

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

TEMA:

TABLERO DIDÁCTICO PARA ARRANQUE Y CONTROL DE UN MOTOR TRIFÁSICO 220V DE ½ HP POR MEDIO DE UN “V.D.F.” (VARIADOR DE FRECUENCIA) EQUIPADO CON SISTEMAS DE PROTECCIÓN, MEDICIÓN Y SEÑALIZACIÓN.

Tesina previa a la obtención del título de tecnólogo en la especialidad de Electricidad.

Autores:

Lema Tapia Dennis Paúl
Torres Mejía Rosana Maribel

Director:

Ing. Ramiro Flores

Ibarra, 2009

Dedicatoria.

“El creyente contempla el universo, obra de Dios y se llena de admiración y optimismo. Todo viene de Dios pero también todo existe para el hombre y Dios ahora está acabando su creación por el trabajo de los hombres y la radiación de sus testigos”

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme las grandes riquezas de este mundo empezando por mis padres, quienes desde el mismo momento de mi ser natural me acogieron y me dieron un hogar y una familia con principios y valores, pero sobre todo su amor y sabiduría que me han servido para cumplir mis metas y objetivos.

A mis maestros desde la niñez por impartir sus conocimientos y son quienes me ayudaron a crecer. Agradezco a Dios por la fortaleza, mi guía en todo momento y lugar pero que como en todo, puso en mi la paciencia y perseverancia para conseguir mis anhelos y compartirlos con las personas que amo mi esposo y mi hijo.

“Los únicos bienes intangibles son los acumulados en el pensamiento y en el corazón, cuando uno de ellos faltan ningún tesoro los sustituye”

Agradezco de manera infinita al ser que más amo: Madre tu que me enseñaste a recoger mis pasos cuando todo se me hacía incomprendible, aprendí de ti a sonreír a todo y a todos, a entonar ternura con mis palabras y crear poesía con mis actos, a ti querida Madre que desde el primer día de mi existir bendijiste mi alma con besos.... a mi esposa, que me enseñó a madurar mis conocimientos, mi amor, mi sentir. A ti que desde hoy y por siempre forjaras el camino de mi vivir... a ti mi querido viejo “así lo llamaba y así lo llamare” aquel que sembró en mi la honradez, el perdón, la honestidad, la moral, bases fundamentales que hoy llevo en lo profundo de mi ser.... a mi hijo por enseñarme lo sencillo de la vida.

Índice de General.

Contenido	Página
CAPITULO I	
Problema de Investigación.	
Antecedentes.....	7
Planteamiento del Problema.....	8
Formulación del Problema.....	10
Delimitación espacial y temporal.....	10
Objetivos.....	11
Justificación.....	12
CAPITULO II	
Marco Teórico.	
Motores eléctricos.....	14
Motores de inducción trifásico de corriente alterna.....	15
Principio de funcionamiento.....	15
Construcción del motor de inducción trifásico.....	16
Construcción del rotor de un motor de inducción trifásico.....	17
Rotor tipo jaula de ardilla.....	17
Construcción del estator de un motor de inducción trifásico.....	18
Conexión fundamental para un motor de inducción trifásico 220v.....	19
Conexión estrella.....	19
El deslizamiento de un motor de inducción trifásico.....	20
Arranque de un motor de inducción trifásico.....	23
Arranque por contactores magnéticos.....	23
Protección de un motor inducción trifásico.....	25
Control de velocidad mediante un variador de frecuencia.....	26
Partes internas de un variador de frecuencia.....	28
Principio de funcionamiento de un variador de frecuencia.....	29
Puente rectificador trifásico.....	31
Puente ondulator por medio de transistor bipolar de puerta aislada.....	33
Protecciones integradas en los variadores de frecuencia.....	34
Características de un arranque por medio de un variador.....	36
Sistema de protección, medición y señalización.....	37
Disyuntor eléctrico o breaker.....	37
Sistemas de medición eléctrica.....	38

Voltímetro.....	38
Amperímetro.....	39
Frecuencímetro.....	40
Sistemas de señalización.....	41
Glosario de términos.....	42

CAPITULO III

Metodología de la Investigación.

Tipo de Investigación.....	44
Métodos y técnicas de Investigación.....	45
Bibliografía.....	47

CAPITULO IV

Conclusiones y Recomendaciones.

Recomendaciones.....	49
Conclusiones.....	49

CAPITULO V

Guía de Prácticas.

Guía de práctica N. 1.....	50
Guía de práctica N. 2.....	62
Guía de práctica N. 3.....	71

Índice de tablas.

Cuadro de equivalencia de rotación.....	21
Características de un arranque por medio de un variador.....	36

Índice de gráficos.

Motor de Inducción trifásico.....	15
Partes de un motor trifásico de inducción.....	16
Rotor jaula de ardilla.....	17
Estator de un motor.....	18
Conexión estrella.....	20
Arranque por contactor magnético.....	24
Variador de Frecuencia.....	26
Esquema de un variador.....	30
Señal PWM.....	30
Rectificador trifásico.....	32
Transistor IGBT y su símbolo.....	33
Disyuntor.....	38
Voltímetro.....	39
Amperímetro.....	39
Frecuencímetro.....	40
Lámpara piloto	41

Resumen.

El proyecto de tesina se afianza fundamentalmente al desarrollo de un tablero didáctico para arranque y control de un motor trifásico de doscientos veinte voltios (220V) de ½ caballo de potencia (hp) por medio de un “V.D.F.” (variador de frecuencia) equipado con sistemas de protección, medición y señalización, para el laboratorio de electricidad en un tiempo de seis meses cumpliendo con todas las expectativas planteadas por los tesistas. Tomando conceptos y definiciones, así como también características, clasificaciones y otros parámetros teóricos que conceptualizan los diferentes componentes eléctricos del tablero. Resumiendo de una manera clara y corta los elementos y el tablero que vamos a utilizar se describen a continuación: el tablero didáctico cuyo diseño está enmarcado a las exigencias que requieren los elementos, dentro de estos la fijación o empotramiento de los mismos, parámetro importante que elimina la vibración y por ende al ruido dando un funcionamiento correcto al momento de las prácticas como también su estabilidad, a demás nos permite tener una visualización y manipulación de los elementos 100% didáctica. El motor máquina importante que permite transformar la energía eléctrica en mecánica; tomando en cuenta que dentro de la industria es el pulmón del proceso permitiendo aprovechar sus características para mover cargas sin importar la potencia requerida, la gran adaptabilidad al medio ambiente debido a su diseño y construcción, en fin el motor trifásico de inducción 220 voltios tipo jaula de ardilla de ½ caballo de fuerza (HP) permite realizar prácticas asimilando conocimientos implantados. De igual manera el control del motor dado por un variador de frecuencia LG SV008-1IG5 – 2 cuya potencia varía desde 0.75 Kw a 1.5 Kw de potencia nos permite un sin fin de programaciones de acuerdo a las necesidades y su confiabilidad al ser operado por personas sin experiencia. Los aparatos de maniobra y medición como pulsadores, indicadores, voltímetro, amperímetro y frecuencímetro se sumaran a la eficiencia de trabajo de los equipos a utilizarse dentro del proyecto permitiendo establecer parámetros de funcionalidad con lata eficiencia durante el desarrollo de las prácticas.

Introducción.

Este proyecto tecnológico será orientado a la implementación de un tablero didáctico para arranque y control de un motor trifásico de doscientos veinte voltios (220V) de ½ caballo de potencia (hp) por medio de un “V.D.F.” (variador de frecuencia) equipado con sistemas de protección, medición y señalización para el laboratorio de electricidad de la escuela de Educación Técnica de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología, el cual beneficiará a los estudiantes de la especialidad en lo que se refiere a la práctica y en muchos casos mejorará la comprensión de los conceptos relacionados.

El propósito de este proyecto es investigar conceptos, tipos, características, funcionamiento, y operación de los elementos que intervendrán para el arranque y control; mismo que está orientado al progreso de la especialidad, tomando en cuenta varias referencias sean de libros, revistas, Internet, y otros, así como también la consulta a profesionales. El proyecto cuenta con una tecnología actualizada, comprensible, segura, de fácil adquisición y de costo accesible para quienes realizarán este proyecto.

Además los métodos y tipos de investigación que se emplea tanto en el proyecto técnico, como en el marco teórico, serán relativamente comprensibles, por lo tanto una fuente de consulta para los estudiantes de la especialidad eléctrica, quienes confrontarán sus conocimientos con la práctica.

CAPITULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1.-Antecedentes.

En nuestro país la tecnología se desarrolla en un margen competitivo conforme a la demanda que requiere una sociedad, la misma que marca la evolución al pasar el tiempo. Hoy en día la necesidad de aprender y desarrollar más conocimientos con respecto a ramas técnicas despierta el interés por investigar casos que llevan a satisfacer las necesidades al realizar una tarea ya sea en las industrias, instituciones, hogares o en el ámbito laboral.

Es el caso de Ibarra, ciudad de grandes progresos técnicos que poco a poco incursiona en la investigación para formar una tecnología estable y competitiva, sobre todo que de marcha a un desarrollo regional y nacional. Claro está; el nivel de investigación y los conocimientos son dos puntos muy necesarios en la actualidad, y es donde las instituciones educativas como las universidades juegan un papel muy importante.

Es más, como estudiantes de la universidad además de interesarnos primordialmente en el desarrollo tecnológico del país, nos preocupamos por aportar un material técnico y didáctico como es el tablero para arranque y control de un motor trifásico doscientos veinte voltios (220V) de $\frac{1}{2}$ caballo de potencia (hp) por medio de un "V.D.F." (variador de frecuencia) equipado con sistemas de protección, medición y señalización para el laboratorio de electricidad de la Universidad Técnica del Norte.

Después de un análisis profundo se ha logrado enfocar al tablero didáctico para el arranque y control de un motor trifásico doscientos veinte voltios (220V) de ½ caballo de potencia (hp) por medio de un “V.D.F.” (variador de frecuencia) equipado con sistemas de protección, medición y señalización, ideal para complementar la enseñanza de nuestros docentes y realizar prácticas en el laboratorio.

1.2. Planteamiento del Problema.

La importancia de la implementación de un tablero didáctico para arranque y control de un motor trifásico de doscientos veinte voltios (220V) de ½ caballo de potencia (hp) por medio de un “V.D.F.” (variador de frecuencia) equipado con sistemas de protección, medición y señalización para el laboratorio de electricidad de la escuela de Educación Técnica será primordial para desarrollar experiencia y técnica, por lo que despierta el interés de los integrantes del grupo para investigar los conceptos, tipos, características y operación de los elementos a utilizarse, así como también el tablero apropiado, para lograr una estabilidad operativa de sus elementos, eliminando así agentes externos como la vibración, ruido y por ende posibles fallas eléctricas.

En el proyecto se toma en cuenta los siguientes puntos fundamentales:

El tablero didáctico está enfocado a las normas de operación establecidas por los equipos eléctricos a utilizarse en el proyecto, determinando así su adquisición.

El motor es una máquina indispensable en el tablero en el que se especifica su funcionalidad. Para la utilización de este motor se debe establecer factores importantes como sus características, diseño, funcionamiento, etc. y por ende determinar el arranque, control, protección y medición de parámetros específicos como: voltaje, frecuencia y corriente.

De esta manera establecer el adecuado funcionamiento del motor y aprovechar al máximo su rendimiento.

El control de velocidad por medio de un "V.D.F." (variador de frecuencia) como segundo punto es donde debemos poner mayor énfasis una vez establecidas las características del motor a utilizarse, tomando en cuenta que al variar parámetros como: voltaje, corriente y sobre todo la frecuencia sin equipos apropiados; se establecen condiciones de trabajo incorrectos para el motor. Por lo tanto para corregir estas deficiencias se utiliza un variador de frecuencia que permita de una manera técnica y segura el arranque y control. A demás se contará con un sistema de medición analógica y digital visualizada en un panel.

El tercer punto se refiere a la selección de equipos y materiales apropiados para la realización de las prácticas y operación de los mismos. Para ello se consulta a varios distribuidores que satisfagan con las necesidades técnicas de este proyecto, así como también la facilidad para adquirirlos dentro del país. Para la adquisición de los materiales se toma en cuenta equipos que se utilizan actualmente en la industria, de este modo los estudiantes de electricidad tendrán mayor relación al vincularse a la vida laboral.

1.3. Formulación del Problema.

¿Cómo implementar un tablero didáctico para arranque y control de un motor trifásico de doscientos veinte voltios (220V) de ½ caballo de potencia (hp) por medio de un “V.D.F.” (Variador de frecuencia) equipado con sistemas de protección, medición y señalización? apropiado para realizar prácticas en el laboratorio de electricidad de la escuela de Educación Técnica de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte.

1.4. Delimitación Espacial y Temporal.

Delimitación Temporal.

Este proyecto se lleva a cabo desde el mes de abril de 2009 hasta el mes de agosto de 2009, en el cual se presentará el informe final.

Delimitación Espacial.

Este proyecto se desarrolla en el laboratorio de electricidad de la escuela de Educación Técnica de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo General.

Implementar un tablero didáctico para arranque y control de un motor trifásico de doscientos veinte voltios (220V) de ½ caballo de potencia (hp) por medio de un “V.D.F.” (variador de frecuencia) equipado con sistemas de protección, medición y señalización, para el laboratorio de electricidad de la escuela de educación técnica de la Universidad Técnica de Norte.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Investigar la constitución, principio de funcionamiento y utilización de un motor eléctrico para el proyecto.
- Analizar el funcionamiento, características, parámetros y utilidad de un variador de frecuencia para el arranque y control del motor eléctrico a utilizarse.
- Conocer los elementos y equipos de operación, protección, medición y señalización que intervendrán en el tablero
- Realizar la guía de prácticas de laboratorio con los elementos del tablero.

1.6. Justificación.

El proyecto que se va a realizar se justifica por las siguientes razones:

Facilita el aprendizaje, por medio de prácticas en el laboratorio de electricidad, los conocimientos pueden ser asimilados de una manera muy comprensiva por el estudiante, creando así una estrecha relación entre los conceptos teóricos, procedimientos y destrezas prácticas.

Permite el desarrollo creativo de los docentes y estudiantes, los cuales experimentarán paulatinamente en el tablero; comprobando y resolviendo problemas eléctricos y electrónicos que se presentan en la vida cotidiana y que con el tiempo son necesarios e indispensables al desempeñar el trabajo en las diferentes empresas.

Además de transferir conocimientos prácticos de acuerdo a la utilización del tablero, ayuda a construir de la forma más eficiente circuitos eléctricos de potencia, de control, de arranque, y por ende evaluará las destrezas del estudiante.

También tiene una importancia social porque contribuye al desarrollo sociocultural, para lo cual como estudiantes de la Universidad Técnica del Norte presentaremos un prototipo de carácter netamente práctico que permitirá comprender de una manera más amplia los conceptos y ejercicios dados en clase.

Contribuye a los estudiantes de electricidad de la Escuela de Educación Técnica, para realizar prácticas para relacionarse de una manera más concisa con el mundo tecnológico.

La investigación es detallada ya que tiene suficiente fuente de consulta, ya sea en libros, revistas, internet, y otros; lo cual implica una información clara de cada uno de los circuitos y componentes de potencia eléctricos o electrónicos para quienes hacen uso de esta información. Además, en cuanto al tablero se refiere, contiene todos los implementos necesarios para realizar prácticas, de modo que el estudiante no tendrá que costearse estos implementos.

Otra justificación es el beneficio neto de la misma especialidad porque los estudiantes adquirirán una buena formación profesional, tanto en lo práctico como en lo teórico. Con respecto a su costo es aceptable debido a que los materiales se pueden cotizar en el país de acuerdo con las exigencias de calidad y eficiencia para las prácticas (arranque y control de velocidad del motor por medio de un "V.D.F."). A esto se le suma la protección, siendo muy primordial al ser manipulados físicamente estos elementos por estudiantes con pocos conocimientos prácticos.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1.- Motores eléctricos.

Introducción.-

“Según Chapman S. (2000), acerca del motor eléctrico indica que es un dispositivo que puede convertir energía eléctrica en energía mecánica. Todos los motores eléctricos convierten la energía de una u otro forma a través de la acción de campos magnéticos tanto los generadores, transformadores y los motores son dispositivos que se encuentran en cualquier campo de la vida cotidiana moderna. En el hogar, los motores eléctricos se emplean en enfriadores, congeladores, aspiradoras, ventiladores, equipos de aire acondicionado, licuadoras y otros muchos aparatos similares. En los talleres los motores suministran la fuerza electromotriz para casi todas las herramientas, en consecuencia, los motores son necesarios para suministrar energía mecánica. Actualmente los receptores más utilizados, tanto en la industria como en las instalaciones terciarias, si exceptuamos los sistemas de alumbrado, son los motores eléctricos. Su función, convertir energía eléctrica en energía mecánica, les otorga una especial importancia económica; por lo que ningún diseñador de instalaciones y máquinas, ningún instalador ni usuario pueden ignorarlos”. (p. 122)

2.1.1- Motor de inducción trifásico de corriente alterna.

Figura N. 1



Fuente: www.motoresindustriales.com.

2.1.1.1.- Principio de funcionamiento.

“Según Blanc J.Y. (1996), en un motor las corrientes se inducen en el rotor y se produce la relación entre los campos de la armadura y el rotor; al conducir corriente los conductores del rotor producen una fuerza que tienden a moverlos en ángulo recto con respecto al campo. Cuando el estator se conecta a una alimentación de corriente alterna se establece un campo magnético rotatorio que gira a una velocidad de sincronismo. La dirección dependerá de la secuencia de fases al conectar a la alimentación. El campo atraviesa los conductos del rotor e induce una fuerza electromotriz debido a que el rotor está en cortocircuito directamente (jaula de ardilla), la fuerza electromotriz inducida en el secundario por el campo rotatorio ocasiona que circule una corriente en los

conductores del rotor, el cual produce un par que lo hace girar.” (p. 7)

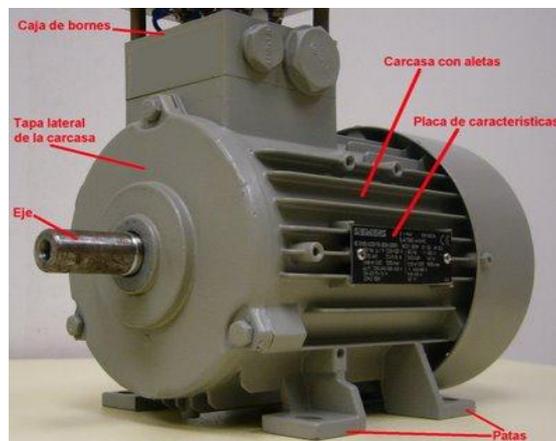
2.1.1.2.- Construcción del motor de inducción trifásico.

Para Harper G., (2003), los motores trifásicos:

“Se usan para accionar máquinas, herramientas, bombas, elevadores, ventiladores, sopladores y demás otras máquinas industriales que se establezca según las características. Están contruidos de tres partes principales: estator, rotor, y tapas.” (p. 69,70)

Figura N. 2

Partes de un motor trifásico Inducción.



Fuente: wikipedia.org/wiki/Par_de_arranque

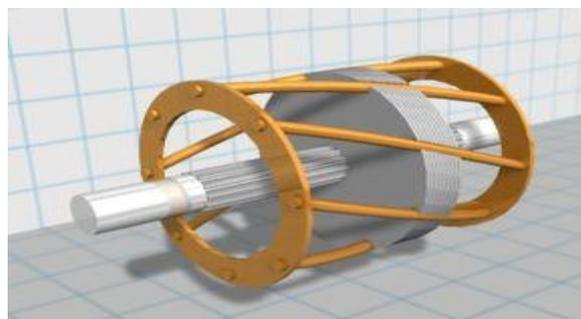
2.1.1.2.1.-Construcción del rotor de un motor de inducción trifásico.

- Rotor tipo jaula de ardilla.

“Según Gaucheron E. (2005), los motores de inducción tipo jaula de ardilla consiste en una serie de barras conductoras dispuestas entre ranuras labradas en la cara del rotor y cortocircuitadas en cada extremo por anillos de cortocircuitado. Este diseño hace referencia a un rotor de jaula de ardilla debido a que los conductores examinados en sí mismos se parecerían a los de las ruedas de ejercicio de las ardillas. Un rotor de jaula de ardilla es la parte que rota usada comúnmente en un motor de inducción de corriente alterna. Un motor eléctrico con un rotor de este tipo es conocido como "motor de jaula de ardilla.” (p.387)

Figura N.3

Rotor Jaula de Ardilla.



Fuente: www.wikipedia.org

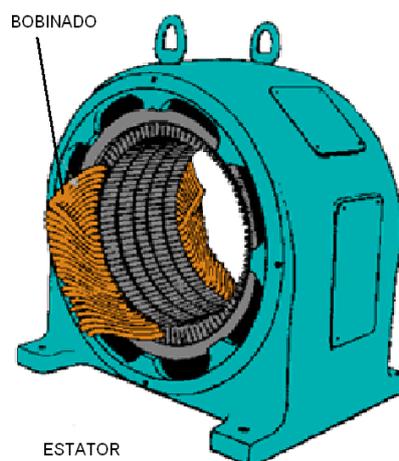
2.1.1.2.2.-Construcción del estator de un motor de inducción trifásico.

Para Harper G. (2003), el estator:

“Se construyen “hojas de lámina llamadas laminaciones en forma troquelada. El acero usado es altamente refinado, para producir buenas propiedades magnéticas con mínimas pérdidas. Las laminaciones se aíslan una de otras por un óxido que se forma en la superficie durante el tratamiento de calor y también se juntan en forma de paquetes (figura N.4). Este paquete se coloca dentro de la carcasa, el cual tiene una doble función: servir de soporte de los paquetes de laminaciones que constituyen el estator y las tapas del motor, consiste en una carcasa de fundición, un núcleo formado por chapas magnéticas, y un arrollamiento constituido por bobinas individuales alojadas en las ranuras del núcleo ”. (p. 73)

Figura N. 4

Estator de un motor.



Fuente: www.goe.net.com.

2.1.1.3.- Conexión fundamental para un motor de inducción trifásico a 220v.

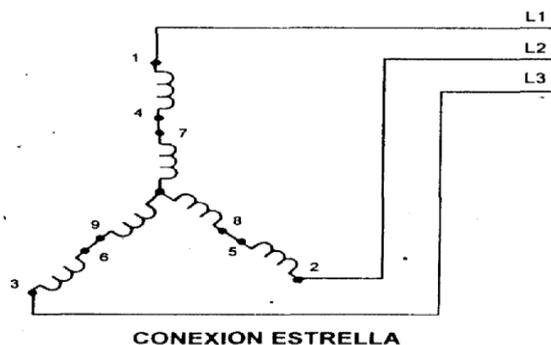
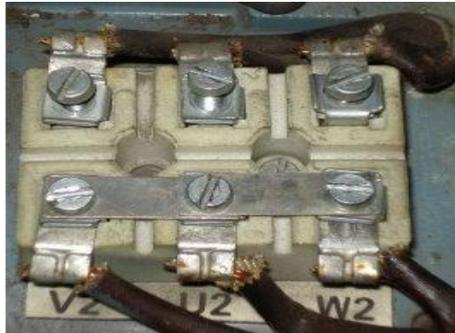
Para Harper G., (2003), en su obra:

“Acerca de todos los motores trifásicos están contruidos internamente con un cierto número de bobinas eléctricas que están devanadas siempre juntas, para que conectadas constituyan las fases que se conectan entre sí, en cualquiera de las formas de conexión trifásicas, ya sea en delta o estrella”. (p. 81)

- **Conexión estrella (Y).**

“Según Rosenberg R. (2008), en la conexión estrella, los finales de las fases están unidos conjuntamente en un punto común, y cada principio de fase va conectado a una de las líneas de alimentación de la red. El nombre de estrella con que se designa dicha conexión es debido a la forma que adoptan las fases en el esquema. Además para identificar y numerar las terminales de un motor en conexión en estrella, se usa un procedimiento denominado espiral que consiste en ir numerando en forma concéntrica en el sentido del movimiento de las manecillas del reloj.”
(p.135)

Figura N. 5
Conexión Estrella (Y)



Fuente: Harper G. (2003) (p. 85)

2.1.1.4.- El deslizamiento de un motor de inducción trifásico.

“Según Harper G. (2003), se ha determinado que la velocidad de un motor trifásico debe ser menor que la velocidad sincrónica y que en medida que incrementa la carga, la velocidad se reduce. La diferencia entre la velocidad del campo del estator o velocidad sincrónica (S) y la velocidad real del motor (N) se le conoce como deslizamiento. Suponiendo que un motor de inducción comercial de jaula de ardilla se haga arrancar con el voltaje nominal de las

terminales de línea de su estator, desarrollará un par de arranque que hará que aumente la velocidad. Al aumentar la velocidad a partir del reposo (100% de deslizamiento) disminuye su deslizamiento y su par disminuye hasta que se desarrolla un par máximo. Esto hace que la velocidad aumente todavía más, reduciéndose en forma simultánea el deslizamiento y el par que desarrolla el motor de inducción. Por otro lado el término deslizamiento es usado cuando se refiere a la diferencia entre rotación sincrónica y a la rotación efectiva en la punta del eje del motor. Factores como la carga o inclusive la variación de tensión de la red, acaban influyendo la rotación del motor. El deslizamiento se puede expresar en revoluciones por minuto (RPM). A continuación realizaremos un cálculo de deslizamiento tanto en porcentaje como fracción.” (p. 77)

Tabla N. 1

Cuadro de equivalencias de rotación según número de polos.

MOTOR	ROTACIÓN SÍNCRONA
2 POLOS	3.600 RPM
4 POLOS	1800 RPM
6 POLOS	1200 RPM
8 POLOS	900 RPM

Ejemplo:

¿Un motor trifásico de 500Hp a 440V 60Hz 1170 rpm de 6 polos.
Calcular deslizamiento?

Datos:	Calcular:
V: 440 V	Ns?
F: 60Hz	S?
N: 1170 rpm	Fs?

Solución:

$$S = N_{sinc} - N_m \quad \text{en donde:}$$

S = velocidad de deslizamiento de la máquina

N_{sinc} = velocidad del campo magnético o sincrónica

N_m = velocidad mecánica del eje del rotor

$$N_s = \frac{120 * f}{P} = \frac{120 * 60\text{Hz}}{6} = 1200 \text{ RPM}$$

$$S = [N_s - N_m / N_s] * 100\%$$

$$S = [1200 - 1170 / 1200] * 100\% = 0.025 \text{ ó } 2.5 \%$$

2.1.1.5.- Arranque de un motor de inducción trifásico.

2.1.1.5.1.- Introducción.-

Si se arranca un motor de corriente alterna conectándolo directamente a plena tensión de red, absorberá inicialmente una corriente de dos a seis veces mayor que la corriente normal de régimen. En caso que el motor este diseñado y construido para resistir este choque de corriente inicial, no experimentará daño alguno; sin embargo, cuando se trata de motores de cierto tamaño, por lo general es conveniente tomar algunas medidas para reducir la corriente de arranque, pues de otro modo esta elevada corriente podría afectar mecánicamente al motor y su carga. El motor eléctrico por excelencia en corriente alterna es el motor de inducción o motor asíncrono trifásico, es el más utilizado para el accionamiento de máquinas en la industria y gracias a la electrónica de potencia está desbancando a otros tipos de motores de corriente continua como por ejemplo en tracción eléctrica, su amplia utilización es debido a su sencillez de mantenimiento, facilidad de instalación, bajo costo y robustez.

2.1.1.5.2.- Arranque para un motor de inducción trifásico.

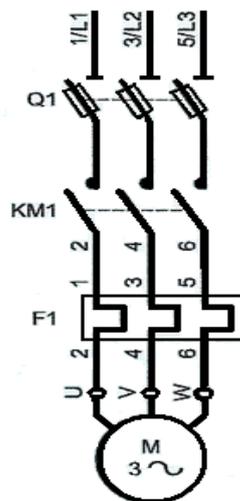
- **Arranque por contactor magnético.**

“Según De la Balle J., (2000), son interruptores de accionamiento que conecta el motor directamente a plena tensión. Estos interruptores están provistos de tres contactos principales normalmente abiertos, que al cerrarse conectan al motor directamente a la red de alimentación. También llevan una bobina de retención, que cuando está excitada cierra y mantiene cerrado los tres

contactos principales, así como sus otros contactos auxiliares que normalmente son N.A. (normalmente abierto) y N.C. (normalmente cerrado). Los contactos principales y auxiliares están unidos mecánicamente mediante una barra, al objeto de que al excitar la bobina se cierre simultáneamente. No hace falta decir que cualquier contacto por grande que sea, puede gobernarse excitando la bobina con una corriente muy pequeña.” (p. 19)

Figura N. 6

Arranque por medio de contactor magnético.



Fuente: [Http://siemens.com/contactores](http://siemens.com/contactores)

2.1.1.6.- Protección de un motor de inducción trifásico.

Para Fiorina J. (2000), en su obra:

“Existen dos parámetros principales que se debe tener en cuenta el momento de instalar un motor eléctrico descritos a continuación:

2.1.1.6.1.- Protección de cortocircuito.- se realiza la protección mediante fusibles de fuerza (F), si se presenta un cortocircuito repentino los fusibles se funden y desconectan la alimentación tanto al circuito como al motor para evitar que se quemé. Estos fusibles deben ser diseñados para corrientes mayores que la corriente de plena carga.

2.1.1.6.2.- Protección de sobrecarga.- un circuito en general debe estar provisto de relés de sobrecarga (OL) que constan de dos partes: un elemento calefactor por sobrecarga y sus contactos, cuando se eleva la temperatura del calentador de sobrecarga se abren los contactos OL y se desactiva el relé que, a su vez, abre los contactos auxiliares y quita el suministro de potencia al motor. Cabe recalcar que este tipo de protección actúa sobre el motor dependiendo de su corriente nominal. (p. 10)

2.2. – Control de velocidad mediante un variador de frecuencia (VDF).

Figura N. 7

Variador de Frecuencia.



Fuente: www.digitalreview.com.arg

2.2.1.- Definición.-

Para SCHONEK J., (2002), un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable 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. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia), los variadores de frecuencia operan bajo el principio de: la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna está determinada por la frecuencia de CA (corriente alterna) suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la siguiente relación. ” (p.6)

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

Donde

RPM = Revoluciones por minuto

f = frecuencia de suministro AC (hertz)

p = Número de polos

Ejemplo:

Un motor de 4 polos que está conectado directamente a la red de distribución eléctrica de 60 Hz debería tener una velocidad síncrona de 1800 rpm:

$$\frac{120 \times 60}{4} = 1800 \text{ RPM}$$

Si el motor es un motor de inducción, la velocidad de operación a plena carga estará sobre los 1750 RPM.

Si el motor está conectado al variador de velocidad que le proporciona 40 Hz, la velocidad síncrona será de 1200 RPM:

$$\frac{120 \times 40}{4} = 1200 \text{ RPM}$$

“Según SCHONEK J., (2002), en los motores asíncronos las (RPM) revoluciones por minuto son ligeramente menores por el propio asincronismo. En estos se produce un deslizamiento mínimo entre la velocidad de rotación del rotor (velocidad en el eje) comparativamente con la cantidad de RPM del campo magnético (velocidad sincrónica) 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) Estos variadores mantienen la razón Voltaje/ Frecuencia (V/Hz) constante entre los valores mínimo y máximos de la frecuencia de operación, con la finalidad de evitar la saturación magnética del núcleo del motor y además porque el hecho de operar el motor a un voltaje constante por encima de una frecuencia dada (reduciendo la relación V/Hz) disminuye el par del motor y la capacidad del mismo para proporcionar potencia constante de salida.” (p. 6)

2.2.2.- Partes internas de un variador de frecuencia.

Las partes de (V.D.F.) variador de frecuencia consisten generalmente en:

- un puente rectificador trifásico de diodos conectados a un condensador formando una fuente de tensión continúa.
- un puente ondulador generalmente con IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) o (transistor bipolar de puerta aislada), alimentado por la tensión continua y que genera una onda de tensión alterna de amplitud por la técnica de « Modulación de Anchura de Impulsos » o PWM

- una unidad de mando que suministra las órdenes de conducción a los IGBT con arreglo a las consignas dadas por el operador (orden de marcha, sentido de marcha, consigna de velocidad) y de la medida de magnitudes eléctricas (tensión red, corriente motor).

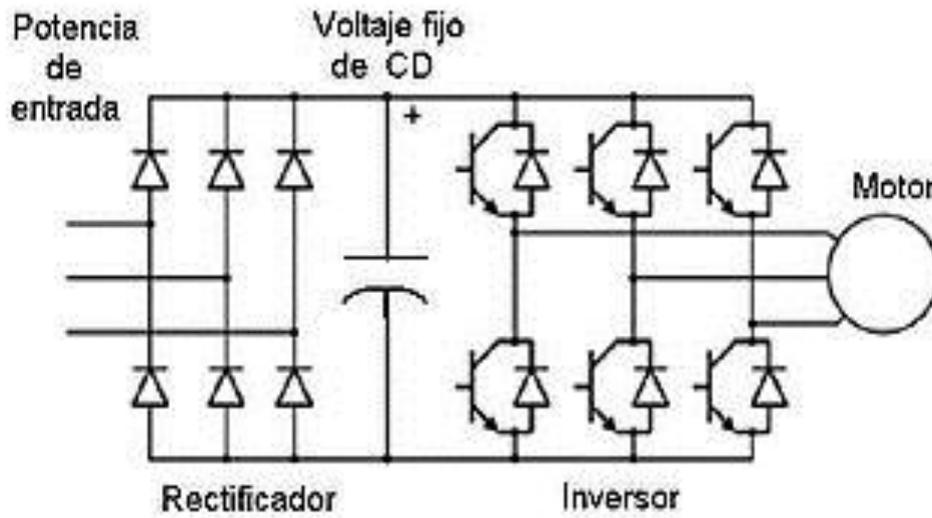
2.2.2.1.- Principio de funcionamiento de un variador de frecuencia.-

Según SCHONEK J., (2002), además:

“El controlador de variación de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de estado sólido. El diseño habitual primero convierte la energía de entrada AC (corriente alterna) en DC (corriente directa) usando un puente rectificador. La energía intermedia DC es convertida en una señal quasi-senoidal de AC usando un circuito inversor (ondulador). Para el control de frecuencia y voltaje actualmente se usan transistores bipolares de puerta aislada (IGBTs) cuyo método de control es la modulación por ancho de pulsos (MAP o PWM, siglas del inglés *Pulse-Width Modulation*) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una sinusoidal a una cuadrada), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga. (figura N. 9).” (p. 7-8)

Figura. N. 8

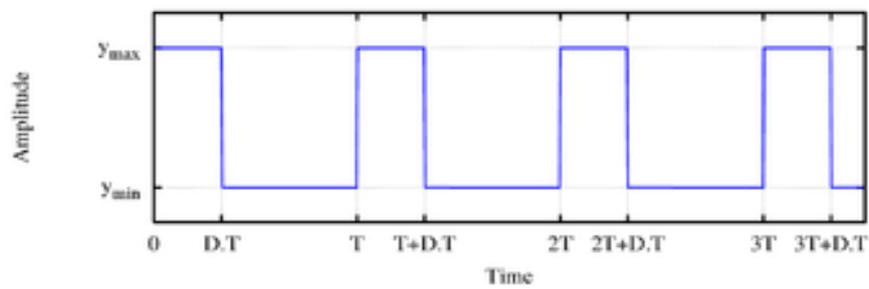
Esquema de un Variador.



Fuente: images.google.com

Figura N. 9

Señal PWM



Fuente: Harper G. (2003) (p. 13)

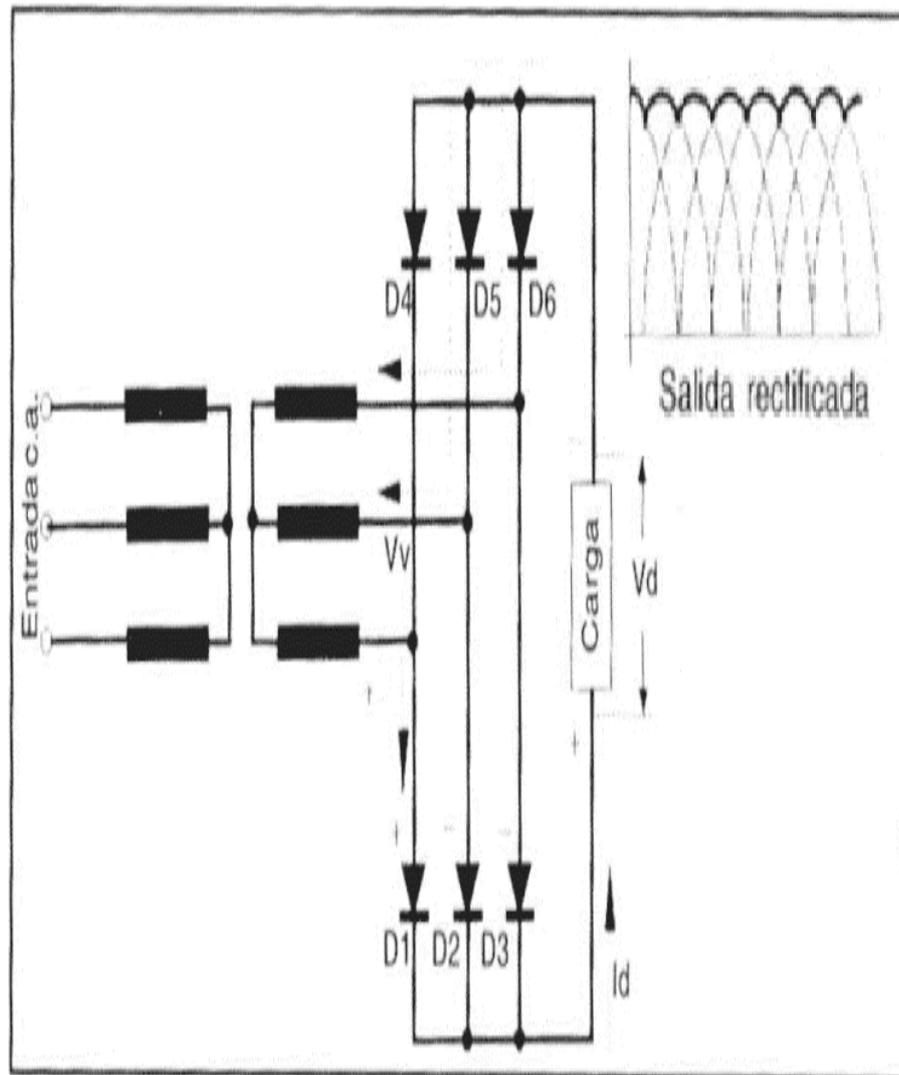
2.2.2.1.1.- Puente rectificador trifásico.-

Según Bettega E. (2000), los rectificadores eléctricos:

“Para corrientes trifásicas cuyo esquema se ve en la figura N.10 es el más utilizado actualmente, para circuitos de media y gran potencia, con este tipo de rectificador trifásico el aprovechamiento del transformador es excelente, el rizado muy pequeño y la intensidad rectificadora obtenida I_d es un 20% superior a la tensión alterna del secundario del transformador V_v . El funcionamiento es muy sencillo y está marcado por flechas. Cuando una fase de alterna alcanza sus valores máximos, en la semionda positiva, como en el caso de la fase inferior del dibujo, el ánodo de su diodo de salida es positivo con respecto a los ánodos de los otros diodos (diodo D1 en este caso), y la corriente fluye a través de D1, carga, D5 y D6, y de igual forma fluye la corriente cuando las otras fases alcanzan sus valores máximos positivos, por los caminos siguientes: D2, carga, D4, D6, y D3, carga, D4, D5. De esta forma todos los semiciclos de las tres fases, tanto positivos como negativos, circulan por la carga en la misma dirección, en forma de una corriente rectificadora, lo más parecida a una corriente continua pura. Por tal motivo este tipo de rectificador de diodos de silicio es el más empleado en rectificadores de media y gran potencia.” (p. 8)

Figura N. 10

Rectificador trifásico.

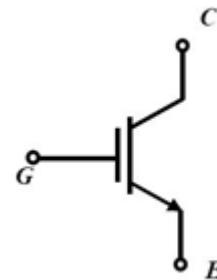


Fuente: www.nichese.com/rectificador (p.20)

2.2.2.1.2.- Puente ondulador por medio de transistor bipolar de puerta aislada (IGBT).

Figura N. 11

Transistor IGBT y su símbolo.



Fuente: www.climaportugal.pt/productos

El **transistor bipolar de puerta aislada (IGBT**, del inglés *Insulated Gate Bipolar Transistor*) es un dispositivo semiconductor que generalmente se aplica como interruptor controlado en circuitos de electrónica de potencia.

“Según Thomasset G. (2001), este dispositivo posee una resistencia de entrada extremadamente alta $100 \text{ M}\Omega$ (mega ohmios), con la capacidad de alta corriente y la tensión de control de puerta es de unos 15V (voltios). Esto ofrece la ventaja de controlar sistemas de potencia aplicando una señal eléctrica de entrada muy débil en la puerta, tiene dos capas semiconductoras P.N. El circuito de excitación del IGBT para

la compuerta “G” es controlada por tensión para conducir entre las terminales: Emisor y colector, mientras que las características de conducción son señales de 200 a 3000 voltios según el tipo de IGBT. Los transistores IGBT han permitido desarrollos hasta entonces no viables en particular en los Variadores de frecuencia así como en las aplicaciones en maquinas eléctricas y convertidores de potencia que nos acompañan cada día y por todas partes, sin que seamos particularmente conscientes de eso: ascensor, electrodoméstico, televisión, Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (UPS), etc. (p. 9)

2.2.3.- Protecciones integradas en los variadores de frecuencia.

Para Granero A. (2001), los variadores modernos:

“Aseguran la protección del motor contra las sobrecargas, cortocircuitos, riesgos vinculados a los defectos de aislamiento, descritas a continuación.

- por una limitación instantánea de la corriente eficaz a 1,5 veces la corriente nominal aproximadamente.
- por un cálculo permanente del I^2t , teniendo en cuenta la velocidad (la inmensa mayoría de los motores son autoventilados, y el enfriamiento es menos eficaz a velocidad baja).
- La seguridad de las personas (riesgo de shock eléctrico).
- La seguridad de los bienes (riesgo de incendio o de explosión debido a un calentamiento excesivo en un punto).

- La disponibilidad de la energía eléctrica (desconexión de una parte de una instalación para eliminar el defecto). Refiriéndose a la protección de las personas, las normas y los reglamentos distinguen dos tipos de contactos peligrosos (directo e indirecto).
- En caso de cortocircuito entre fases a la salida de variador (en bornes del motor o en un lugar cualquiera de la línea entre el variador y el motor), se detecta la sobre intensidad en el variador y se envía muy rápidamente una orden de bloqueo a los IGBT.
- La corriente de cortocircuito se interrumpe en algunos microsegundos, lo que asegurará la protección del variador. Esta corriente muy breve es suministrada esencialmente por el condensador de filtrado asociado con el rectificador, y es pues inapreciable en la línea de alimentación. (p.18)

2.2.4.-Características de un arranque por medio de un variador.

Tabla N. 2

Motor asíncrono	... en uso normal	...con variador de velocidad
Corriente de arranque	Muy elevada, del orden de 6 a 8 veces la corriente nominal en valor eficaz, 15 - 20 veces en valor cresta	Limitado en el motor (en general: cerca de 1,5 veces la corriente nominal)
Par de arranque Cd	Elevado y no controlado, del orden de 2 a 3 veces el par nominal Cn	Del orden de 1,5 veces el par nominal Cn y controlado durante toda la aceleración
Arranque	Brutal, cuya duración sólo depende de las características del motor y de la carga arrastrada (Par resistente, inercia)	Progresivo, sin brusquedades y controlado (rampa lineal de velocidad, por ejemplo)
Velocidad	Variando ligeramente según la carga (Próxima de la velocidad de sincronismo Ns)	Variación posible a partir de cero hasta un valor superior a la velocidad de sincronismo Ns

2.3.-Sistemas de protección, medición y señalización.

2.3.1.- Disyuntor eléctrico o breaker.

“Según Calvas R. (2001), el interruptor o disyuntor protege principalmente a equipos, cables y conductores que formen un circuito eléctrico contra sobrecarga, cortocircuito y por ende sobrecalentamiento de las piezas debido al sobre esfuerzo de trabajo. Bajo ciertas condiciones, los disyuntores actúan contra peligros de shock eléctrico causado por una excesiva tensión y falla de aislamiento de los conductores. Hay que tomar en cuenta que estos dispositivos además de encargarse de proteger equipos en general, su verdadera constitución permite aislar el peligro potencial frente al ser humano que manipula estos aparatos. Un disyuntor consiste por lo general en un interruptor que se mantiene cerrado mediante una traba, para abrir el circuito la traba debe levantarse, los mecanismos que permiten esto son el electroimán y la banda bimetálica. Cuando la corriente sobrepasa el valor crítico en la bobina electromecánica, su campo magnético jala la barra bimetálica (por dilatación) y suelta la traba.” (p. 6)

Figura N. 13

Disyuntor.



Fuente: ([Http://www.gamas.com](http://www.gamas.com))

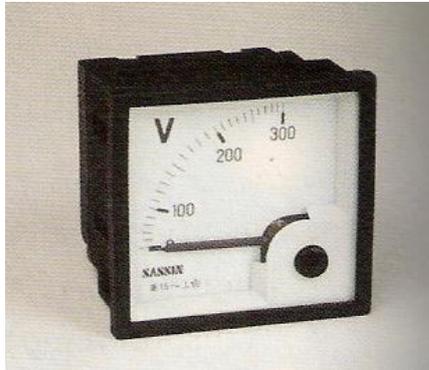
2.3.2.- Sistema de medición eléctrica.

2.3.2.1.- Voltímetro.- para Domínguez S. (2001), es aquel:

“Que nos permite medir el voltaje de un circuito cualquiera que esté alimentado a una fuente de poder. Para realizar la medición el dispositivo debe de conectarse en paralelo a las líneas de alimentación.” Figura N. 14

Figura N. 14

Voltímetro.



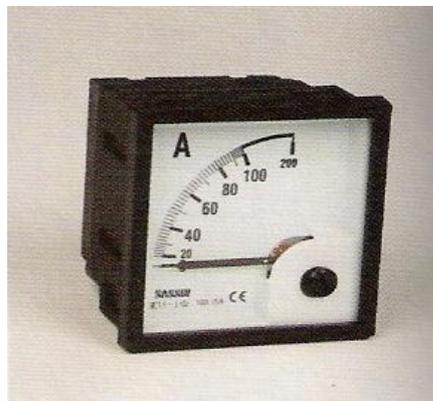
Fuente: Domínguez S. (2001) (p. 165)

2.3.2.2.- Amperímetro.- según la misma fuente:

“Cuando se trata de medir la corriente, debemos utilizar un instrumento llamado amperímetro. Para realizar la medición se debe romper el trayecto de la corriente e insertar el medidor entre los dos terminales creados (en serie al circuito). La importancia de la polarización del amperímetro debe ser directa para que la aguja fluya hacia un valor fuera de cero.” Figura N.15 (p. 166)

Figura N. 15

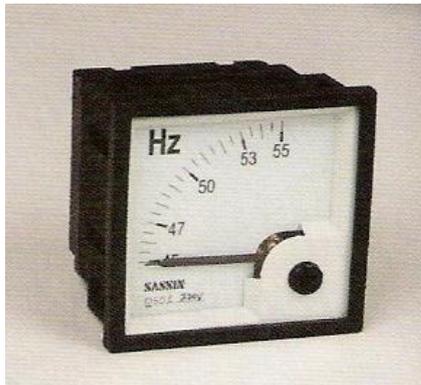
Amperímetro.



Fuente: Domínguez S. (2001) (p.167)

2.3.2.3.- Frecuencímetro.-

Figura N. 16
Frecuencímetro.



Fuente: www.geonet.co (p.168)

“Según Dominguez S. (2001), utiliza el principio de funcionamiento igual que un amperímetro o voltímetro, a diferencia que este instrumento eléctrico permite registrar los ciclos de frecuencia que tenemos a la salida del Variador (terminales U,V,W) figura N.16, su manera de conexión para determinar la medición, al igual que el voltímetro se la realiza en paralelo con respecto a las líneas en medición. Su unidad de medida es el hertz. Se debe tener en cuenta que en nuestro proyecto, el variador a utilizar permite tener el registro de la frecuencia mediante su panel, es decir, podemos visualizar en el Key Pad. A demás de esto tenemos una señal output análoga dentro del variador que nos facilita conectar un instrumento como de este tipo sin necesidad de tomar en cuenta las líneas a medir. (p.168)

2.3.3.- Sistema de señalización.

Para Dominguez S. (2001), los sistemas de señalización:

“Nos permiten determinar si un equipo eléctrico esta en operación, inactivo o si ha ocurrido algún tipo de falla. Dentro de los sistemas más utilizados tenemos las lámparas piloto. (figura N. 17) (p. 200)

Figura N. 17



Fuente: Dominguez S. (2001) (p.200)

2.3.- Glosario de términos.

Amperímetro.- aparato de medida que permite medir el amperaje de un circuito.

Arranque.- excitación del devanado primario de un motor para producir el campo magnético.

Bobinado eléctrico.- conjunto de bobinas que forman parte de un circuito eléctrico.

Bornera.- botón que sujeta el conductor para poner el aparato eléctrico al cual va conectado.

Campo eléctrico.- espacio sometido a la influencia de una corriente eléctrica.

Carcasa.- recubrimiento externo del motor.

Contactador.- dispositivo que abre o cierra un circuito eléctrico.

Conexión estrella.- unión de terminales de un motor que nos permiten aplicar un voltaje bajo.

Conexión triángulo.- unión de terminales que nos permiten aplicar un voltaje alto.

Corriente alterna.- es aquella en la cual los portadores de carga circulan alternativamente en uno y otro sentido.

Corriente continua.- Corriente eléctrica que fluye siempre en la misma dirección.

Deslizamiento.- velocidad real del motor y está identificada con la letra N.

Escobillas.- son conectores de grafito montados sobre un resorte que entran en contacto con los anillos del rotor.

Estator.- parte fija de un motor eléctrico.

Fase.- cada una de las corrientes alternas de una corriente polifásica.

Frecuencia.- número de ciclos que completa una onda durante un segundo.

IGBT.- transistor bipolar de puerta aislada.

Motor eléctrico.- es un dispositivo capaz de convertir energía eléctrica en energía mecánica.

PWM.- modulación por ancho de pulsos.

Polo.- cada una de las extremidades del circuito de una pila o de ciertas máquinas eléctricas.

Rotor.- parte giratoria de una máquina electromagnética.

R.P.M.- revoluciones por minuto de un motor.

Síncrono.- velocidad estable de un motor eléctrico.

Transformador.- aparato que sirve para cambiar la tensión y la intensidad de una corriente eléctrica.

Velocidad RPM.- velocidad de revoluciones por minuto de un motor.

V.D.F.- variador de frecuencia.

Resumen: Un motor eléctrico es aquel que nos permite transformar la energía eléctrica e mecánica, consta de tres partes importantes: estator, rotor y tapas. Un variador de frecuencia consta de dos etapas: una rectificadora y onduladora, permitiendo de esta manera la variación de parámetros como la frecuencia. Pulsadores, disyuntores y contactores son dispositivos de maniobra.

CAPITULO III

3.- METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1.- Tipo de investigación:

El tipo de investigación a realizarse en el proyecto son de tipo **documental** puesto que la consulta se basa en la utilización de diferentes tipos de fuentes como son: en bibliografías, documentos, revistas, Internet, etc. Y serán de gran ayuda para la elaboración del proyecto.

Además la investigación es de tipo **tecnológico** ya que a demás de los conocimientos técnicos que se investigan, tendremos la oportunidad de plasmarlos en la elaboración del proyecto; con la utilización de los diferentes dispositivos y mecanismos adecuados a nuestras necesidades para mejorar su rendimiento.

3.2.- Métodos y técnicas de investigación:

Los métodos de investigación a utilizarse para la realización de este proyecto son teóricos y empíricos.

- **Teóricos:**

Los teóricos que se utilizan son:

Inductivo - deductivo.- este método permite partir de conceptos generales ya conocidos, para inferir en él consecuencias particulares expresadas de una manera clara y concisa, mismo que se utilizara para la investigación conceptual y la elaboración del marco teórico.

Analítico - sintético.- nos ayuda a sintetizar la información adquirida de textos, revistas para una mejor conceptualización, este método se emplea para la elaboración del marco teórico donde es necesario que se consulten varios documentos para ser analizados y sacar la idea central de cada concepto referido al tema.

- **Empíricos:**

Dentro de lo empíricos se emplea el método del **diseño tecnológico** el cual permite la determinación de las características del tablero y sus elementos.

3.3.- Técnicas e instrumentos.-

Sera de gran utilidad para esta investigación, el empleo y elaboración de **fichas nemotécnicas** que permitan recolectar y ordenar la información obtenida de las **diferentes** fuentes de consulta, para facilitar la comprensión y utilización.

Además se cuenta con la **guía de prácticas** pertinente para la realización de los procedimientos elaborada en el informe final.

Resumen: la metodología que se emplea es de tipo documental ya que nos permite realizar consultas en documentos, guiados por una investigación tecnológica.

A demás utilizamos métodos para resumir amplios conceptos a redacciones más comprensibles basados en fichas nemotécnicas para afianzar nuestra consulta e investigación.

3.4.- Bibliografía.

- 1.-BETTEGA Eric, Fiorina Jean, (2000), "Armónicos: Rectificadores y Compensadores Activos", primera edición, ed. Schnneider Electric S.A., España.
- 2.-BLANC J.Y.(1996), "Control, Mando y Protección de los Motores", primera edición, ed. Schnneider Electric S.A., España.
- 3.-CALVAS Roland, (1998), "Peturbaciones en los Dispositivos Diferenciales", primera edición, ed. Schnneider Electric S.A., Barcelona España.
- 4.-CHAPMAN Stephen J., (2000), "Maquinas Eléctricas", tercera edición, ed. Nomos S.A., Colombia.
- 5.-DE LA BALLE Jacques (2000), "La Compatibilidad Electromagnética", primera edición, ed. Schnneider Electric S.A., Barcelona España.
- 6.-DE METZ Benoit, (2000), "Análisis de Redes Trifásicas", primera edición, ed. Schnneider Electric S.A., Barcelona España.
- 7.-DOMINGUEZ Serrano Víctor G., (2001), "Electricidad de Magnetismo", primera edición, ed. Pearson, México.
- 8.-FIORINA Jean Noel, (2000), "Protección de las Personas en Sistemas de Alimentación", primera edición, ed. Schnneider Electric S.A., Barcelona España.
- 9.-GAUCHERON Etienne, (2005), "Los Motores Eléctricos su Control y Operación", primera edición, ed. Schnneider Electric S.A., Barcelona España.
- 10.-GRANERO Andrés, (2001), "El Aislamiento del Equipo Eléctrico", primera edición, ed. Schnneider Electric S.A., Barcelona España.
- 11.-HARPER Gilberto, (2003), "Reparación de motores eléctricos", quinta edición, ed. Limusa, México.
- 12.-MC GRAW Hill, (1994), "Electrónica Básica", segunda edición, ed. México, México.

- 13.-SCHONEK Jacques, (2002), "Variadores de Velocidad", primera edición, ed. Schnneider Electric S.A., Barcelona España.
- 14.-THOMASSET Georges, (2001), "Conmutación Automática de Fuentes en las Redes", primera edición, ed. Schnneider Electric S.A., Barcelona España.
- 15.-ROSENBERG R, (2008) "Control de Motores Eléctricos" primera edición, ed. Telepha, México.
- 16.- S.A. (S.F.), "Contactor", [Http://siemnes.com/contactores](http://siemnes.com/contactores).
<http://usuarioslycos.esmugresap/motoresmonografias.htm>
17. - S.A. (S.F.), www.bamemotori.it/itserviz.htm.
- 18.- S.A. (S.F.), "Partes de un motor"
www.climaportugal.pt/productos/filtrajen/artro
- 19.- S.A. (S.F.), "Regulador de frecuencia" www.digitalreview.com.ar
- 20.- S.A. (S.F.), "Bobinado de los motores", www.geonet.com
- 21.- S.A. (S.F.), "Motores Trifásicos", www.motoresindustriales.com.
- 22.- S.A. (S.F.), "Par de Arranque motores eléctricos trifásicos",
wikipedia.org/wiki/Par_de_arranque.
- 23.- S.A. (S.F.), "Construcción del Estator", www.goe.net.com.
- 24.- S.A. (S.F.), "Disyuntor Eléctrico", [Http://www.gamas.com](http://www.gamas.com)
- 25.- S.A. (S.F.), "Rectificador" www.nichese.com/rectificador
- 26.- S.A. (S.F.) "Símbolo del IGBT" www.babemori.it/itserviz.htm

Resumen: Las actividades que se realizarán estarán basadas en un cronograma que nos permitirá de una forma ordenada realizar nuestro proyecto, mismo que será financiado mediante un préstamo a una entidad particular. Los materiales estarán determinados según la necesidad planteada en el proyecto.

CAPITULO IV

4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1.- Conclusiones.

Hemos logrado conocer un motor eléctrico tanto internamente con respecto a su constitución, como físicamente en su estructura y funcionalidad. Además asimilamos conceptos de funcionamiento, operación y control para un motor, dando como resultado un análisis técnico para la adquisición del equipo. El conocimiento de manejar u operar maquinas como motores y su aplicación en la industria nos permite indagar más en su control de velocidad mediante un variador de frecuencia, mismo que nos ayuda de una manera eficiente variar parámetros fundamentales en su alimentación, controlar su torque, equilibrar sus fases y mejorar su rendimiento frente a una carga. Mediante la investigación de conceptos, características de varios elementos que determinan nuestro tema nos ha enseñado como determinar una protección para un sistema, como realizar mediciones eléctricas y determinar un ensamblaje apropiado para estos. Una vez adquirido conocimientos técnicos básicos nos ha permitido establecer guías de práctica bien definidas y claras que resuelvas las interrogantes del estudiantado.

4.2.- Recomendaciones.

Se recomienda plantear una propuesta alternativa como son las guías de práctica, que nos ayudan a resolver varias interrogantes que tenemos como estudiantes y asimilar los conocimientos dados en esta tesina.

CAPITULO V

5.- Guía de prácticas.

5.1.- Guía de practica N. 1

Universidad Técnica del Norte.

Tecnología Eléctrica.

Tema: Control de velocidad de un motor trifásico de ½ Hp 220V por medio de un variador de frecuencia utilizando el “KEYPAD” (teclado).

1.- Objetivos:

1.1.-Realizar el diseño del circuito de control para la alimentación del variador.

1.2.-Uiltizar los elementos adecuados para la práctica.

1.3.-Demostrar el control de velocidad mediante la programación del variador en función del KEYPAD (teclado numérico).

2.- Equipos y materiales.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT
1	Tablero metálico con bases para montaje de equipos.	1
2	Disyuntor caja moldeada 3P 220v ABE 2-6amp.	1
3	Variador de frecuencia LG SV00B165 – 2 1HP 220v	1
4	Contactador GMC – 12 220 V auxiliares 1NC/1NO	1
5	Pulsador arranque PB – 2511SG luz piloto	1
6	Pulsador parada PB – 2511MR luz piloto	1
7	Motor de inducción 1/2 HP trifásico 220v/60Hz	1
8	Voltímetro 0 – 250 V	1
9	Amperímetro 100SA 0- 80 A	1
10	Frecuencímetro 45 – 65 Hz 220 V	1
11	Fusible de control 2 amperios.	1

3.- Conceptos básicos.

3.1.- Disyuntor.- es un dispositivo que protege principalmente a equipos, cables y conductores que formen un circuito eléctrico contra sobrecarga, cortocircuito y por ende sobrecalentamiento de las piezas debido al sobre esfuerzo de trabajo.

3.2.- Contactor.- pieza electromecánica que mediante la inducción permite la apertura o cierre de contactos principales y auxiliares.

3.3.- Variador de frecuencia.- 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.

3.4.- Motor eléctrico.- es un dispositivo que puede convertir energía eléctrica en energía mecánica. Todos los motores eléctricos convierten la energía de una u otra forma a través de la acción de campos magnéticos.

3.5.- Pulsador.- es un interruptor que permite activar o desactivar la alimentación hacia un circuito eléctrico.

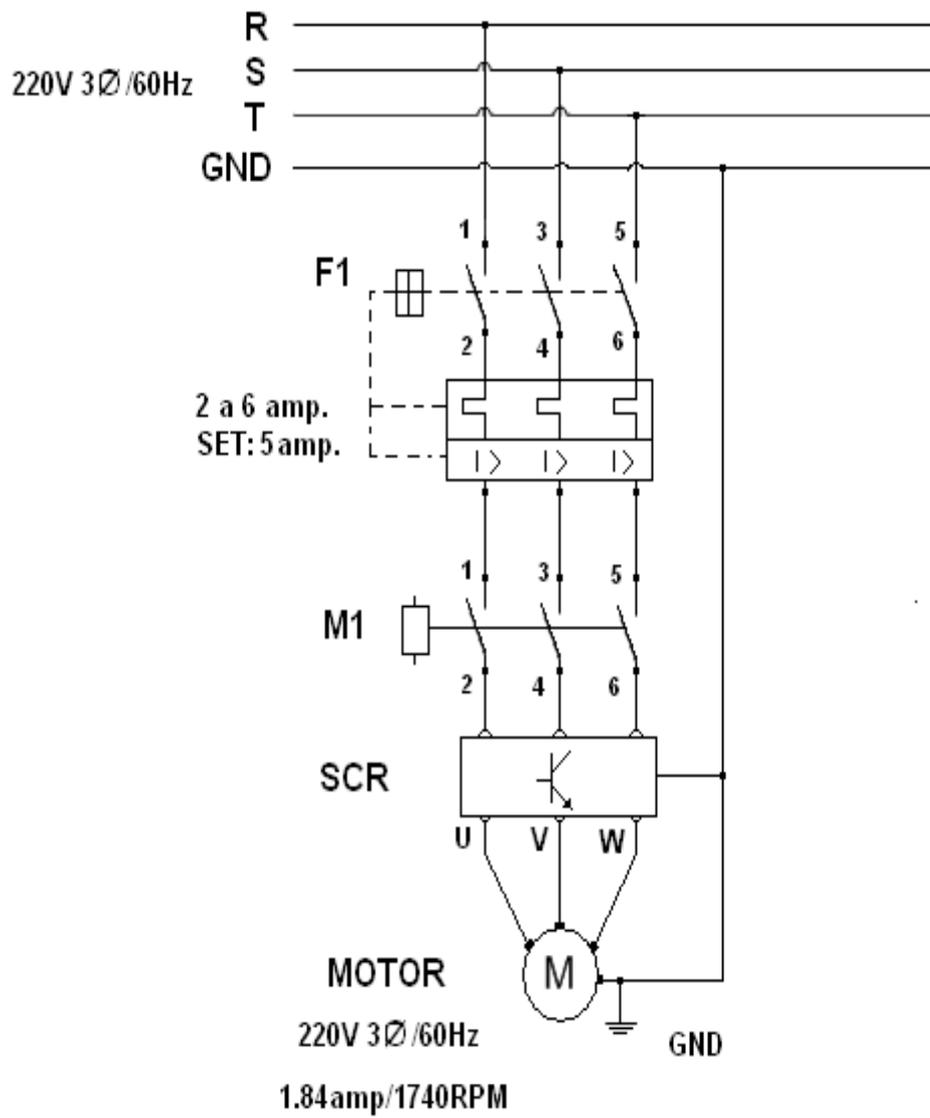
3.6.- Voltímetro.- instrumento de medición para voltaje. Se conecta en paralelo a las líneas de tensión.

3.7.- Amperímetro.- instrumento de medición para corriente. Se conecta en serie a las líneas de tensión.

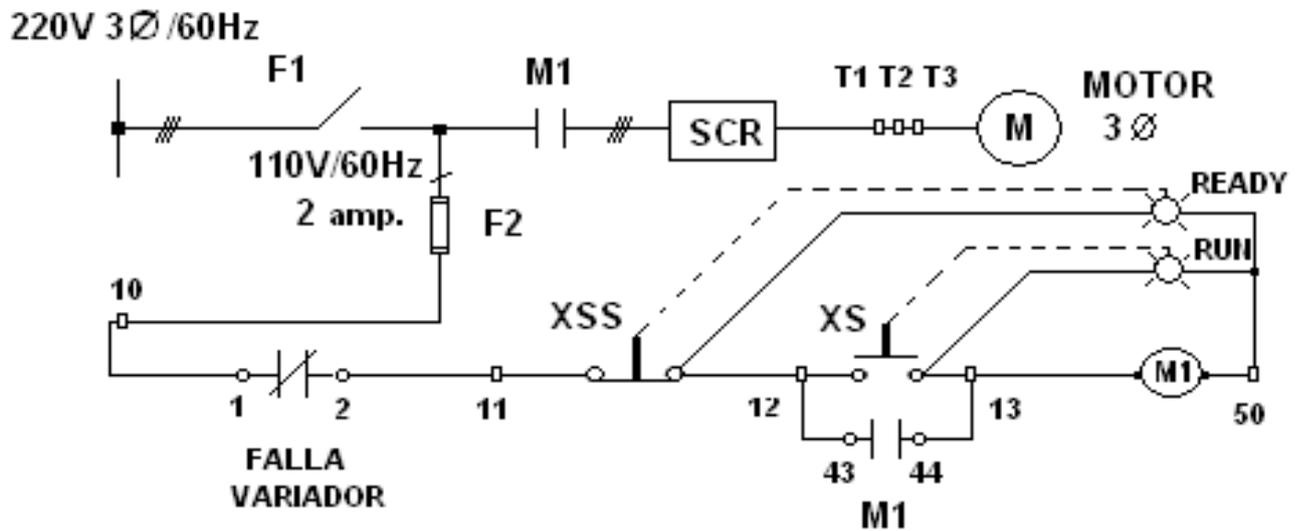
3.8.- Frecuencímetro.- instrumento de medición para frecuencia. Se conecta en paralelo a las líneas de tensión.

4.- Diagramas eléctricos.

4.1.- Circuito de fuerza.



4.2.- Circuito de control.



5.- Desarrollo del experimento.

5.1.- Programación del variador de frecuencia.

Programación básica.

La programación básica nos permite establecer parámetros descritos a continuación:

*Tiempo de aceleración (**ACC**) DRV-01

Presione ▲ + FUNC + ◆ (para subir/bajar) + FUNC (guardar)

SET: 10 seg.

*Tiempo de desaceleración (**DEC**) DRV-02

Presione ▲ + FUNC + ◆ + FUNC

SET: 20 seg.

*Modo de manejo (**Drv**) DRV-03

Set: **0** KEYPAD (control desde teclado del variador)

*Modo de frecuencia/método para establecer velocidad de manejo (**Drq**)

DRV-04

SET: **1** KEYPAD (control desde teclado del variador)

*Dirección del motor al arranque (**dvc**) DRV -13

SET: F (adelante) / R (atrás); de acuerdo a la necesidad de marcha.

PROGRAMACIÓN FU1.

Para seleccionar esta programación:

Presione **▲** + FUNC + **◆** (FU1) + FUNC

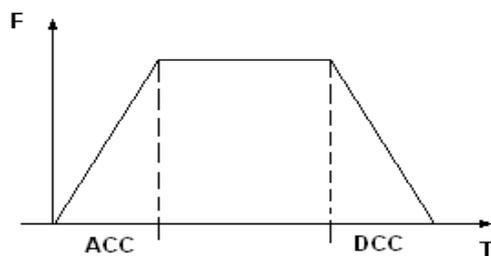
*Prevención de marcha (**F3**) FU1-03

SET: 1 (adelante) / 2 (atrás); según DRV -13

*Parámetros de aceleración (**F5**) FU1-05

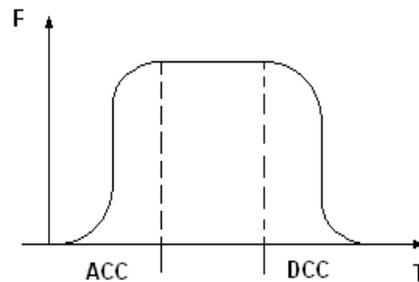
Dentro de estos tenemos:

0 (lineal) = para torque constante (Volt/frecuencia)

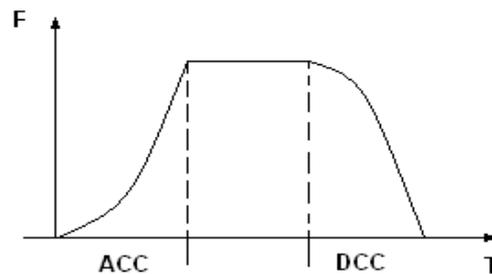


SET: **0** (lineal, por no tener ningún tipo de carga acoplada al eje)

1 (curva S) = permite ACC/DEC suavemente; tiempo de aceleración y desaceleración 40% + DRV-01/02



2 (curva U) = permite más eficiencia durante aceleración y desaceleración, típico para aplicación máquinas bombas, ventiladores.



*Modo de paro (**F7**) FU1 - 07

SET: 0 (desaceleración)

*Frecuencia máxima (**F20**) FU1-20 (no exceder rango velocidad del motor)

SET: F20 = 60 Hz

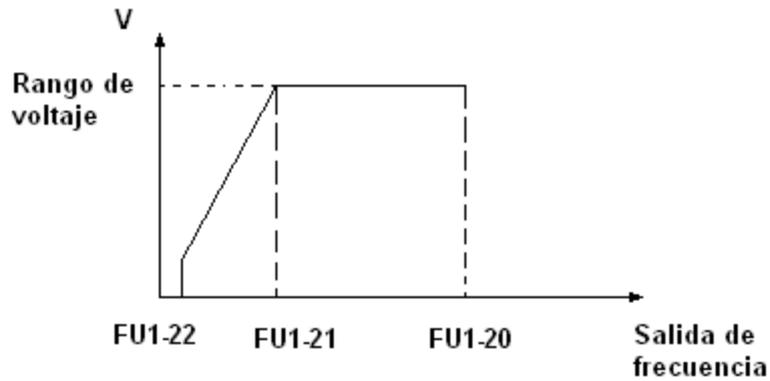
*Frecuencia base (**F21**) FU1-21 (frecuencia del motor)

SET: F21 = 60 Hz

*Frecuencia de arranque (**F22**) FU1-22 (frecuencia de arranque)

SET: F22 = 0.10 Hz

Diagrama de set frecuencia F-20 F-21 F-22.

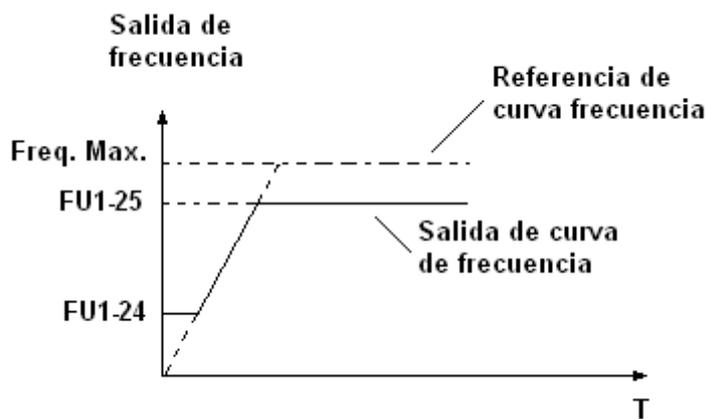


*Selección de frecuencia límite (**F23**) FU1-23

Si seleccionamos **SI** tener en cuenta;

Límite alto de frecuencia (**F24**): 60 Hz

Límite bajo de frecuencia (**F25**): 0.05 Hz



*Selección de torque (**F26**) FU1-26

SET: **1** automático de acuerdo a la carga.

*Parámetros Voltaje / Hertz (**F29**) FU1-29

0 (lineal) = torque constante

1 (curva U) = torque variable

2 (V/F) = aplicación especial

SET: **0** lineal

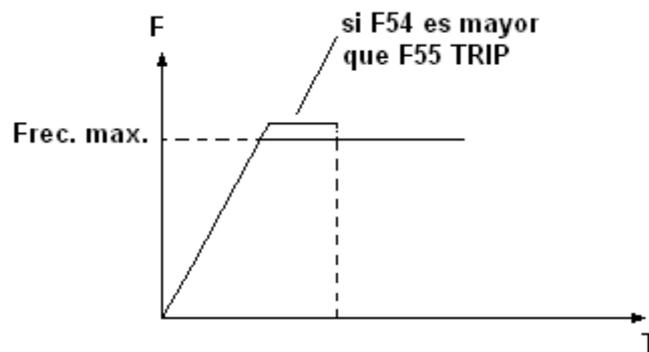
*Rango y tiempo de sobrecarga (**F54**) (**F55**)

F54 = rango de sobrecarga del motor SET: 120%

F54 = I nominal * 120% = 1.84 amp. * 120% = 2.2 amp.

F55 = Tiempo de sobrecarga. SET: 10 seg.

Si la sobrecarga persiste más de 10 segundos el variador TRIP

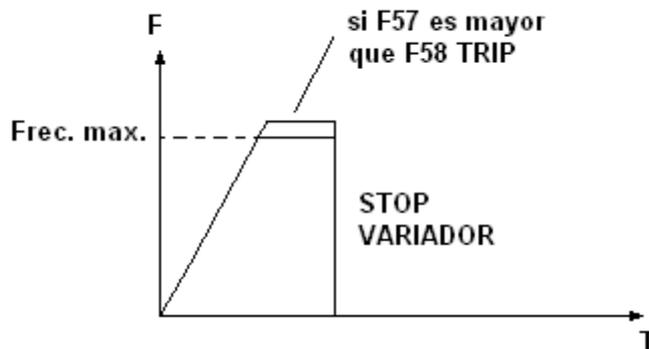


*Rango y tiempo de sobrecarga para Trip variador (**F56**) (**F57**) (**F58**)

Si seleccionamos (F56) 1 Si:

F57 = I nominal * 150% = 1.84 amp * 150% = 2.76 amp

F58 = tiempo de trip si perdura la sobrecarga: 30 seg. (stop variador)



*Para salir de la programación FU1 elija:

FU1-99 + rt + FUNC

PROGRAMACIÓN FU2

Presione ▲ + FUNC + ◆ (FU2) + FUNC

*Los parámetros FU2-01 a Fu2-06 **H1/ H2/ H3/ H4/ H5/ H6**, permiten visualizar las fallas.

Use FUNC + ◆ para verificar el tiempo de alarma antes de reset.

A continuación describimos las fallas.

TIPO DE FALLA	KEYPAD
Sobrecarga	OC
Sobre tensión	OV
Paro emergencia	BX
Voltaje bajo	LV
Falla tierra	GF
Trip sobrecarga	OLT
Falla inversor	HW
Pérdida de fase a la salida	OPO
Pérdida de fase a la entrada	COL
Sobrecarga al VDF	IOLT

H6 —► seleccione para borrar fallas y salir.

*Protección para pérdida de fase entrada/salida UDC (**H19**) FU2 -19

RANGO SET FU2 -19	DESCRIPCIÓN
00	no aplica
01	protección para salida
10	protección para entrada
11	protección para IN/OUT

SET: 11

*Selección rango del motor (**H30**) FU2-30

Según las características: motor 220 v 3Ø/ 60 Hz, 1710 RPM; 1.84 amp.

FU2-30 = ½ Hp * 0.736 Kw = 0.368 Kw

SET: 0.4 (0.37 Kw) ↗

0.8 (0.75 Kw)

1.5 (1.5 Kw)

2.2 (2.2 Kw)

*Número de polos del motor (**F31**) FU2-31 (determinado por el tabla N. 1 pag. 21)

SET: 4 (correspondiente a 1800rpm)

*Para salir FU2 - 99 (rt)

Pasos para realizar la practica N. 1

- 1.- Revisar la programación del variador de frecuencia antes de manipular cualquier equipo.
- 2.- Realice el montaje del circuito eléctrico tanto de fuerza como control demostrado en los diagramas anteriores.
- 3.- Active el seccionador principal del circuito de alimentación. Al momento de energizar compruebe el voltaje de entrada en el voltímetro (deberá ser 210 - 230V), si no es así verifique la alimentación hacia el seccionador.
- 4.- Verifique que tenga señal en la lámpara del pulsador **XSS** (stop), una vez que compruebe señal accione el pulsador **XS** (start) para energizar al variador.
- 5.- Una vez energizado el V.D.F. y encendida la pantalla pulse ▲ del keypad para desplazarse a la programación básica DRV, y continuar con el ingreso de parámetros anteriormente descritos.

Nota: el rango de DRV-04 *modo de frecuencia/método para establecer velocidad de manejo (**Drq**) debe colocarse en el rango 1 para controlar la velocidad desde keypad con las flechas del teclado.

6.- Para dar marcha al motor pulse **RUN** del KEYPAD, El motor enseguida dará marcha según el sentido programado (**FU1-03**) con el tiempo programado de DRV-01 y la velocidad dada por  (flechas para aumentar o disminuir velocidad); en este momento el amperímetro deberá marcar un valor comprendido entre 1 – 2 amperios.

7.- El frecuencímetro conectado a los terminales **FM – CM**, permitirá medir la frecuencia de salida del V.D.F.

8.- Para apagar el motor solamente debe pulsar el botón **STOP** del KEYPAD. Enseguida el motor desacelerará según el parámetro establecido por **DRV-02**.

6.- Conclusiones:

Al momento de realizar la primera práctica, hemos experimentado la manera de programar y controlar un motor eléctrico desde un variador de frecuencia dando como resultado una alta eficiencia al momento del arranque, aceleración y desaceleración. Además la programación del variador nos ayuda a adquirir confianza al manipular esta clase de equipos pero lo más importante es la experiencia que adquirimos muy destacada en el ámbito laboral.

7.- Recomendaciones.

7.1- Antes de realizar la práctica, debemos leer el manual o programación para evitar cualquier fallo durante el arranque.

7.2- Los diagramas de control deberán ser bien entendidos por la persona que va a realizar la práctica, cualquier mal entendido o conexión podrá dificultar el proyecto y hasta provocar daños a los equipos, por tal motivo se recomienda estar guiado por una persona capacitada para manipular estos equipos.

7.3.- No realizar ningún cambio en las terminales del motor, contrario de que su voltaje sea mayor al establecido en la práctica.

7.4.- Si se produce algún daño en el variador durante la práctica, se recomienda leer las especificaciones de fallas adjuntas en el anexo.

7.5- No se recomienda cambio de parámetros durante el funcionamiento del variador, se deberá parar y programar.

7.6.- No intente cambiar ningún punto de conexión en el circuito de control y mucho menos en los terminales del variador (FX,RX,BX.P1....etc.)

7.7.- El momento de realizar cualquier tipo de reparación se deberá proceder a bloquear el equipo para evitar cualquier energización inesperada.

7.8.- Se deberá realizar un mantenimiento periódico del sistema eléctrico (se recomienda eliminar agentes externos como polvo, humedad, agua que puedan afectar a los equipos).

8.- Cuestionario.

8.1.- ¿Que es un disyuntor y que parámetros lo determinan para su uso?

8.2.- ¿Que es un contactor y para que lo utilizamos?

8.3.- ¿Qué es un variador de frecuencia y en que nos beneficia al usarlo?

8.4.- ¿En función de que se determina la programación de un variador?

8.5.- ¿Qué factores distorsionan el funcionamiento de un variador?

8.6.- ¿Qué es un motor eléctrico?

8.7.- ¿Por qué se define como motor tipo jaula de ardilla?

5.2.- Guía de practica N. 2

Universidad Técnica del Norte. Tecnología Eléctrica.

Tema: Control de velocidad de un motor trifásico de 1/2hp por medio de un variador de frecuencia utilizando el sistema de operación V1-I-CM (potenciómetro).

1.- Objetivos:

- 1.1.- Diseñar y conectar el circuito de control para la alimentación del variador.
- 1.2.- Determinar los elementos necesarios para la realización de la práctica.
- 1.3.- Realizar el control de velocidad mediante la programación de los parámetros de V1-I-CM correspondientes al manejo potenciómetro.

2.- Equipos y materiales.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT
1	Tablero metálico con bases para montaje de equipos.	1
2	Disyuntor caja moldeada 3P 220v ABE 2-6amp.	1
3	Variador de frecuencia LG SV00B165 – 2 1HP 220v	1
4	Contactador GMC – 12 220 V auxiliares 1NC/1NO	1
5	Pulsador arranque PB – 2511SG luz piloto	1
6	Pulsador parada PB – 2511MR luz piloto	1
7	Motor de inducción ½ HP trifásico 220v/60Hz	1
8	Voltímetro 0 – 250 V	1
9	Amperímetro 100SA 0- 80 A	1
10	Frecuencímetro 45 – 65 Hz 220 V	1
11	Fusible de control 2 amperios.	1
12	Potenciómetro de 1KΩ ½W	1

3.- Conceptos básicos.

3.1.- Disyuntor.- es un dispositivo que protege principalmente a equipos, cables y conductores que formen un circuito eléctrico contra sobrecarga, cortocircuito y por ende sobrecalentamiento de las piezas debido al sobre esfuerzo de trabajo.

3.2.- Contactor.- pieza electromecánica que mediante la inducción permite la apertura o cierre de contactos principales y auxiliares.

3.3.- Variador de frecuencia.- 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.

3.4.- Motor eléctrico.- es un dispositivo que puede convertir energía eléctrica en energía mecánica. Todos los motores eléctricos convierten la energía de una u otro forma a través de la acción de campos magnéticos.

3.5.- Pulsador.- es un interruptor que permite activar o desactivar la alimentación hacia un circuito eléctrico.

3.6.- Voltímetro.- instrumento de medición para voltaje. Se conecta en paralelo a las líneas de tensión.

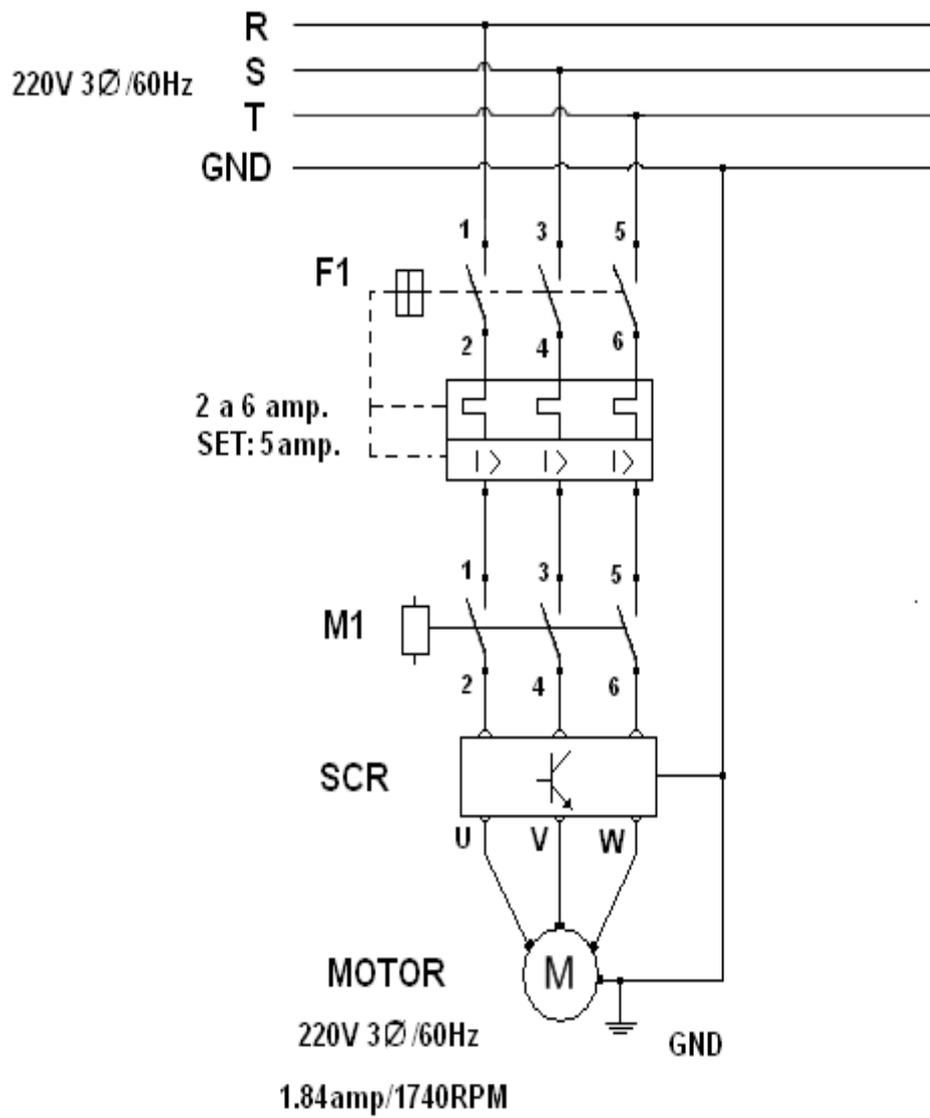
3.7.- Amperímetro.- instrumento de medición para corriente. Se conecta en serie a las líneas de tensión.

3.8.- Frecuencímetro.- instrumento de medición para frecuencia. Se conecta en paralelo a las líneas de tensión.

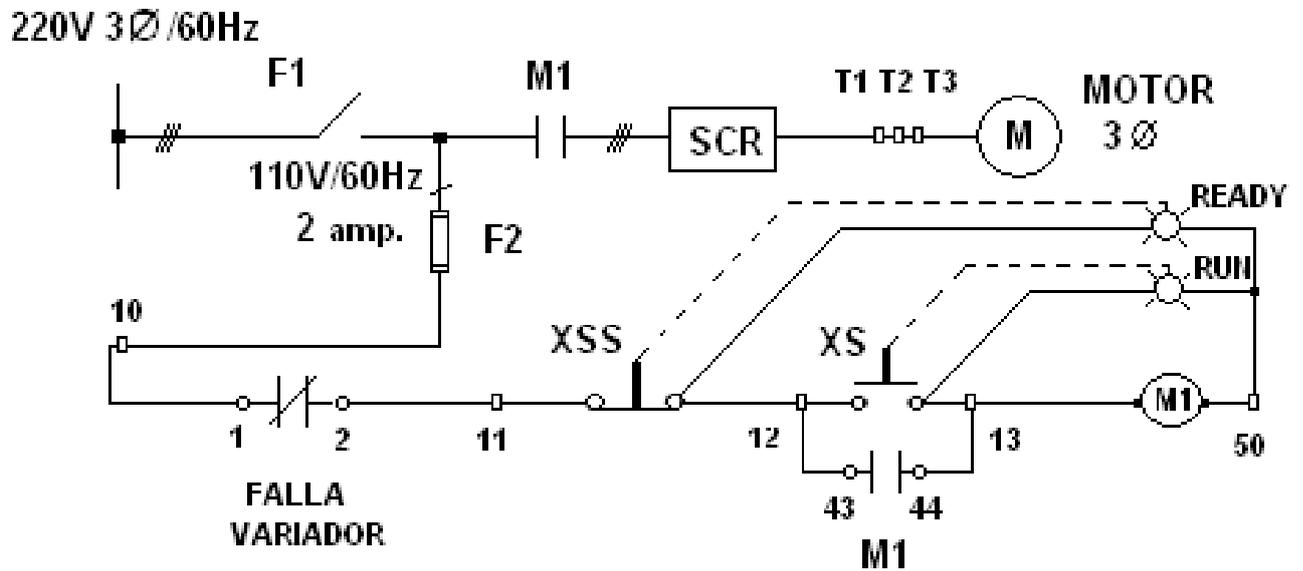
3.9.- Potenciómetro.- dispositivo electrónico que nos permite variar la resistencia de acuerdo a su manipulación.

4.- Diagramas eléctricos.

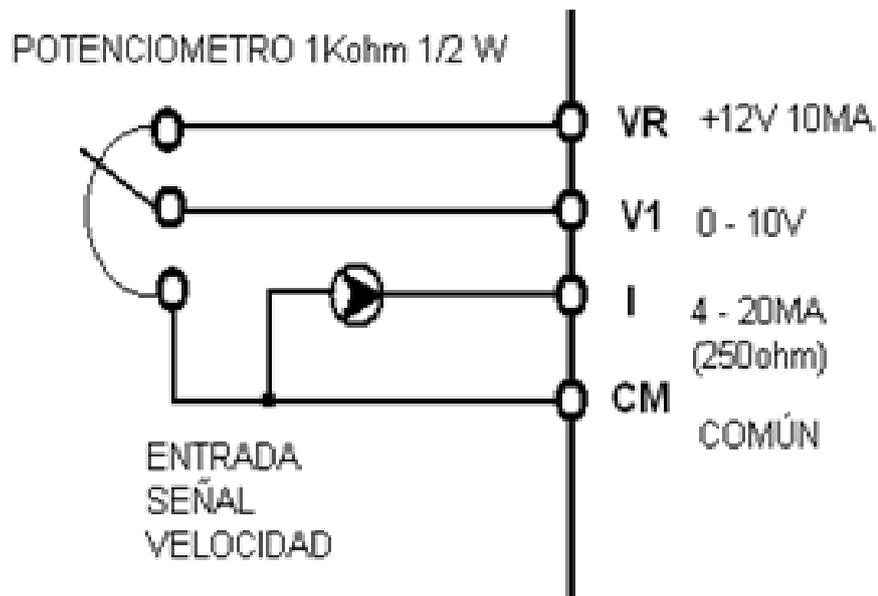
4.1.- Circuito de fuerza.



4.2.- Circuito de control.



Conexión de terminales en el variador.



5.- Desarrollo del experimento.

5.1.- Programación del variador de frecuencia según V1-I-CM.

Para establecer los parámetros de esta práctica se debe tomar en cuenta la programación I/O (entrada/salida analógica), misma que nos permite el control mediante un potenciómetro.

PROGRAMACIÓN I/O(entrada/salida)

Antes de iniciar la programación debemos cambiar el modo de frecuencia (**DRV04**) al rango **4** (referencia de frecuencia dado por V1-I). Luego procedemos con la siguiente programación:

*Señal de entrada para V1 (**I1**) I/O-01

SET: 100 (ms) constante

*Voltaje mínimo de entrada para V1 I/O-02 (**I2**)

I2 = mínimo voltaje SET: 0.00 (V)

*Entrada mínima de frecuencia para V1 I/O-03 (**I3**)

I3= mínima frecuencia SET: 0.00Hz

*Voltaje máximo de entrada para V1 I/O-04 (**I4**)

I4 = máximo voltaje SET: 10.00 (V). Valor descrito por diagrama variador.

*Entrada máxima de frecuencia para V1 I/O-05 (**I5**)

I5= máxima frecuencia SET: 60Hz

*Señal de entrada para I (**I6**) I/O-06

SET: 100 (ms) constante

*Corriente mínima de entrada para I I/O-07 (**I7**)

I7 = mínima corriente SET: 4.00 miliamperios.

*Entrada mínima de frecuencia para I I/O-08

I8 = mínima frecuencia SET: 0.00Hz

*Corriente máxima de entrada para I I/O-09 (**I9**)

I9 = máxima corriente SET: 20.00 miliamperios.

Entrada máxima de frecuencia para I I/O-10 (I10**)

I8 = mínima frecuencia SET: 60Hz

Pasos para realizar la practica N.2

1.- Verifique que los datos de la programación I/O estén de acuerdo a los parámetros establecidos anteriormente.

2.- De acuerdo a los planos eléctricos proceda a realizar las conexiones respectivas según diagrama de fuerza y control.

3.- Active el seccionador principal del circuito de alimentación. Al momento de energizar compruebe el voltaje de entrada en el voltímetro (deberá ser 210 - 230V), si no es así verifique la alimentación hacia el seccionador.

4.- Verifique que tenga señal en la lámpara del pulsador **XSS** (stop), una vez que compruebe accione el pulsador **XS** (start) para energizar el variador.

5.- A continuación se encenderá la pantalla del variador mostrando la velocidad actual. Para realizar la programación debemos pulsar **▲** del keypad, hasta encontrar la programación *modo de frecuencia/método para establecer velocidad de manejo (**Drq**) DRV-04 misma que colocaremos en el rango 4 (control desde V1-I-CM).

Nota: este ítem es demasiado importante, ya que establece el método de manejo del variador y permite realizar la practica N.2.

6.- Con la misma tecla (▲) busque la programación I/O (entrada/salida); una vez localizada debemos ingresar los valores que describimos anteriormente sin obviar ningún parámetro.

7.- Terminado de ingresar todos los datos demostraremos el control de velocidad variando el rango del potenciómetro de $1K\Omega$ $1/2W$ manualmente, comprobando así lo establecido en la segunda practica.

6.- Conclusiones:

Como hemos demostrado el control de velocidad no es necesariamente automático, es decir desde un teclado, si no que puede ser controlado manualmente desde un dispositivo externo en este caso nuestro potenciómetro. A demás como aplicación en la industria este tipo de manejo es aplicable para el comando de lugares donde el variador debe estar necesariamente aislado de agentes como ruido, vibración; etc.

7.- Recomendaciones.

7.1- Antes de realizar la práctica, debemos leer el manual o programación para evitar cualquier fallo durante el arranque.

7.2- Los diagramas de control deberán ser bien entendidos por la persona que va a realizar la práctica, cualquier mal entendido o conexión podrá dificultar el proyecto y hasta provocar daños a los equipos, por tal motivo se recomienda estar guiado por una persona capacitada para manipular estos equipos.

7.3.- No realizar ningún cambio en las terminales del motor, contrario de que su voltaje sea mayor al establecido en la práctica.

7.4.- Si se produce algún daño en el variador durante la práctica, se recomienda leer las especificaciones de fallas adjuntas en el anexo.

7.5.- No se recomienda cambio de parámetros durante el funcionamiento del variador, se deberá parar y programar.

7.6.- No intente cambiar ningún punto de conexión en el circuito de control y mucho menos en los terminales del variador (FX,RX,BX.P1....etc.)

7.7.- El momento de realizar cualquier tipo de reparación se deberá proceder a bloquear el equipo para evitar cualquier energización inesperada.

7.8.- Se deberá realizar un mantenimiento periódico del sistema eléctrico (se recomienda eliminar agentes externos como polvo, humedad, agua que puedan afectar a los equipos).

7.9.- El valor del potenciómetro no debe ser cambiado ni reemplazado por otro ajeno al establecido, puede provocar daños en el variador.

7.10.- Los parámetros de entrada determinado por VR-V1-I-CM no deben ser alterados, sino al momento de reemplazar por otro potenciómetro, si así fuera el caso se deberá cambiar los parámetros de programación en I/O (entrada/salida) guiados por un apersona capacitada o instruyéndose en el manual de operación adjunto en el anexo.

7.11.- No aplique voltaje superior a lo establecido en los terminales VR-V1-I-CM.

7.12.- La conexión a tierra es indispensable durante la realización de las prácticas, protegiéndonos así de descargas eléctricas.

7.13.- Si se produce un paro repentino del variador verifique alarma, si este persiste revise el manual de fallas adjunto en el anexo y nunca aislé el contacto de falla de variador con un puente.

8.- Cuestionario.

8.1.- ¿Qué entiende por controles externos?

8.2.- ¿Qué significa las siglas I/O?

8.3.- ¿Por qué no debemos aplicar voltaje a los terminales VR-V1-I-CM?

8.4.- ¿Cómo determinamos en la programación el manejo desde un potenciómetro?

8.5.- ¿Qué diferencia hay entre un manejo de velocidad desde keypad y un potenciómetro?

8.6.- ¿Cuál ítem de la programación es el más importante y por qué?

8.7.- ¿Qué agentes externos pueden afectar el funcionamiento del variador y sus elementos y que debemos hacer para contrarrestar este problema?

5.3.- Guía de practica N. 3

Universidad Técnica del Norte.
Tecnología Eléctrica.

Tema: Control de velocidad de un motor trifásico de ½ hp por medio de un variador de frecuencia utilizando el sistema de operación multifunción mediante pulsadores (FX-RX-P1-P2-P3).

1.- Objetivos:

- 1.1.- Realizar las conexiones respectivas para energizar el variador de frecuencia con los respectivos planos.
- 1.2.- Utilizar los elementos eléctricos necesarios para la realización de la práctica.
- 1.3.- Controlar la velocidad mediante la programación de los parámetros de FX-RX-P1-P2-P3.

2.- Equipos y materiales.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT
1	Tablero metálico con bases para montaje de equipos.	1
2	Disyuntor caja moldeada 3P 220v ABE 2-6amp.	1
3	Variador de frecuencia LG SV00B165 – 2 1HP 220v	1
4	Contactador GMC – 12 220 V auxiliares 1NC/1NO	1
5	Pulsador arranque PB – 2511SG luz piloto	1
6	Pulsador parada PB – 2511MR luz piloto	1
7	Motor de inducción ½ HP trifásico 220v/60Hz	1
8	Voltímetro 0 – 250 V	1
9	Amperímetro 100SA 0- 80 A	1
10	Frecuencímetro 45 – 65 Hz 220 V	1
11	Fusible de control 2 amperios.	1
12	Pulsador parada emergencia tipo hongo 1NC	1
13	Pulsador con retención 110v 1NA	5
14	Pulsador sin retención 1NA	1

3.- Conceptos básicos.

3.1.- Disyuntor.- es un dispositivo que protege principalmente a equipos, cables y conductores que formen un circuito eléctrico contra sobrecarga, cortocircuito y por ende sobrecalentamiento de las piezas debido al sobre esfuerzo de trabajo.

3.2.- Contactor.- pieza electromecánica que mediante la inducción permite la apertura o cierre de contactos principales y auxiliares.

3.3.- Variador de frecuencia.- 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.

3.4.- Motor eléctrico.- es un dispositivo que puede convertir energía eléctrica en energía mecánica. Todos los motores eléctricos convierten la energía de una u otro forma a través de la acción de campos magnéticos.

3.5.- Pulsador.- es un interruptor que permite activar o desactivar la alimentación hacia un circuito eléctrico.

3.6.- Voltímetro.- instrumento de medición para voltaje. Se conecta en paralelo a las líneas de tensión.

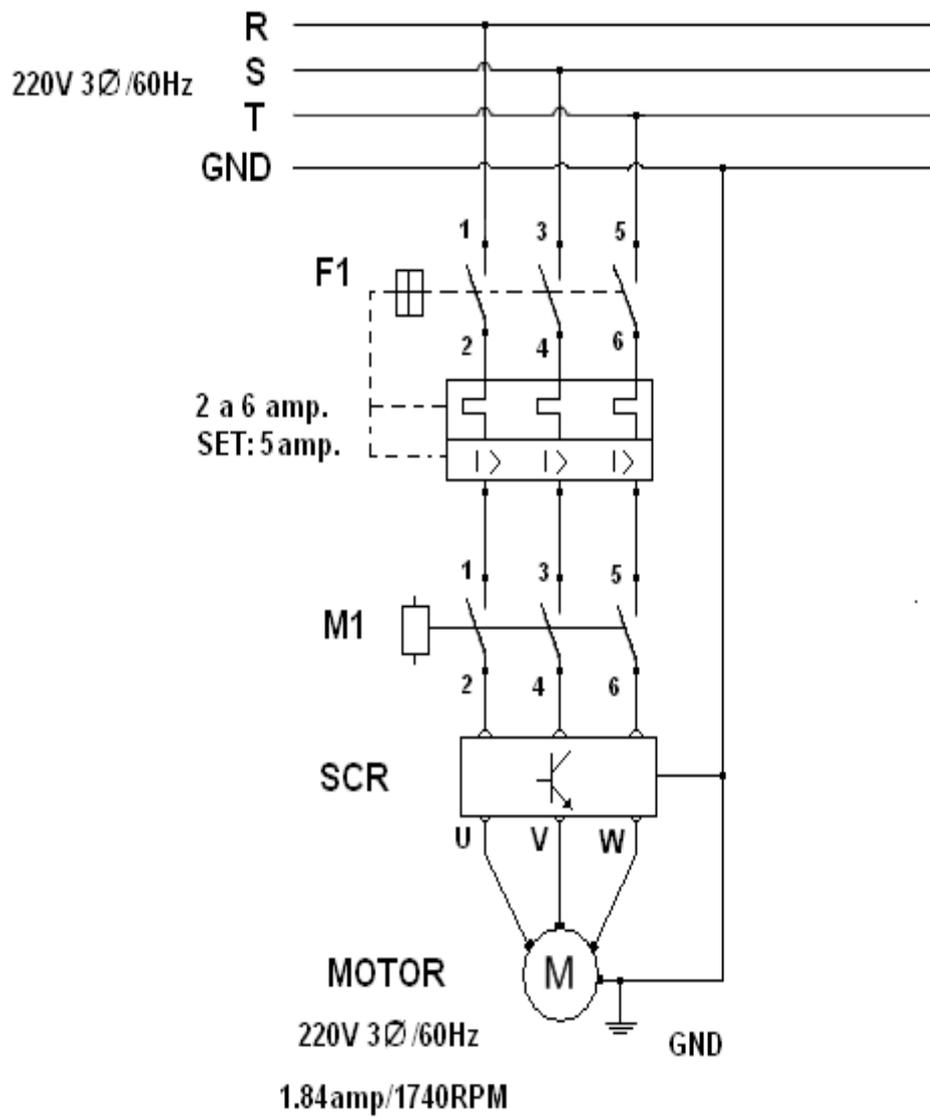
3.7.- Amperímetro.- instrumento de medición para corriente. Se conecta en serie a las líneas de tensión.

3.8.- Frecuencímetro.- instrumento de medición para frecuencia. Se conecta en paralelo a las líneas de tensión.

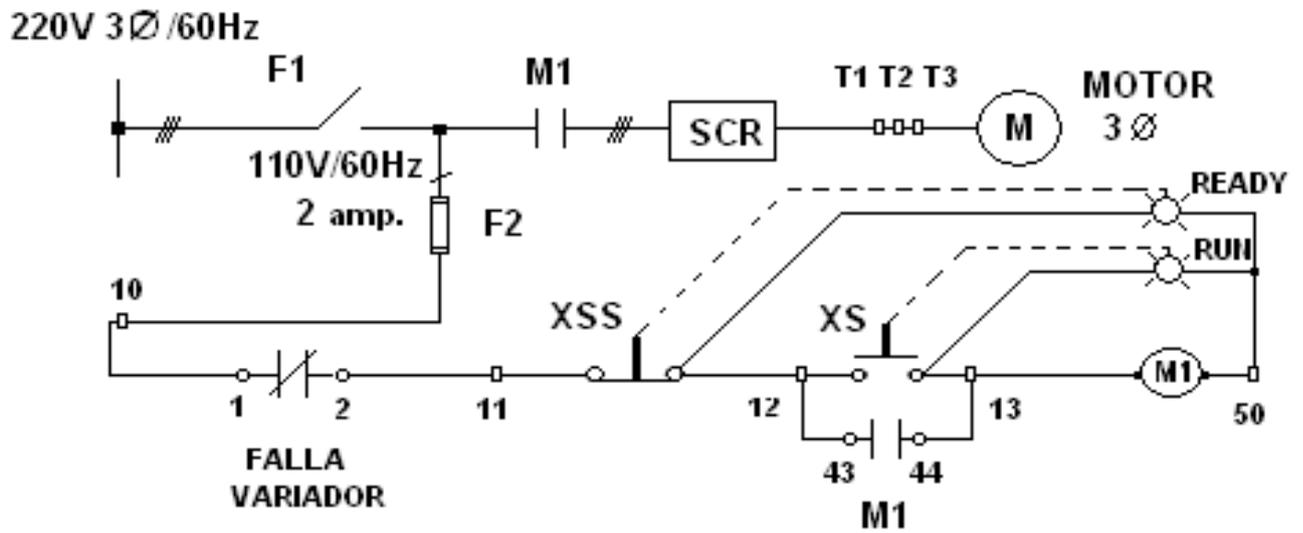
3.9.- Pulsador.- dispositivo eléctrico que nos permite la apertura o cierre de contactos de acuerdo a su manipulación.

4.- Diagramas eléctricos.

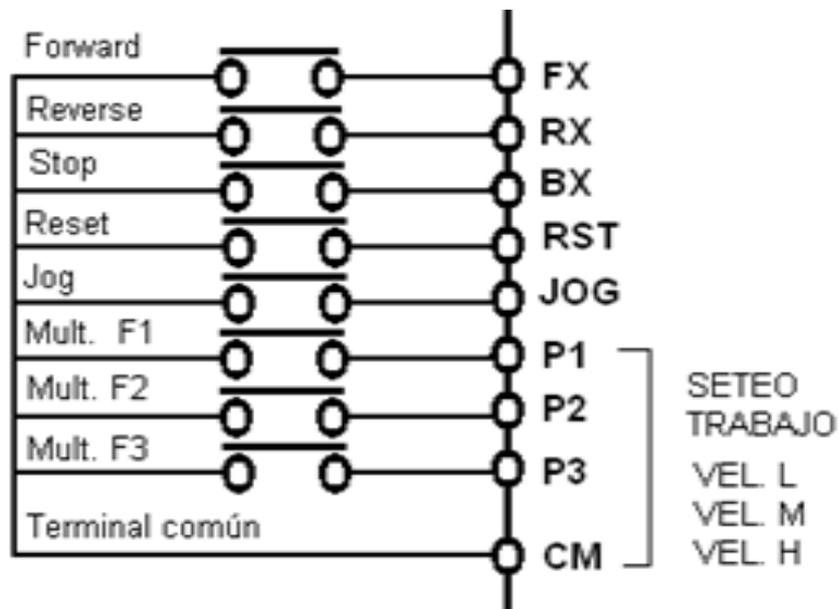
4.1.- Circuito de fuerza.



4.2.- Circuito de control.



Conexión de terminales en variador.



5.- Desarrollo del experimento

Para la programación de los parámetros descritos en la práctica N.3 se debe tener en cuenta que el parámetro DRV-03 (método de control de frecuencia) debe estar en el **rango 1**. A continuación se debe continuar con la siguiente programación de I/O.

*Terminal entrada para multifunción P1/ P2/ P3 **(I12) (I13) (I14)**

A continuación se determinará los valores para P1 (velocidad baja), debemos tomar en cuenta que para P2 (velocidad media), P3 (velocidad alta) se realiza la misma programación excepto la velocidad para cada uno.

I/O-12 (I12) para P1 (velocidad baja)

Para setear la frecuencia de P1 (speed L), el variador puede operar con el valor dado por el set de frecuencia 1 (DVR-05) de la programación básica ya establecida al inicio.

SET	CÓDIGO DE PARÁMETRO I/O	CÓDIGO DE PARÁMETRO DRV	VALOR EN FRECUENCIA
0	P1 I/O-12	DRV-05	10.00Hz
1	P2 I/O-13	DRV-06	20.00Hz
2	P3 I/O-14	DRV-07	30.00 Hz

Los valores de frecuencia para P1 P2 P3 pueden ser distintos al valor dado siempre que los valores no sobrepasen los ingresados de FU1-20 máxima frecuencia, FU1-22 frecuencia de arranque, FU1-23 selección de frecuencia límite.

Los siguientes parámetros corresponden a programación general.

*Selección para salida de instrumento de medición (**I40**) I/O-40. Permite seleccionar parámetros de salida para mediciones de voltaje, corriente y frecuencia del variador identificados por los terminales FM-CM.

I/O-40 (I40)

SET: **0 (frecuencia)**

1 (corriente)

2 (voltaje)

Suponiendo que la frecuencia de salida es de 40Hz es expresada por:

$$Fs = (\text{frecuencia salida/máxima frecuencia}) * 10V * (\text{I/O-41}/100) \%$$

$$Fs = (40/60) \text{ Hz} * 10V * (90/100) \%$$

$$Fs = 0.66\text{Hz} * 10V * 0.9\% = 5.94\text{Hz}$$

*Definición de salida de Multifunción (MO-MG) I/O-44 (**I44**)

SET: 12 (RUN) cierre durante la marcha del V.D.F.

*Salida para relé en caso de falla (30A – 30B – 30 C) I/O-45 (**I45**)

30A - 30C (contacto normalmente abierto para falla)

30B – 30C (contacto normalmente cerrado para falla)

BIT	SET	DISPLAY	DESCRIPCION
LV	0	000	No aplica para ninguna falla.
	1	001	Opera cuando ocurre bajo voltaje.
TRIP	0	000	No aplica para ninguna falla.
	1	010	Opera cuando ocurre falla excepto BX,LV.

SET: **010** (Opera cuando ocurre falla excepto BX,LV.)

Nota: los contactos 30A – 30C (contacto normalmente cerrado es utilizado en el circuito de control como punto 1 - 2).

*Para salir de esta programación I/O-99 (rt) I-99.

Pasos para realizar la practica N.2

1.- Comprobar que los datos de la programación I/O para P1-P2-P3 estén de acuerdo a los parámetros establecidos por el usuario.

2.- De acuerdo a los planos eléctricos proceda a realizar las conexiones respectivas según diagrama de fuerza y control.

3.- Active el seccionador principal del circuito de alimentación. Al momento de energizar compruebe el voltaje de entrada en el voltímetro (deberá ser 210 - 230V), si no es así verifique la alimentación hacia el seccionador.

4.- Verifique que tenga señal en la lámpara del pulsador **XSS** (stop), una vez que compruebe accione el pulsador **XS** (start) para energizar el variador.

5.- A continuación se encenderá la pantalla del variador mostrando la velocidad actual. Para realizar la programación debemos pulsar ▲ del keypad, hasta encontrar la programación *modo de frecuencia/método para establecer velocidad de manejo (**Drq**) DRV-03 misma que colocaremos en el rango 1 (control desde FX-RX-P1-P2-P3).

Nota: este ítem es demasiado importante, ya que establece el método de manejo del variador y permite realizar la practica N.3.

6.- Con la misma tecla (▲) busque la programación I/O (entrada/salida); una vez localizada debemos ingresar los valores que describimos anteriormente sin obviar ningún parámetro.

7.- Realice la conexión respectiva del variador hacia los terminales de FX-RX-JOG-BX-RST-P1-P2-P3-CM según diagrama adjunto.

8.- Para seleccionar la velocidad de arranque y el sentido de marcha del motor, se debe conocer lo siguiente.

Nota: los pulsadores descritos como FX (marcha hacia adelante) y RX (marcha hacia atrás) determinan el sentido de giro del motor. Los pulsadores descritos como P1 P2 P3 determinan el rango de velocidad.

9.- Active el pulsador para velocidad baja (P1) seteado en 10.00Hz.

10.- Seleccione el sentido de giro, en este caso elegiremos FX (hacia adelante) activando el pulsador.

11.- El pulsador descrito como JOG (marcha) determina el funcionamiento y el tiempo de marcha según lo mantengamos presionado. Al desactivar este pulsador automáticamente se para el variador.

Nota: para determinar el cambio de velocidad solo debemos intercalar los pulsadores P2-P3, y elegir el sentido de giro del motor dado por FX o RX.

6.- Conclusiones:

Otra manera de controlar un motor mediante sistemas manuales nos ha demostrado que el variador LG que presentamos para el desarrollo de las prácticas tiene un sin número de controles permitiendo desarrollarnos intelectualmente. La tercera práctica demostrada nos permite el control mediante pulsadores los cuales debidamente programados podemos realizar operaciones sencillas de automatización que en el futuro aplicaremos en la industria y en lo laboral.

7.- Recomendaciones.

7.1- Antes de realizar la práctica, debemos leer el manual o programación para evitar cualquier fallo durante el arranque.

7.2- Los diagramas de control deberán ser bien entendidos por la persona que va a realizar la práctica, cualquier mal entendido o conexión podrá dificultar el proyecto y hasta provocar daños a los equipos, por tal motivo se recomienda estar guiado por una persona capacitada para manipular estos equipos.

7.3.- No realizar ningún cambio en las terminales del motor, contrario de que su voltaje sea mayor al establecido en la práctica.

7.4.- Si se produce algún daño en el variador durante la práctica, se recomienda leer las especificaciones de fallas adjuntas en el anexo.

7.5- No se recomienda cambio de parámetros durante el funcionamiento del variador, se deberá parar y programar.

7.6.- No intente cambiar ningún punto de conexión en el circuito de control y mucho menos en los terminales del variador (FX,RX,BX.P1....etc.)

7.7.- El momento de realizar cualquier tipo de reparación se deberá proceder a bloquear el equipo para evitar cualquier energización inesperada.

7.8.- Se deberá realizar un mantenimiento periódico del sistema eléctrico (se recomienda eliminar agentes externos como polvo, humedad, agua que puedan afectar a los equipos).

7.9.- El valor del potenciómetro no debe ser cambiado ni reemplazado por otro ajeno al establecido, puede provocar daños en el variador.

7.10.- Se recomienda leer las especificaciones en el anexo de los terminales FX-RX-P1-P2-P3-JOG-BX-RST-CM.

7.11.- No aplique voltaje a los terminales FX-RX-P1-P2-P3.

7.12.- La conexión a tierra es indispensable durante la realización de las prácticas, protegiéndonos así de descargas eléctricas.

7.13.- Si se produce un paro repentino del variador verifique alarma, si este persiste revise el manual de fallas adjunto en el anexo y nunca aislé el contacto de falla de variador con un puente.

8.- Cuestionario.

8.1.- ¿Qué significa BX y para que se utiliza en el variador?

8.2.- ¿Qué significa las siglas FX?

8.3.- ¿Para qué nos sirve un control de este tipo?

8.4.- ¿Cómo determinamos en la programación el manejo desde pulsadores?

8.5.- ¿Qué diferencia hay entre un manejo de velocidad desde keypad y pulsadores?

8.6.- ¿Qué pulsador debemos activar cuando ha ocurrido una falla?

8.7.- ¿Qué agentes externos pueden afectar el funcionamiento del variador y sus elementos y que debemos hacer para contrarrestar este problema?

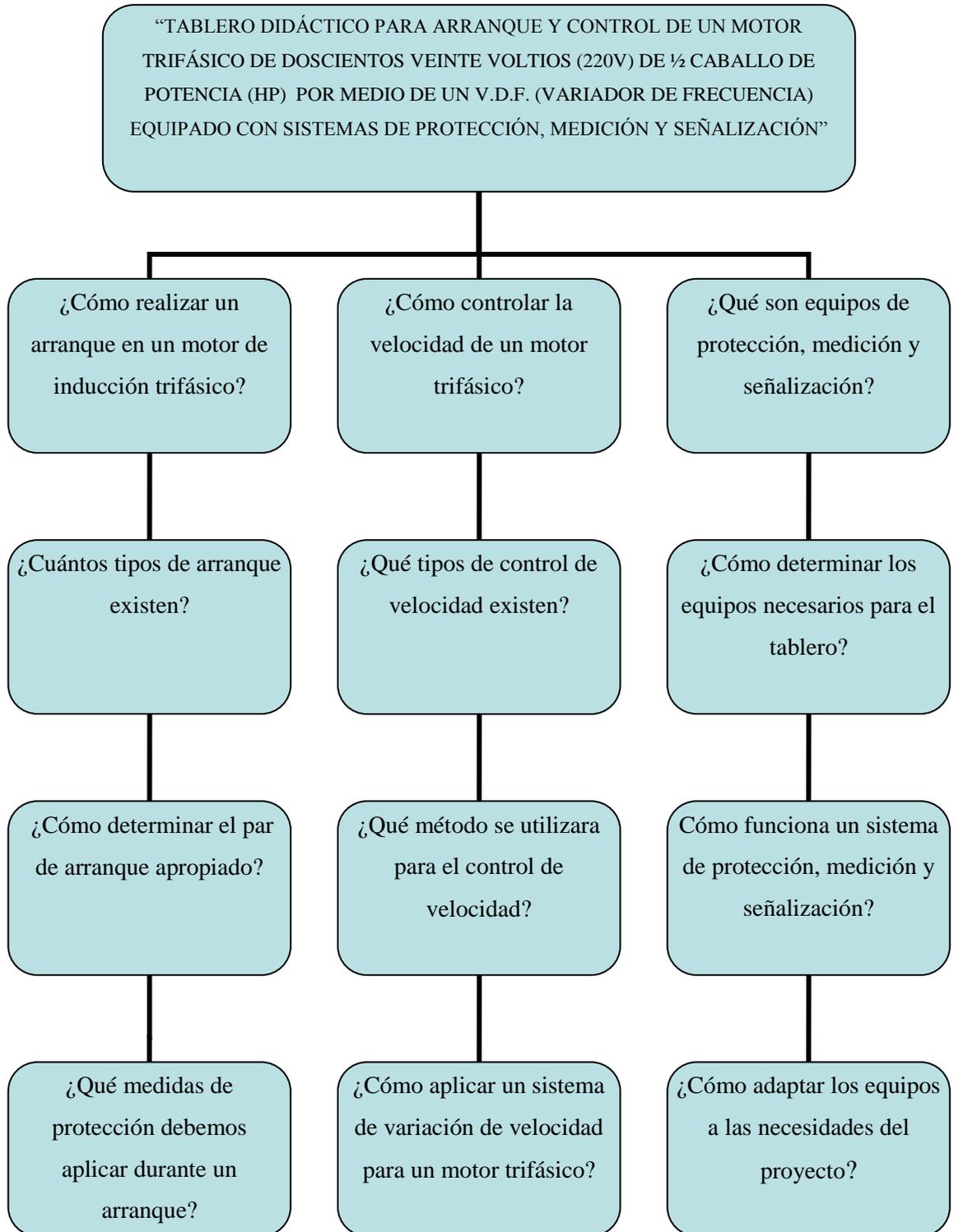
8.8.- ¿Es correcto resetear una falla sin antes ver la causa del disparo del variador?

8.9.- ¿La velocidad de P1-P2-P3 deben exceder los valores máximos de FU1-20 y por qué?

ANEXOS

Anexo N.1

Formulación del diagnóstico.



Anexo N.2

Matriz de coherencia.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL
¿Cómo implementar un tablero didáctico para arranque y control de un motor trifásico de doscientos veinte voltios (220V) de ½ caballo de potencia (hp) por medio de un “V.D.F.” (variador de frecuencia) equipado con sistemas de protección, medición y señalización?	Implementar un tablero didáctico para arranque y control de un motor trifásico de doscientos veinte voltios (220V) de ½ caballo de potencia (hp) por medio de un “V.D.F.” (variador de frecuencia) equipado con sistemas de protección, medición y señalización.
INTERROGANTES	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
<p>1.- ¿Cómo investigar la constitución, principio de funcionamiento y utilización de un motor eléctrico para el proyecto?</p> <p>2.- ¿Cómo analizar el funcionamiento, características, parámetros y utilidad de un Variador de Frecuencia para el arranque y control del motor eléctrico a utilizarse?</p> <p>3.- ¿Cómo conocer los elementos y equipos de operación, protección, medición y señalización que intervendrán en el tablero?</p> <p>4.- ¿Cómo realizar la guía de prácticas de laboratorio con los elementos del tablero?</p>	<p>1.- Investigar la constitución, principio de funcionamiento y utilización de un motor eléctrico para el proyecto.</p> <p>2.- Analizar el funcionamiento, características, parámetros y utilidad de un variador de frecuencia para el arranque y control del motor eléctrico a utilizarse.</p> <p>3.- Conocer los elementos y equipos de operación, protección, medición y señalización que intervendrán en el tablero</p> <p>4.- Realizar la guía de prácticas de laboratorio con los elementos del tablero.</p>

Anexo N. 3

Fichas nemotécnicas.

Cap. I	Autor: De Metz Benoit Obra: Análisis de Redes Trifásicas Materia: Redes Eléctricas	Título: Rectificadores trifásicos Tema: Rectificador de diodos de silicio Subtema: -----	Nº 001
Pág. 8	<p>En los rectificadores trifásicos el aprovechamiento del transformador es excelente, el rizado muy pequeño y la intensidad rectificadora superior a la tensión alterna del secundario del transformador, todos los semiciclos tanto positivos como negativos circulan por la carga en la misma dirección, en forma de una corriente rectificadora por lo que el rectificador de diodos de silicio es el más utilizado.</p>		Biblioteca Particular Dennis Lema Ibarra 19- 03- 09

Cap. I	Autor: Bettega Eric Obra: Armónicos: rectificadores y compensadores activos Materia: Electrónica	Título: Rectificadores Eléctricos Tema: Puente rectificador trifásico Subtema: -----	Nº 002
Pág. 16	<p>Los rectificadores eléctricos son circuitos que convierten la corriente alterna en corriente continua. Son muy comunes aquellos que se construyen con diodos o con tiristores.</p> <p>La onda completa de corriente alterna es la señal que se recoge de la red y tiene tres semiciclos, dos positivos y uno negativo.</p>		Biblioteca Particular Dennis Lema Ibarra 23- 03- 09

Cap. I	Autor: Blanc J. Y. Obra: Control, mando y protección de los motores. Materia: Automatización	Título: Motor de inducción trifásico Tema: principio de funcionamiento Subtema: -----	Nº 003
Pág. 7	<p>Las corrientes se inducen en el rotor y se produce la relación entre los campos de la armadura y el rotor; al conducir corriente los conductores del rotor producen una fuerza que tienden a moverlos en ángulo recto con respecto al campo. Cuando el estator se conecta a una alimentación de corriente alterna trifásica se establece un campo magnético rotatorio que gira a una velocidad de sincronismo que dependerá de la secuencia de fases al conectar a la alimentación.</p>		
		Biblioteca Particular Dennis Lema Ibarra 23- 03- 09	

Cap. I	Autor: Calvas Roland Obra: Perturbaciones en los dispositivos diferenciales Materia: Electricidad	Título: Sistemas de protección Tema: Protección por disyuntor Subtema: -----	Nº 004
Pág. 6	<p>Un disyuntor protege principalmente a equipos, cables y conductores que forman un circuito eléctrico contra sobrecarga, cortocircuito y sobrecalentamiento por sobre esfuerzo de trabajo, permite aislar el peligro frente al ser humano. Consiste en un interruptor que se mantiene cerrado mediante una traba que debe levantarse al abrir el circuito, mecanizado por el electroimán y la banda bimetálica.</p>		
		Biblioteca Particular Dennis Lema Ibarra 25- 03- 09	

Cap. III	Autor: Chapman Stephen Obra: Máquinas Eléctricas Materia: Electricidad	Título: Motores Eléctricos Tema: Principio de funcionamiento Subtema: -----	Nº 005
Pág. 122	<p>Un motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica a través de la acción de campos magnéticos se los encuentran en cualquier campo de la vida cotidiana moderna, en el hogar, en la industria, etc. para suministrar la fuerza electromotriz.</p>		
		Biblioteca U.T.N. Rosana Torres Ibarra 25- 03- 09	

Cap. I	Autor: De La Balle Jacques Obra: Compatibilidad Electromagnética Materia: Electricidad	Título: Arranque de un motor trifásico Tema: Arranque por contactores magnéticos Subtema: -----	Nº 006
Pág. 19	<p>Estos interruptores están provistos de tres contactos principales normalmente abiertos, que al cerrarse conectan al motor directamente a la red de alimentación También llevan una bobina de retención, que cuando esta excitada cierra y mantiene cerrado los tres contactos principales, así como sus otros contactos auxiliares N.A. y N.C. estos contactos están unidos mecánicamente mediante una barra, al objeto de que al excitar la bobina se cierre simultáneamente.</p>		
		Biblioteca Particular Dennis Lema Ibarra 26- 03- 09	

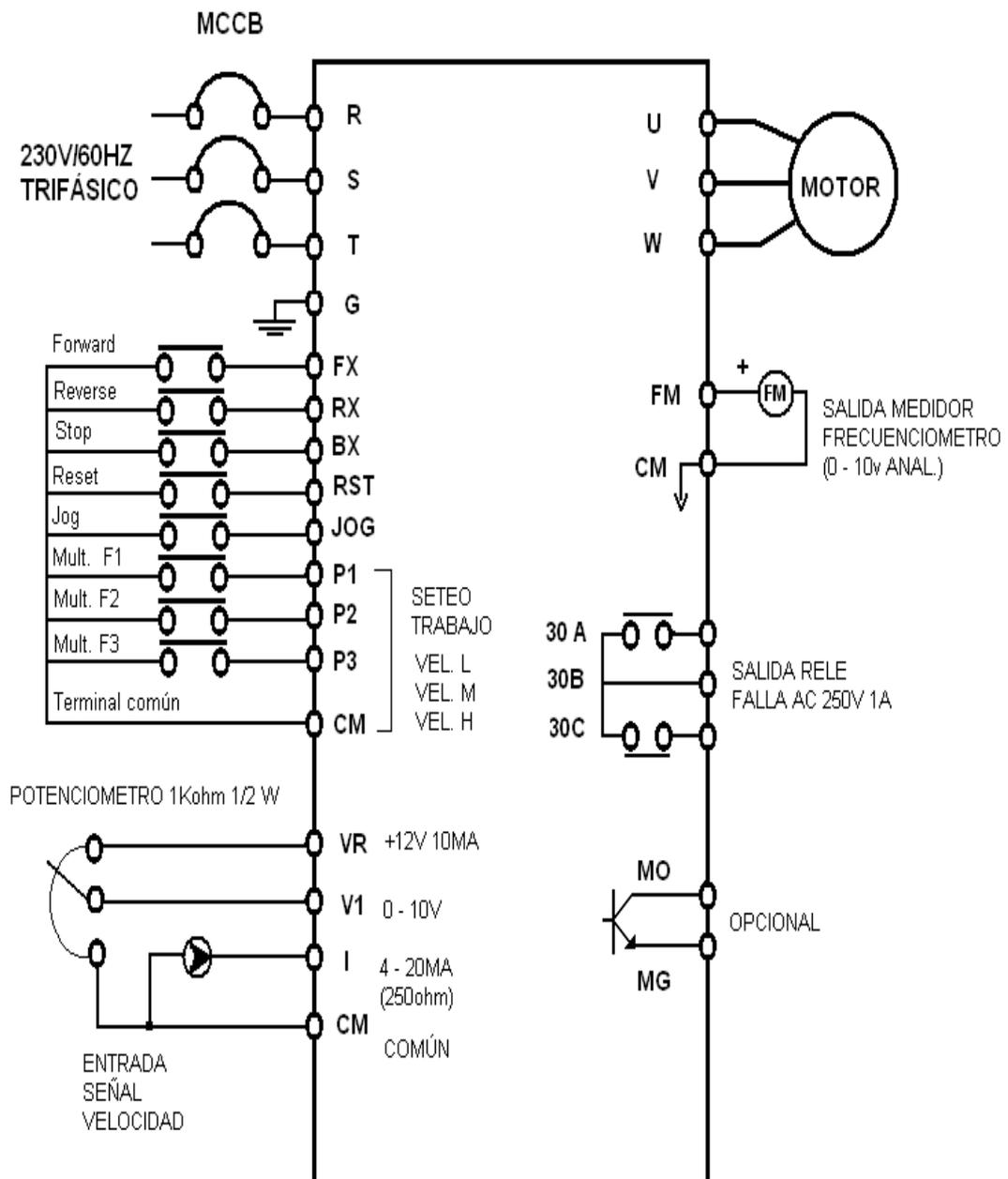
Cap. IV	Autor: Domínguez Serrano Víctor Obra: Electricidad de Magnetismo Materia: Electricidad	Título: Sistemas de medición eléctrica Tema: Voltímetro, amperímetro, frecuencímetro Subtema: -----	Nº 007
Pág. 165 - 168	<p>Un voltímetro permite medir el voltaje de un circuito cualquiera que esté alimentado a una fuente de poder se lo conecta en paralelo a las líneas de alimentación.</p> <p>Un amperímetro se utiliza para medir la corriente se lo conecta en serie al circuito, la polarización del amperímetro debe ser directa para que la aguja fluya hacia un valor fuera de cero.</p> <p>Un frecuencímetro permite registrar los ciclos de frecuencia que hay a la salida del Variador, su conexión es en paralelo con respecto a las líneas de alimentación, su unidad de medida es el hertz.</p>		
		Biblioteca U. T. N. Rosana Torres Ibarra 26- 03- 09	

Cap. I	Autor: Fiorina Jean Noel Obra: Protección de las personas en sistemas de alimentación Materia: Electricidad	Título: Protecciones de un motor Tema: Protección de cortocircuito y de sobrecarga Subtema: -----	Nº 008
Pág. 10	<p>Existen dos parámetros principales que se debe tener en cuenta el momento de instalar un motor eléctrico: protección de cortocircuito y de sobrecarga, la primera es mediante fusibles si se presenta un cortocircuito repentino los fusibles se funden y desconectan la alimentación tanto al circuito como al motor para evitar que se queme.</p> <p>La segunda mediante relés de sobrecarga que constan de dos partes: un elemento calefactor por sobrecarga y sus contactos, cuando se eleva la temperatura del calentador de sobrecarga se abren los contactos OL y se desactiva el relé que, a su vez, abre los contactos auxiliares y quita el suministro de potencia al motor.</p>		
		Biblioteca Particular Dennis Lema Ibarra 30- 03- 09	

Anexo N.4

Variador de frecuencia LG SV008-1IG5 – 2

1.- Cableado básico.



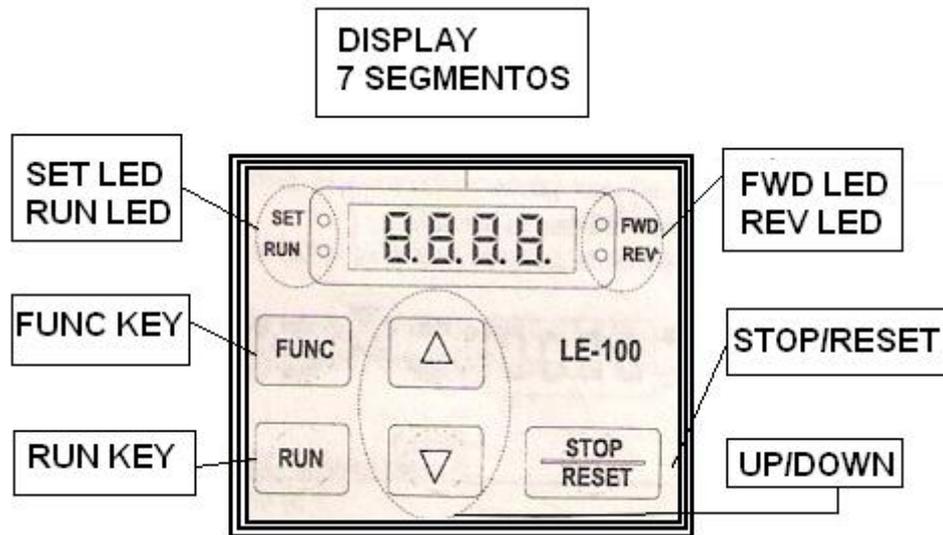
2.- Terminales de control.

30A	30B	30C
------------	------------	------------

MO	MG	CM	FX	RX	CM	BX	JOG	RST	CM	P1	P2	P3	VR	V1	CM	I	FM
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
P1 P2 P3	Multi función entrada.	Use para señal de entrada multifunción función dado por la frecuencia 1 2 3.
FX	Comando arranque hacia adelante.	Marcha hacia adelante cuando pulsa.
RX	Comando arranque hacia atrás.	Marcha hacia atrás cuando pulsa.
JOG	Referencia de frecuencia.	Marcha para frecuencia de trabajo. La dirección está dada por FX/RX.
BX	Paro de emergencia.	Cuando la señal de BX esta activada el variador no da condición de marcha, cuando no está activada da condición para operación.
RST	Reset para falla	Use para reset falla en variador.
CM	Común	Terminal común para contactos.
VR	Alimentación para señal de frecuencia.	Use para señal de frecuencia analógica. Máxima salida +12v 10mA
V1	Referencia de frecuencia (voltaje).	Use para señal de entrada de frecuencia 0-10v 20KΩ.
I	Referencia de frecuencia (corriente).	Para señal de entrada de frecuencia 4-200mA 250Ω.
CM	Común para señales de frecuencia.	Terminal común para entradas de frecuencia analógica y para FM.
FM CM	Salida analógica.	Salida analógica para monitoreo de frecuencia, voltaje, corriente.
30A 30B 30C	Salida de contactos de falla.	Activa cuando ha ocurrido una falla en el circuito.
MO - MG	Salida multifunción.	Use después de activar multifunción.

3.- Keypad y funciones del teclado.



DISPLAY	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
FUNC	Programación.	Presione para cambiar parámetros.
UP ▲	Subir.	Presione para desplazamiento en programación.
DOWN ▼	Bajar.	Presione para desplazamiento en programación.
RUN	Marcha.	Use para iniciar operación.
STOP/RESET	Paro, reset.	Presione para parar durante la operación, reset para falla.
REV	Marcha reversa.	Encendido led durante marcha reversa.
FWD	Marcha adelante.	Encendido led durante marcha adelante.
SET	Seteo.	Encendido led cuando ha iniciado programación.
RUN	Operación.	Encendido de led durante la operación. Parpadeo cuando acelera o desacelera velocidad.

4.- Fallas en el display del variador.

DISPLAY	PROTECCIÓN	DESCRIPCIÓN
OC	Sobre corriente.	Cuando a la salida del variador existe un valor de 200% sobre la corriente nominal.
Ou	Sobre voltaje.	Ocurre cuando hay desaceleración o aceleración del motor fuera de los límites permitidos.
Olt	Corriente límite.	Cuando supera el 180% de la corriente nominal establecida.
OH	Sobre temperatura.	La temperatura es controlada por el ventilador interno, si esta falla existe esta alarma.
EtH	Terminal electrónico.	Cuando existe sobre temperatura este terminal actúa desconectando inmediatamente al variador.
Lu	Bajo voltaje.	Si el variador detecta un torque insuficiente y alta temperatura dispara automáticamente.
COL	Fase de entrada abierta.	Si alguna fase de alimentación (RST) está abierta o si la carga excede el 50% del nominal.
OPO	Fase de salida abierta.	Si alguna fase de alimentación (UVW) hacia el motor está abierta el variador se apaga.
IOLt	Sobrecarga variador.	Si la corriente sobrepasa el 150% de lo nominal por un minuto este se apaga.
___ L	Referencia de frecuencia baja para el método de trabajo.	De acuerdo con los parámetros de I/O-48 (método de operación).
HU	Falla de variador	Si ha ocurrido una falla en el circuito de control sea este: falla ventilador, falla tierra.
FAn	Falla ventilador	El ventilador de enfriamiento no funciona.
GF	Falla tierra	El variador actúa cuando ha ocurrido una falla de tierra interna.

5.- Parámetros de programación del variador de frecuencia.

5.1.- Grupo de manejo (DRV).

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	KEYPAD DISPLAY	RANGO DE SET.	VALORES DE FÁBRICA.
DRV-00	Referencia de frecuencia durante el arranque y parada	0.00	0.00 para (FU1-20)	00.00 Hz
DRV-01	Aceleración del tiempo	ACC	0.0 para 999.9 (seg.)	10.0 seg.
DRV-02	Desaceleración del tiempo	DEC	0.0 para 999.9 (seg.)	20.0 seg.
DRV-03	Método arranque y paro	Drv	0 (Keypad) 1 (Fx/Rx-1) 2 (Fx/Rx-2)	1 (Fx-Rx-1)
DRV-04	Modo de frecuencia set	Frq	0 (Keypad-1) 1 (Keypad-2) 2 (V1) 3 (I) 4 (V1 + I)	0 (keypad -1)
DRV-05	Frecuencia1	St1	0.00 para (FU1-20)	10.00 Hz
DRV-06	Frecuencia2	St2		20.00 Hz
DRV-07	Frecuencia3	St3		30.00 Hz
DRV-08	Salida de corriente	Cur	*(A)	- (A)
DRV-09	Velocidad del motor	RPM	*(rpm)	- (rpm)
DRV-10	Dc link voltaje	DCL	*(V)	- (V)
DRV-11	Selección de display	Vol, Por, tOr	Selección en FU2- 73	-
DRV-12	Falla de display	nOn	-	None
DRV-13	Dirección de motor	drc	F (forward) R (reverse)	F(forward)
DRV-20	Selección de grupo FU1	FU1		
DRV-21	Selección de grupo FU2	FU2		
DRV-22	Selección de grupo I/O	IO		

5.2.- Grupo de función 1 (FU1).

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	KEYPAD DISPLAY	RANGO DE SET.	VALORES DE FÁBRICA.
FU1-00	Ingresar código parámetros	F0	1 a 99	3
FU1-03	Prevención de marcha	F3	0 (ninguno) 1 (prevención hacia adelante) 2 (prevención hacia atrás)	0 ninguno
FU1-05	Parámetros de aceleración	F5	0 (lineal) 1 (S-curva) 2 (U-curva) 3 (mínima) 4 (optima)	0 lineal
FU1-06	Parámetros de desaceleración	F6	0 (lineal) 1 (S-curva) 2 (U-curva) 3 (mínima) 4 (optima)	0 lineal
FU1-07	Modo de paro	F7	0 (desaceleración) 1 (freno DC)	0 desaceleración
FU1-20	Frecuencia máxima	F20	40.00 A 400.00 Hz	50/60Hz
FU1-21	Frecuencia base	F21	30.00 a (FU1-20)	50/60Hz
FU1-22	Frecuencia de arranque	F22	0.10 a 10.00 Hz	0.10 Hz
FU1-23	Selección de frecuencia limite	F23	0 No 1 Si	0 No
FU1-24	Frecuencia limite baja	F24	0.00 a (FU1-25)	0.00 Hz
FU1-25	Frecuencia limite alta	F25	(FU1-24) a (FU1-20)	50/60 Hz
FU1-26	Selección de torque automático/manual	F26	0 manual 1 automático	0 manual
FU1-27	Torque hacia adelante	F27	0.00 a 15.0 %	2.0 %
FU1-28	Torque hacia atrás	F28		2.0 %

FU1-29	Parámetros voltaje/herz	F29	0 (lineal) 1 (torque variable) 2 (use V/F)	0 lineal
FU1-54	Nivel máximo de sobrecarga	F54	30 a 250 %	150 %
FU1-55	Tiempo máximo de sobrecarga	F55	0 a 30 seg.	10.0 seg.
FU1-56	Selección de TRIP para sobrecarga	F56	0 No 1 Si	1 Si
FU1-57	Nivel de TRIP para sobrecarga	F57	30 a 250 %	200 %
FU1-58	Tiempo de TRIP para sobrecarga	F58	0 a 60 seg.	60.0 seg.

5.3.- Grupo de función 2 (FU2).

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	KEYPAD DISPLAY	RANGO DE SET.	VALORES DE FÁBRICA.
FU2-00	Ingresar código de parámetros	H0	1 a 99	30
FU2-01	Previa falla Historia 1	H1		n0n
FU2-02	Previa falla Historia 2	H2		n0n
FU2-03	Previa falla Historia 3	H3		n0n
FU2-04	Previa falla Historia 4	H4		n0n
FU2-05	Previa falla Historia 5	H5		n0n
FU2-06	Borrar falla historia	H6	0 (No) 1 (Si)	0 (No)
FU2-19	Protección pérdidas en las	H19	00 – 11 (frenar) Freno 0 : salida fase	00

	fases (entrada /salida)		Freno 1 : entrada fase Protección caídas	
FU2-20	Selección de encendido	H20	0 (No) 1 (Si)	0 (No)
FU2-21	Reset automático del sistema	H21	0 (No) 1 (Si)	0 (No)
FU2-27	Retardo encendido después de auto reset	H27	0 a 60 seg.	1.0 seg.
FU2-30	Selección del motor a evaluar	H30	0.4 (0.37 KW) 0.8 (0.75 KW) 1.5 (1.5 KW) 2.2 (2.2 KW) 3.7 (3.7 KW) 4.0 (4.0 KW)	13
FU2-31	Número de polos motor	H31	2 a 12	4
FU2-32	Caída de velocidad motor	H32	0 a 10 (Hz)	14
FU2-33	Evaluar corriente de motor en RMS	H33	0.1 a 99.9 (A)	14
FU2-36	Eficiencia del motor	H36	50 a 100 (%)	14
FU2-37	Carga inercia	H37	0 a 2	0
FU2-40	Control del modo de selección	H40	0 (V/F) 1 (caída compensación) 2 PID	0 (V/F)
FU2-70	Referencia de frecuencia para acelerar y desacelerar	H70	0 (max.frecuencia) 1 (delta frec.)	Max frq. 0
FU2-71	Acelerar y	H71	0 (0.01 seg.)	1 (0.1 seg)

	desacelerar escala de tiempo		1 (0.1 seg.) 2 (1 seg.)	
FU2-72	Encendido en display	H72	0 (cmd. frec.) 1 (aceleración) 2 (desaceleración) 3 (Drv modo) 4 (modo de frecuencia) 5 (paso de frecuencia 1) 6 (paso de frecuencia 2) 7 (paso de frecuencia 3) 8 (corriente) 9 (velocidad) 12 (fallo de display) 13 (dirección de motor)	0 (cmd. freq)
FU2-73	Usar selección display	H73	0 (voltaje) 1 (potencia) 2 (torque)	0 (voltaje)
FU2-99	Código regreso	H99		-

5.4.- Grupo entrada/ salida (I/O)

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	KEYPAD DISPLAY	RANGO DE SET.	VALORES DE FÁBRICA.
I/O-00	Ingresar código de parámetros	I0	1 a 99	1
I/O-01	Constante de tiempo para V1 señal de entrada	I1	0 a 9999 (ms)	100 ms
I/O-02	Entrada de voltaje mínima para V1	I2	0 a I/O – 04	0.00 V
I/O-03	Frecuencia de entrada para V1	I3	0 A FU1 -20	0.00 Hz
	Entrada de			

I/O-04	voltaje máxima para V1	I4	(I/O-02)a12.00V	10.00 V
I/O-05	Frecuencia de entrada para V1	I5	0.00 a (FU1-20)	50 / 60 Hz
I/O-06	Tiempo señal de entrada I	I6	0 a 9,999(ms)	100 ms
I/O-07	Entrada mínima de corriente I	I7	0.00 a (I/O-09)	4.00 mA
I/O-08	Frecuencia de entrada I	I8	0.00 a (FU1-20)	0.00 Hz
I/O-09	Máxima corriente de entrada I	I9	(I/O-07) a 24.00 mA	20.00 mA
I/O-10	Frecuencia correspondiente entrada I	I10	0.00 a (FU1-20)	50 / 60 Hz
I/O-12	Terminal Multi función para P1	I12	0 velocidad - L 1 velocidad - M 2 velocidad – H 3 (XCEL-L) 4 (XCEL-M) 5 (XCEL-H) 6 Dc-brake 7 (2nd func) 9 (v1 ext) 10 (arriba) 11 (abajo) 12 (3-cable) 13 (ext viaje A) 14 (ext viaje –B) 16 (abrir loop) 18 (hold análogo) 19 (parar XCEL)	0 velocidad-L

I/O-13	Terminal Multi función P2	I13	Parámetros de I/O-12	1 velocidad-M
I/O-14	Terminal Multi función P3	I14	Parámetros de I/O-12	2 velocidad-H
I/O-15	Estado del terminal entrada	I15	00000000-11111111 bit set	00000000
I/O-16	Estado del terminal salida	I16	0-1 bit set	0
I/O-20	Ajuste de frecuencia	I20	0.00 a (FU1-20)	10.00 Hz
I/O-25	Aceleración de tiempo 1	I25	0.0 a 999.9 (seg)	20.0 seg
I/O-26	Desaceleración de tiempo1	I26	0.0 a 999.9 (seg)	20.0 seg
I/O-40	Selección de salida para medidor (FM)	I40	0 frecuencia 1 corriente 2 voltaje	0 frecuencia
I/O-41	Ajuste parámetros de medidor (FM)	I41	10 a 200 %	100 %
I/O-42	Nivel de detección de frecuencia	I42	0 a FU1-20	30.00 Hz
I/O-44	Multi función definición producto MO (reservado 15, 16, 18, 19)	I44	0 (FDT-1) 1 (FDT-2) 2 (FDT-3) 3 (FDT-4) 4 (FDT-5) 5 (OL) 6 (IOL) 7 (compartimiento) 8 (OV) 9 (LV) 10 (OH) 11 (Pérdida	12 (marcha)

			comando) 12 (marcha) 13 (parada) 14 (steady) 17 (buscar) 20 (preparar)	
I/O-45	Ajuste de falla del relé (30A, 30B, 30C)	I45	000-111 (bit set) Bit 0:LV Bit 1:trip Bit 2:auto inicio	010
I/O-46	Número del variador	I46	1 a 32	1
I/O-99	Código de regreso	rt		1