tenemos:

- Capacidad de ruptura
- Intensidad nominal
- Calibre y la curva de disparo.

Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase.

Las reglas prácticas para la coordinación de protecciones son:

- Para la coordinación de fusible con fusible se debe cumplir con:

$$I_{fa} > 1,6 I_{fp}, \text{ aunque se recomienda } I_{fa} > 2 I_{fp}$$

Siendo:

I_{fa} = corriente nominal del fusible antepuesto.

I_{fp} = corriente nominal del fusible pospuesto

Por ejemplo: fusible antepuesto 16 A y pospuesto 25 A.

- Para la coordinación de fusible antepuesto con interruptor termomagnético pospuesto se debe cumplir con:

$$I_f > 1,2 I_{fI}$$

Siendo:

I_f = corriente nominal del fusible.

I_{fI} = corriente nominal del interruptor termomagnético.

- Para la coordinación de interruptores termomagnéticos se debe cumplir con:

$$I_{na} > 2 I_{np}$$

Siendo:

I_{na} = corriente nominal del interruptor antepuesto.

I_{np} = corriente nominal del interruptor pospuesto

Si los térmicos fueran ajustables valdrá la corriente térmica ajustada en cada uno de los interruptores.

La protección magnética sólo puede coordinarse en corrientes bajas frente a las de cortocircuito, ya que al ser de actuación instantánea (no dispone de temporizaciones) una vez que se establece una corriente superior a la de actuación de ambos interruptores el funcionamiento puede ser simultáneo e incluso no selectivo.

Por esta circunstancia debe tratarse de separar lo más posible la corriente de intervención magnética, a efectos de dar lugar a una corriente de actuación de la protección pospuesta para los cortocircuitos más frecuentes, que normalmente son de bajo valor.

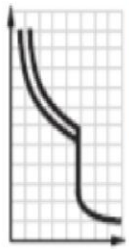
Con estos valores se consultan las tablas provistas por los fabricantes para elegir el guardamotor más apropiado.



Estas tablas dan la potencia en “W”, la corriente nominal, el rango de protección térmica, la corriente instantánea y corriente de cortocircuito de cada uno de los modelos de guardamotors, para cumplir con las normas correspondientes.

En la siguiente figura podemos apreciar los valores que especifican uno de los fabricantes en el mercado.

Tabla III. VIII Ejemplo de una tabla de datos de guardamotores provista por los fabricantes.

CLASS 10, with auxiliary switches



Rated current	Suitable for induction motors with P	Setting range for thermal overload release	Instantaneous electronic trip unit	Short-circuit breaking capacity at 400 V AC	DT	Screw terminals	PU (UNIT, SET, M)	PS*	PG	Weight per PU approx.	
I_n	kW	A	A	I_{cu}	kA	Order No.	Price per PU			kg	
Size S00											
	0.16	0.04	0.11 ... 0.16	2.1	100	▶ 3RV10 11-0AA15		1	1 unit	101	0.245
	0.2	0.06	0.14 ... 0.2	2.6	100	▶ 3RV10 11-0BA15		1	1 unit	101	0.246
	0.25	0.06	0.18 ... 0.25	3.3	100	▶ 3RV10 11-0CA15		1	1 unit	101	0.246
	0.32	0.09	0.22 ... 0.32	4.2	100	▶ 3RV10 11-0DA15		1	1 unit	101	0.247
	0.4	0.09	0.28 ... 0.4	5.2	100	▶ 3RV10 11-0EA15		1	1 unit	101	0.250
	0.5	0.12	0.35 ... 0.5	6.5	100	▶ 3RV10 11-0FA15		1	1 unit	101	0.247
	0.63	0.18	0.45 ... 0.63	8.2	100	▶ 3RV10 11-0GA15		1	1 unit	101	0.249
	0.8	0.18	0.55 ... 0.8	10	100	▶ 3RV10 11-0HA15		1	1 unit	101	0.250
	1	0.25	0.7 ... 1	13	100	▶ 3RV10 11-0JA15		1	1 unit	101	0.249
	1.25	0.37	0.9 ... 1.25	16	100	▶ 3RV10 11-0KA15		1	1 unit	101	0.297
	1.6	0.55	1.1 ... 1.6	21	100	▶ 3RV10 11-1AA15		1	1 unit	101	0.298
	2	0.75	1.4 ... 2	26	100	▶ 3RV10 11-1BA15		1	1 unit	101	0.297
	2.5	0.75	1.8 ... 2.5	33	100	▶ 3RV10 11-1CA15		1	1 unit	101	0.298
	3.2	1.1	2.2 ... 3.2	42	100	▶ 3RV10 11-1DA15		1	1 unit	101	0.299
	4	1.5	2.8 ... 4	52	100	▶ 3RV10 11-1EA15		1	1 unit	101	0.296
	5	1.5	3.5 ... 5	65	100	▶ 3RV10 11-1FA15		1	1 unit	101	0.301
	6.3	2.2	4.5 ... 6.3	82	100	▶ 3RV10 11-1GA15		1	1 unit	101	0.303
	8	3	5.5 ... 8	104	50	▶ 3RV10 11-1HA15		1	1 unit	101	0.304
	10	4	7 ... 10	130	50	▶ 3RV10 11-1JA15		1	1 unit	101	0.300
	12	5.5	9 ... 12	156	50	▶ 3RV10 11-1KA15		1	1 unit	101	0.297
Size S0											
	0.16	0.04	0.11 ... 0.16	2.1	100	▶ 3RV10 21-0AA15		1	1 unit	101	0.300
	0.2	0.06	0.14 ... 0.2	2.6	100	▶ 3RV10 21-0BA15		1	1 unit	101	0.304
	0.25	0.06	0.18 ... 0.25	3.3	100	▶ 3RV10 21-0CA15		1	1 unit	101	0.302
	0.32	0.09	0.22 ... 0.32	4.2	100	▶ 3RV10 21-0DA15		1	1 unit	101	0.303
	0.4	0.09	0.28 ... 0.4	5.2	100	▶ 3RV10 21-0EA15		1	1 unit	101	0.303
	0.5	0.12	0.35 ... 0.5	6.5	100	▶ 3RV10 21-0FA15		1	1 unit	101	0.304
	0.63	0.18	0.45 ... 0.63	8.2	100	▶ 3RV10 21-0GA15		1	1 unit	101	0.305
	0.8	0.18	0.55 ... 0.8	10	100	▶ 3RV10 21-0HA15		1	1 unit	101	0.370
	1	0.25	0.7 ... 1	13	100	▶ 3RV10 21-0JA15		1	1 unit	101	0.368
	1.25	0.37	0.9 ... 1.25	16	100	▶ 3RV10 21-0KA15		1	1 unit	101	0.369
	1.6	0.55	1.1 ... 1.6	21	100	▶ 3RV10 21-1AA15		1	1 unit	101	0.371
	2	0.75	1.4 ... 2	26	100	▶ 3RV10 21-1BA15		1	1 unit	101	0.371
	2.5	0.75	1.8 ... 2.5	33	100	▶ 3RV10 21-1CA15		1	1 unit	101	0.372
	3.2	1.1	2.2 ... 3.2	42	100	▶ 3RV10 21-1DA15		1	1 unit	101	0.375
	4	1.5	2.8 ... 4	52	100	▶ 3RV10 21-1EA15		1	1 unit	101	0.370
	5	1.5	3.5 ... 5	65	100	▶ 3RV10 21-1FA15		1	1 unit	101	0.376
	6.3	2.2	4.5 ... 6.3	82	100	▶ 3RV10 21-1GA15		1	1 unit	101	0.374
	8	3	5.5 ... 8	104	100	▶ 3RV10 21-1HA15		1	1 unit	101	0.374
	10	4	7 ... 10	130	100	▶ 3RV10 21-1JA15		1	1 unit	101	0.375
	12.5	5.5	9 ... 12.5	163	100	▶ 3RV10 21-1KA15		1	1 unit	101	0.374
	16	7.5	11 ... 16	208	50	▶ 3RV10 21-4AA15		1	1 unit	101	0.382
	20	7.5	14 ... 20	260	50	▶ 3RV10 21-4BA15		1	1 unit	101	0.376
	22	11	17 ... 22	296	50	▶ 3RV10 21-4CA15		1	1 unit	101	0.378
	25	11	20 ... 25	325	50	▶ 3RV10 21-4DA15		1	1 unit	101	0.382

3.3.3 Selección de Mando y Controles de Operación

Para la selección de los controles de mando de operación se debe considerar muchos factores tanto ambientales a los que van a estar expuestos, la ubicación donde van a ser montados en la planta para la operación para la operación, la funcionalidad y cantidad de señales a emitir en sus posiciones.

Entre las características a considerar para la elección del elemento de mando para la operación tenemos los siguientes:

- **Tensión nominal del circuito a interrumpir (U_e).**- Es la tensión a la cual el interruptor estará sometido durante su uso en la instalación eléctrica. La tensión nominal del interruptor no debe ser inferior a la tensión nominal del circuito eléctrico.
- **Cantidad de polos.**- Pueden ser unipolares, bipolares, tripolares o tetrapolares, de acuerdo al circuito involucrado.
- **Corriente nominal (I_n).**- Es la corriente que soporta el interruptor en forma ininterrumpida con una temperatura ambiente de hasta 30°C; este valor no deberá exceder en más de un 25% a la corriente de carga nominal del circuito a proteger.
- **Corriente de cortocircuito.**- La capacidad de ruptura del interruptor deberá ser mayor o al menos igual a la corriente de cortocircuito presunta o calculada en el punto a proteger.
- **Acción momentánea.**- Cuando se oprime el botón pulsador del interruptor para cambiar su estado (por ej. de OFF a ON), este estado solo permanecerá mientras se esté aplicando la fuerza de accionamiento. Estos tipos de pulsadores momentáneos sencillos se dividen entre NA y NC, o sea momentáneamente abierto o momentáneamente cerrado respectivamente. La acción momentánea también puede darse en interruptores de palanca, basculantes o deslizantes. En estos casos también puede haber doble tiro (DT), unos de los cuales fijo y el otro momentáneo. Este se describe con ON-OFF-(ON), donde hay tres posiciones, u ON-(ON), donde hay dos posiciones. Si el interruptor es momentáneo por los dos lados se le define como (ON)-OFF-(ON), y serían dos momentáneos opuestos NA.

- **Acción alternada.-** Cuando se oprime el botón pulsador del interruptor para cambiar su estado (por ej. de OFF a ON), el pulsador volverá a su posición original una vez eliminada la fuerza de accionamiento. Este tipo de pulsador no delata su condición (conectado/desconectado).
- **Acción de enclavamiento.-** Cuando se oprime el botón pulsador del interruptor para cambiar su estado (por ej. de OFF a ON), el pulsador no volverá a su posición original una vez eliminada la fuerza de accionamiento, sino que permanecerá oprimido hasta que se aplique posteriormente otra fuerza de accionamiento.

3.4 Selección del Relé Programable

Los Controladores Programables están disponibles en todas las formas y tamaños cubriendo un amplio espectro de capacidades. En el límite bajo están los controladores “reemplazadores de relés” con mínimas entradas, salidas y capacidades de memoria.

En el límite alto están los grandes controladores supervisores que juegan un rol importante en sistemas jerárquicos, llevando a cabo una gran variedad de funciones de control y adquisición de datos. Entre estos dos extremos están controladores multifuncionales con capacidades de comunicación, que les permite la integración con varios periféricos, y capacidades de expansión, para adaptarse a los requerimientos de cambio de la aplicación.

El decidir el Controlador correcto para una aplicación dada, se ha vuelto una tarea cada vez más difícil. La selección de un controlador programable afecta a muchos factores, de tal suerte que el diseñador debe determinar qué características son deseables en el sistema de control y cuál es el mejor controlador que se ajusta a las presentes y futuras necesidades de la aplicación.

- **Tamaños.-** Previo a la evaluación de los requerimientos del sistema, el diseñador debería entender los diferentes rangos de los PLC y las características típicas encontradas dentro de cada rango. Este entendimiento habilitará al diseñador para rápidamente identificar el tipo de producto que más se acerca a los requerimientos de la aplicación.

- **Definición del Sistema de Control.**-Seleccionar el correcto PLC para una máquina o proceso involucra evaluar no solamente las necesidades actuales, sino también los requerimientos futuros. Si los objetivos presentes y futuros no son apropiadamente evaluados, el sistema de control podría quedar rápidamente inadecuado y obsoleto.

Teniendo el futuro en mente cuando se escoja un PLC, se minimizarán los costos de cambios y adiciones al sistema. Por ejemplo, con una apropiada planificación, la futura expansión de memoria podría solamente requerir la instalación de un módulo de memoria.

Toda vez que la base de control de la aplicación ha sido definida, el usuario debería continuar la evaluación de los requerimientos del controlador, incluyendo:

- Entradas / Salidas
- Tipo de control
- Memoria
- Software
- Periféricos
- Aspectos físicos y ambientales

Consideraciones para Entradas y Salidas.- La determinación de entradas y salidas requeridas es típicamente el primer paso en la selección de un controlador.

Organización del Sistema de Control.- Con el advenimiento de nuevos y más inteligentes controladores programables, la decisión acerca del tipo de control viene a ser una consideración muy importante.

Consideraciones de Software.- Durante la implementación del sistema, el usuario debe programar el relé programable. Debido a que la programación es importante, el usuario debería examinar cuidadosamente las capacidades del software, que generalmente están a la medida para controlar el hardware disponible en el controlador. Sin embargo, algunas aplicaciones requieren funciones especiales que van más allá del control de los componentes de hardware.

Condiciones Físicas y Ambientales.- Las condiciones, tales como temperatura, humedad, nivel de polvo y corrosión, pueden afectar la correcta operación del controlador. El usuario debería determinar las condiciones de operación (temperatura, vibración, EMI/RFI, etc.) antes de seleccionar el controlador y el sistema de E/S.

Tabla III. IX Resumen de los pasos más importantes en la selección de un PLC

PASO	ACCIÓN
1	Conocer el proceso a ser controlado
2	Determinar el tipo de control <ul style="list-style-type: none"> • Control Distribuido • Control Centralizado • Control Individual
3	Determinar los requerimientos de interfaces de entradas y salidas <ul style="list-style-type: none"> • Número de entradas y salidas digitales y analógicas • Especificaciones de entradas y salidas • Requerimientos de entradas y salidas remotas • Requerimientos de entradas y salidas especiales • Aplicación de redes bus de entradas y salidas • Futuros planes de expansión
4	Determinar el lenguaje de software y funciones <ul style="list-style-type: none"> • Ladder, Booleano, y/o alto nivel • Instrucciones básicas (temporizadores, contadores, etc.) • Funciones e instrucciones ampliadas (operadores matemáticos, PID, etc.) • Lenguajes IEC 1131-3
5	Considerar el tipo de Memoria <ul style="list-style-type: none"> • Volátil (R/W) • No Volátil (EEPROM, EPROM, UVPR0M, etc.) • Combinación de Volátil y No Volátil
6	Considerar capacidad de memoria <ul style="list-style-type: none"> • Requerimientos de memoria basado en el uso de memoria por instrucción • Memoria extra para programación compleja y expansión futura
7	Evaluar requerimientos del Scan Time del procesador

Tabla III. IX Resumen de los pasos más importantes en la selección de un PLC (Continuación)

8	Definir requerimientos de dispositivos de programación y almacenamiento <ul style="list-style-type: none">• Computador personal• Almacenamiento en disco• Capacidades funcionales del dispositivo de programación
9	Definir requerimientos de periféricos <ul style="list-style-type: none">• Desplegadores de mensajes y alarmas• Interfaces de Operador• Impresoras en línea• Sistema de generación de reportes
10	Determinar cualquier restricción física y ambiental <ul style="list-style-type: none">• Espacio disponible para el sistema• Condiciones ambientales
11	Evaluar otros factores que puedan afectar la selección <ul style="list-style-type: none">• Soporte del vendedor (servicio posventa)• Pruebas de fiabilidad del producto• Objetivos de la planta en cuanto a estandarización de productos

3.5 Selección del Variador de Frecuencia

Los variadores de velocidad (drives) son dispositivos que permiten variar la velocidad en un motor controlando electrónicamente el voltaje y la frecuencia entregada al motor, manteniendo el torque constante (hasta la velocidad nominal). Su uso en cargas de torque cuadrático (bombas y ventiladores) permite ahorrar energía significativamente.

Puntos claves para seleccionar correctamente un VFD:

- **Características del motor a controlar**
 - a.- Corriente máxima (considerando factor de servicio).
 - b.- Voltaje nominal.
 - c.- Frecuencia nominal.
 - d.- El motor debe ser apto para ser controlado por un variador.

- **Tipos de carga o aplicación.**

De acuerdo al tipo de carga (según su característica de torque o par) se establecerá el modelo (aspecto económico) y su programación (prestaciones).

- a.- Torque Constante:**

En este tipo de máquinas o aplicaciones, el torque se mantiene constante a cualquier velocidad. Aplicaciones: Bandas transportadoras, grúas, ascensores, prensas de imprenta, etc. En este tipo de aplicaciones no se puede ahorrar energía por variación de velocidad.

- b.- Torque Variable o Cuadrático:**

En este tipo de máquinas o aplicaciones el torque varía de forma cuadrática con respecto a la velocidad del motor: bajas velocidades implicará muy bajo torque y un bajísimo consumo de energía.

Mayores velocidades, implicará mayor torque y consumo de energía cercano al de placa del motor.

- c.- Torque Proporcional**

En este tipo de máquinas el torque crece de manera directamente proporcional a la velocidad. Aplicaciones: Mezcladoras/agitadoras, bombas de desplazamiento positivo, calandrias, extrusoras (plásticos y alimentos).

- d.- Potencia Constante (Par Inverso)**

El par demandado por la carga aumenta a medida que la velocidad disminuye (inversamente proporcional), de forma que la potencia (par x velocidad) permanece constante. Aplicaciones: Bobinadoras y desbobinadores, máquinas de corte, tornos, taladros, sierras eléctricas, molinos.

- **Condiciones ambientales y de trabajo**

- a.- Temperatura ambiente.**

- b.- Altura** (por razones térmicas, a mayor altura de operación, la presión atmosférica disminuye ocasionando una menor capacidad de refrigeración del equipo). A temperaturas mayores a 50°C ó alturas de trabajo superiores a los 1.000 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), en caso de no tener una muy buena ventilación (ej: forzada) el equipo deberá ser derrateado (desclasificado), es decir la potencia real del variador será menor al que indica su placa, por lo

que deberá considerarse variadores de mayor potencia para cubrir/compensar el derrateo.

c.- Humedad, vibración y contaminación (ej: polvo, melaza, etc.), en cuyo caso deberán ser aislados o protegidos adecuadamente (gabinete con grado de protección idóneo).

- **Condiciones de red y calidad de energía.**

a.- Bajo existencias de cargas sensibles adyacentes a los variadores o si se quiere disminuir la generación de armónicos producto de los variadores, deberán instalarse inductancias de entrada (antes de los variadores a manera de filtros). Se lo pide como accesorio para cada modelo de variador Sinamics o Micromaster.

b.- Necesidad de frenado rápido del motor implicará el instalar unidades de frenado dinámico o resistencia de frenado. Se los pide como accesorio para cada modelo de variador Sinamics ó Micromaster.

- **Selección y cálculo del calibre del Cable**

Una vez que se ha elegido un producto, y habiendo tomado en cuenta la norma vigente durante el diseño eléctrico de la instalación, el siguiente paso es el cálculo del calibre mínimo del conductor, considerando dicho diseño. Con respecto a esto, únicamente analizaremos el cálculo del calibre mínimo para conductores de baja tensión.

Factores a considerar durante el cálculo del calibre mínimo

En primer lugar, es necesario aclarar que el calibre mínimo para una instalación no es siempre el más económico. Los principales factores que se deben considerar al calcular el calibre mínimo para un conductor de baja tensión son:

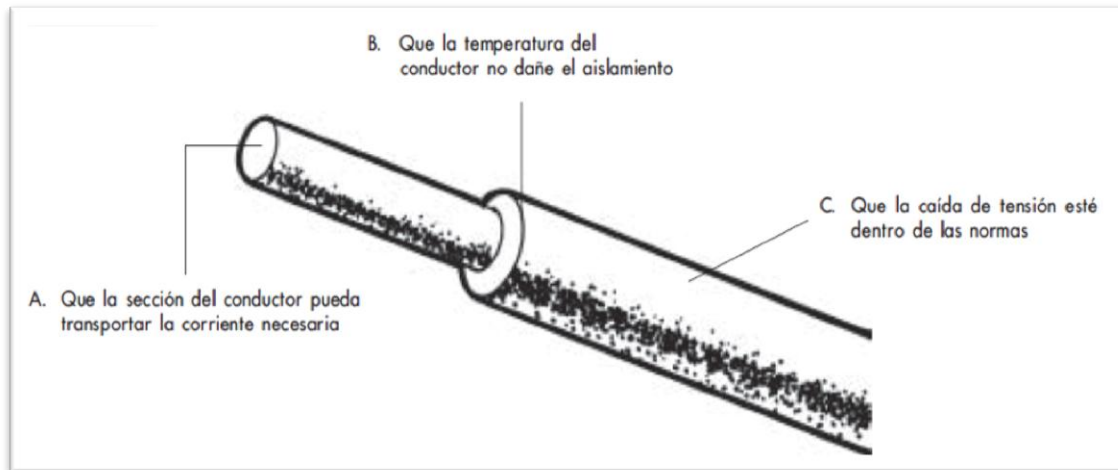


Figura III. 29 Factores para elegir el cable

Es vital considerar los tres aspectos a la vez, porque en caso contrario se podrían ocasionar los siguientes problemas:

A. Si la sección de cobre es menor:

- El conductor tendrá mayor resistencia eléctrica, aumentando las pérdidas de energía.
- El conductor tendrá mayor temperatura de operación, aumentando la resistencia eléctrica y deteriorando el aislamiento.
- La caída de tensión en la línea será mayor a la permitida, lo cual puede afectar la operación en el punto de carga y dañar los equipos.

B. Si no se protege el aislamiento:

- El aislamiento sufrirá deterioro por alta temperatura, aumentando el riesgo de fugas de corriente y cortocircuitos.
- Disminuirá la vida útil del conductor.

C. Si no se cuida que la caída de tensión sea correcta:

- El circuito y los conductores trabajarán fuera de norma.
- Pueden dañarse los equipos alimentados, o no dar el servicio requerido.

Datos necesarios para el cálculo:

Existen personas que tienen una vasta experiencia en instalaciones eléctricas, y que con los años se han acostumbrado a calcular los calibres conociendo únicamente la potencia, o la corriente y el voltaje.

Algunos también preguntan la longitud del circuito, y aunque es cierto que muchas veces aciertan en el cálculo del calibre correcto, es también innegable que en otras ocasiones fallan en éste, por no haber tomado en consideración todos los datos necesarios.

Los datos que se presentan a continuación son, en principio, suficientes para que el cálculo mencionado no tenga posibilidad de error:

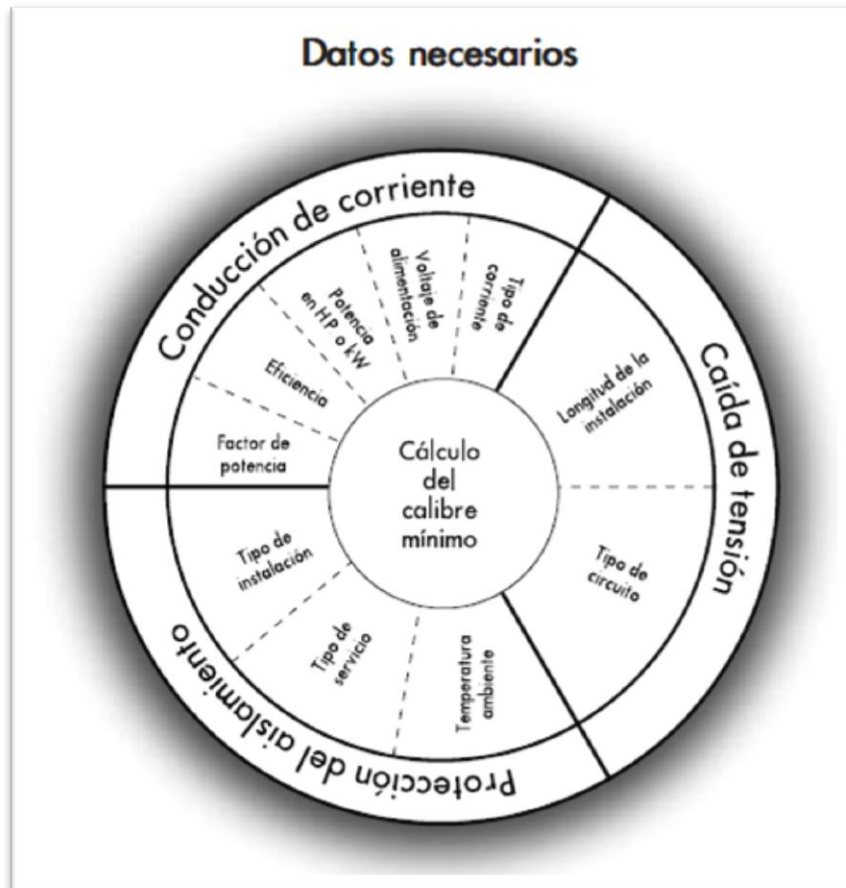


Figura III. 30 Datos necesarios para el cálculo del conductor

Como se observa en la tabla circular, estos datos tienen relación directa con los factores anotados anteriormente: conducción de corriente, protección al aislamiento y caída de tensión. Para evitar confusiones, se aclarará un poco cada uno de los datos presentados.

- Factor de potencia: del equipo a alimentar.
- Eficiencia: del equipo a alimentar.
- Potencia en H.P. o kW: del equipo a alimentar.
- Voltaje de alimentación: 127, 220, 440 Volts, etcétera.

- Tipo de corriente: directa, alterna, 1Ø, 2Ø, 3Ø.
- Longitud de la instalación: para calcular la caída de tensión.
- Tipo de circuito: alimentador o derivado; la norma NOM-001-SEMP permite 3 por ciento de caída de tensión para derivados, y 5 por ciento para el conjunto del alimentador más el derivado.
- Temperatura ambiente: la más caliente en verano, o la de la recámara, si se tiene alguna máquina que disipe mucho calor.
- Tipo de servicio: 24 horas al día, arranque y paro continuo, servicio nocturno, etcétera.
- Tipo de instalación: al aire libre, en tubo conduit, en charola, directamente enterrado, etcétera.
- Procedimiento general de cálculo

La forma en que deben manejarse los datos anteriores, para obtener un cálculo correcto del calibre del conductor, se resume en el siguiente diagrama:

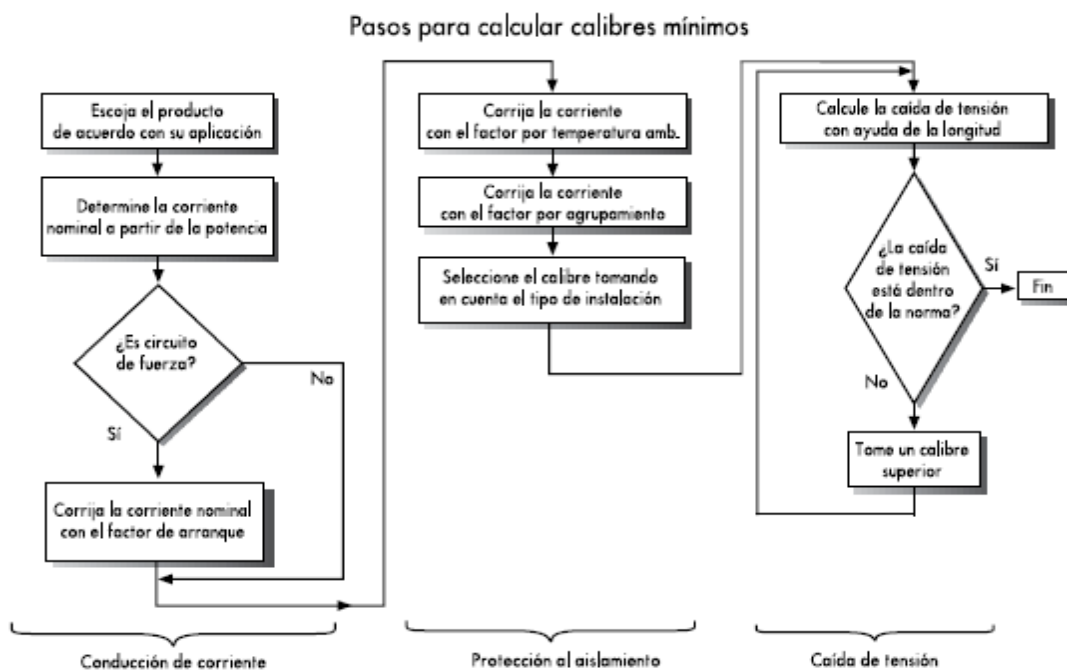


Figura III. 31 Pasos para calcular el calibre adecuado del conductor.

Conviene comentar que en la parte inferior de este diagrama de flujo, se distinguen una vez más los tres factores básicos en el cálculo del calibre. Para facilitar el entendimiento de este diagrama, siga el sentido de las flechas.

Métodos de cálculo

El diagrama del punto anterior es genérico, pero son varios los métodos que se utilizan en la práctica para calcular calibres mínimos. Aquí se comentarán únicamente tres de ellos:

- Método largo a partir de fórmulas.
- Calculador de calibres para baja tensión.
- Tanteo (este método no siempre es seguro, como se comentará más adelante).

Método largo a partir de fórmulas

Sin duda es muy seguro, pero requiere de tablas, calculadora, etcétera, y de una cantidad de tiempo considerable. Es muy utilizado por diseñadores y proyectistas de obras eléctricas; sin embargo, para baja tensión pueden utilizarse otros métodos tan seguros como éste, pero más ágiles.

A continuación se presenta una guía con los pasos que incluye este método.

Guía para determinar el calibre del conductor en baja tensión

1. Seleccionar el tipo de conductor adecuado de acuerdo con el uso específico de la instalación (vér catálogos de fabricantes); además se deberá saber si la instalación se efectuará en tubo conduit, al aire libre o en charola.
2. Calcular la corriente que va a transportar el conductor con la fórmula adecuada que aparece en las tablas de fórmulas eléctricas más usuales. En el caso de motores, es posible calcular la corriente con dichas fórmulas, o consultarlas directamente en las tablas de valores de corriente a plena carga para motores. Es necesario aumentar a la corriente de plena carga en los motores un 25 por ciento adicional para cumplir con la norma NOM-001-SEMP; en el caso de dos o más motores, hay que sumarlas corrientes nominales de éstos y aumentar solamente 25 por ciento del valor de la corriente del motor más grande.
3. Es necesario afectar este valor de corriente por los factores de corrección por temperatura y agrupamiento. Este nuevo valor de corriente no circulará realmente por el conductor, su utilidad radica en simular las condiciones adversas en las que se estará trabajando.
4. Con este nuevo valor de corriente afectada por los factores de corrección, se debe localizar el calibre adecuado, según el tipo de conductor y de instalación elegidos.

5. Una vez localizado el calibre del conductor, será necesario verificar la caída de tensión que sufrirá la instalación, utilizando para esto la fórmula de caída de tensión, que es:

$$\% \Delta V = \frac{F_c \times L \times I}{10 V_e}$$

Dónde:

$\% \Delta V$ = Caída de tensión (porcentaje)

L = Longitud del circuito (m)

I = Corriente que circula (amperes)

V_e = Voltaje de alimentación

F_c = Factor de caída de tensión unitaria (milivoltios/Amperes)

Es importante recalcar que, en esta fórmula, la corriente que se utilizará será la que resulte en el segundo paso, es decir, que aquí la corriente no debe ser afectada por los factores de corrección por agrupamiento y temperatura.

6. Si la caída de tensión es mayor a 3 por ciento para circuitos alimentadores o derivados, o de 5 por ciento para la suma de alimentador más derivado, es necesario calcular un calibre superior. Esto se puede hacer despejando el factor de caída unitaria (F_c) de la fórmula anterior, que quedaría como sigue:

$$F_c = \frac{\% \Delta V \times 10 \times V_e}{L \times I}$$

Dónde:

$\% \Delta V$ = 3% máx., según la norma NOM-001-SEMP

I = Corriente que circula en el circuito sin ser afectada por los factores de agrupamiento y temperatura ambiente

L = Longitud del circuito (m)

V_e = Voltaje de alimentación

F_c = Factor de caída de tensión unitaria (milivoltio/Ampere)

Conociendo F_c , se buscará y escogerá en la tabla el calibre que da igual o menor factor de caída de tensión.

Se debe tener cuidado al escoger en la tabla el factor de caída de tensión (F_c), ya que el sistema sobre el que se está haciendo el cálculo puede ser monofásico o trifásico.

7. Cálculo de corriente de cortocircuito: este cálculo sirve para determinar cuánto tiempo soportará sin dañarse el aislamiento de un conductor al producirse un cortocircuito. Es importante conocer este tiempo para escoger adecuadamente las protecciones de la línea. Para conocer el tiempo máximo en el que deberá operar la protección, véanse las gráficas de corriente de cortocircuito, donde en el eje horizontal se exhiben los calibres, y en el vertical, la corriente en miles de amperes. La intensidad de corriente que podrá soportar el conductor, dependerá del tiempo en que operen la protección y el calibre.

Para ilustrar un poco más este método, se presenta un ejemplo sencillo de aplicación.

En la actualidad ya se cuenta con software de cálculo de calibres de cable según la aplicación, las potencias y en especial el ambiente a ser instalado. Este software se encuentra en las direcciones web de los fabricantes de cables.

La forma más fácil y rápida para seleccionar cables se hace por medio de tablas de los proveedores de cables.

Tabla III. X Tabla de Cables de Electrocables Concéntricos

CALIBRE AWG O MCM	SECCION mm ²	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.	ESPEJOR AISLAMIENTO mm.	ESPEJOR CHAQUETA mm.	DIAMETRO EXTERIOR mm.	PESO TOTAL Kg/Km	CAPACIDAD DE CORRIENTE para 1 conductor al aire libre Amp.	ALTERNAT. DE EMBALAJE
2 x 16	1,31	1 x 1,29	0,76	1,14	8,40	88,90	13	A,Z
2 x 14	2,08	1 x 1,63	1,14	1,14	10,30	143,00	18	A,Z
2 x 12	3,31	1 x 2,05	1,14	1,14	11,30	184,00	25	A,Z
2 x 10	5,26	1 x 2,59	1,14	1,14	12,50	243,00	30	A,Z
2 x 8	8,37	7 x 1,23	1,52	1,52	17,20	447,00	40	A,Z
2 x 6	13,30	7 x 1,55	1,52	1,52	19,20	606,00	55	A,Z
2 x 4	21,15	7 x 1,96	1,52	2,03	23,20	912,00	70	A,Z
2 x 2	33,62	7 x 2,47	1,52	2,03	26,10	1360,00	95	A,Z
2 x 1/0	53,49	19 x 1,89	2,03	2,03	29,80	1950,00	130	A,Z
3 x 16	1,31	1 x 1,29	0,76	1,14	9,10	112,50	10	A,Z
3 x 14	2,08	1 x 1,63	1,14	1,14	11,30	181,00	15	A,Z
3 x 12	3,31	1 x 2,05	1,14	1,14	12,30	234,00	20	A,Z
3 x 10	5,26	1 x 2,59	1,14	1,14	13,83	318,00	25	A,Z
3 x 8	8,37	7 x 1,23	1,52	1,52	18,20	551,00	35	A,Z
3 x 6	13,30	7 x 1,55	1,52	1,52	20,40	764,00	45	A,Z
3 x 4	21,15	7 x 1,96	1,52	2,03	24,50	1149,00	60	A,Z
3 x 2	33,62	7 x 2,47	1,52	2,03	27,60	1710,00	80	A,Z
3 x 1/0	53,49	19 x 1,89	2,03	2,03	31,50	2740,00	110	A,Z
4 x 16	1,31	1 x 1,29	0,76	1,14	9,70	130,60	8	A,Z
4 x 14	2,08	1 x 1,63	1,14	1,14	12,30	221,00	12	A,Z
4 x 12	3,31	1 x 2,05	1,14	1,14	13,30	286,00	16	A,Z
4 x 10	5,26	1 x 2,59	1,14	1,52	15,60	413,00	20	A,Z
4 x 8	8,37	7 x 1,23	1,52	1,52	20,10	696,00	28	A,Z
4 x 6	13,30	7 x 1,55	1,52	2,03	23,30	1007,00	36	A,Z
4 x 4	21,15	7 x 1,96	1,52	2,03	26,20	1413,00	48	A,Z
4 x 2	33,62	7 x 2,47	1,52	2,03	29,50	2120,00	64	A,Z
4 x 1/0	53,49	19 x 1,89	2,03	2,03	33,70	3350,00	88	A,Z

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO

4.1 Diseño Mecánico

Como primer paso encontramos el diseño mecánico con medidas en las cuales puedan ser instalados los elementos que incluirán en el módulo. Además dentro del diseño debíamos tomar en cuenta la facilidad para realizar las conexiones y el mantenimiento de los elementos y equipos en el caso de fallas y para realizar mantenimiento preventivo al módulo de entrenamiento.

El diseño mecánico detallado sus medidas se encuentra en el ANEXO A.

Dentro del diseño mecánico incluimos la distribución de los elementos que detallamos a continuación su ubicación por bloques.

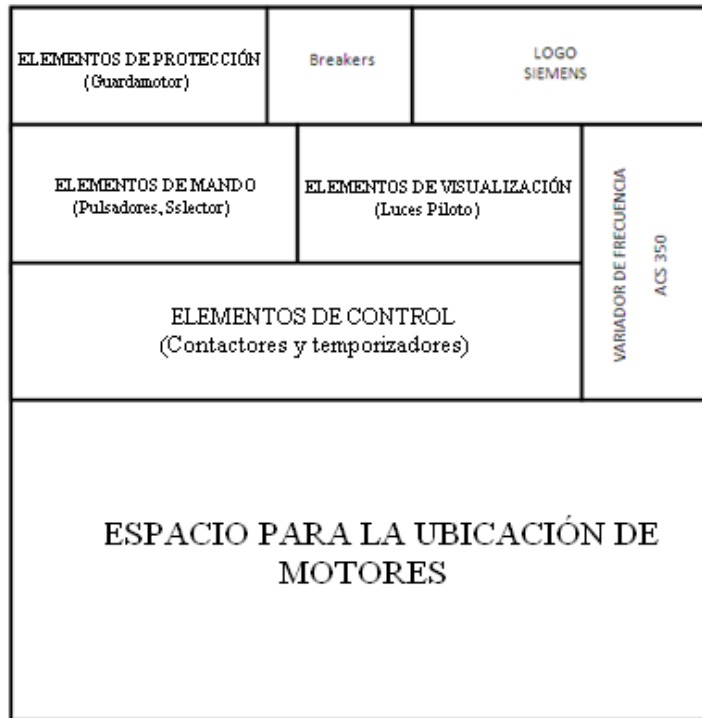


Figura IV. 32 Diagrama de bloques de la ubicación física de los elementos en el módulo de entrenamiento

4.2 Diseño de la Arquitectura de Control

La arquitectura de control del módulo de entrenamiento es diseñada para el control local y remoto, por medio de elementos de control propios del módulo (selector y pulsadores), los cuales van habilitar una pantalla táctil en donde vamos a comandar monitorear y controlar los estados de las protecciones de cada máquina eléctrica, y la activación de bloques del módulo.

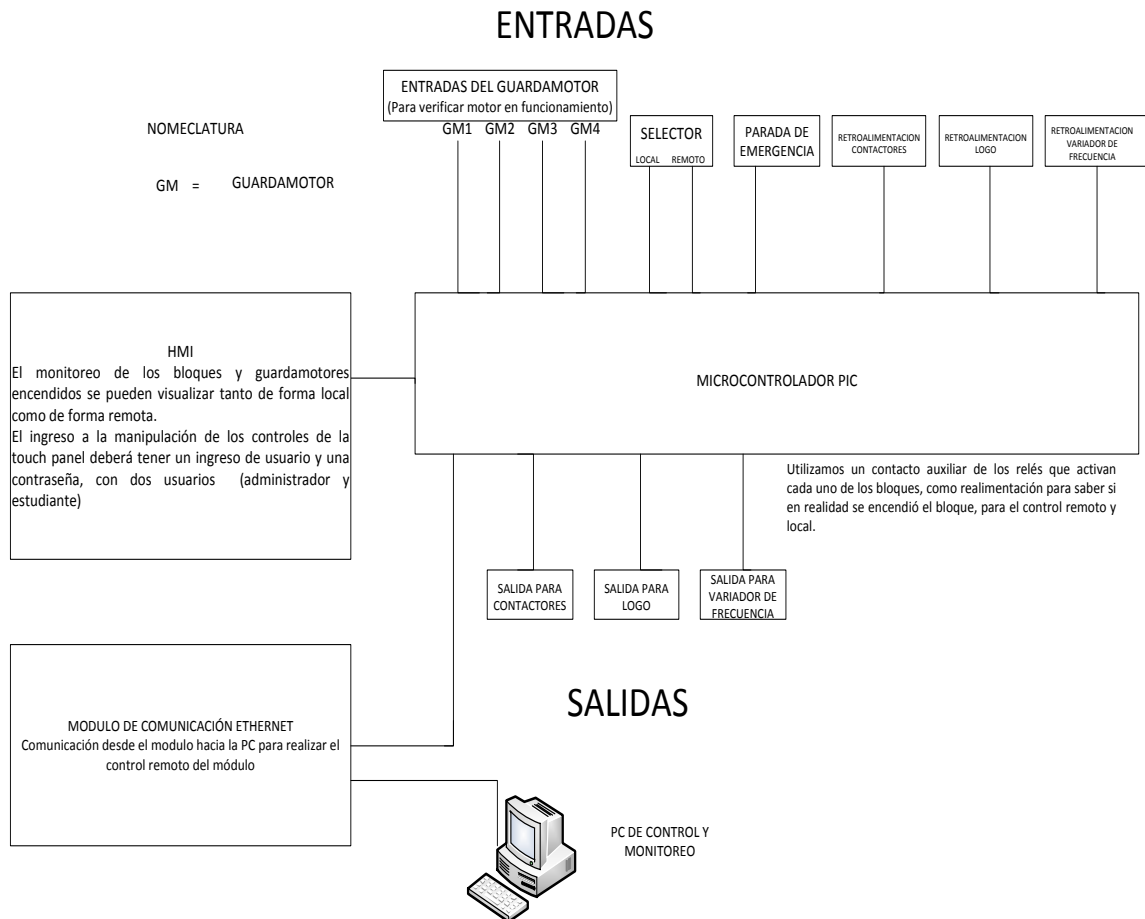


Figura IV. 33 Diagrama de bloques con la distribución de entradas y salidas.

Además por medio del módulo Ethernet en la posición del selector en remoto, vamos a tener el control y monitoreo desde una PC con la implementación de una página web sencilla.

4.3 Circuito de Control General

Según la arquitectura detallada en el ítem anterior nos basamos para realizar el circuito de control general, de entrada y salidas de la tarjeta electrónica para el direccionamiento de las variables y las activaciones de las salidas con sus respectivas retroalimentaciones de monitoreo, para formar un lazo cerrado.

Tendremos un pulsador de “STAR” (inicio) y de “STOP” (parada), los mismos que activarán o desactivarán a la tarjeta electrónica. Además vamos a contar con tres pulsadores para la activación de cada uno de los bloques que son: bloque de lógica cableada, relé programable y VFD de esta manera se estará aislando a la tarjeta

electrónica del módulo, teniendo la facilidad de tres métodos de operación, pulsadores de mando, pantalla touch y pagina web. Todos los circuitos de mando y distribución de energía podremos apreciar en el ANEXO B.

4.4 Diseño e implementación de la tarjeta electrónica

La tarjeta electrónica estará controlada por un microcontrolador PIC18F2550 para que funcione como administrador de entradas y salidas, la interfaz con el ser humano será establecida a través de un teclado de pantalla táctil que se habilitará solamente cuando el usuario seleccione el modo de control manual por medio de un selector ubicado en el circuito de control general, las entradas están distribuidas de tal forma que se sabrá con exactitud qué bloque de prácticas esta puesta en funcionando y podremos visualizarlo en la pantalla táctil o en la pantalla de un computador conectado en red al módulo de entrenamiento dependiendo si está en control local o remoto.

La conexión a Ethernet estará provista por un módulo encapsulado que provee la facilidad de conectar un cable de red y mediante un computador poder controlar el módulo de prácticas de forma remota todo esto será posible si el usuario elige el control remoto mediante el selector antes mencionado.

La fuente de poder para la tarjeta estará provista por una fuente de computadora la cual nos facilita los dos voltajes y corrientes necesarios para el correcto funcionamiento de la misma (voltajes de 5V 3.3V y corrientes de hasta 15A).

Diagrama esquemático de la tarjeta electrónica

Para el diseño de la tarjeta electrónica hemos utilizado el software Proteus ISIS para realizar el diagrama esquemático de la tarjeta, mientras que para realizar el esquemático usaremos el ARES que es otra librería del software con todos sus componentes. Cabe recalcar que para salvaguardar las entradas y salidas del microprocesador vamos a usar opto acopladores y relés respectivamente de esta manera protegemos al microprocesador.

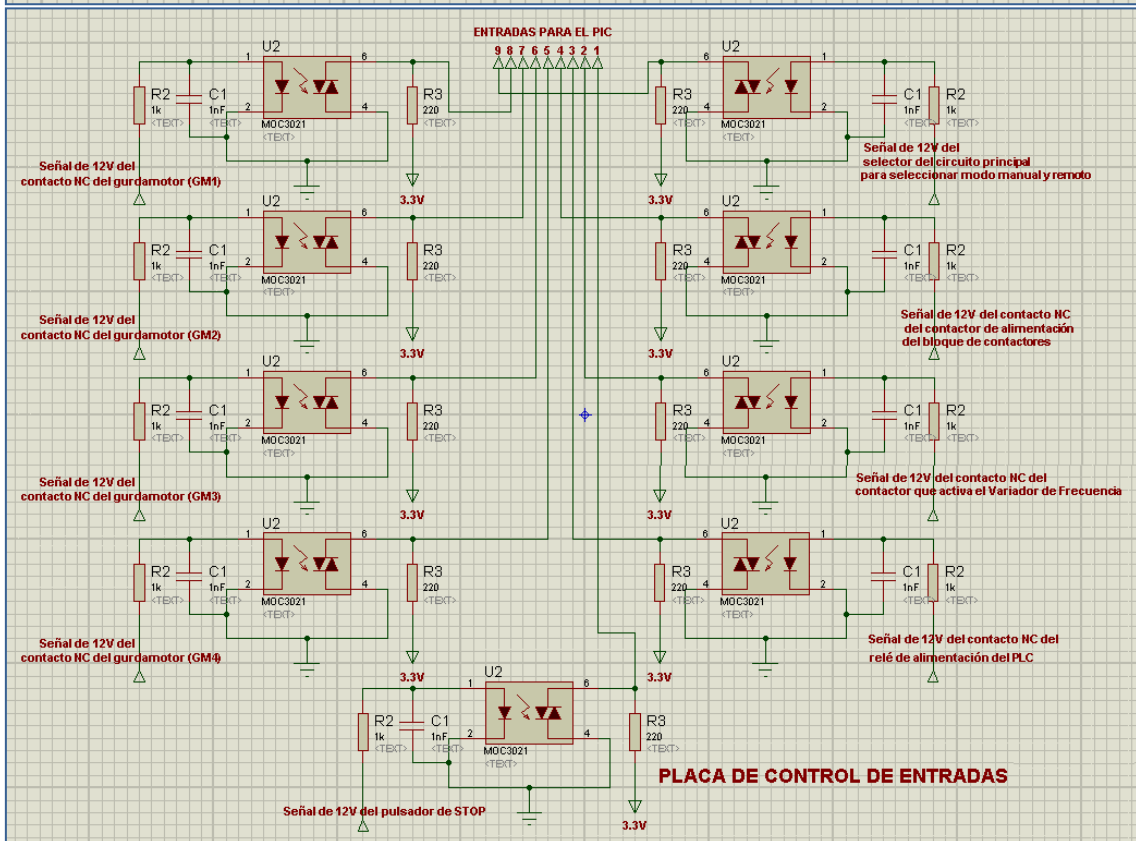
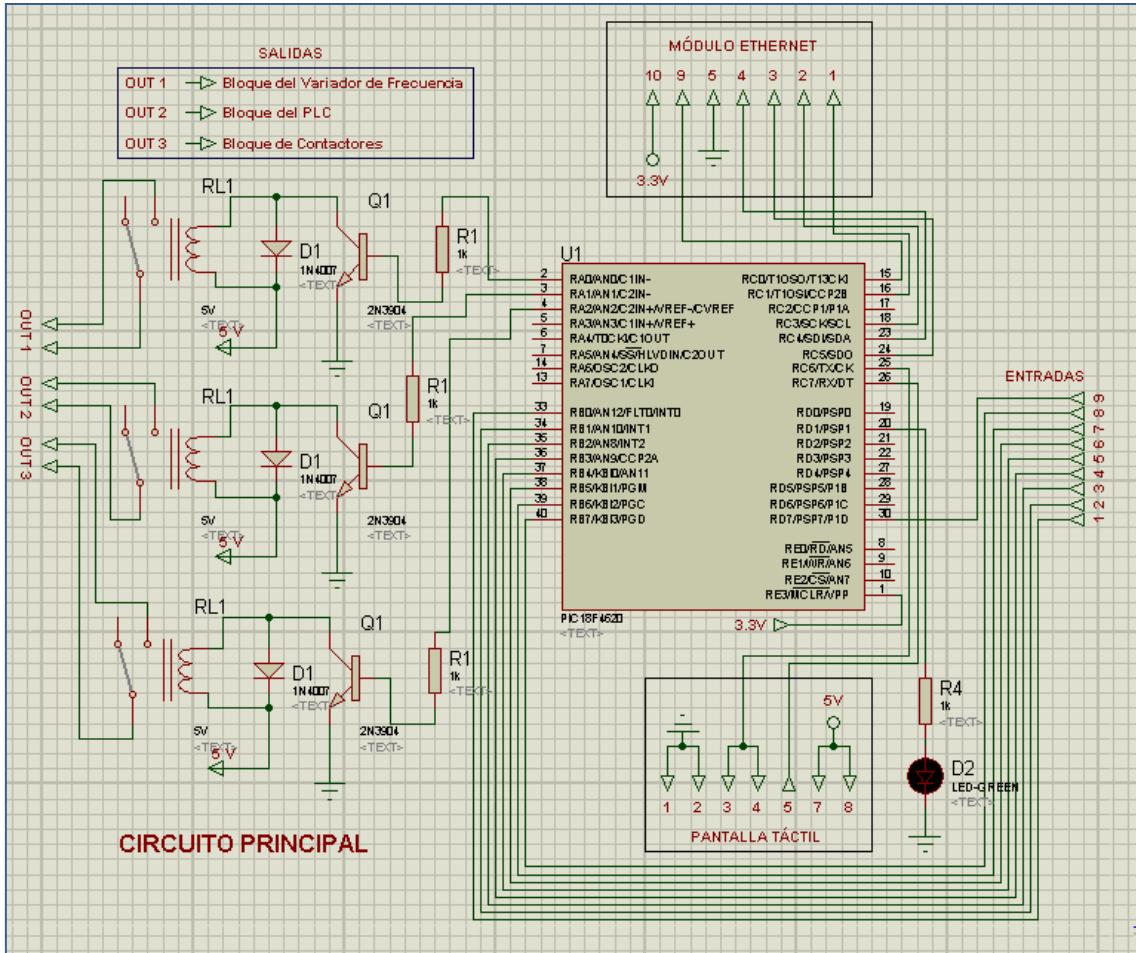


Figura IV. 34 Diagrama esquemático general de la tarjeta electrónica

Manejaremos tres bloques en el módulo de entrenamiento para máquinas eléctricas.

- El primer bloque estará destinado al trabajo solo con elementos de control como son los guardamotores, contactores, pulsadores, selectores y elementos indicadores como luces piloto.
- El segundo bloque estará destinado al trabajo solo con el logo SIEMENS o PLC.
- El tercer bloque estará destinado al trabajo solo con el variador de frecuencia.

Para activar estos tres bloques la tarjeta electrónica estará compuesta por tres circuitos de salida que serán activados cada uno desde la misma por un relé magnético el cual energizará a través de su contacto normalmente abierto a un relé magnético de 110V AC que será el encargado de poner en funcionamiento el bloque del logo SIEMENS, otro relé activará un contactor de baja potencia que pondrá en funcionamiento el bloque del variador de baja potencia y por último el relé sobrante pondrá en funcionamiento el bloque de los elementos de control a través de un contactor de alta potencia que energizará a la fuente trifásica del módulo de prácticas.

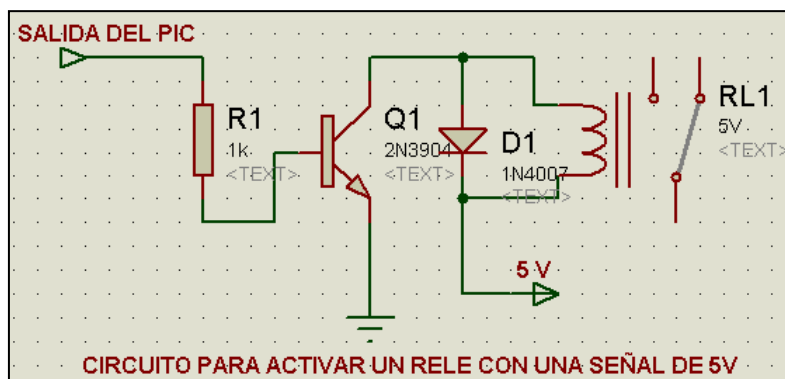


Figura IV. 35 Circuito independiente de salida para activar un relé magnético

Las entradas serán la retroalimentación de nuestra tarjeta para ayudar a informar al usuario que bloque del módulo está en funcionamiento por medio de la visualización de luces piloto en la pantalla táctil o en la pantalla de un computador conectado en red con la tarjeta.

Las entradas serán 9 en total, cuatro vendrán desde los contactos auxiliares normalmente cerrados de los cuatro guardamotores, una del contacto auxiliar normalmente cerrado del contactor que energiza la fuente trifásica del módulo de entrenamiento, una del contacto auxiliar normalmente cerrado del logo SIEMENS, una de un contacto auxiliar normalmente cerrado del variador de frecuencia, una de un

contacto auxiliar normalmente cerrado del pulsador de STOP o parada de emergencia y una de un contacto auxiliar normalmente cerrado del selector que le sirve al usuario para seleccionar el modo de control local o remoto, todos funcionarán con un voltaje de 12V que será provista por una fuente de computadora que elegimos por sus prestaciones de voltaje y corriente fijas y estables, los contactos auxiliares normalmente cerrados se abrirán cuando se energicen sus elementos y dejarán de activar al led interno del MOC3021 el que a su vez dejará de conducir su pin de salida a tierra por medio de su fototransistor incorporado por lo que se obtendrá a la salida del circuito un uno lógico que le indicará a la tarjeta que una entrada determinada está en funcionamiento y dará a conocer al usuario mediante una luz piloto.

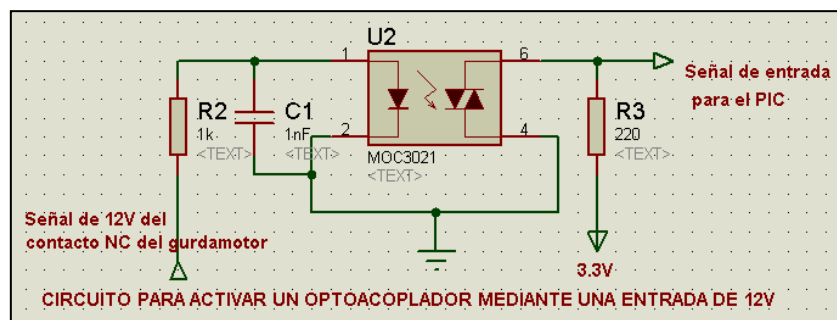


Figura IV. 36 Circuito independiente de entrada diseñado con un MOC3021

4.4.1 Componentes electrónicos utilizados para la tarjeta de control

Descripción del PIC18F4620

A continuación comenzaremos a describir las características del PIC18F4620, iremos de lo general a lo particular. Comenzaremos por hacer una descripción de sus capacidades en el núcleo del procesador y luego de sus periféricos:

Características generales del Procesador:

- Memoria de Programa: 32K Word para almacenar Instrucciones.
- Memoria de Datos: 3968 bytes
- Puertos E/S: 36
- Canales CAD: 13
- Módulos CCP/ECCP: 1/1
- Módulos de comunicaciones: SPI, I2C, EUSART
- Timers: 1 de 8 bits, 3 de 16 bits
- Comparadores integrados: 2

PIN OUT:

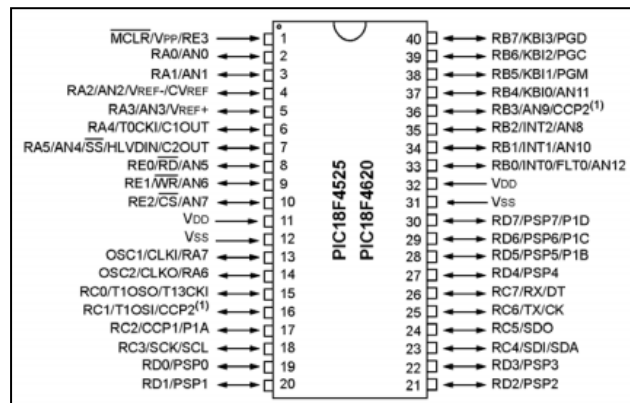


Figura IV. 37 Descripción periférica del PIC18F4620

Nota: Si bien el PIC18F4620 tiene 36 Puertos E/S, el PORT RE3, multiplexado con el terminal de MCLR, puede operar solo como puerto de entrada.

Pantalla táctil modelo DMT48270T043_01WK/T



Figura IV. 38 Pantalla táctil modelo DMT48270T043_01WK/T

Es un modelo básico estándar de versión mejorada ideal para hacer frente a los entornos de trabajo de la industria, es de tipo básico muy simple en su exterior, de bajo costo, puede aplicarse en sustitución de teclados y pulsadores en la mayoría de los entornos de trabajo, muy resistente a las pruebas de alta y baja temperatura.



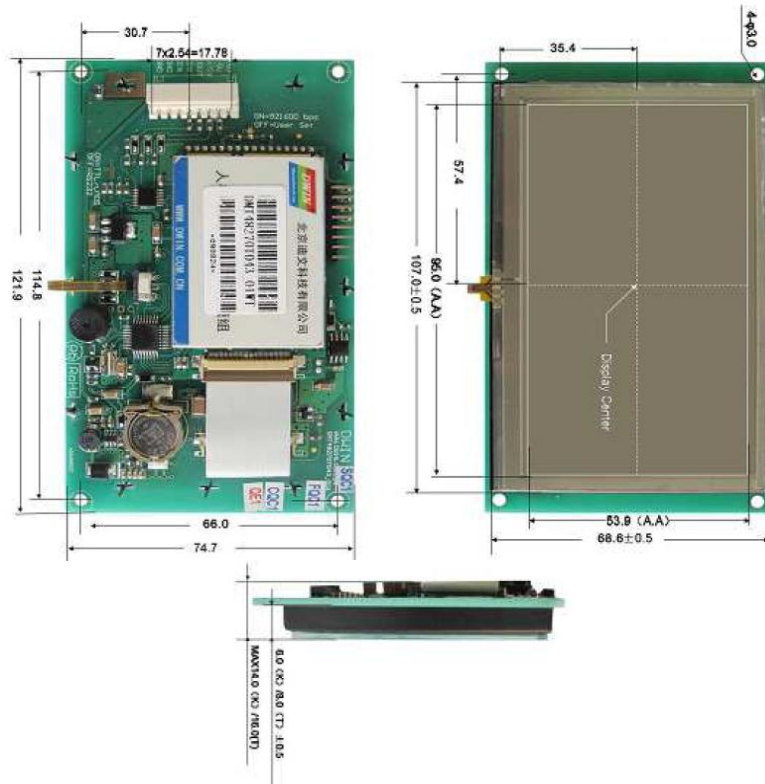


Figura IV. 39 Dimensiones físicas de la pantalla táctil

Características de la pantalla táctil:

- Fuentes de usuario integrada y fuente de usuario extensible
- Su módulo LCD se montó con 5 fuentes de la entrega, ASCII, (12 × 12, 16 × 16) de matriz de puntos GBK, (24 × 24, 32 × 32) de matriz de puntos GB2312. Además, los usuarios pueden instalar las fuentes que necesitan. Tal como GBK, BIG5, SJIS, Hangul, UNICODE. las fuentes diseñadas por los usuarios también son posibles de instalar.
- Modos de funcionamiento seleccionables, Los módulos pueden ser operados por teclado o pantalla táctil.
- Amplia en el ángulo, diversos en color, el brillo de la pantalla puede ajustarse en 64 niveles (CCFL y OLED no incluyen). Todo ello hace de su interfaz más atractiva. Todas las interfaces se basan en la operación de las imágenes que pueden acortarle tiempo y ahorrar costos.
- Conexión a los controladores (incluyendo PC, SMC, PLC, DSP, ARM) con serial.

- Su terminal puede trabajar con el nivel de TTL / CMOS o RS232, además, algunas terminales son compatibles con el USB al descargar imágenes velocidades de transferencia que puede ser de hasta 921600bps.

Tabla IV. XI Tabla de especificaciones eléctricas de la pantalla táctil.

direct current electric characteristics		
Input power voltage (V)	3.4 –5.9 (DMT48270T043_01WN)	
	4.5 – 6 (DMT48270T043_01WK/T)	
Electric current (mA,Typical value) (Input ⁽²⁾ ; VCC=5V)	Backlight on	Backlight off
	320 (DMT48270T043_01WN)	140 (DMT48270T043_01WN)
	360 (DMT48270T043_01WK/T)	180 (DMT48270T043_01WK/T)

Módulo Ethernet Z28J60

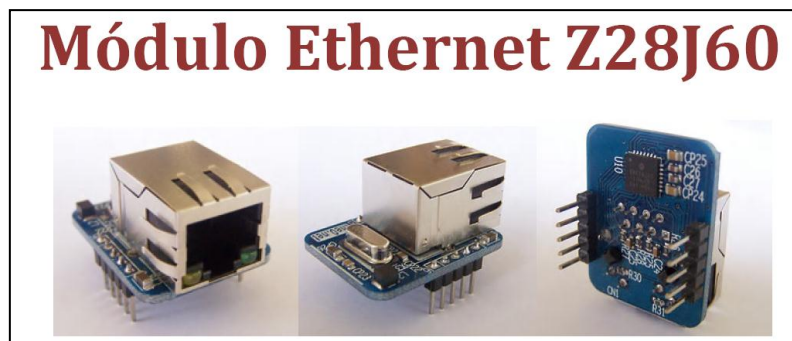


Figura IV. 40 Módulo Ethernet utilizado en nuestro proyecto

Este módulo contiene todo lo que se necesita para agregar conectividad Ethernet a nuestro proyecto de tesis. Incluye un controlador de Ethernet ENC29J60, un conector RJ45 con leds indicadores de enlace/actividad y acopladores magnéticos integrados.

Características generales del módulo:

- IEEE 802.3 Compatible
- Totalmente Compatible con Redes 10/100/1000Base-T
- MAC integrado y 10Base-T PHY
- Soporta un Puerto 10Base-T con detección de Polaridad Automática y Corrección
- Soporta modos Full y Half – Duplex
- Retransmisión Automática en Colisión Programable
- Padding y Generación CRC automática Programable
- Rechazo Automático de Paquetes Erróneos Programable
- Interfaz SPI con Velocidades de Reloj hasta 20 MHz

Características físicas y eléctricas:

- Dimensiones: 1.2 x 0.9 x 0.9" (30.7 x 24 x 23mm)
- Voltaje de Operación: 3.1-3.6V (3.3V típico con soporte de 5V en las Entradas)

Dimensiones Mecánicas:

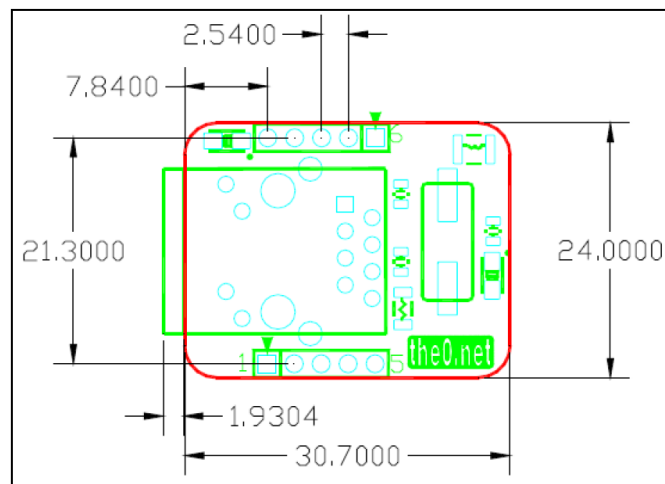


Figura IV. 41 Características mecánicas de nuestro módulo Ethernet

Fuente

La fuente de alimentación que utilizamos es la de un computador normal, porque es el componente electrónico encargado de transformar la corriente de la red eléctrica con una tensión de 200V ó 125V, a una corriente con una tensión de 3.3V, 5V y 12V (que es la necesaria para nuestro proyecto de tesis y sus componentes).

La utilizamos por sus características que muestran ventaja ante la necesidad de varios voltajes y una gran corriente, además porque el voltaje que ofrecen las compañías eléctricas no siempre es el mismo pues suele variar por múltiples factores. La corriente puede tener picos de tensión tanto hacia arriba como hacia abajo en el tiempo.

Como los componentes de nuestra tarjeta electrónica funcionan con corriente continua, lógicamente la corriente alterna no nos sirve, ya que los mismos no funcionarían. Para ello se utiliza un componente llamado puente rectificador, que será el encargado de transformar la corriente alterna en corriente continua, logrando que el voltaje no baje de 0 voltios. Una vez obtenida la corriente continua, todavía no nos sirve para alimentar ningún circuito porque no es constante.

Posteriormente se pasa a la fase de filtrado, que procede en alisar al máximo la señal eléctrica, para que no se den oscilaciones, lo cual se consigue por medio de uno o varios condensadores, que retienen la corriente a modo de batería y la suministran de forma constante.

Una vez que obtenemos una señal continua solo falta estabilizarla, para que cuando aumente o disminuya la corriente de entrada a la fuente, no afecte a la salida de la misma, lo cual se consigue por medio de un regulador.



Figura IV. 42 Fuente normal de PC utilizada en nuestro proyecto de tesis

Optoacopladores

Son conocidos como *optoaisladores o dispositivos de acoplamiento óptico*, basan su funcionamiento en el empleo de un haz de radiación luminosa para pasar señales de un circuito a otro sin conexión eléctrica. Estos son muy útiles cuando se utilizan por ejemplo, Microcontroladores PICs y/o PICAXE si queremos proteger nuestro microcontrolador este dispositivo es una buena opción. En general pueden sustituir los relés ya que tienen una velocidad de conmutación mayor, así como, la ausencia de rebotes, para nuestro proyecto de tesis se utilizó el MOC30

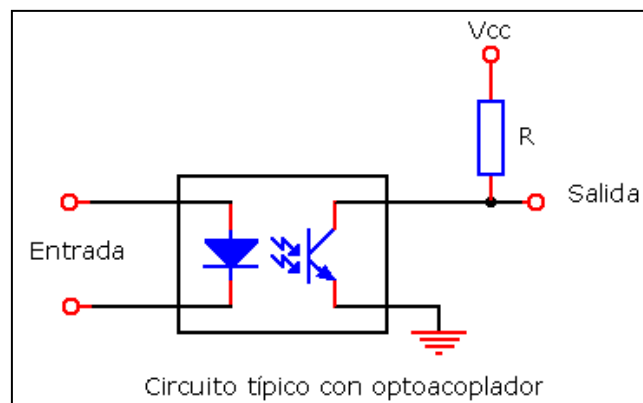


Figura IV. 43 Esquema eléctrico interno de un optoacoplador

La gran ventaja de un optoacoplador reside en el aislamiento eléctrico que puede establecerse entre los circuitos de entrada y salida. Fundamentalmente este dispositivo está formado por una fuente emisora de luz, y un fotosensor de silicio, que se adapta a la sensibilidad espectral del emisor luminoso, todos estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del **tipo DIP**.



Figura IV. 44 MOC3021 en encapsulado tipo DIP

Resistencias

Son dispositivos utilizados para obstruir el flujo de corriente eléctrica. Las fabrican con diferentes valores y se identifican por sus colores característicos, las utilizaremos dependiendo de nuestras necesidades en la tarjeta electrónica de nuestro proyecto de tesis.

Todas las resistencias tienen una tolerancia, esto es el margen de valores que rodean el valor nominal y en el que se encuentra el valor real de la resistencia. Su valor viene determinado por un porcentaje que va desde 0.001% hasta 20% el más utilizada es el de 10%. Esta tolerancia viene marcada por un código de colores.

Las resistencias tienen un coeficiente de temperatura, este valor dependerá de la temperatura que alcance la resistencia cuando empiece a circular el flujo de electrones. Como cualquier elemento eléctrico y electrónico tiene un rango de trabajo y por tanto un límite de funcionamiento que vendrá determinado por su capacidad de disipar calor, la tensión y por su temperatura máxima; por tanto será la temperatura máxima con la cual podrá trabajar sin deteriorarse.

Tiene también un coeficiente de tensión que limitará el paso de la corriente eléctrica entre sus dos extremos que será la variación relativa de cambio de tensión al que se someta.



Figura IV. 45 Apariencia física de una resistencia eléctrica con sus valores en ohmios y tolerancia.

Relés

El **relé** o **relevador** es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico.

Existen multitud de tipos distintos de relés, dependiendo del número de contactos, de la intensidad admisible por los mismos, tipo de corriente de accionamiento, tiempo de activación y desactivación, etc. Cuando controlan grandes potencias se les llama contactores en lugar de relés.

La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, la que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control.



Figura IV. 46 Diferentes tipos de relés

Cristal de reloj

Oscilador es un circuito que genera una señal periódica, es decir, que produce una señal periódica a la salida sin tener ninguna entrada periódica. Los osciladores se clasifican en armónicos, cuando la salida es sinusoidal, o de relajación, si generan una onda cuadrada.

Un oscilador a cristal es un oscilador armónico cuya frecuencia está determinada por un cristal de cuarzo o una cerámica piezoeléctrica.

Parámetros del oscilador:

- Frecuencia: es la frecuencia del modo fundamental.
- Margen de sintonía, para los de frecuencia ajustable, es el rango de ajuste.
- Potencia de salida y rendimiento. El rendimiento es el cociente entre la potencia de la señal de salida y la potencia de alimentación que consume.
- Nivel de armónicos: potencia del armónico referida a la potencia del fundamental, en dB.
- Pulling: variación de frecuencia del oscilador al variar la carga.
- Pushing: variación de frecuencia del oscilador al variar la tensión de alimentación.
- Deriva con la temperatura: variación de frecuencia del oscilador al variar la temperatura.
- Ruido de fase o derivas instantáneas de la frecuencia.
- Estabilidad de la frecuencia a largo plazo, durante la vida del oscilador.



Figura IV. 47 Oscilador de cristal de 10MHz

Transistores 2N3904

Los transistores 2N3904 son los elementos electrónicos también identificados como PN2222, es un transistor bipolar NPN de baja potencia de uso general.

Las hojas de especificaciones señalan como valores máximos garantizados 500 miliamperios, 50 voltios de tensión de colector, y hasta 500 milivatios de potencia. La frecuencia de transición es de 250 a 300 MHz

Sirve tanto para aplicaciones de amplificación como de conmutación. Puede amplificar pequeñas corrientes a tensiones pequeñas o medias; por lo tanto, sólo puede tratar potencias bajas (no mayores de medio vatio). Puede trabajar a frecuencias medianamente altas.

Tensiones inversas de ruptura para el transistor 2N3904.

V_{CB}60 V (máximo valor en inversa)

V_{CEo}40 V (máximo valor en inversa con la base abierta)

V_{EB}6 V (máximo valor en inversa)

En realidad en la hoja de características tenemos que diferenciar los transistores en:

- Transistores de pequeña señal (I_C pequeña), por ejemplo: 2N3904.
- Transistores de potencia (I_C grande), por ejemplo: 2N3055.

Corriente y potencia máximas

En las uniones del transistor se suelen dar unas temperaturas muy elevadas, siendo la unión más problemática la unión CB, porque es la que más se calienta.

En un transistor se dan tres tipos de temperaturas:

- T_j = Temperatura de la unión.
- T_C = Temperatura de la capsula.
- T_A = Temperatura del ambiente.

Factor de ajuste.- Indica como disminuye la $P_{Dmáx}$ por cada grado de aumento de temperatura por encima de un valor determinado.

Otro parámetro.- Este parámetro es el b_{cc} que ya hemos visto anteriormente ($I_C = b_{cc} \cdot I_B$ Zona Activa).

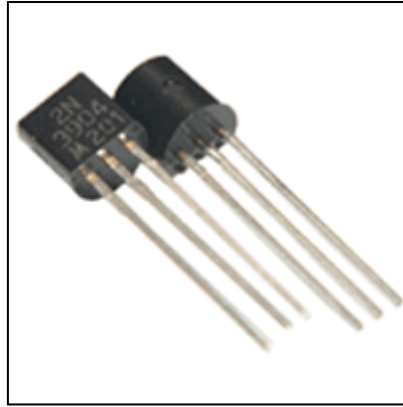


Figura IV. 48 Transistor 2N3904 en dos vistas, frontal y trasera

4.5 Diseño y dimensionamiento de pistas para la placa electrónica

Con la ayuda del software de nombre “ARES”, una aplicación que trae PROTEUS, modelamos las pistas y dimensionamos el tamaño de cada uno de los elementos antes nombrados en éste documento, teniendo en cuenta su diseño y ubicación que debe tener para poder realizarle cualquier mantenimiento correctivo o de diferente índole.

En la siguiente figura podemos observar el diseño de la placa principal, la cual lleva en su estructura el microcontrolador PIC18F4620 que es prácticamente el cerebro que administra la comunicación entre la pantalla táctil y el módulo Ethernet por lo que es considerado como parte muy importante para el control manual y remoto del módulo de prácticas.

Se tomó en cuenta la ubicación del módulo Ethernet para que fuera de fácil acceso para poder ayudar al usuario a insertar y retirar rápidamente el cable de red, además se tomó como consideración realizar dos placas para que sea más manipulable el circuito, el mismo que estará conformado por una placa principal y una placa de entradas.

En cuanto a la dimensión de las placas serán lo más reducidas posible para facilitar su manejo y ahorrar espacio en el módulo, logrando con esto que pasen desapercibidas para los operadores del módulo de prácticas y que no influyan tanto generando distracción a las prácticas que tendrán que realizar los estudiantes.

Placa principal

La placa principal tendrá en su estructura al microcontrolador, al módulo Ethernet, al conector del bus de datos para la pantalla táctil, al conector del bus de datos para el circuito de entradas, a las borneras que servirán para conectar la fuente y a los tres circuitos de salida antes mencionados que controlan a los relés magnéticos.

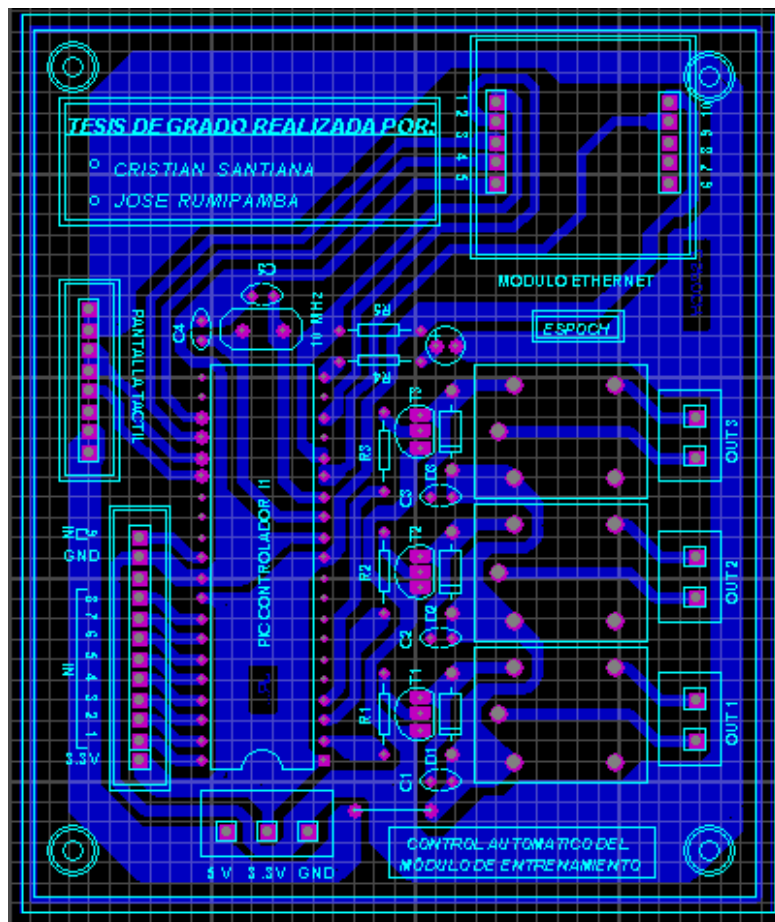


Figura IV. 49. Diseño de pistas y ubicación de elementos de la placa principal

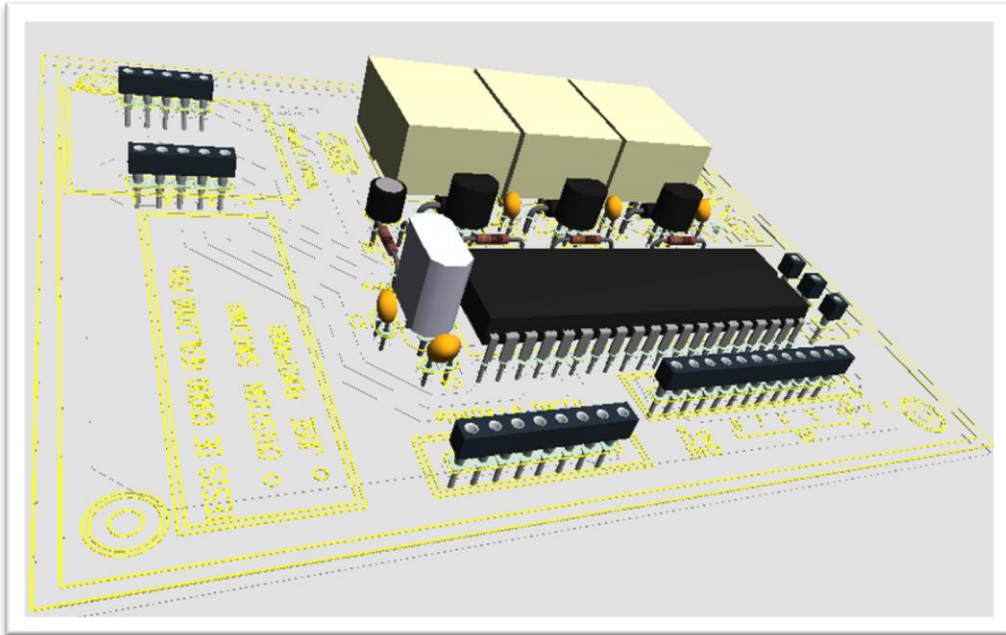


Figura IV. 50 Simulación en 3D de placa principal

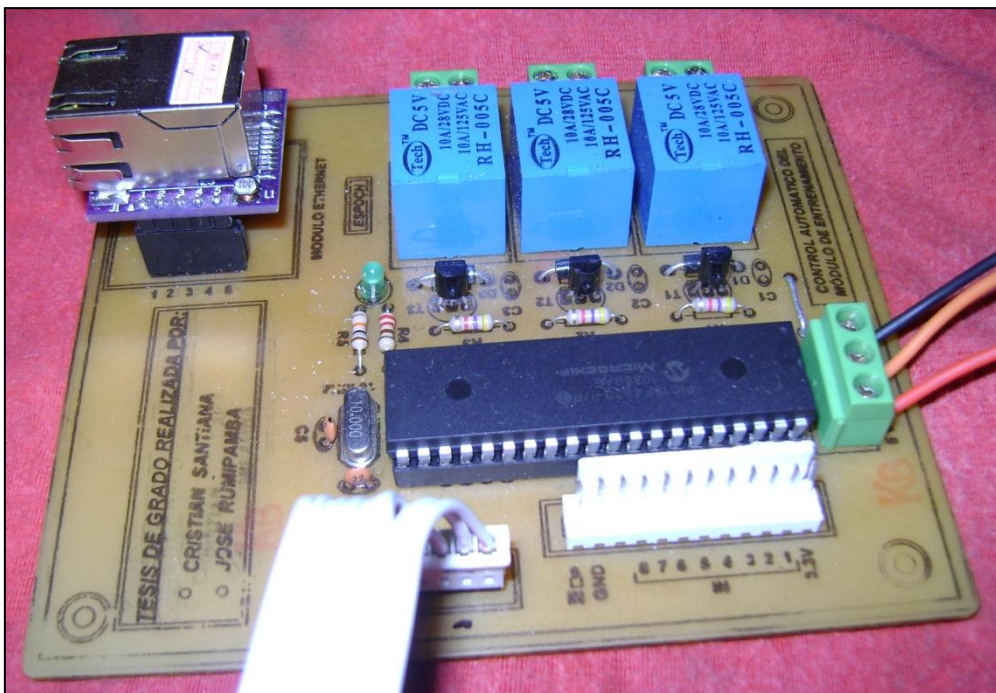


Figura IV. 51 Placa principal terminada

Placa de entradas

La placa de entradas estará conformada por los 9 circuitos que activarán individualmente un MOC3021 para cada señal de retorno desde los contactos auxiliares normalmente cerrados de los cuatro gurdamotores, del contacto auxiliar normalmente

cerrado del contactor que energiza la fuente trifásica del módulo de entrenamiento, del contacto auxiliar normalmente cerrado del logo SIEMENS, de un contacto auxiliar normalmente cerrado del variador de frecuencia, de un contacto auxiliar normalmente cerrado del pulsador de STOP o parada de emergencia y de un contacto auxiliar normalmente cerrado del selector que le sirve al usuario para seleccionar el modo de control local o remoto, todos éstos retornos que serán conectados a la tarjeta por medio de borneras, además tendrá una salida para conectar el bus de datos que le permitirá la comunicación con la placa principal.

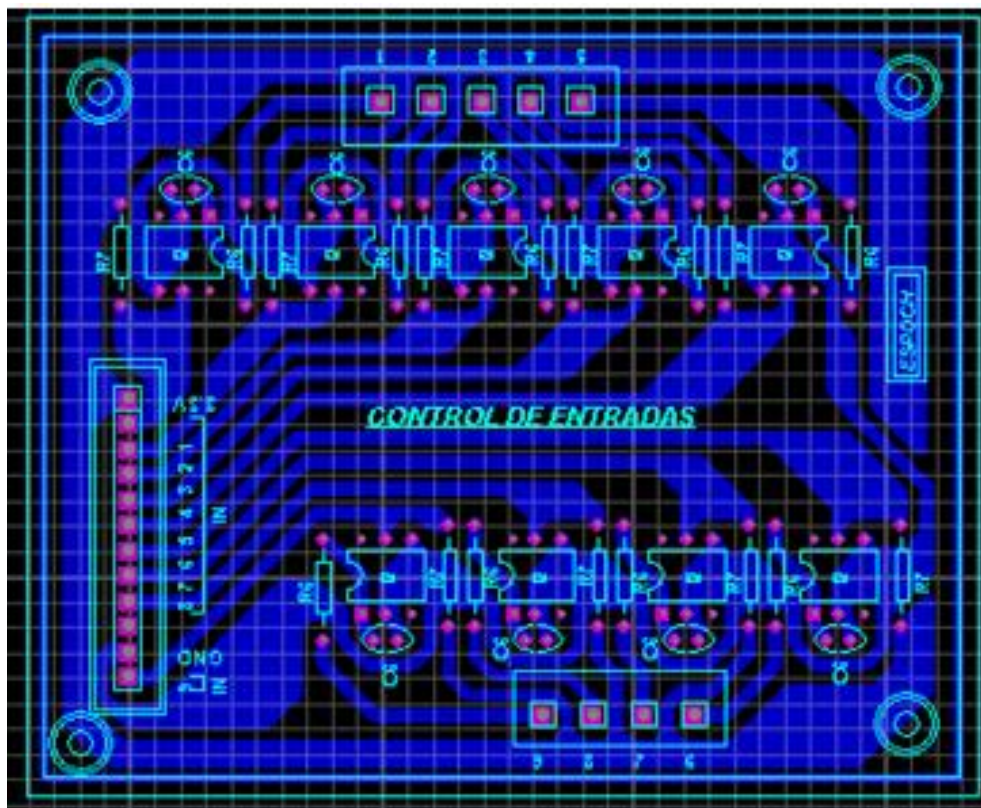


Figura IV. 52 Diseño de pistas y ubicación de elementos de la placa de entradas

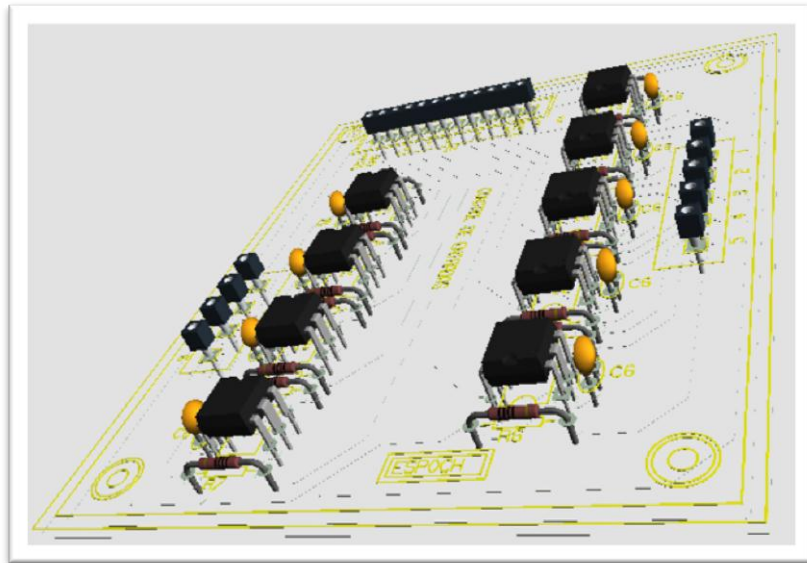


Figura IV. 53 Simulación de la placa de entradas en 3D

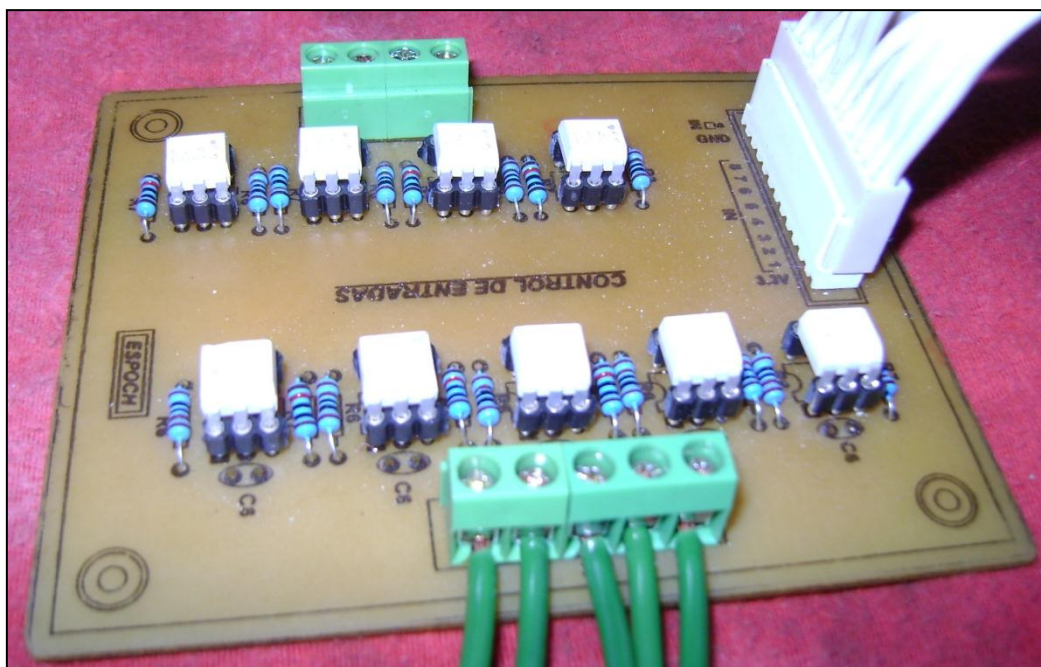


Figura IV. 54 Placa de entradas terminada

Por último tenemos el circuito terminado en su totalidad y trabajando correctamente con su placa principal controlada por el PIC18F4620 que como ya mencionamos administra la operación del modo de control local y remoto mediante un selector manual que se encuentra en el circuito general de control y permitirá administrar al usuario el uso del módulo de entrenamiento según lo prefiera, el modo manual se trabaja por medio de la pantalla táctil y el modo remoto mediante la interfaz de visualización en un computador

que esté conectado al cable de red que se comunicará al circuito por medio del módulo Ethernet, ambos modos de operación destinados a controlar las salidas conformados por los circuitos que activarán los tres relés, y trabajando en conjunto con la placa de entradas que será la encargada de comunicar al usuario cual bloque de trabajo está activada en el módulo de entrenamiento, como son el bloque de contactores y guardamotores, el logo SIEMENS o el variador de frecuencia.

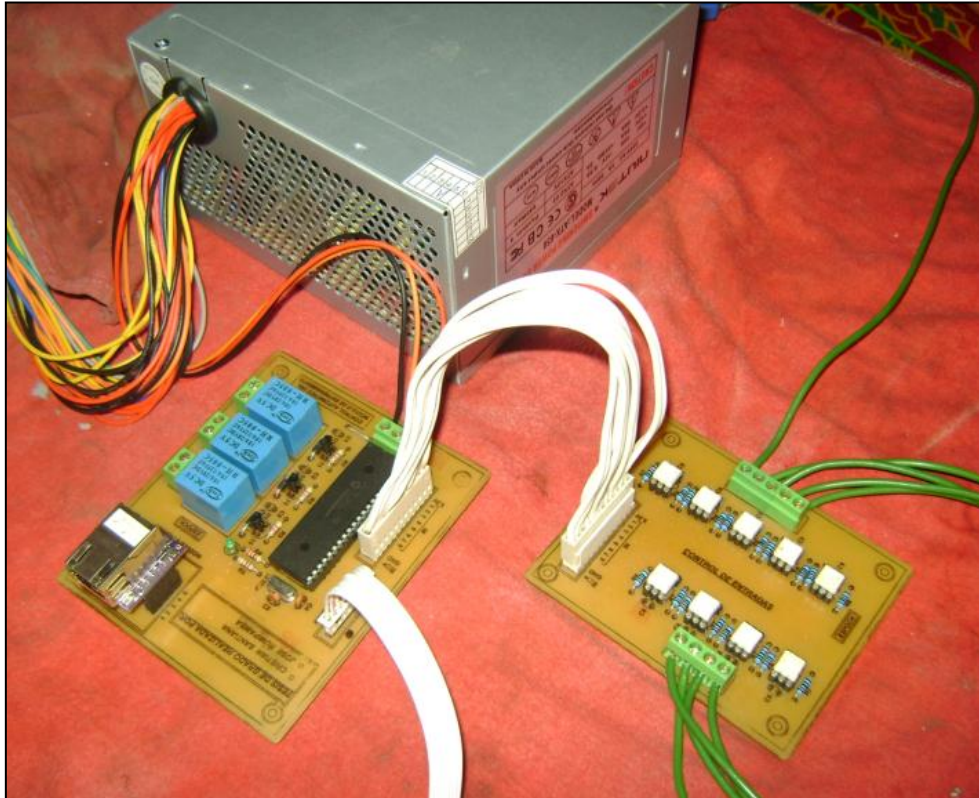


Figura IV. 55 Tarjeta electrónica terminada y trabajando en conjunto la placa principal con la placa de entradas

4.6 Diseño de software para la gestión de los elementos controladores de la tarjeta electrónica.

Los programas diseñados nos ayudarán al correcto funcionamiento de nuestra tarjeta electrónica, la cual funcionará automáticamente gracias a los mismos que controlarán al PIC18F4620 y a la pantalla táctil.

4.6.1 Diagramas de Flujo para el funcionamiento general del módulo.

Se parte de una lógica de funcionamiento de control de tres modos , local puede ser desde una touch panel y desde el control de pulsadores , mientras que remoto se podrá realizar desde un punto de red configurada dentro de la dirección IP asignada al módulo internet del control.

Dentro del flujograma observamos la descripción funcional del cada uno de los modos de control y operación, según el diseño de los circuitos de control implementados y las entradas que vamos a monitorear dentro del módulo.

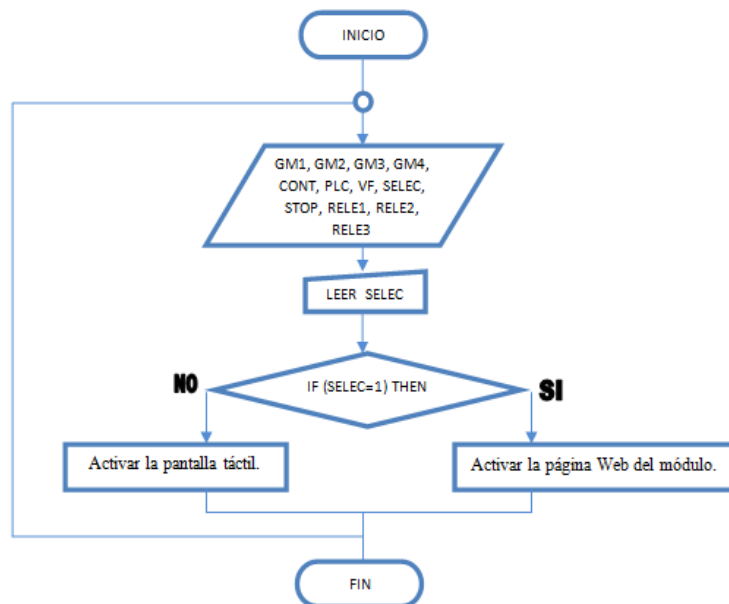


Figura IV. 56 Diagrama de Flujo General

Siempre la operación se la podrá realizar de un modo de control a la vez mas no de dos o de las tres maneras posibles con esto estamos asegurando que nadie más que el estudiante o el técnico que se encuentre operando la puede realizar desde cualquier punto.

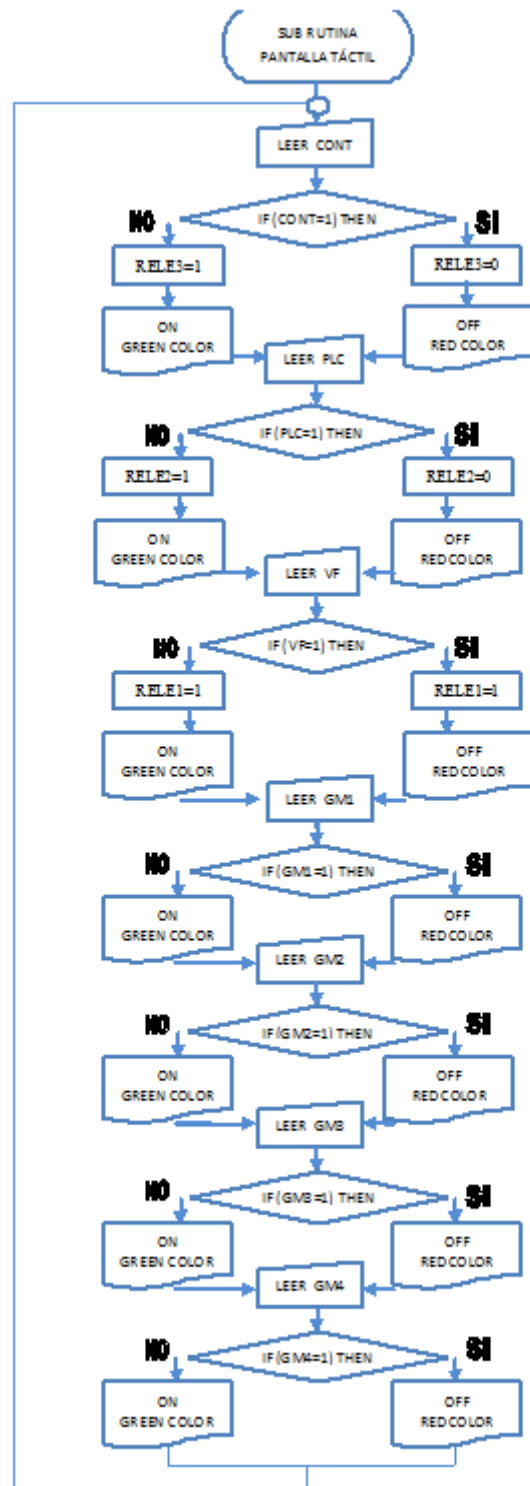


Figura IV. 57 Diagrama de Flujo de la Programación en Pantalla Táctil

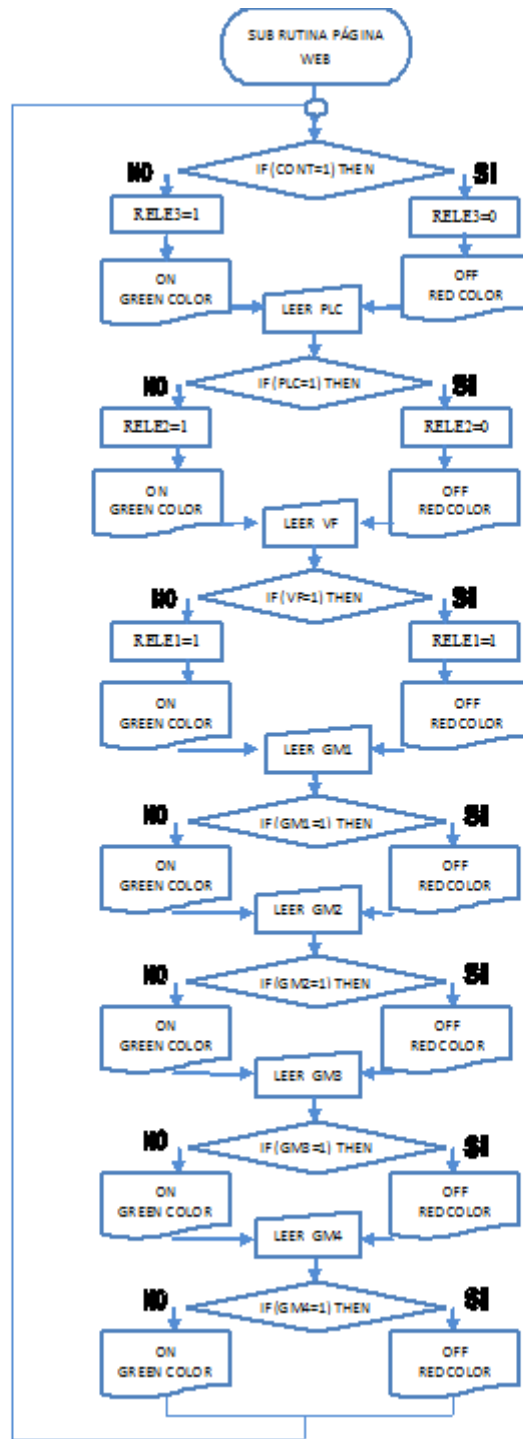


Figura IV. 58 Diagrama de Flujo de la Programación de la Página WEB

4.6.2 Programación de la pantalla táctil

Para la pantalla táctil se diseñó una interface visual fácil de interpretar para el usuario y con el fin de hacerla atractiva a la vista y práctica en su uso.

En la siguiente figura podemos observar el diseño de la pantalla táctil la misma que se fue cargada en la memoria de la pantalla y programada para funcionar como interface de

las nueve luces piloto de cada entrada y teclado con pulsadores para activar las tres salidas que pondrán en funcionamiento a los diferentes bloques de prácticas en módulo de entrenamiento.



Figura IV. 59 Apariencia de la interface visual que se cargó en la pantalla



Figura IV. 60 Pantalla programada e instalada en el módulo de entrenamiento

La figura anterior muestra la interface de la pantalla cuando el selector manual se ha colocado en posición de control local, si el selector manual se coloca en control remoto la interface de la pantalla cambiará como lo muestra la siguiente figura.



Figura IV. 61 Interface de la pantalla táctil cuando se activa en control remoto

Comandos para la interpretación de la Pantalla Táctil con el Microcontrolador.

Rectángulos de las salidas

0:430,10:460,33

AA 5B 01 AE 00 0A 01 CC 00 21 CC 33 C3 3C

AA 5A 01 AE 00 0A 01 CC 00 21 CC 33 C3 3C

1: 430,42:460,65

AA 5B 01 AE 00 2A 01 CC 00 41 CC 33 C3 3C

2:430,73:460,96

AA 5B 01 AE 00 49 01 CC 00 60 CC 33 C3 3C

3:430,103:460,126

AA 5B 01 AE 00 67 01 CC 00 7E CC 33 C3 3C

4: 430,138:460,161

AA 5B 01 AE 00 8A 01 CC 00 A1 CC 33 C3 3C

5: 430,169:460,192

AA 5B 01 AE 00 A9 01 CC 00 C0 CC 33 C3 3C

6: 430,200:460,223

AA 5B 01 AE 00 C8 01 CC 00 DF CC 33 C3 3C

7: 430,233:460,256

AA 5B 01 AE 00 E9 01 CC 01 00 CC 33 C3 3C

Mostrar reloj centrado 8*16:

AA 9B FF 01 02 FF FF 00 96 00 0F CC 33 C3 3C

Valores de los botones:

AA 78 00 00 CC 33 C3 3C

A1

AA 78 00 07 CC 33 C3 3C

CAPITULO V

PUESTA EN MARCHA, PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 Pruebas de la Tarjeta Electrónica

Las pruebas de la Tarjeta Electrónica inicialmente se han realizado en partes, para luego hacer interactuar todos los equipos que conforman el proyecto. Para lo cual detallamos a continuación las pruebas realizadas en cada uno de los componentes que intervienen en el desempeño de la tarjeta.

5.1.1 Pruebas de Pantalla Táctil

La pantalla táctil puede trabajar de dos maneras: tecnología TTL y tecnología CMOS; esto implica diversos niveles de voltaje, tanto en la alimentación y transmisiones de comunicación serial. En nuestro caso no hemos inclinado por la tecnología TTL para trabajar con voltajes de 0-5Vdc.

En cuanto a la programación se realizó en software propio del equipo, pero para aprovechar su desempeño de la pantalla táctil se utilizó el software de la versión más actual encontrado en la web. Luego de pruebas con programas de versiones anteriores, los mismos que presentaban conflictos en el envío y recepción de comandos al establecer conexión serial tanto con el computador y luego en su integración con el microcontrolador PIC.

Debido al tiempo retardado en la comunicación en la transmisión de datos desde la pantalla táctil hacia el microcontrolador PIC se procede a suspender la activación del módulo por contraseña, en vista que los datos al tardarse en transmitir se pierden bytes de información lo que lleva a una interpretación errónea de la contraseña en el microcontrolador.

5.1.2 Pruebas Modulo Ethernet

El nivel de voltaje de alimentación al módulo de comunicación Ethernet es de 0-3,3Vdc el mismo que posee terminales de comunicación serial para su relación con el microcontrolador PIC.

El módulo Ethernet debe encontrarse en el mismo dominio de red que el computador y encontrarse conectado con un crossover entre la PC y el módulo, dentro del módulo se debe cargar una página web de control y monitoreo este medio viene a ser nuestro HMI, para poder interpretar el usuario los suceso de la tarjeta electrónica.

A continuación se detalla las direcciones IP cargados en el módulo y el la PC.

Módulo Ethernet:

Dirección IP: 192.168.20.60

Mascara de Subred: 255.255.255.0

DNS: 192.168.20.1

Direcciones IP de la PC:

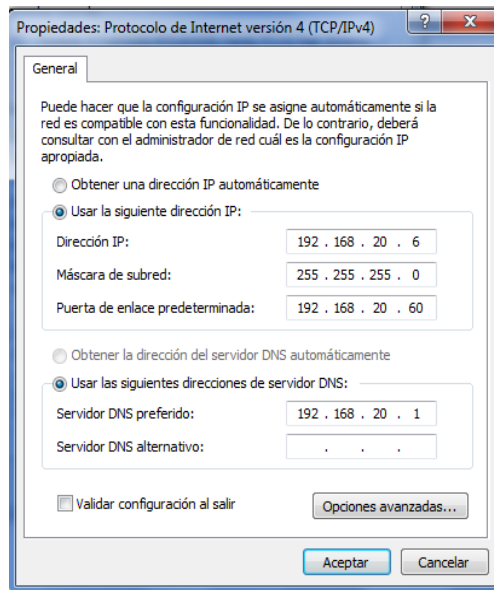


Figura V. 62 Configuración de Direcciones IP

Para hacer el llamado a la página web cargada en el módulo Ethernet, se debe introducir la dirección IP del módulo en su web Browser (internet explorer, Firefox, Google Chrome, etc).

5.1.3 Entradas y Salidas de Control de la Tarjeta Electrónica

Las entradas a monitorear son únicamente digitales inicialmente usamos 5Vdc conectadas directamente a las entradas del microcontrolador pero debido a la caída de tensión que existe en el cable de calibre 18, se corría el riesgo que baje el voltaje de entrada. Además al estar conectado directamente al microcontrolador PIC, se corría el riesgo de quemar las entradas o en caso extremo se queme el puerto del microcontrolador.

Para evitar estos problemas hemos elevado el nivel de voltaje de para las entradas a 12Vdc, que habilitan a un optoacoplador por transistor para de esta manera aislar el voltaje de los contactos de las entradas con el nivel de voltaje (5VDD) que ingresa a la entrada de los puertos del microcontrolador PIC

Las salidas a controlar son bobinas de contactores a 110 VAC, por lo cual hemos visto necesario realizar un arreglo de relés, realizando el acoplamiento de transistor a relé para cada salida así facilitando y relacionando adecuadamente las señales del microcontrolador de 5VDC a 110VAC necesarios para la activación de los equipos

instalados y de esta manera aislando y salvaguardando los puertos del microcontrolador PIC.

5.1.4 Integración de la tarjeta electrónica General

Como se ha mencionado en los ítems anteriores de los equipos que intervienen en la tarjeta electrónica, se cuenta con diferentes niveles de voltaje (3,3 Vdc, 5 Vdc, 12Vdc) para el buen funcionamiento del equipo. Hemos visto conveniente la utilización de una fuente conmutada de Computador, la misma que entrega los niveles de voltaje antes mencionada, con una buena entrega de corriente de tal manera que suprime las fallas de comunicación presentadas por el consumo de corriente que no entrega las fuentes que se realiza con los reguladores de voltaje que se encuentra en el mercado.

La comunicación serial usada tanto para la relación entre la pantalla táctil – microcontrolador y módulo Ethernet – microcontrolados por su complejidad de cantidad de comandos transmitidos y recibidos hemos podido controlarlos manejando código y funciones propias que presenta el software mikrobasic cosa que no lo pudimos controlar con microcode studio que es el lenguaje que hemos dominado en prácticas realizadas en nuestras aulas.

5.2 Pruebas de Control

Dentro del control propio del módulo de entrenamiento se pretende independizar por bloques; es decir, activar independientemente el bloque de contactores con sus propias tomas de energía para control, de igual manera para el relé programable LOGO, mientras que para la activación del VFD se activara siempre y cuando se active su salida desde la pantalla táctil o desde la página web según sea el caso.

Para el encendido del control se controla con un circuito que se encuentra en el módulo de esta manera encendemos y dotamos de energía a todo el modulo caso contrario no se podrá realizar ninguna de las practicas.

5.2.1 Control Local

Este tipo de control corresponde al monitoreo y control desde la pantalla táctil, se activara cuando el selector del mando principal se encuentre en local. En la pantalla de control local podemos observar los estados de las entradas (guardamotors,

retroalimentación de actuadores y stop), de igual manera tenemos botones para activar cada uno de los bloques, una vez activado da una señal de realimentación para poder visualizar la entrada.

Cuando hablamos de un control local nos referimos a dos modos de operación esta puede ser desde la pantalla táctil y desde los pulsadores que controlan cada uno de los bloques.

5.2.2 Control Remoto

Cuando se encuentra el selector de mando se encuentra en la posición remoto, la pantalla táctil toma una imagen en la cual no podemos observar mucho peor controlar los actuadores. Por lo tanto se puede monitorear y controlar las entradas y salidas desde la página web que se encuentra en el módulo Ethernet, cabe recalcar que no se podrá realizar el control de los dos modos (local, remoto) a la vez.

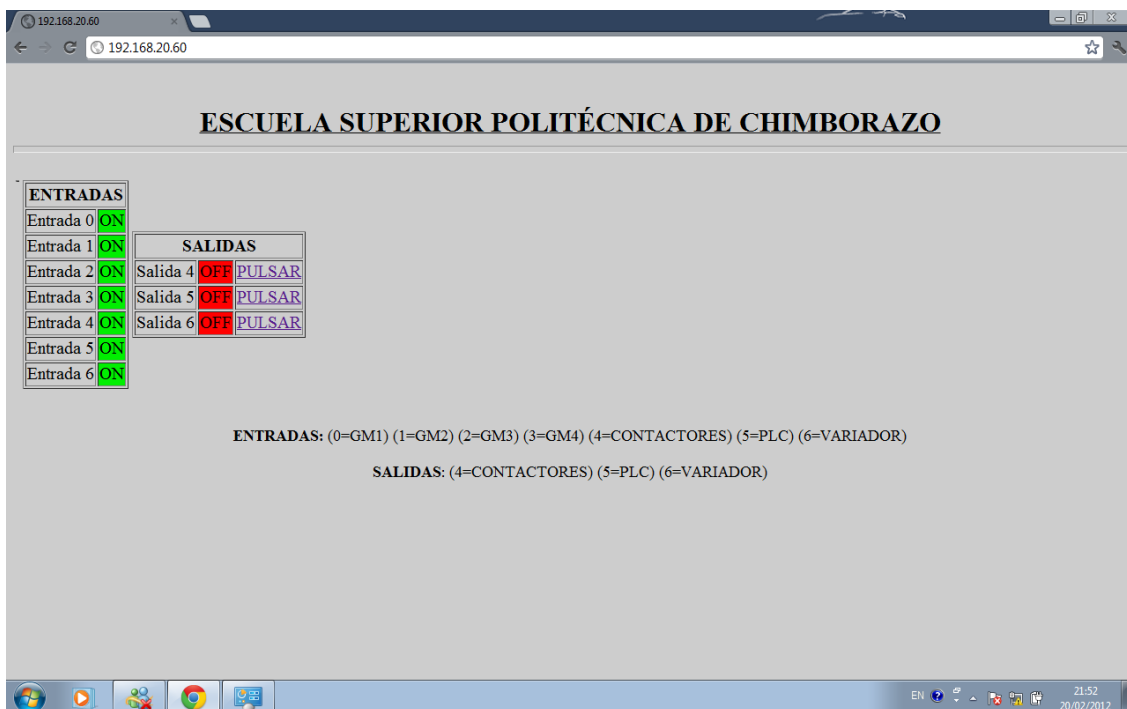


Figura V. 63 Pagina Web de control remoto

Cada vez que se active una salida la página responde como que estuviera re direccionando a otra página, la página web tiene un tiempo periódico en su actualización.

5.3 Pruebas de prácticas planteadas

En esta etapa se pudo hacer interactuar la parte electrónica del módulo con la parte de fuerza trifásica ya en el arranque de un motor, para lo cual se procede a implementar las practicas con las cuales se probaran cada bloque tanto su control como su desempeño al arranque de cada circuito implementado.

Las prácticas realizadas en el módulo fueron desarrolladas y probadas teniendo resultados exitosos como se lo había planteado, siguiendo los planos desarrollados para las mismas.

Para las pruebas del bloque de lógica cableada se procede a realizar un arranque con paro temporizado siendo el arranque el esperado con un tipo de arranque directo para el motor, cumpliendo la relación corriente esperada.

Para la prueba de logo de siemens se procede a realizar un programa básico de arranque e inversión de giro de un motor, funcionando de la siguiente manera. Con un botón NA arrancamos el motor en sentido derecho y luego de un tiempo de para pasa a girar en sentido contrario.

Para comprobar el funcionamiento del VFD procedimos a programar una de las prácticas básicas que constituye a una rampa de arranque de 10 seg de aceleración con un paro instantáneo, comprobando y observando la gran diferencia que implica arrancar un motor directamente con una corriente de arranque mucho mayor que al realizar con un variador de frecuencia.

5.4 Arranque de Motores

- Se realiza en diversos tiempos.
- El estator se acopla directamente a la red.
- La corriente inicial es de 4 a 8 veces la nominal. Se considera para cálculos $I_a=6.I_n$
- El par máximo se alcanza aproximadamente al 80 % de la velocidad nominal.
- El motor solo necesita tres bornes U – V – W de conexión.

No se debe arrancar los 4 motores al mismo tiempo, en vista que la corriente de arranque se multiplicaría por un factor de 6, la suma de las corrientes nominal, lo

cual provocara el disparar del breaker principal. Por lo cual se debe realizar el arranque de un motor con intervalos de tiempo de esta manera evitaremos estos inconvenientes.

En el caso que se realice el arranque con el VFD no se cumple esta relación de $I_a=6 \cdot I_n$, sino que más bien el arranque obedece a una rampa de aceleración como también para su parada obedecerá a un tiempo de desaceleración. Cada uno de estos tiempos es programado en el VFD, por lo tanto vamos a tener corrientes de arranque variables dependientes del tiempo de las rampas y de la velocidad mínima de arranque.

CONCLUSIONES:

- El proyecto realizado y analizado cumple con los objetivos propuestos que son, el diseño y la implementación de un Módulo de Entrenamiento para maquinas eléctricas con comunicación Ethernet que puede ser monitoreado y controlado de manera local y remota.
- En el diseño y la implementación de la tarjeta electrónica hemos usado dispositivos que ayudan a reducir espacios y versátiles, los mismos que sirven para interactuar con el estudiante por un computador y de forma directa con un HMI elaborado de acuerdo a nuestras necesidades.
- El uso y la operación del módulo de entrenamiento es sencillo y fácil de entender, esto permite concluir que los estudiantes podrán realizar las prácticas y comprender la materia de control de máquinas eléctricas de una manera provechosa.
- Las pruebas corroboraron a que la aplicación desarrollada en lenguaje HTML, permite monitorear y controlar el módulo remotamente, únicamente con realizar una pequeña red punto a punto.
- Con las pruebas acerca del comportamiento de cada uno de los bloques, como por ejemplo el encendido y apagado de cada uno de los componentes activación y desactivación de guardamotors, se puede garantizar la estructuración de prácticas de laboratorio y el estudiante podrá validar las prácticas expuestas en la guía que se encuentra anexa.
- Los diseños y la selección de elementos de protección y control se ha hecho según modelos matemáticos y técnicos de dimensionamiento de elementos y conductores. Los mismos que ayudan a una implementación efectiva y útil del banco de trabajo.
- Los diseños de circuitos se ha realizado en el software AutoCad eléctrico, según lo planteado en uno de los objetivos cumpliendo con normativa IEC.

- El manual de usuario es muy comprensible y fácil de entender de forma gráfica detallada textualmente cada uno de sus componentes del módulo.
- La guía de prácticas cuenta con espacios y preguntas que deberán ser llenadas por el estudiante según sea la implementación de cada práctica planteada.

RECOMENDACIONES:

- En el diseño e implementación de un módulo antes de dimensionar físicamente se debe considerar factores como: número de elementos a intervenir, dimensiones de los elementos, operatividad. Para luego continuar con su dimensionamiento y construcción.
- No siempre se tiene buenos resultados al tratar de usar todos los recursos de los microcontroladores, porque puede presentar fallas. Lo mejor es dividir los puertos para cada actividad que va a desempeñar sea estos de entrada, salida, comunicación.
- Se recomienda leer el instructivo del manual de usuario antes de comenzar a manipular el módulo de entrenamiento, de esta manera mejorara el tiempo en la operación del módulo.
- Las prácticas planteadas se deberán seguir los pasos ordenados como se encuentran en la guía de prácticas anexa, para poder responder a las preguntas expuestas y facilitar la comprensión de la materia y del tema.
- Es importante recomendar que para mejorar la seguridad de funcionamiento y operación de los equipos se deberá adquirir cables encapsulados que se encuentren debidamente aislados, de esta manera se reducirá el riesgo de electrocución al momento de realizar las prácticas en el módulo de entrenamiento.

RESUMEN

Diseñar e implementar un módulo de entrenamiento con comunicación Ethernet para el Laboratorio de Control y Maquinas Eléctricas, para los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El método a utilizar es el deductivo, en vista que se parte de axiomas, conceptos que gobiernan a la electricidad y maquinas eléctricas que nos ayuda a conocer de forma detallada la funcionalidad de cada equipo y máquina que utilizaremos dentro del módulo y a la selección de elementos eléctricos y electrónicos que vamos a usar.

Para el control interno del módulo se utilizó un microcontrolador, un módulo Ethernet y una pantalla táctil de 4,3" que sirven para el monitoreo y control. En el microcontrolador se desarrolló un algoritmo en el software mikroBasic, el módulo cuenta con una interfaz amigable y segura para el estudiante, en donde se podrá monitorear y controlar las variables de entrada y salida. Además se puede disponer de guardamotors, contactores, pulsadores, luces piloto, relé programable y un variador de frecuencia para realizar las prácticas planteadas en la guía que se encuentra anexa.

El control y monitoreo de las variables de entrada y salida del módulo de entrenamiento se puede realizar en modo local desde la pantalla táctil y en modo remoto desde una página web que se encuentra cargada en el microcontrolador que se abrirá una vez configurado las respectivas direcciones IP desde cualquier explorador de internet.

Los mismos que sirven para la activación y desactivación de cada uno de los bloques que se encuentran en el módulo.

El uso y la operación del módulo didáctico de entrenamiento es fácil y sencillo de entender, por lo que permite concluir que los estudiantes que realicen las prácticas de control de máquinas eléctricas podrán comprender de una manera provechosa los conocimientos impartidos en las aulas. Cabe recomendar que previa a la utilización del módulo se revise correctamente el manual de usuario y la guía de prácticas que se encuentran adjuntas.

ABSTRACT

This thesis deals with designing and implementing a training module with Ethernet communication for the Control and Electric Machinery Laboratory for the students of the Electronic Engineering School, Industrial Networks and Control of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

The used method was the deductive as it start from axioms, concept governing electricity and electric machinery which help know in a detailed form the functionality of each equipment and machine to be sued within the module, a micro-controller, an Ethernet module and a 4.3” tactile screen were used which serve for the monitoring and control.

In the micro-controller an algorithm in the software mikroBasic was developed; the module has an interface amicable and secure for the student where it is possible to monitor and control the input and output variables. Moreover, it is possible to dispose of motor keepers, contactors, pulses, pilot lights, programmable relay and frequency breaker to carry out the stated practices in the enclosed guide.

The control and monitoring of the input and output variables of the training module can be carried out in a local way from the tactile screen and as a remote mode from a web page which is a loaded in the micro-controller which will open once the corresponding directions IP are set from any internet explorer. They serve for the activation and deactivation of each block found in the module.

The use and operation of the didactic training module is easy and simple to understand, which permits to conclude that the students carrying out the control practice of electric machinery, will be able to understand in a useful way the knowledge provided at the classrooms, it is recommended to correctly review the user’s manual and the practice guide previous to the use of the module.

GLOSARIO

Cortocircuito

Se denomina cortocircuito al fallo en un aparato o línea eléctrica por el cual la corriente eléctrica pasa directamente del conductor activo o fase al neutro o tierra en sistemas monofásicos de corriente alterna, entre dos fases o igual al caso anterior para sistemas polifásicos, o entre polos opuestos en el caso de corriente continua.

Interruptor

Aparato de poder de corte destinado a efectuar la apertura y/o cierre de un circuito que tiene dos posiciones en las que puede permanecer en ausencia de acción exterior y que corresponden una a la apertura y la otra al cierre del circuito. Puede ser unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar, de una vía, dos vías, etc.

Modulador

Dispositivo electrónico que varía la forma de onda de una señal (modula) de acuerdo a una técnica específica, para poder ser enviada por un canal de transmisión hasta un dispositivo o dispositivos que incorporen un demodulador apto para dicha técnica.

Motor Asíncrono

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motores eléctricos de corriente alterna. Su velocidad de giro es menor a la velocidad sincrónica.

Motor Síncrono

Los motores síncronos son un tipo de motor de corriente alterna. Su velocidad de giro es constante y depende de la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté conectada y por el número de pares de polos del motor, siendo conocida esa velocidad como "velocidad de sincronismo".

Pines

En electrónica se denomina pin, palabra inglesa que significa 'clavija', a cada uno de los contactos metálicos de un conector o de un componente fabricado de un material conductor de la electricidad. Estos se utilizan

para conectar componentes sin necesidad de soldar nada, de esta manera se logra transferir electricidad e información.

Temporizador

Un temporizador o minuterio es un dispositivo, con frecuencia programable, que permite medir el tiempo. La primera generación fueron los relojes de arena, que fueron sustituidos por relojes convencionales y más tarde por un dispositivo íntegramente electrónico. Cuando transcurre el tiempo configurado se hace saltar una alarma o alguna otra función a modo de advertencia.

Sobrecarga Eléctrica

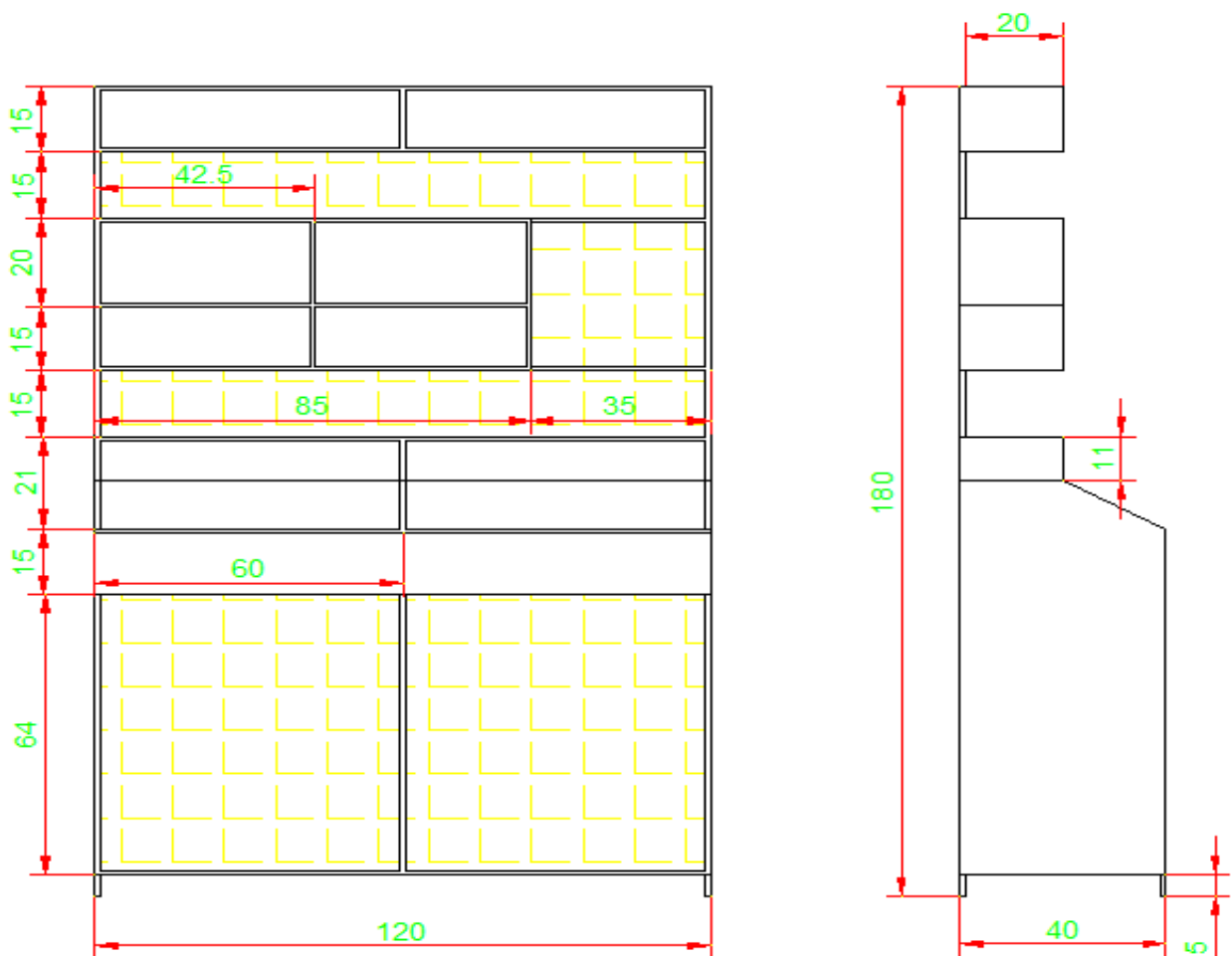
Se dice que en un circuito o instalación hay sobrecarga o está sobrecargada, cuando la suma de la potencia de los aparatos que están a él conectados, es superior a la potencia para la cual está diseñado el circuito de la instalación.

Velocidad síncrona

Se llama velocidad síncrona o velocidad del sincronismo a la velocidad de giro de un motor cuando esta es igual a la velocidad del campo magnético del estator. La velocidad síncrona es constante y depende de la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté conectado el motor y del número de pares de polos del motor.

ANEXOS

ANEXO A DISEÑO MECANICO



ESCUELA S. POLITÉCNICA DE "CHIMBORAZO"

Medidas: cm

J. RUMIPAMBA

MÓDULO DE PRÁCTICAS

C. SANTIANA

Vistas Frontal y Lateral

Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales

TESIS

ANEXO B PLANOS DEL MODULO DE ENTRENAMIENTO

ANEXO C CODIGO FUENTE DEL PROGRAMA DE LA TARJETA ELECTRONICA

```
program enc_ethernet
dim dato as byte
    erro as byte
    counter as byte
' *****
' * RAM variables
' mE ethernet NIC pinout
dim
    SPI_Ethernet_Rst as sbit at LATC0_bit ' for writing to output pin always use latch (PIC18 family)
    SPI_Ethernet_CS as sbit at LATC1_bit ' for writing to output pin always use latch (PIC18 family)
    SPI_Ethernet_Rst_Direction as sbit at TRISC0_bit
    SPI_Ethernet_CS_Direction as sbit at TRISC1_bit
' end ethernet NIC definitions
dim myMacAddr as byte[6] ' my MAC address
    myIpAddr as byte[4] ' my IP address
    gwIpAddr as byte[4] ' gateway (router) IP address
    ipMask as byte[4] ' network mask (for example : 255.255.255.0)
    dnsIpAddr as byte[4] ' DNS server IP address
' *****
' * ROM constant strings

const httpHeader as string[31] = "HTTP/1.1 200 OK"+chr(10)+"Content-type: " ' HTTP header
const httpMimeTypeHTML as string[13] = "text/html"+chr(10)+chr(10) ' HTML MIME type
const httpMimeTypeScript as string[14] = "text/plain"+chr(10)+chr(10) ' TEXT MIME type
const httpMethod as string[5] = "GET /"

' * web page, splited into 2 parts :
' * when coming short of ROM, fragmented data is handled more efficiently by linker

' * this HTML page calls the boards to get its status, and builds itself with javascript

const indexPage as string[745] =
    "<meta http-equiv=" + Chr(34) + "refresh" + Chr(34) + " content=" + Chr(34) +
        "3;url=http://192.168.20.60" + Chr(34) + ">" +
    "<HTML><HEAD></HEAD><BODY>" +
    "<h1>MODULO DE ENTRENAMIENTO DE MAQUINAS ELECTRICAS</h1>" +
    "<h2>JOSE RUMIPAMBA - CRISTIAN SANTIANA</h2>" +
    "<a href=/>Reload</a>" +
    "<script src=/s></script>" +

    "<table><tr><td valign=top><table border=1 style="+chr(34)+"font-size:20px ;font-family:
        terminal ;"+chr(34)+"> "+
```

```

"</table></td><td><table border=1 style="+chr(34)+"font-size:20px ;font-family:
    terminal ;"+chr(34)+"> "+
"<tr><th colspan=2>ENTRADAS</th></tr>" +
"<script>" +
"var str,i;" +
"str="+chr(34)+chr(34)+";" +
"for(i=0;i<8;i++)" +
"{str+="chr(34)+"<tr><td bgcolor=pink>Entrada #"+chr(34)+"i"+chr(34)+"</td>"+chr(34)+";" +
"if(PORTB&(1<<i)){str+="chr(34)+"<td bgcolor=#green>ON"+chr(34)+";}" +
"else {str+="chr(34)+"<td bgcolor=red>OFF"+chr(34)+";}" +
"str+="chr(34)+"</td></tr>"+chr(34)+";}" +
"document.write(str) ;" +
"</script>"

```

```

const indexPage2 as string[474] =
"</table></td><td>" +
"<table border=1 style="+chr(34)+"font-size:20px ;font-family: terminal ;"+chr(34)+"> "+
"<tr><th colspan=3>SALIDAS</th></tr>" +
"<script>" +
"var str,i;" +
"str="+chr(34)+chr(34)+";" +
"for(i=4;i<7;i++)" +
"{str+="chr(34)+"<tr><td bgcolor=yellow>Salida #"+chr(34)+"i"+chr(34)+"</td>"+chr(34)+";" +
"if(PORTD&(1<<i)){str+="chr(34)+"<td bgcolor=#green>ON"+chr(34)+";}" +
"else {str+="chr(34)+"<td bgcolor=red>OFF"+chr(34)+";}" +
"str+="chr(34)+"</td><td><a href=/t"+chr(34)+"i"+chr(34)+">
    Toggle</a></td></tr>"+chr(34)+";}" +
"document.write(str) ;" +
"</script>" +
"</table></td></tr></table>" +
"This is HTTP request #<script>document.write(REQ)</script></BODY></HTML>"

```

```

dim  getRequest as byte[15] ' HTTP request buffer
    dyna      as char[30] ' buffer for dynamic response
    httpCounter as word ' counter of HTTP requests
    txt      as string[11]

```

```
' *****
```

```
' * user defined functions
```

```
' * this function is called by the library
```

```
' * the user accesses to the HTTP request by successive calls to Spi_Ethernet_getByte()
```

```
' * the user puts data in the transmit buffer by successive calls to Spi_Ethernet_putByte()
```

```
' * the function must return the length in bytes of the HTTP reply, or 0 if nothing to transmit
```

```
' *
```

```

' * if you don't need to reply to HTTP requests,
' * just define this function with a return(0) as single statement

sub function Spi_Ethernet_UserTCP(dim byref remoteHost as byte[4],
    dim remotePort, localPort, reqLength as word, dim byref flags as TEthPktFlags) as word
    dim i as word          ' my reply length
    bitMask as byte       ' for bit mask
    txt as string[11]
    result = 0

    ' should we close tcp socket after response is sent?
    ' library closes tcp socket by default if canClose flag is not reset here
    ' flags.canClose = 0 ' 0 - do not close socket
        ' otherwise - close socket

    if(localPort <> 80) then      ' I listen only to web request on port 80
        result = 0
        exit
    end if

    ' get 10 first bytes only of the request, the rest does not matter here
    for i = 0 to 10
        getRequest[i] = Spi_Ethernet_getByte()
    next i

    getRequest[i] = 0

    ' copy httpMethod to ram for use in memcmp routine
    for i = 0 to 4
        txt[i] = httpMethod[i]
    next i

    if(memcmp(@getRequest, @txt, 5) <> 0) then ' only GET method is supported here
        result = 0
        exit
    end if

    Inc(httpCounter)              ' one more request done

    if(getRequest[5] = "s") then    ' if request path name starts with s, store dynamic data in transmit buffer
        ' the text string replied by this request can be interpreted as javascript statements
        ' by browsers

        result = SPI_Ethernet_putConstString(@httpHeader)          ' HTTP header
        result = result + SPI_Ethernet_putConstString(@httpMimeTypeScript) ' with text MIME type

```

```

' add PORTB value (buttons) to reply
txt = "var PORTB="
result = result + Spi_Ethernet_putString(@txt)
WordToStr(PORTB, dyna)
result = result + Spi_Ethernet_putString(@dyna)
txt = ";"
result = result + Spi_Ethernet_putString(@txt)

' add PORTD value (LEDs) to reply
txt = "var PORTD="
result = result + Spi_Ethernet_putString(@txt)
WordToStr(PORTD, dyna)
result = result + Spi_Ethernet_putString(@dyna)
txt = ";"
result = result + Spi_Ethernet_putString(@txt)

' add HTTP requests counter to reply
WordToStr(httpCounter, dyna)
txt = "var REQ="
result = result + Spi_Ethernet_putString(@txt)
result = result + Spi_Ethernet_putString(@dyna)
txt = ";"
result = result + Spi_Ethernet_putString(@txt)
else
  if(getRequest[5] = "t") then          ' if request path name starts with t, toggle PORTD (LED) bit number
that comes after
    bitMask = 0
    if(isdigit(getRequest[6]) <> 0) then ' if 0 <= bit number <= 9, bits 8 & 9 does not exist but does not
matter
      bitMask = getRequest[6] - "0"    ' convert ASCII to integer
      bitMask = 1 << bitMask           ' create bit mask
      PORTD = PORTD XOR bitMask        ' toggle PORTD with xor operator
    end if
  end if
end if

if(result = 0) then                    'what do to by default
  result = SPI_Ethernet_putConstString(@httpHeader)          ' HTTP header
  result = result + SPI_Ethernet_putConstString(@httpMimeTypeHTML) ' with HTML MIME type
  result = result + SPI_Ethernet_putConstString(@indexPage)  ' HTML page first part
  result = result + SPI_Ethernet_putConstString(@indexPage2) ' HTML page second part
  result = result + SPI_Ethernet_putConstString(@indexPage3) ' HTML page second part
end if

```



```

' return to the library with the number of bytes to transmit
end sub
' * this function is called by the library
' * the user accesses to the UDP request by successive calls to Spi_Ethernet_getByte()
' * the user puts data in the transmit buffer by successive calls to Spi_Ethernet_putByte()
' * the function must return the length in bytes of the UDP reply, or 0 if nothing to transmit
' * if you don't need to reply to UDP requests,
' * just define this function with a return(0) as single statement
sub function Spi_Ethernet_UserUDP(dim byref remoteHost as byte[4],
                                dim remotePort, destPort, reqLength as word, dim byref flags as TEthPktFlags) as word
dim txt as string[5]
result = 0
' reply is made of the remote host IP address in human readable format
byteToStr(remoteHost[0], dyna)      ' first IP address byte
dyna[3] = "."
byteToStr(remoteHost[1], txt)      ' second
dyna[4] = txt[0]
dyna[5] = txt[1]
dyna[6] = txt[2]
dyna[7] = "."
byteToStr(remoteHost[2], txt)      ' second
dyna[8] = txt[0]
dyna[9] = txt[1]
dyna[10] = txt[2]
dyna[11] = "."
byteToStr(remoteHost[3], txt)      ' second
dyna[12] = txt[0]
dyna[13] = txt[1]
dyna[14] = txt[2]

dyna[15] = ":"                      ' add separator
' then remote host port number
WordToStr(remotePort, txt)
dyna[16] = txt[0]
dyna[17] = txt[1]
dyna[18] = txt[2]
dyna[19] = txt[3]
dyna[20] = txt[4]
dyna[21] = "["
WordToStr(destPort, txt)
dyna[22] = txt[0]
dyna[23] = txt[1]
dyna[24] = txt[2]
dyna[25] = txt[3]
dyna[26] = txt[4]

```

```

dyna[27] = "]"
dyna[28] = 0
' the total length of the request is the length of the dynamic string plus the text of the request
result = 28 + reqLength
' puts the dynamic string into the transmit buffer
Spi_Ethernet_putBytes(@dyna, 28)

' then puts the request string converted into upper char into the transmit buffer
while(reqLength <> 0)
    Spi_Ethernet_putByte(Spi_Ethernet_getByte())
    reqLength = reqLength - 1
wend
' back to the library with the length of the UDP reply
end sub

```

```

sub procedure interrupt()
if INTCON.TMR0IF <> 0 then
portd.1=not portd.1
if counter >= 5 then
    counter = 0      ' reset counter
    Soft_UART_Break()
else
    Inc(counter)    ' increment counter
INTCON.TMR0IF = 0  ' Clear Timer0 overflow interrupt flag
end if
end if
end sub

```

```

main:
ADCON1 = 0x07      ' ADC convertors will be used with AN2 and AN3
CMCON = 0x07      ' turn off comparators

PORTA = 0
TRISA = 0'XFF     ' PORTA salidas

PORTB = 0
TRISB = 0xFF      ' set PORTB as input for buttons

PORTD = 0
TRISD = 0x80'128'0 ' set PORTD as output

TRISC.7=1

counter = 0
TOCON = %00000010 ' TMR0 prescaler set to 1:32

```

```
httpCounter = 0
```

```
' set mac address
```

```
myMacAddr[0] = 0x00
```

```
myMacAddr[1] = 0x14
```

```
myMacAddr[2] = 0xA5
```

```
myMacAddr[3] = 0x76
```

```
myMacAddr[4] = 0x19
```

```
myMacAddr[5] = 0x3F
```

```
' set IP address
```

```
myIpAddr[0] = 192
```

```
myIpAddr[1] = 168
```

```
myIpAddr[2] = 20
```

```
myIpAddr[3] = 60
```

```
' set gateway address
```

```
gwIpAddr[0] = 192
```

```
gwIpAddr[1] = 168
```

```
gwIpAddr[2] = 20
```

```
gwIpAddr[3] = 6
```

```
' set dns address
```

```
dnsIpAddr[0] = 192
```

```
dnsIpAddr[1] = 168
```

```
dnsIpAddr[2] = 20
```

```
dnsIpAddr[3] = 1
```

```
' set subnet mask
```

```
ipMask[0] = 255
```

```
ipMask[1] = 255
```

```
ipMask[2] = 255
```

```
ipMask[3] = 0
```

```
' * starts ENC28J60 with :
```

```
' * reset bit on PORTC.B0
```

```
' * CS bit on PORTC.B1
```

```
' * my MAC & IP address
```

```
' * full duplex
```

```
SPI1_Init() ' init spi module
```

```
SPI_Ethernet_Init(myMacAddr, myIpAddr, _SPI_Ethernet_FULLDUPLEX) ' init ethernet module
```

```
SPI_Ethernet_setUserHandlers(@SPI_Ethernet_UserTCP, @SPI_Ethernet_UserUDP) ' set user handlers
```

```
' dhcp will not be used here, so use preconfigured addresses
```

```
SPI_Ethernet_confNetwork(ipMask, gwIpAddr, dnsIpAddr)
```

```
' inicializar comunicación serial
```

```

delay_ms(1)
SOFT_UART_Init(PORTC,7,6,2400,0)          ' Inicializa UART a 9600 bps
' uart1_init(2400)
Delay_ms(100)          ' pausa para estabilizar UART

SOFT_UART_Write($AA)  ' mostrar fecha y hora
SOFT_UART_Write($9B)  'AA 9B FF 01 02 FF FF 00 96 00 0F CC 33 C3 3C
SOFT_UART_Write($FF)
SOFT_UART_Write($01)
SOFT_UART_Write($02)
SOFT_UART_Write($FF)
SOFT_UART_Write($FF)
SOFT_UART_Write($00)
SOFT_UART_Write($96)
SOFT_UART_Write($00)
SOFT_UART_Write($0F)
SOFT_UART_Write($CC)
SOFT_UART_Write($33)
SOFT_UART_Write($C3)
SOFT_UART_Write($3C)
delay_ms(1000)

while TRUE          ' do forever
' lee:
  if portd.7=1 then
    soft_UART_Write($AA)  ' pasar a pantalla local
    soft_UART_Write($70)  'AA 70 01 CC 33 C3 3C
    soft_UART_Write($01)
    soft_UART_Write($CC)
    soft_UART_Write($33)
    soft_UART_Write($C3)
    soft_UART_Write($3C)
    delay_ms(100)

    soft_UART_Write($AA)  ' mostrar fecha y hora
    soft_UART_Write($9B)  'AA 9B FF 01 02 FF FF 00 96 00 0F CC 33 C3 3C
    soft_UART_Write($FF)
    soft_UART_Write($01)
    soft_UART_Write($02)
    soft_UART_Write($FF)
    soft_UART_Write($FF)
    soft_UART_Write($00)
    soft_UART_Write($96)
    soft_UART_Write($00)

```

```

soft_UART_Write($0F)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
delay_ms(100)

while portd.7=1
    INTCON.GIE = 1      ' Global interrupt enable
    INTCON.TMR0IE = 1  ' Enable Timer0 overflow interrupt
    TOCON.7=1
    ' RCON.IPEN=1
    ' INTCON2.TMR0IP=1
    erro=1
    dato = Soft_UART_Read(erro) ' Read byte, then test error flag
    INTCON.GIE = 0      ' Global interrupt disable
    INTCON.TMR0IE=0
    portd.1=0
    if (erro <> 0) then  ' If error was detected
        goto sigue
    else
        dato = Soft_UART_Read(erro) ' Read byte, then test error flag
        dato = Soft_UART_Read(erro) ' Read byte, then test error flag
        dato = Soft_UART_Read(erro) ' Read byte, then test error flag
    end if
    if dato=$00 then    'boton 0: AA 78 00 00 CC 33 C3 3C
        portd.4=not portd.4
    end if
    if dato=$01 then    'boton 1: AA 78 00 01 CC 33 C3 3C
        portd.5=not portd.5
    end if
    if dato=$02 then    'boton 2: AA 78 00 02 CC 33 C3 3C
        portd.6=not portd.6
    end if
sigue:
if portb.0=0 then
    soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
    soft_UART_Write($5B) 'AA 5B 01 AE 00 0A 01 CC 00 21 CC 33 C3 3C
    soft_UART_Write($01)
    soft_UART_Write($AE)
    soft_UART_Write($00)
    soft_UART_Write($0A)
    soft_UART_Write($01)
    soft_UART_Write($CC)
    soft_UART_Write($00)

```

```

soft_UART_Write($21)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
delay_ms(1000)
end if
if portb.0=1 then
soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
soft_UART_Write($5A) 'AA 5A 01 AE 00 0A 01 CC 00 21 CC 33 C3 3C
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($AE)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($0A)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($21)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
delay_ms(1000)
end if

if portb.1=0 then
soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
soft_UART_Write($5B) 'AA 5B 01 AE 00 2A 01 CC 00 41 CC 33 C3 3C
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($AE)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($2A)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($41)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
delay_ms(1000)
end if
if portb.1=1 then
soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
soft_UART_Write($5A) 'AA 5A 01 AE 00 2A 01 CC 00 41 CC 33 C3 3C

```

```
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($AE)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($2A)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($41)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
delay_ms(1000)
end if
```

```
if portb.2=0 then
soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
soft_UART_Write($5B) 'AA 5B 01 AE 00 49 01 CC 00 60 CC 33 C3 3C
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($AE)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($49)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($60)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
delay_ms(1000)
end if
```

```
if portb.2=1 then
soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
soft_UART_Write($5A) 'AA 5A 01 AE 00 49 01 CC 00 60 CC 33 C3 3C
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($AE)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($49)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($60)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
```

```
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
delay_ms(1000)
end if
```

```
if portb.3=0 then
soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
soft_UART_Write($5B) 'AA 5B 01 AE 00 67 01 CC 00 7E CC 33 C3 3C
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($AE)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($67)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($7E)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
delay_ms(1000)
end if
```

```
if portb.3=1 then
soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
soft_UART_Write($5A) 'AA 5A 01 AE 00 67 01 CC 00 7E CC 33 C3 3C
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($AE)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($67)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($7E)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
delay_ms(1000)
end if
```

```
if portb.4=0 then
soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
soft_UART_Write($5B) 'AA 5B 01 AE 00 8A 01 CC 00 A1 CC 33 C3 3C
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($AE)
```



```
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($8A)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($A1)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
delay_ms(1000)
end if
if portb.4=1 then
soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
soft_UART_Write($5A)'AA 5A 01 AE 00 8A 01 CC 00 A1 CC 33 C3 3C
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($AE)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($8A)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($A1)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
delay_ms(1000)
end if
if portb.5=0 then
soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
soft_UART_Write($5B)'AA 5B 01 AE 00 A9 01 CC 00 C0 CC 33 C3 3C
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($AE)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($A9)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($C0)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
```

```
    delay_ms(1000)
end if
if portb.5=1 then
    soft_UART_Write($AA)' mostrar entradas on
    soft_UART_Write($5A) 'AA 5A 01 AE 00 A9 01 CC 00 C0 CC 33 C3 3C
    soft_UART_Write($01)
    soft_UART_Write($AE)
    soft_UART_Write($00)
    soft_UART_Write($A9)
    soft_UART_Write($01)
    soft_UART_Write($CC)
    soft_UART_Write($00)
    soft_UART_Write($C0)
    soft_UART_Write($CC)
    soft_UART_Write($33)
    soft_UART_Write($C3)
    soft_UART_Write($3C)
    delay_ms(1000)
end if
```

```
if portb.6=0 then
    soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
    soft_UART_Write($5B) 'AA 5B 01 AE 00 C8 01 CC 00 DF CC 33 C3 3C
    soft_UART_Write($01)
    soft_UART_Write($AE)
    soft_UART_Write($00)
    soft_UART_Write($C8)
    soft_UART_Write($01)
    soft_UART_Write($CC)
    soft_UART_Write($00)
    soft_UART_Write($DF)
    soft_UART_Write($CC)
    soft_UART_Write($33)
    soft_UART_Write($C3)
    soft_UART_Write($3C)
    delay_ms(1000)
end if
```

```
if portb.6=1 then
    soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
    soft_UART_Write($5A) 'AA 5A 01 AE 00 C8 01 CC 00 DF CC 33 C3 3C
    soft_UART_Write($01)
    soft_UART_Write($AE)
    soft_UART_Write($00)
    soft_UART_Write($C8)
    soft_UART_Write($01)
```

```

soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($DF)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
    delay_ms(1000)
end if

    if portb.7=0 then
soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
soft_UART_Write($5B) 'AA 5B 01 AE 00 E9 01 CC 01 00 CC 33 C3 3C
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($AE)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($E9)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
        delay_ms(1000)
    end if

if portb.7=1 then
    PORTD.4=0
    PORTD.5=0
    PORTD.6=0
soft_UART_Write($AA)' mostrar entrada0 on
soft_UART_Write($5A) 'AA 5A 01 AE 00 E9 01 CC 01 00 CC 33 C3 3C
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($AE)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($E9)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($01)
soft_UART_Write($00)
soft_UART_Write($CC)
soft_UART_Write($33)
soft_UART_Write($C3)
soft_UART_Write($3C)
        delay_ms(1000)
end if

```

```

        end if

wend
    'boton 0: AA 78 00 00 CC 33 C3 3C
    'for i=0 to 5
else
    SPI_Ethernet_doPacket()    ' process incoming Ethernet packets
    soft_UART_Write($AA)      ' pasar a pantalla remoto
    soft_UART_Write($70)      'AA 70 01 CC 33 C3 3C
    soft_UART_Write($00)
    soft_UART_Write($CC)
    soft_UART_Write($33)
    soft_UART_Write($C3)
    soft_UART_Write($3C)
    delay_ms(100)
    '
    SPI_Ethernet_doPacket()    ' process incoming Ethernet packets
    soft_UART_Write($AA)      ' mostrar fecha y hora
    soft_UART_Write($9B)      'AA 9B FF 01 02 FF FF 00 96 00 0F CC 33 C3 3C
    soft_UART_Write($FF)
    soft_UART_Write($01)
    soft_UART_Write($02)
    soft_UART_Write($FF)
    soft_UART_Write($FF)
    soft_UART_Write($00)
    soft_UART_Write($96)
    soft_UART_Write($00)
    soft_UART_Write($0F)
    soft_UART_Write($CC)
    soft_UART_Write($33)
    soft_UART_Write($C3)
    soft_UART_Write($3C)
    delay_ms(100)
    portd.1=1
    while portd.7=0
        SPI_Ethernet_doPacket()    ' process incoming Ethernet packets
        if portb.7=1 then
            portd.4=0
            portd.5=0
            portd.6=0
        end if
        SPI_Ethernet_doPacket()    ' process incoming Ethernet packets
    wend
end if
wend
end.

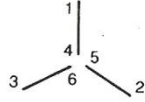
```

ANEXO D CONEXIONES DE MOTORES

TERMINAL MARKINGS AND CONNECTIONS FOR NEMA SINGLE-SPEED, THREE-PHASE MOTORS—6 LEADS

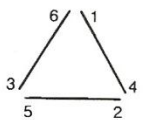
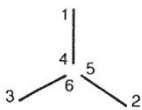
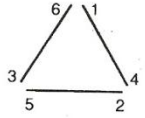
SINGLE VOLTAGE EXTERNAL Y-CONNECTION

L1	L2	L3	JOIN
1	2	3	4&5&6



SINGLE VOLTAGE EXTERNAL DELTA-CONNECTION

L1	L2	L3
1,6	2,4	3,5



SINGLE AND DUAL VOLTAGE STAR-DELTA CONNECTIONS

SINGLE VOLTAGE	Y-CONNECTED START DELTA-CONNECTED RUN
DUAL VOLTAGE	Y-DELTA-CONNECTED (VOLTAGE RATIO 1.732 to 1)

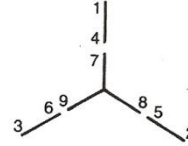
CONN.		L1	L2	L3	JOIN
Y	START OR HIGH VOLTAGE	1	2	3	4,5,6
DELTA	RUN OR LOW VOLTAGE	1,6	2,4	3,5	—

2

TERMINAL MARKINGS AND CONNECTIONS FOR NEMA SINGLE-SPEED, THREE-PHASE MOTORS—9 LEADS

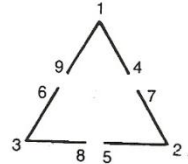
DUAL VOLTAGE Y-CONNECTED

VOLTAGE	L1	L2	L3	JOIN
LOW	1,7	2,8	3,9	4&5&6
HIGH	1	2	3	4&7,5&8,6&9



DUAL VOLTAGE DELTA-CONNECTED

VOLTAGE	L1	L2	L3	JOIN
LOW	1,6,7	2,4,8	3,5,9	—
HIGH	1	2	3	4&7,5&8,6&9

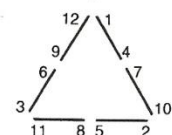
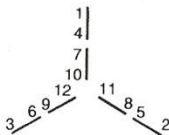
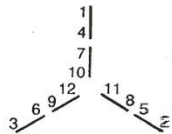


3

TERMINAL MARKINGS AND CONNECTIONS FOR NEMA SINGLE-SPEED, THREE-PHASE MOTORS—12 LEADS

DUAL VOLTAGE EXTERNAL Y-CONNECTION

VOLTAGE	L1	L2	L3	JOIN
LOW	1,7	2,8	3,9	4&5&6,10&11&12
HIGH	1	2	3	4&7,5&8,6&9,10&11&12



DUAL VOLTAGE Y-CONNECTED START DELTA-CONNECTED RUN

VOLTAGE	CONN.	L1	L2	L3	JOIN
LOW	START	1,7	2,8	3,9	4&5&6,10&11&12
	RUN	1,6,7,12	2,4,8,10	3,5,9,11	—
HIGH	START	1	2	3	4&7,5&8,6&9,10&11&12
	RUN	1,12	2,10	3,11	4&7,5&8,6&9

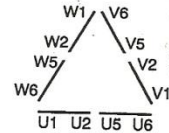
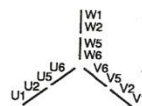
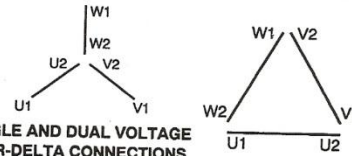
4

TERMINAL MARKINGS AND CONNECTIONS FOR IEC SINGLE-SPEED, THREE-PHASE MOTORS—6 AND 12 LEADS

SINGLE AND DUAL VOLTAGE STAR-DELTA CONNECTIONS

SINGLE VOLTAGE	Y-CONNECTED START DELTA-CONNECTED RUN
DUAL VOLTAGE	Y-DELTA-CONNECTED (VOLTAGE RATIO 1.732 to 1)

CONNECTION	L1	L2	L3	JOIN
STAR	U1	V1	W1	U2 & V2 & W2
DELTA	U1 & W2	V1 & U2	W1 & V2	None



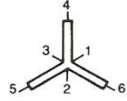
DUAL VOLTAGE Y-CONNECTED START DELTA-CONNECTED RUN

VOLTAGE	CONNECTION	L1	L2	L3	JOIN
LOW	STAR	U1&U5	V1&V5	W1&W5	U2&V2&W2&U6 &V6&W6
	DELTA	U1&U5&W2&W6	V1&V5&U2&U6	W1&W5&V2&V6	None
HIGH	STAR	U1	V1	W1	U2&U5, V2&V5, W2&W5, U6&V6&W6
	DELTA	U1&W6	V1&U6	W1&V6	U2&U5, V2&V5, W2&W5

TERMINAL MARKINGS AND CONNECTIONS
FOR NEMA TWO-SPEED, THREE-PHASE
MOTORS, SINGLE WINDING WITH 6 LEADS

CONSTANT TORQUE CONNECTION

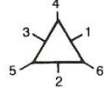
Low-speed horsepower is half of high-speed horsepower.*



SPEED	L1	L2	L3		TYPICAL CONNECTION
HIGH	6	4	5	1&2&3 JOIN	2Y
LOW	1	2	3	4-5-6 OPEN	1 DELTA

CONSTANT HORSEPOWER CONNECTION

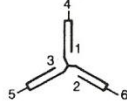
Horsepower is the same at both speeds.*



SPEED	L1	L2	L3		TYPICAL CONNECTION
HIGH	6	4	5	1-2-3 OPEN	1 DELTA
LOW	1	2	3	4&5&6 JOIN	2 Y

VARIABLE TORQUE CONNECTION

Low-speed torque is one fourth of high-speed torque.*



SPEED	L1	L2	L3		TYPICAL CONNECTION
HIGH	6	4	5	1&2&3 JOIN	2Y
LOW	1	2	3	4-5-6 OPEN	1 Y

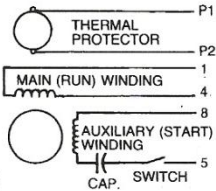
*CAUTION: On European motors horsepower variance with speed may not be the same as shown above.

6

TERMINAL MARKINGS AND CONNECTIONS
FOR NEMA CAPACITOR-START,
SINGLE-PHASE MOTORS

SINGLE VOLTAGE

ROTATION	L1	L2
CCW	1,8	4,5
CW	1,5	4,8



DUAL VOLTAGE (MAIN WINDING ONLY)

Auxiliary winding is always at low voltage rating; capacitor should be rated accordingly.

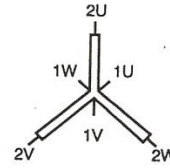
	ROTATION	L1	L2	JOIN
HIGH VOLTAGE	CCW	1	4,5	2&3&8
	CW	1	4,8	2&3&5
LOW VOLTAGE	CCW	1,3,8	2,4,5	—
	CW	1,3,5	2,4,8	—

8

TERMINAL MARKINGS AND CONNECTIONS
FOR IEC TWO-SPEED, THREE-PHASE
MOTORS, SINGLE WINDING WITH 6 LEADS

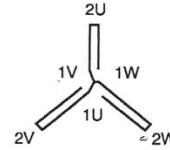
CONSTANT TORQUE CONNECTION

SPEED	L1	L2	L3		TYPICAL CONNECTION
HIGH	2W	2U	2V	1U-1V-1W JOIN	2Y
LOW	1U	1V	1W	2U-2V-2W OPEN	1 DELTA



VARIABLE TORQUE CONNECTION

SPEED	L1	L2	L3		TYPICAL CONNECTION
HIGH	2W	2U	2V	1U-1V-1W JOIN	2Y
LOW	1U	1V	1W	2U-2V-2W OPEN	1Y

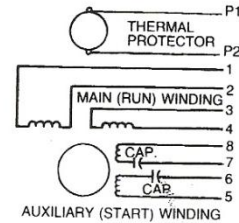


7

TERMINAL MARKINGS AND CONNECTIONS
FOR NEMA CAPACITOR-START,
SINGLE-PHASE MOTORS

DUAL VOLTAGE (MAIN & AUXILIARY WINDING)

Capacitors in auxiliary windings are rated for lower voltage.



		L1	L2	JOIN
HIGH VOLTAGE	CCW	1,8	4,5	2&3,6&7
	CW	1,5	4,8	2&3,6&7
LOW VOLTAGE	CCW	1,3,6,8	2,4,5,7	—
	CW	1,3,5,7	2,4,6,8	—

The switch in the auxiliary winding circuit has been omitted from this diagram. The connections to the switch must be made so that both auxiliary windings become de-energized when the switch is open.

ROTATION: CCW—Counter-Clockwise
CW—Clockwise

The direction of shaft rotation can be determined by facing the end of the motor opposite the drive.

TERMINAL MARKINGS IDENTIFIED BY COLOR:

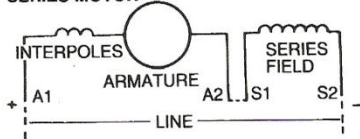
1-Blue 5-Black P1-No color assigned
2-White 6-No color assigned P2-Brown
3-Orange 7-No color assigned
4-Yellow 8-Red

NEMA Standards MG1-2.41

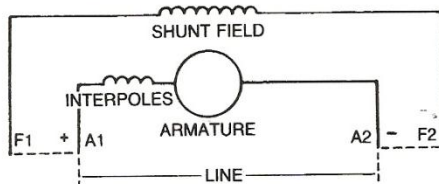
9

**TERMINAL MARKINGS AND CONNECTIONS
FOR NEMA D-C MOTORS**

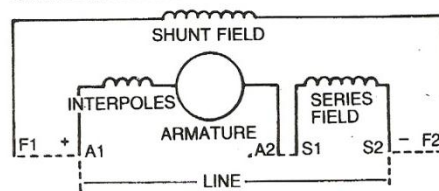
SERIES MOTOR



SHUNT MOTOR



COMPOUND MOTOR



All connections are for counterclockwise rotation facing end opposite drive. For clockwise rotation, interchange A1 and A2.

Some manufacturers connect the interpole winding on the A2 side of armature.

When shunt field is separately excited, same polarities must be observed for a given rotation.

**RELATIONSHIP OF MAIN AND INTERPOLE
POLARITIES IN D-C MACHINES**

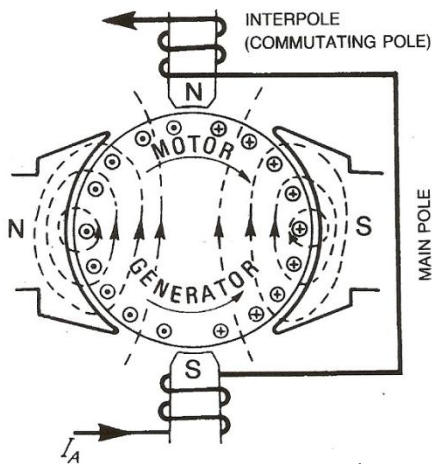


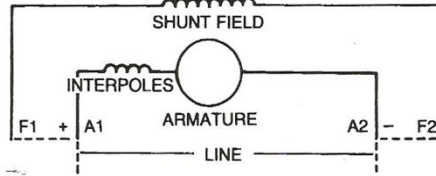
Diagram shows polarity of interpoles with respect to the polarity of the main poles.

For a MOTOR, the polarity of the interpole is the same as that of the main pole PRECEDING it in the direction of rotation.

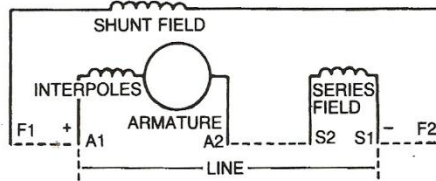
For a GENERATOR, the polarity of the interpole is the same as that of the main pole FOLLOWING it in the direction of rotation.

**TERMINAL MARKINGS AND CONNECTIONS
FOR NEMA D-C GENERATORS**

SHUNT GENERATOR



COMPOUND GENERATOR



All connections are for counterclockwise rotation facing end opposite drive. For clockwise rotation, interchange A1 and A2.

Some manufacturers connect the interpole winding on the A2 side of armature.

For above generators, the shunt field may be either self-excited or separately excited. When self-excited, connections should be made as shown. When separately excited, the shunt field is isolated from the other windings. When separately excited same polarities must be observed for given rotation.

**FULL-LOAD CURRENTS
DIRECT-CURRENT MOTORS*
(RUNNING AT BASE SPEED)**

*For conductor sizing only.

HP	ARMATURE VOLTAGE RATING †					
	90V	120V	180V	240V	500V	550V
¼	4.0	3.1	2.0	1.6		
½	5.2	4.1	2.6	2.0		
¾	6.8	5.4	3.4	2.7		
1	9.6	7.6	4.8	3.8		
1½	12.2	9.5	6.1	4.7		
2		13.2	8.3	6.6		
3		17	10.8	8.5		
5		25	16	12.2		
7½		40	27	20		
10		58	39	29	13.6	12.2
15		76	51	38	18	16
20				55	27	24
25				72	34	31
				89	43	38
30				106	51	46
40				140	67	61
50				173	83	75
60				206	99	90
75				255	123	111
100				341	164	148
125				425	205	185
150				506	246	222
200				675	330	294

Over 200 HP
Approx. Amps/HP 3.4 1.7 1.5

†These are average direct-current quantities. Branch-circuit conductors supplying a single motor shall have an ampacity not less than 125 percent of the motor full-load current rating.

Armature Current Varies Inversely as Applied Voltage.
Example: 40 HP Motor, 300 Volt Armature

$$\text{ARMATURE CURRENT} = 140 \times \frac{240}{300} = 112 \text{ AMPS}$$

Based on Table 430-147 of the National Electrical Code,® 1993.

National Electrical Code® and NEC® are registered trademarks of the National Fire Protection Association, Inc., Quincy, MA 02269.

ANEXO E MANUAL DE USUARIO

ANEXO F GUIA DE PRÁCTICAS

BIBLIOGRAFIA DE INTERNET

1. APLICACIONES Y USOS DEL MICROCONTROLADOR

[http://perso.wanadoo.es/pictob/microcr.htm#aplicaciones de los microcontroladores](http://perso.wanadoo.es/pictob/microcr.htm#aplicaciones_de_los_microcontroladores)

2011-04-21

2. ARQUITECTURA DEL MICROCONTROLADOR

http://perso.wanadoo.es/pictob/microcr.htm#arquitectura_basica

2011-04-19

3. CIRCUITOS ELECTRICOS Y ELECTRONICO

http://es.wikipedia.org/wiki/Tarjeta_inteligente

2011- 04-16

4. COMPONENTES ELECTRONICOS

http://es.wikipedia.org/wiki/Componente_electr%C3%B3nico

2011-04-16

5. COMUNICACIÓN ETHERNET

<http://www-2.dc.uba.ar/materias/tc/downloads/apuntes/ethernet.pdf>

2011-04-21

6. CONEXIONES Y TIPOS DE ARRANQUE DE MOTORES

<http://www.bunca.org/publicaciones/manuales/espanol/ManualMotores30nov09.pdf>

2011-05-25

7. CONTROL INDUSTRIAL

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT2/UNI5100.pdf>

2011-05-10

8. GUARDAMOTOR

http://www.netcom.es/pepecu/protecciones/6_3%20Guardamotors.htm

2011-05-10

9. GUIA DE PRACTICAS CON MAQUINAS ELECTRICAS

<http://www.conalepcuautla.edu.mx/info/>

2011-09-10

10. LOGICA CABLEADA

http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%B3gica_cableada

2011-05-10

11. MICROCONTROLADORES

<http://pjmicrocontroladores.wordpress.com/2006/11/06/%C2%BFque-es-un-microcontrolador/>

2011-04-18

12. MOTORES ELECTRICOS AC

<http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>

2011-05-25

13. MOTOR DEL VFD

http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia

2011-05-25

14. PERDIDAS DE ENERGÍA Y EFICIENCIA

<http://www.pdfwindows.com/pdf/manual-de-motores-electricos-megger-pdf/>

2011-06-20

15. RELÉ PROGRAMABLE

<http://es.scribd.com/doc/52204295/Relevador-programable>

2011-05-17

16. SELECCIÓN DE CONTACTORES

<http://es.scribd.com/doc/12731454/Eleccion-de-un-Contactor->

2011-07-05

17. SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL

http://www.asep.gob.pa/electric/info_clientes/Motores.pdf

2011-07-05

18. SELECCIÓN DE MANDO Y CONTROLES DE OPERACIÓN

<http://ie.fing.edu.uy/ense/asign/iee/Documentos/Teorico/Comandomotores.pdf>

2011-08-15

19. SELECCIÓN DE MICROCONTROLADORES

http://70.85.2.51/~fvegan/msln/index.php?option=com_content&view=article&id=36:seleccion-de-microcontrolador-para-proyectos-&catid=9

2011-06-28

20. SELECCIÓN DE PROTECCIONES

<http://www.genteca.com.ve/manuales/PROTECCION%20DE%20MOTORES%20V3.pdf>

2011-07-05

21. SELECCIÓN DEL RELÉ PROGRAMABLE

<http://www.gabosm.com/Docs&Tuto/Docs/PLC's.pdf>

2011-08-15

22. SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

<http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-seleccion-y-aplicacion-de-variadores-de-velocidad-articulo-tecnico-espanol.pdf>

2011-08-15

23. VARIADOR DE FRECUENCIA

<http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/var/ace.variador.3.mecanismo.pdf>

2011-05-17