



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**Automatización de la banda transportadora en el
LIME III de Ingeniería Industrial en la
FES Cuautitlán UNAM**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICO**

P R E S E N T A N:

**LUIS ALBERTO ORTIZ AMARO
JOSUE RAMON VILLELA ZUÑIGA**

ASESOR: M. en I. Jaime Fuentes Sánchez

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: DRA. MARÍA DEL CARMEN VALDERRAMA BRAVO
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el trabajo de: **Tesis.**

“Automatización de la banda transportadora, en el lime III de ingeniería industrial en la FESC-UNAM”

Que presenta el pasante: **Luis Alberto Ortiz Amaro.**

Con número de cuenta: **410073609** para obtener el Título de: **Ingeniero Mecánico Electricista.**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 27 de Abril de 2022.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Emilio Juárez Martínez	
VOCAL	M. en I. Jaime Fuentes Sánchez	
SECRETARIO	Dr. Pedro Guzmán Tinajero	
1er. SUPLENTE	Ing. Óscar Carmona Islas	
2do. SUPLENTE	Ing. Arturo Ávila Vázquez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: DRA. MARÍA DEL CARMEN VALEZ DERRAMA BRAVO
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el trabajo de: **Tesis.**

"Automatización de la banda transportadora, en el lime III de ingeniería industrial en la FESC-UNAM"

Que presenta el pasante: **Josue Ramon Villela Zuñiga.**

Con número de cuenta: **408047021** para obtener el Título de: **Ingeniero Mecánico Electricista.**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx, a 27 de Abril de 2022.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Emilio Juárez Martínez	
VOCAL	M. en I. Jaime Fuentes Sánchez	
SECRETARIO	Dr. Pedro Guzmán Tinajero	
1er. SUPLENTE	Ing. Óscar Carmona Islas	
2do. SUPLENTE	Ing. Arturo Ávila Vázquez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.

MCVB/ntm*

*A mis padres José Luis Ortiz Hernández y Silvia Amaro
Vargas por su apoyo incondicional.*

Luis Alberto Ortiz Amaro

*A mi madre Ma. Del Rocío Zúñiga López por su apoyo
incondicional a todos los proyectos que tenido a lo largo
de mi vida sus consejos y regaños que me han hecho ser la
gran persona que soy.*

Josue Ramon Villela Zúñiga

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos al M. en I. Jaime Fuentes Sánchez por su confianza, paciencia y valiosa enseñanza a lo largo de este proyecto y nuestra formación académica.

Especiales agradecimientos a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Agradezco a mi esposa María del Rocío Villela Zúñiga por su apoyo y a mis hijos Luisito y Arleth que son el motor de mi vida.

Luis Alberto Ortiz Amaro

Agradezco a mis padres y hermanos por ser una parte importante en mi vida y siempre apoyarme. Josué Ramón Villela Zúñiga

Índice general

1. Título	6
2. Introducción	7
3. Marco Teórico	9
3.1. BANDA DE TRANSPORTE: GENERALIDADES.	9
3.1.1. LA BANDA DE TRANSPORTE DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA.	12
3.1.2. CONSIDERACIONES OPERATIVAS DEL SISTEMA DE LA BANDA .	13
3.2. EL MOTOR: DEFINICIÓN Y GENERALIDADES	14
3.2.1. PARTES PRINCIPALES Y COMPONENTES DE UN MOTOR ELÉCTRICO DE INDUCCIÓN	15
3.2.2. ESTATOR	15
3.2.3. ROTOR (JAULA DE ARDILLA) Y TIPOS DE ROTOR	15
3.3. CONTROL ELÉCTRICO GENERALIDADES Y DISPOSITIVOS	25
3.3.1. ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DEL CONTROL ELÉCTRICO	26
3.3.2. FUNCIONES DE CONTROL	27
3.3.3. DISPOSITIVOS DE CONTROL	28
3.4. DIAGRAMAS Y SIMBOLOGÍAS PRINCIPALES PARA LA CONEXIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS.	45
3.4.1. SIMBOLOGÍA	45
3.4.2. DIAGRAMAS DEFINICIÓN Y GENERALIDADES	47
4. OBJETIVOS	52
5. METODOLOGÍA	53
6. HIPÓTESIS	56
7. RESULTADOS	57
8. CONCLUSIONES	79
9. APÉNDICE	80

Índice de figuras

3.1. Banda de transporte uso industrial de rodillos.	9
3.2. Banda de transporte para manejo de materiales de extracción (Metalúrgica)	10
3.3. Elementos de una banda de transporte (Sistema mecánico).	11
3.4. Elementos de una banda de transporte.	11
3.5. Banda de transporte del LIME III	12
3.6. Motor eléctrico de inducción	14
3.7. Motor trifásico de inducción	15
3.8. Partes básicas estator y rotor jaula de ardilla	16
3.9. Ejemplos de placas de motores	18
3.10. Imagen ilustrativa de partes y estructura, motor jaula de ardilla	18
3.11. Principio de funcionamiento de un motor de inducción.	19
3.12. Comportamiento del campo magnético del estator y el rotor	19
3.13. Desarrollo de campos magnéticos.	20
3.14. Conexión del motor de jaula de ardilla	21
3.15. Tipos de conexión estrella y triangulo(Delta)	21
3.16. Cambio de giro motor trifásico jaula de ardilla en estrella y en triangulo	22
3.17. Diagrama de fuerza del arranque de un motor jaula de ardilla (Sistema Americano)	24
3.18. Conjunto de contactores de un panel de control eléctrico.	25
3.19. Sistema de control para un motor jaula de ardilla trifásica y diagrama de fuerza.	26
3.20. Desconectador de cuchillas sin fusibles, modelo comercial	29
3.21. Fusible eléctrico básico	30
3.22. Interruptores o protector termomagnético.	30
3.23. Partes de un interruptor termomagnético curva de funcionamiento de dicho dispositivo del disparo térmico de protección	31
3.24. Diagrama e imagen del funcionamiento de un pulsador industrial.	32
3.25. Estación de Botones,Imagen del funcionamiento de un pulsador	33
3.26. Ejemplos de contactores industriales	34
3.27. Contactor símbolo, contactos y accionamientos.	35
3.28. Imagen de las partes internas del contactor, y su símbolo para su diagramación en fuerza y control.	36
3.29. Partes y constitución de un contactor industrial común.	37
3.30. Esquema para enclavamiento eléctrico.	38
3.31. Contactos principales de un contactor.	39
3.32. Cifras de identificación de un contacto	39
3.33. Bobinas principales del contactor.	40

3.34. Símbolo eléctrico de contactor y bobina.	40
3.35. Contactos no Auxiliares abiertos.	41
3.36. Relevador de sobrecarga	42
3.37. Partes de unrelevador de sobrecarga	42
3.38. .Disparo de la protección de un relevador de sobrecarga, cuando no hay sobrecarga.	43
3.39. .Disparo de la protección de un relevador de sobrecarga, cuando hay sobrecarga.	43
3.40. Reglas de la norma IEC-364	44
3.41. Clases de disparo de un relé térmico.	44
3.42. Curvas de disparo en relación al tiempo y la corriente.	45
3.43. Contactor, relevador de sobrecarga y motor (conexión).	46
3.44. Diagrama de bloques de una banda transportadora, motor y accionado de fusibles	48
3.45. Diagrama de conexiones de 3 focos con un apagador.	49
3.46. Diagrama lineal o de escalera para un motor trifásico, controlado desde una estación de botones.	50
3.47. Diagrama de haces de un arrancador de un motor jaula de ardilla, controlado desde una estación de botones.	51
5.1. Modelo planteado para el proyecto de tesis	54
7.1. Vista superior, lateral y frontal del sistema de la banda de transporte	58
7.2. Visualización de Elementos Instalados	58
7.3. Diagrama de bloques del sistema sin automatizar	59
7.4. Diagrama de bloques automatizado y con sistema reversible.	59
7.5. Tabla que contiene los datos de la placa de información del motor del sistema de la banda.	60
7.6. Diagrama de fuerza del cambio de polaridad de un motor y conexion en estrella del mismo	61
7.7. Diagrama de control y fuerza del sistema automatizado con todos sus elementos	62
7.8. Tabla que contiene las simbologías y su significado dentro del plano.	63
7.9. Tabla que contiene la nomenclatura mostrada en el plano de control y fuerza del sistema automatizado.	64
7.10. Tabla que contiene las clases de disparo en un relé térmico.	68
7.11. Tabla de voltajes medidos directamente en los bornes del motor que acciona la banda del LIME 3 del área de ingeniería de la FESC	69
7.12. Tabla que contiene los elementos en sistema de control reversible.	71
7.13. Tabla que contiene la nomenclatura mostrada en el plano de control y fuerza del sistema automatizado.	72
7.14. Tabla que contiene la nomenclatura mostrada en el plano de control y fuerza del sistema automatizado.	73
7.15. Tablero de control simplificado sin nomenclatura, controles manuales y semiautomáticos.	74
7.16. Tablero de control real instalado en el LIME-3 de la FES-Cuautitlán.	75
7.17. Conexión de pulsadores dentro del tablero de control.	76
7.18. Conexiones de los elementos de control internos dentro del tablero, 1 protección termomagnética, 1 Relés térmico, 2contactores ,2contactores auxiliares.	77

7.19. Interruptor termomagnético, contactores, contactores auxiliares y relé de sobrecarga.	78
9.1. Sistema de corriente alterna monofásico y gráfica del tipo de onda de la corriente respecto al tiempo	86
9.2. Sistema equilibrado de las tres tensiones trifásica y tipo de onda respecto al tiempo.	87
9.3. Diagrama de conexiones, eléctrico y fasorial se una conexión en triangulo.	88
9.4. Diagrama de conexiones, eléctrico y fasorial de conexión en triangulo.	89

Capítulo 1

Titulo

AUTOMATIZACIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA, EN EL LIME III DE INGENIERIA INDUSTRIAL EN LA FES CUAUTITLÁN UNAM

El trabajo presente surge de la necesidad para mejorar la Banda de Transporte del Laboratorio de Ingeniería industrial y de esta manera optimar las prácticas realizadas dentro del LIME III de Ingeniería Industrial FES- Cuautitlán UNAM. Considerando que las prácticas en las que se utilizaba la Banda de Transporte podían ser mejoradas al implementar un sistema de control en esta; el objetivo principal entonces es el de automatizar la banda transportadora con la finalidad de ampliar sus usos pero sobre todo con el propósito de acercar la experiencia dentro del laboratorio al ambiente laboral real.

La investigación que la presente Tesis describe es de tipo Básico, Descriptivo y Diseño simple, se incluyen el diseño, el circuito de control y conexión para que sea reversible, al igual que del tablero los esquemas de armado y construcción, las consideraciones para la selección del material a utilizar verificando que la conexión corresponda a los circuitos que se armaran posteriormente, el sistema automatizado, dentro del diseño se incluyen los cálculos pertinentes así como las gráficas, y normas necesarias para la construcción.

Y finalmente dejando la banda de transporte del Lime III de ingeniería funcionando para que los alumnos puedan realizar prácticas funcionales, aplicando conceptos teóricos de automatización en la banda transportadora de carga reversible, dicha banda funcionara con un motor jaula de ardilla Modelo MA-12 $f_s = 370W, 1/2$ Relación 29; 1 Rpm entrada 1750 Rpm salida 60 Modelo 23653 año 1992 se desarrolla el proyecto de tesis en el lime III de Ingeniería Industrial FES- Cuautitlán UNAM.

Capítulo 2

Introducción

Es indiscutible que el ambiente laboral exige un mayor nivel de competición, los estudiantes de ingeniería no solo deben de adquirir los múltiples conocimientos que en el transcurso de la carrera se le van impartiendo además actualmente es indispensable que a la par de este aprendizaje sean capaces de desarrollar las habilidades que le permitirán emplearlos dentro del sector productivo. La importante tarea que se tiene dentro del laboratorio de desarrollar proyectos y prácticas de investigación que apuesten con las problemáticas de la industria en sus diferentes formas y campos implica una renovación constante tanto de sus programas académicos como de sus herramientas didácticas de la calidad de este entorno depende el conocimiento necesario para formarlos como profesionales competentes

Los laboratorios han sido siempre la unión entre los conocimientos del aula y realización tangible de estos. Por esta razón es que los laboratorios de automatización dentro de cualquier universidad deben contar con esta variedad de dispositivos, módulos y plantas que acerquen al estudiante de Ingeniería y emulen una situación laboral real de la tal forma que al integrarse al ámbito profesional la transición sea más fácil.

La presente tesis surge de la intención natural por optimizar, mejorar el primer entorno práctico, el laboratorio, la selección de Banda Transportadora del LIME III está basada en la versatilidad del mecanismo dentro de la línea de producción que va desde los inicios del sistema de producción (materias primas, Productos a granel, entre otros) así como en el procesamiento, ensamblado, empacado, distribución y otras áreas de producción.

Debido a su movimiento continuo permite mayores eficiencias y según sea el proceso en que se encuentre las hace apropiadas para aplicaciones a casi cualquier tipo de acciones que se encuentran en multitud de operaciones, las aplicaciones son cuantiosas por tanto se hace in-

dispensable conocer los alcances de este sistema industrial, ya que su uso y estudio permitirá al ingeniero optimizar, mejorar y ampliar las eficiencias en los procesos en los que se encuentre involucrado.

La banda Transportadora existente dentro del laboratorio inicialmente solo se movía en un sentido, la automatización permitiría hacer un movimiento reversible automatizado, de esta forma se verán ampliados los estudios didácticos, de tiempo y movimiento, de control y calidad, en líneas de ensamblaje, por mencionar algunos.

Capítulo 3

Marco Teórico

3.1. BANDA DE TRANSPORTE: GENERALIDADES.

DEFINICIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE UNA BANDA TRANSPORTADORA

Una banda transportadora es un sistema de transporte consistente en una cinta que se mueve continuamente entre dos tambores o rodillos accionada por un motor o sistema de potencia (Fig.4.1).

Por lo general la banda es arrastrada por la fricción de sus tambores que a la vez es accionada por su motor, esta fricción es la resultante de la aplicación de una tensión a la banda transportadora habitualmente mediante un mecanismo tensor por husillo o tornillo tensor. El otro tambor suele girar libre sin ningún tipo de accionamiento y su función es servir de retorno a la banda que es soportada por rodillos entre los dos tambores denominados rodillos de soporte.



Figura 3.1: Banda de transporte uso industrial de rodillos.

Debido al movimiento de la banda el material depositado sobre la banda es transportado hacia el tambor de accionamiento donde la banda gira y da la vuelta en sentido contrario. En esta zona el material depositado sobre la banda es vertido fuera de la misma debido a la acción de la gravedad y/o de la inercia.

APLICACIONES PRINCIPALES

Las cintas transportadoras se usan principalmente para transportar materiales granulados, agrícolas e industriales tales como cereales, carbón, minerales, etc. Aunque también se pueden usar para transportar personas en recintos cerrados por ejemplo en grandes hospitales y ciudades sanitarias. [1]



Figura 3.2: Banda de transporte para manejo de materiales de extracción (Metalúrgica) .
[2]

También es aplicada en la carga y descarga de buques cargueros o camiones, en el transporte de material por terreno inclinado en las que son utilizadas las llamadas cintas elevadoras también las tiendas suelen contar con cintas transportadoras en las cajas para desplazar los artículos comprados. Existe una amplia variedad de cintas transportadoras que difieren en su modo de funcionamiento medio y dirección de transporte incluyendo transportadores de tornillo, los sistemas de suelo móvil que usan planchas oscilantes para mover la carga y transportadores de rodillos que usan una serie de rodillos móviles para transportar cajas o palés. (fig.4.2)

CONSTRUCCIÓN MÁS USUAL DE UNA BANDA DE TRANSPORTE

Los transportadores de banda son construidos generalmente de la misma forma en un bastidor metálico con rodillos en los extremos y una cuna de deslizamiento sobre chapa o plástico de baja fricción. (fig.4.3)

En aplicaciones donde el producto es demasiado pesado la cama metálica es sustituida por rodillos estos permiten que los objetos sean transportados reduciendo la fricción generada sobre la banda.

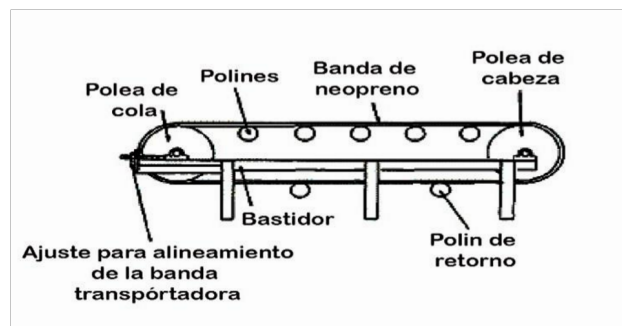


Figura 3.3: Elementos de una banda de transporte (Sistema mecánico).
[2]

Los transportadores de banda pueden ser fabricados con secciones curvas en sistemas de transportadores de banda son comúnmente utilizados por oficinas postales y aeropuertos para manejo del equipaje de pasajeros.

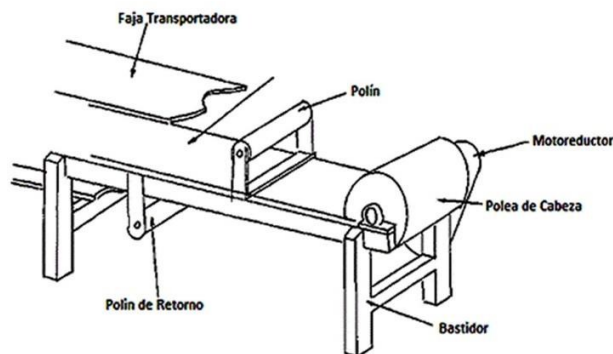


Figura 3.4: Elementos de una banda de transporte.
[2]

Esquema básico de una banda de transporte en la industria metalúrgica y de extracción (fig.4.4)

3.1.1. LA BANDA DE TRANSPORTE DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA.

La banda transportadora que se automatizará ubicada en LIME III de Ingeniería Industrial fue instalada aproximadamente en el año 2002, dicha banda fue una donación hecha por la empresa “Cementos Cruz Azul” (Fig.4.5).

Posteriormente las guardas, las estaciones de trabajo y su puesta en marcha fueron implementadas mediante un trabajo de la facultad y los académicos.

En el laboratorio de LIME III de ingeniería industrial se encuentra una banda de neopreno que funciona mediante una serie de rodillos de material sintético accionados por un motor jaula de ardilla de 370W y un reductor de velocidad.

Actualmente la carrera de Ingeniería Industrial basa gran parte de sus prácticas de laboratorio en el uso de la banda que se pretende automatizar, los alcances de esta y su uso didáctico en la formación del alumnado fueron y son de suma importancia.



Figura 3.5: Banda de transporte del LIME III
[3]

El acercamiento al mundo real mediante el montaje de una línea de producción con dimensiones reales permite a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos de las asignaturas impartidas en la práctica.

3.1.2. CONSIDERACIONES OPERATIVAS DEL SISTEMA DE LA BANDA

USO ACTUAL DE LA BANDA

La banda transportadora que se encuentra en el laboratorio del área de Ingeniería Industrial tiene el propósito de emular una línea de producción real. Esta funciona en un solo sentido y a una misma velocidad mediante un sistema de rodillos que son accionados por un motor jaula de ardilla de 1/2Hp y una banda de neopreno.

La transmisión de movimiento de la banda se genera mediante un sistema de rodillos colocados linealmente la banda y el motor jaula de ardilla. El área de Ingeniería industrial basa sus simulaciones experimentales en la banda de transporte. El alcance de dicho mecanismo instalado en el LIME III de Ingeniería Industrial es muy amplio.

ASIGNATURAS EN LAS QUE SE APOYA.

-Procesos Industriales: Son procedimientos que involucran pasos químicos, físicos, eléctricos o mecánicos para ayudar en la fabricación de artículos que generalmente se llevan a cabo a grande escala, los procesos industriales son los componentes claves en la industria pesada.

-Estudio del trabajo: Es un método sistemático para el incremento de la productividad es decir “es una herramienta fundamental para el cumplimiento de los objetivos del ingeniero industrial”.

-Manufactura esbelta: Es un conjunto de herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto o servicio y a los procesos aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere.

-PCP: Se basa principalmente en la planificación y control de producción, en otras palabras es un sistema que administra los recursos operacionales y la consolidación de informaciones.

3.2. EL MOTOR: DEFINICIÓN Y GENERALIDADES

Un motor es la parte sistemática de una maquina capaz de hacer funcionar el sistema transformando algún tipo de energía en energía mecánica capaz de realizar un trabajo. En un automóvil este efecto es una fuerza que produce el movimiento y en una banda de transporte esta es de igual manera el elemento fundamental que le proporciona el movimiento al sistema.

Definición de motor eléctrico.



Figura 3.6: Motor eléctrico de inducción
[4]

Un motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por medio de los campos magnéticos generados en sus bobinas (fig.4.6). Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.

Motor trifásico de Inducción.

De los motores eléctricos el de inducción es el que se emplea con mayor frecuencia su sencillez, resistencia y el poco mantenimiento que requieren son algunas de las cualidades que justifican su popularidad desde los pequeños motores de potencia fraccionaria de una o dos fases hasta los polifásicos de mayor capacidad. (fig.4.7).

Un motor trifásico de inducción es una maquina eléctrica que transforma energía eléctrica en mecánica por medio de interacciones electromagnéticas, algunos de los motores eléctricos son

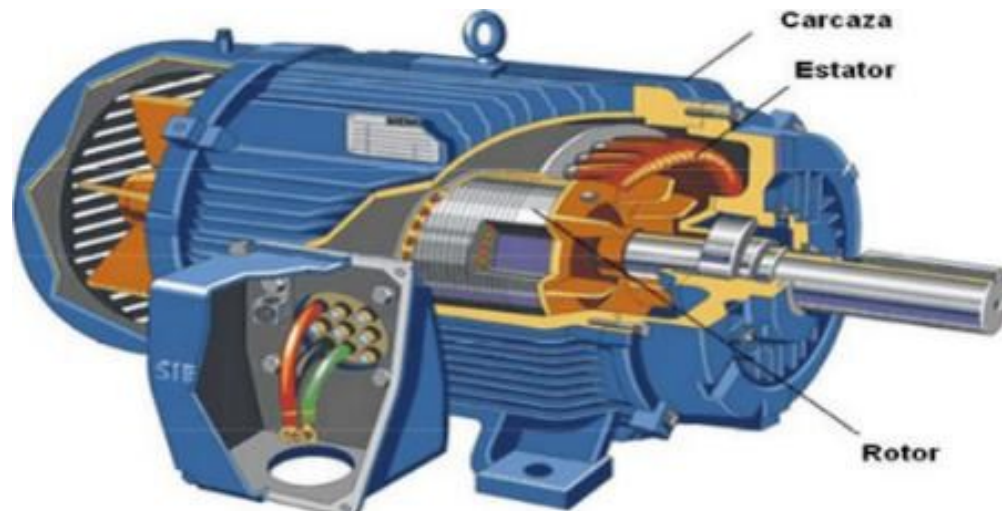


Figura 3.7: Motor trifásico de inducción
[5]

reversibles. Existen muchos tipos de motores trifásicos por inducción en este caso el motor que se tiene es el de jaula de ardilla.

3.2.1. PARTES PRINCIPALES Y COMPONENTES DE UN MOTOR ELÉCTRICO DE INDUCCIÓN

Las partes principales de un motor eléctrico son: el estator y el rotor (Fig. 4.10)

3.2.2. ESTATOR

Es la parte fija del motor, consiste en un armazón fija o culata, en cuyo interior se instala firmemente un núcleo laminado dotado de ranuras, en las cuales se coloca un devanado formado por varios grupos de bobinas distribuidas y forman un conjunto de devanados que contienen tantos circuitos como fases en la red de alimentación.

En ocasiones el armazón se encuentra provisto de aletas, que funcionan como un elemento adicional de enfriamiento para el motor. El estator contiene además, una caja de bornes en donde se encuentran las terminales de las bobinas internas. (fig. 4.8)

3.2.3. ROTOR (JAULA DE ARDILLA) Y TIPOS DE ROTOR

ELEMENTOS FÍSICOS DEL MOTOR

Carcasa

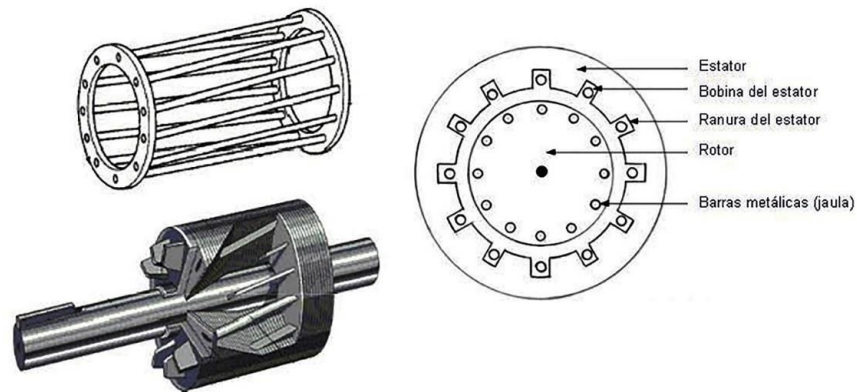


Figura 3.8: Partes básicas estator y rotor jaula de ardilla
[6]

La carcasa es la parte que protege y cubre al estator y al rotor, el material empleado para su fabricación depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación. Así pues, la carcasa puede ser:

- Totalmente cerrada
- Abierta
- A prueba de goteo
- A prueba de explosiones
- De tipo sumergible

Base. La base es el elemento en donde se soporta toda la fuerza mecánica de operación del motor, puede ser de dos tipos: base frontal y base lateral.

Caja de conexiones. Por lo general, en la mayoría de los casos los motores eléctricos cuentan con caja de conexiones. La caja de conexiones es un elemento que protege a los conductores que alimentan al motor, resguardándolos de la operación mecánica del mismo, y contra cualquier elemento que pudiera dañarlos.

Tapas. Son los elementos que van a sostener en la gran mayoría de los casos a los cojinetes o rodamientos que soportan la acción del rotor.

Cojinetes. También conocidos como rodamientos, contribuyen a la óptima operación de las partes giratorias del motor. Se utilizan para sostener y fijar ejes mecánicos, y para reducir la fricción, lo que contribuye a lograr que se consuma menos potencia. Los cojinetes pueden dividirse en dos clases generales:

- Cojinetes de deslizamiento. Operan en base al principio de la película de aceite, esto es, que existe una delgada capa de lubricante entre la barra del eje y la superficie de apoyo.
- Cojinetes de rodamiento. Se utilizan con preferencia en vez de los cojinetes de deslizamiento por varias razones: - Tienen un menor coeficiente de fricción, especialmente en el arranque. - Son compactos en su diseño. - Tienen una alta precisión de operación. - No se desgastan tanto como los cojinetes de tipo deslizante. - Se remplazan fácilmente debido a sus tamaños estándares

Datos de placa o ficha técnica. Los fabricantes de motores eléctricos están obligados a dar la información técnica de los parámetros eléctricos del motor y las conexiones así como su proceso constructivo (Fig 4.9).

Esto es:

- Potencia nominal: Kw / HP
- Velocidad del rotor: RPM
- Tensión nominal en estrella / triángulo: v
- Intensidad nominal en estrella / triángulo: A
- Factor de potencia: $\cos\theta$
- Frecuencia de operación: Hertz
- Norma de construcción: IEC
- Grado de protección: IP 54
- Número de polos

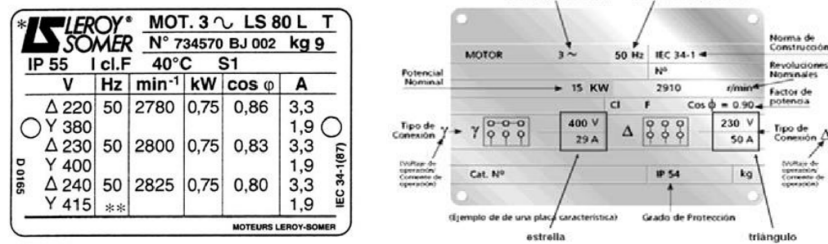


Figura 3.9: Ejemplos de placas de motores

[7]

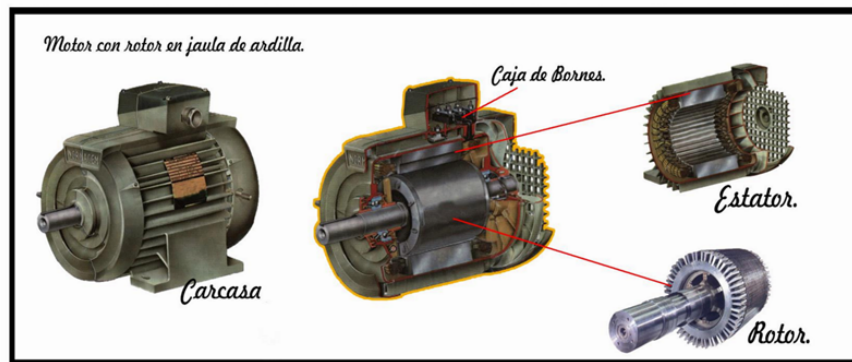


Figura 3.10: Imagen ilustrativa de partes y estructura, motor jaula de ardilla

[7]

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN

El principio de funcionamiento de un motor de inducción está basado en la producción de un campo magnético giratorio. Consideremos un imán permanente NS y un disco de cobre que puedan girar alrededor de un eje x-y. (Fig.4.11)

Este es recorrido ahora por corrientes inducidas debidas a la rotación del campo magnético creado estas corrientes reaccionan sobre el campo dando un par motor suficiente para vencer el par resistente debido a los rozamientos y provocar la rotación del disco (Fig.4.12). El sentido del disco, indicado por la ley de Lenz, tiende a oponerse a la variación del campo magnético que ha dado origen a las corrientes. El disco pues, es movido en el sentido del campo giratorio con una velocidad ligeramente inferior a la velocidad del campo.

Si el disco girase a la misma velocidad del campo (velocidad de sincronismo), no habría corriente inducidas y el par sería nulo. La velocidad el disco (o del rotor) es inferior a la del campo giratorio y por esto, este tipo de motores son conocidos como asíncronos.

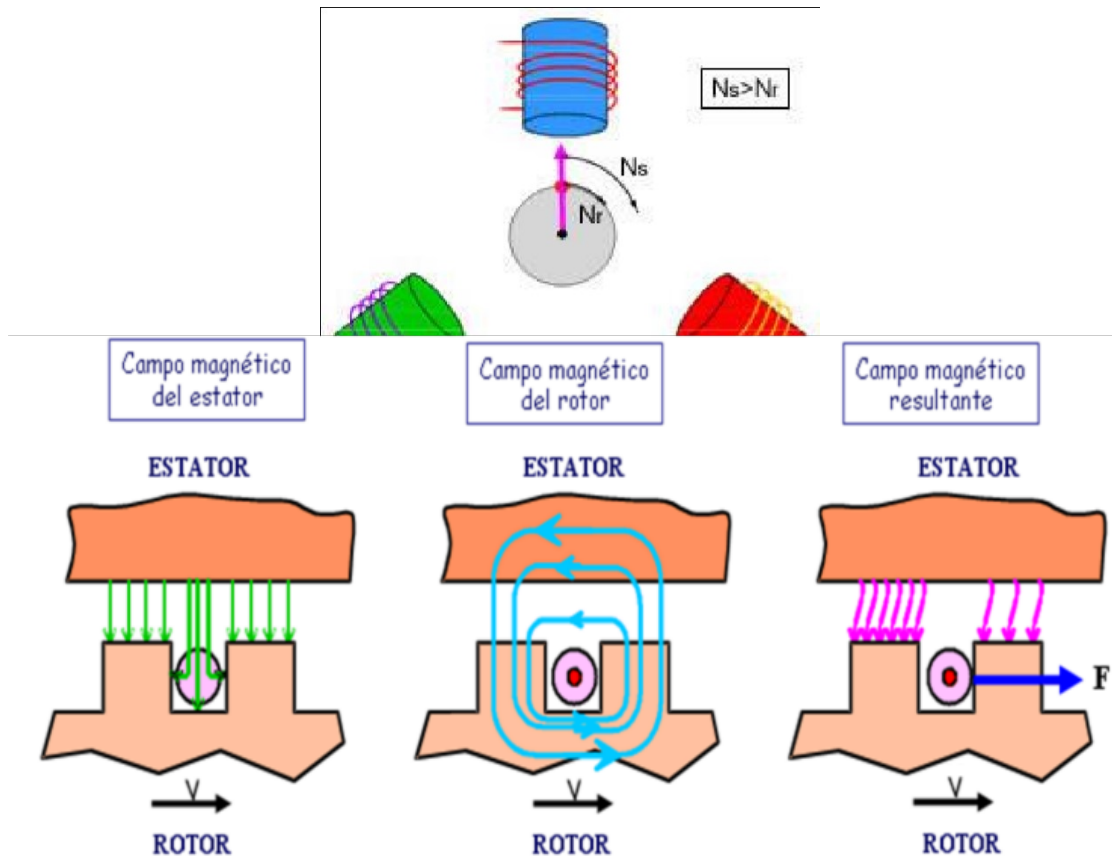


Figura 3.12: Comportamiento del campo magnético del estator y el rotor [8]

En los motores asíncronos trifásicos, el campo giratorio es producido por tres bobinados fijos, geoméricamente decolados 120° y recorridos por corrientes alternas con el mismo desfaseamiento eléctrico. La composición de los tres campos alternos producidos, forma un campo giratorio constante La (fig.4.13) muestra el desarrollo del campo magnético

CONEXIÓN CAMBIO DE POLARIDAD DE UN MOTOR

Todo motor bobinado trifásico se puede conectar bien en estrella o en bien en triángulo.

La caja de bornes del motor es donde dependiendo del tipo de motor y la aplicación se conecta el motor (Fig.4.14).

-En la conexión en estrella todos los finales de la bobina se conectan a un punto en común y se conectan por otros extremos libres (Fig.4.15).

-Por el contrario, en la conexión en triángulo cada final de la bobina se conectan al principio de la fase siguiente, alimentando el sistema por los puntos unión (Fig.4.15).

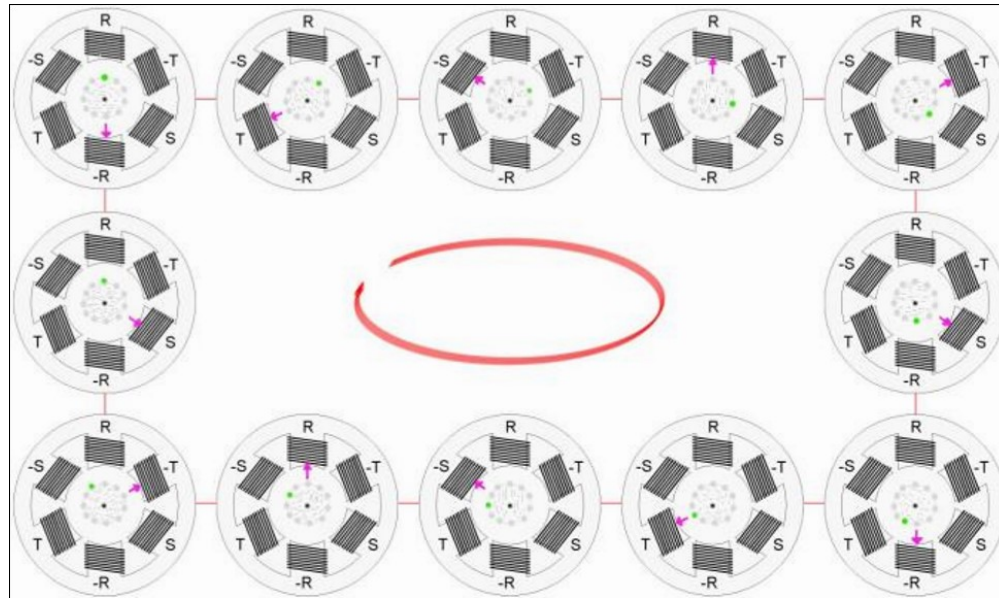


Figura 3.13: Desarrollo de campos magnéticos.
[8]

El motor de rotor en cortocircuito o jaula de ardilla es el de construcción más sencilla, de funcionamiento más seguro y de fabricación más económica; es por ello que el más utilizado. Su único inconveniente es el de absorber una elevada intensidad, en el arranque a la tensión de funcionamiento.

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

La norma IEC, regula la relación que debe existir entre las intensidades de arranque y las existentes con el motor en régimen. Según esta instrucción los motores de potencias superiores a 0,75 kW que no cumplan unas determinadas relaciones de intensidades han de disponer de un sistema de arranque que disminuya esa relación.

La intensidad en el momento del arranque de motores que no cumpla esta relación puede hacer que se tengan que sobredimensionar tanto protecciones como líneas eléctricas. Las conexiones para el arranque más usuales cuando la potencia del motor supera los 10HP de potencia son:

- El arranque en estrella-triángulo que es el método más utilizado y por el cual en estrella la intensidad es 3 veces menor que en triángulo.

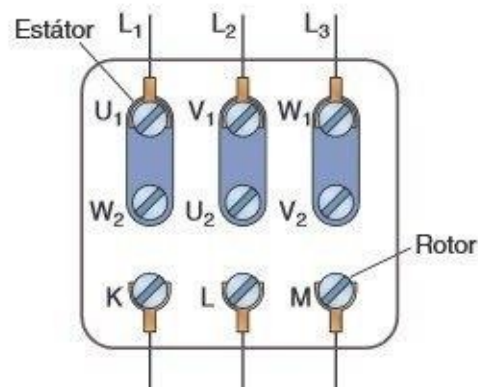


Figura 3.14: Conexión del motor de jaula de ardilla
[8]

- En segundo lugar, tenemos el arranque mediante autotransformador.
- En tercer lugar, aunque casi no se utiliza, está el arranque mediante resistencias en serie con el bobinado estático.

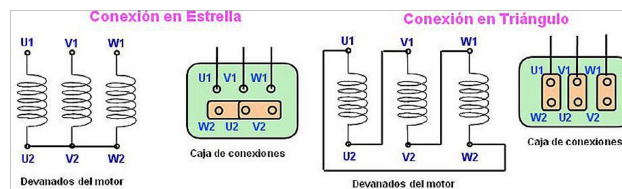


Figura 3.15: Tipos de conexión estrella y triángulo(Delta)
[8]

INVERSIÓN DE GIRO O SENTIDO DE ROTACIÓN DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA

Los arrancadores se construyen en muchas ocasiones para operaciones reversibles; tal y como sucede con los controles de elevadores, montacargas, grúas y bandas de producción. En los motores polifásicos de inducción usados para los trabajos mencionados, basta con cambiar dos de sus líneas o fases de alimentación del motor para que este gire en sentido contrario (Fig.4.16). Para realizar operaciones de inversión de giro es muy frecuente el empleo de combinadores de tipo tambor similares a los usados en el arranque estrella-delta.

De los motores en jaula de ardilla. Estos cambian las terminales del motor haciendo que este gire en sentido contrario. También pueden utilizarse desconcertadores de cuchillas de tres

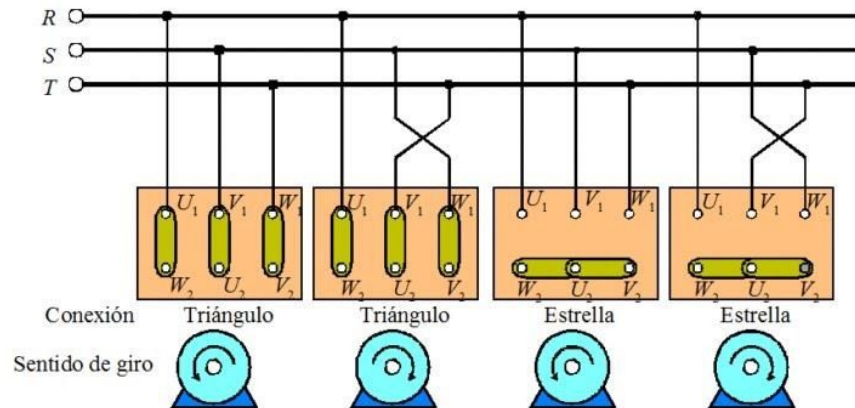


Figura 3.16: Cambio de giro motor trifásico jaula de ardilla en estrella y en triángulo [8]

polos dos tiros, los cuales en una posición conectan al motor en un sentido y en otra invierten dos cualesquiera de las fases que lo alimentan (fig.4.16).

ARRANCADOR ELECTROMECAÁNICO

El arrancador está destinado a:

- Poner en Marcha los Motores
- Garantizar el funcionamiento continuo de los mismos
- Desconectarlos de la línea de alimentación
- Garantizar la protección de los mismos contra las sobrecargas de funcionamiento.

Típicamente el arrancador consta de un dispositivo de maniobra (contactor) y un dispositivo de protección contra la sobrecarga (relé térmico). Los dos dispositivos deben coordinarse con un aparato apropiado para realizar la protección contra el cortocircuito (típicamente un interruptor automático con relé sólo magnético) que no necesariamente deberá formar parte del arrancador. Las características del arrancador deben cumplir con la norma internacional IEC 60947-4-1 que define los aparatos antes citados de la siguiente forma:

Contactor: Aparato mecánico de maniobra con una sola posición de reposo, de accionamiento no manual y capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluidas las condiciones de sobrecarga de maniobra.

Relé térmico: Relé que interviene en caso de sobrecarga o falta de una fase.

Interruptor automático: Definido por la norma IEC 60947-2 como un dispositivo capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, así como establecer y soportar corrientes con un tiempo especificado, e interrumpir corrientes en condiciones anormales del circuito. Los principales tipos de motores que pueden gobernarse y que determinan las características del arrancador, se definen mediante las siguientes categorías de utilización. La elección del método de arranque y eventualmente también el tipo de motor que debe utilizarse depende del par resistente de la carga, así como de la potencia de cortocircuito de la red que alimenta el motor.

Los motores que más se utilizan en corriente alterna son los siguientes:

- El motor asíncrono trifásico de jaula de ardilla (AC-3): es el más difundido porque constructivamente es muy sencillo, económico y sólido; desarrolla un par elevado con tiempos de aceleración cortos, pero precisa corrientes de arranque elevadas.
- El motor de anillos rozantes (AC-2): se caracteriza por condiciones de arranque menos pesadas y presenta un par de arranque bastante elevado, incluso con una red de alimentación de escasa potencia.

ARRANQUE DE UN MOTOR JAULA DE ARDILLA

La elección del método de arranque y eventualmente también el tipo de motor que debe utilizarse depende del par resistente de la carga, así como de la potencia de cortocircuito de la red que alimenta el motor.

Los arrancadores son aparatos de maniobra con los cuales se lleva a los motores desde que están en reposo hasta su velocidad de régimen, mientras se mantienen dentro de los límites prefijados los valores de la corriente de arranque y el torque del motor.

Los motores en jaula de ardilla son máquinas con una impedancia en su devanado estático que permiten su conexión directa a la red sin el peligro de destruir sus devanados; sin embargo la corriente demandada si bien no perjudica al motor si ocasiona perturbaciones en la red de alimentación eléctrica, puede sobre todo si la sección de la línea es insuficiente provocar una caída de tensión susceptible de afectar el funcionamiento de los receptores en máquinas con

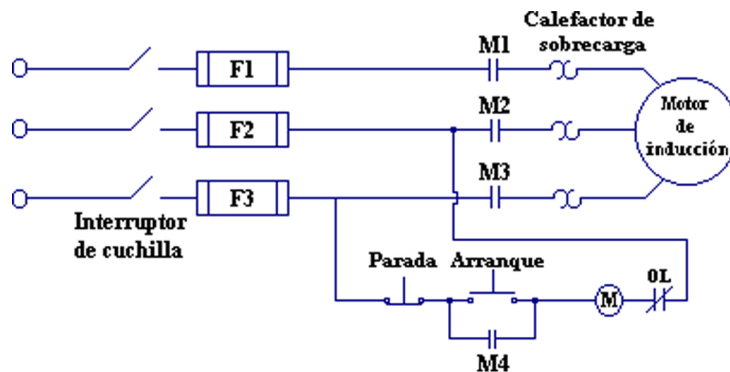


Figura 3.17: Diagrama de fuerza del arranque de un motor jaula de ardilla (Sistema Americano) [9]

capacidades de 10 HP y mayores. Debido a que las características del rotor jaula de ardilla han sido determinadas una vez para siempre por el fabricante, los diversos procedimientos de arranque permiten hacer variar únicamente las tenciones de los bornes del estator (Fig.4.17).

Arranque Directo a tensión plena

Por norma se establece que para motores con una potencia menor a 5 hp, cualquier motor de jaula de ardilla puede ser conectado directamente a la red de alimentación sin necesidad de algún tipo de conexión especial. Con el arranque directo, el arrancador –tras el cierre del contactor de línea– permite aplicar la tensión de línea a los terminales del motor en una sola operación. Un motor de jaula de ardilla desarrolla de esta forma un par de arranque elevado con un tiempo de aceleración relativamente reducido. Este método se aplica –en general– a motores de pequeña y mediana potencia que alcanzan en tiempos cortos la velocidad de régimen, su coste de instalación es menor; sin embargo estas ventajas están acompañadas por una serie de inconvenientes tales como:

- Elevada absorción de corriente y caída de tensión correspondiente que podrían resultar perjudiciales para el resto de la instalación conectada a la red.
- Violentas aceleraciones que se reflejen sobre las partes de transmisión mecánica (correas y acoplamientos mecánicos), reduciendo la duración de estas.

3.3. CONTROL ELÉCTRICO GENERALIDADES Y DISPOSITIVOS



Figura 3.18: Conjunto de contactores de un panel de control eléctrico.
[4]

Definición: Los controles eléctricos son conexiones eléctricas o electrónicas fabricadas para controlar y procesar la entrada de los impulsos eléctricos en equipos sencillos o más complejos, como las maquinarias industriales y contienen una serie de dispositivos que se encargan de realizar la función controladora, tales como, interruptor de control (relé), contactores, material sintético y conductores de electricidad. Se utilizan como controles de arranque en equipos como: turbocompresores, termocompresores, bombas, aparatos mecánicos, refrigeradores, motores, generadores, etc. Es decir, se emplean para controlar el flujo de corriente eléctrica en aparatos de uso industrial o doméstico como lo son los contactores, apagadores, contactos etc. (fig.4.18).

El controlador eléctrico, es un dispositivo electromagnético que, toma la señal desde una variable eléctrica (sensor) y luego ajusta su función controladora mediante la comparación que realiza con un punto fijo que le proporciona la señal de entrada para procesar y ejecutar el control de salida. Los controles eléctricos pueden ser, controles de encendido y apagado, controles de proporción de tiempo, controles de proporción actual y controles de proporción de posición.

3.3.1. ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DEL CONTROL ELÉCTRICO

Controladores para un motor eléctrico.

Un dispositivo de control o un controlador para un motor eléctrico es un dispositivo o conjunto de estos que sirve para gobernar de alguna manera predeterminada la operación del motor, que además proporciona algún tipo de protección que asegure su funcionamiento.

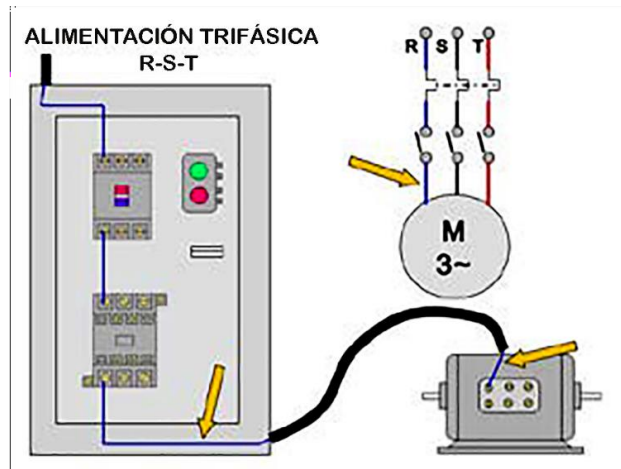


Figura 3.19: Sistema de control para un motor jaula de ardilla trifásica y diagrama de fuerza. [4]

Un controlador puede ser muy sencillo o extremadamente complicados desde arrancadores manuales tipo volquete hasta esquemas de control que contengan una gran cantidad de elementos (Fig.4.19).

Sin embargo independientemente de su complejidad, deben cumplir los siguientes requisitos:

- Deben de satisfacer las condiciones de control que se hayan especificado.
- El controlador debe de ser confiable proporcionando un sistema de protección, que asegure la operación de la máquina del mismo controlador e inclusive que proteja al operador de posibles fallas o perturbaciones. El grado de protección depende de las condiciones de servicio y de la importancia de la ubicación y va desde el modelo de una cubierta o envolvente, hasta los arreglos que interrumpen la alimentación al ocurrir una contingencia.
- Debe permitir la fácil y rápida vigilancia, ajuste y reposición de todos sus elementos

- Debe ser económico, para lo cual debe de contar con componentes de calidad y constar del menor número posible de elementos

3.3.2. FUNCIONES DE CONTROL

Dentro de las funciones de control u operaciones más comunes en los sistemas de control para motores eléctricos, se tienen:

- Sobre Corrientes

Las corrientes de corto y fallas a tierra, no solo son perjudiciales para los conductores de las máquinas, sino también para los controladores que los gobiernan. Los fusibles instalados en la misma envolvente del medio de desconexión y los interruptores termo magnéticos, son utilizados entre otros, como medio de protección en caso de ocurrir esta falla.

- Sobrecargas

Bajo cualquier condición de sobrecarga, un motor toma una corriente Excesiva cuyo efecto es una elevación de temperatura dañina para el aislamiento de los devanados. Las sobrecargas relativamente pequeñas y de corta duración, no causa daños al motor, pero si esta se mantiene pueden ser tan perjudiciales como las sobre cargas de gran magnitud. Las sobrecargas pueden ser de origen eléctrico o mecánico. En muchas ocasiones el motor funciona con dos fases en vez de tres y en otras la tensión de la línea es inferior a la nominal. Por otro lado, la carga accionada por el motor puede hacer que el motor pierda su velocidad o que alcance lentamente la del régimen. El medio ambiente también interviene, ya que puede incrementar la temperatura operacional del motor. Los relevadores de sobrecarga, funcionan para evitar corrientes y calentamientos que pueden deteriorar los aislamientos del motor.

- Inversión de fase

Si se cambian dos fases de alimentación en un motor trifásico de inducción, este invertirá su rotación con los consabidos perjuicios que ocasiona; por ejemplo: en equipos de bombeo, elevadores etc. Los relevadores de inversión de fase protegen a los motores, las maquinas accionadas y al personal contra los riesgos que se presentan al cambiar de manera imprevista el sentido del giro.

- Inversión de corriente

De la misma manera que una inversión de fases puede originar graves problemas en las máquinas polifásicas de inducción, en motores de corriente continua ocurre al cambiar la polaridad o sentido de la corriente.

- Sobre velocidades

En la industria como la papelera, textil y de impresión, una sobre velocidad del motor puede ocasionar grandes daños, sobre todo al producto. Por esto en este tipo de instalaciones es importante la selección de una protección adecuada, que permita evitar tales contingencias.

- Campo abierto

Existen relevadores de campo para proteger a máquinas de corriente continua y a los motores síncronos por la pérdida de la excitación, que originan en las primeras, sobre velocidades peligrosas y en los motores síncronos la pérdida de sincronismo.

3.3.3. DISPOSITIVOS DE CONTROL

Dependiendo de su operación se pueden clasificar en:

- Manuales

El elemento humano interviene durante toda la operación; como sucede cuando se utiliza un reóstato para el arranque de un motor c.c.

- Semiautomáticos

En este tipo de controladores, el operador interviene para iniciar un cambio en la condición de operación por ejemplo: Pulsando un botón que permitan que se energicen contactos y relevadores que realicen una secuencia.

- Automáticos

En estos casos, el controlador cambia por sí mismo su estado de operación sin la intervención del elemento humano por ejemplo: Los equipos de control para sistemas de bombeo, en donde una secuencia puede iniciarse a operador un interruptor flotador cuya acción depende de un determinado nivel de líquido. Otros dispositivos empleados para controlar un motor desde un punto alejado puede ser: Interruptores de presión, de flujo de límite, termostatos etc. Se

habla de control remoto cuando se controla un motor desde un punto alejado, como sucede en las modernas instalaciones en donde desde un centro de control, se operan motores que pueden no encontrarse en el local donde se halla el centro.

DISPOSITIVOS DE CONTROL MANUAL

En este apartado solo se mencionarán los dispositivos necesarios y útiles para el estudio de tesis.

- DESCONECTADOR DE CUCHILLAS.



Figura 3.20: Desconectador de cuchillas sin fusibles, modelo comercial
[10]

Los desconectadores también conocidos como interruptores, constituyen uno de los más elementales de control, ya que conectan o desconectan directamente no solo el motor de la fuente de alimentación, sino también de muchas otras máquinas y circuitos eléctricos en general. Se construyen con navajas para dos líneas, (Motores monofásicos y bifásicos) y tres líneas (motores trifásicos). Las navajas abren o cierran simultáneamente activadas por un mecanismo. Por lo general se encuentran alojados en una caja metálica y tienen por conductores fusibles, que protegen al motor interrumpiendo la alimentación cuando se presenta una sobre corriente (Fig.4.20).

Los elementos fusibles, tienen su principal aplicación en la protección de los conductores de las redes eléctricas y en los circuitos de control, así como para el motor mismo. La selección e instalación de un desconectador de navajas depende de la capacidad de protección del fusible y de la forma que posea este fig.4.21



Figura 3.21: Fusible eléctrico básico
[10]

■ INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

Los interruptores termomagnéticos proporcionan protección contra sobrecargas y corrientes de corto circuito. Forman una sola unidad más compacta que los anteriores, en donde generalmente las navajas o cuchillas y el fusible van separados (Fig.4.22). Este dispositivo permite conectar o interrumpir manualmente el circuito al cual está conectado. Protege instalaciones, cables y demás elementos del circuito, así como a los motores contra incidencias de cortocircuito y sobrecargas sostenidas. De acuerdo al tipo de disparo es la forma en que actúan sus protecciones, ya sea térmica (para sobrecarga sostenida) o magnética (para un cortocircuito).



Figura 3.22: Interruptores o protector termomagnético.
[10]

En el disparo magnético, la corriente en una sobrecarga elevada o en un corto circuito, excita el circuito magnético de disparo instantáneo. Este atrae la armadura de modo que el desconectador se libere inmediatamente. Existen interruptores con disparo magnético ajustable, en

los cuales los elementos magnéticos se pueden calibrar sobre un rango muy grande de valores de corriente, con solo variar el entrehierro.

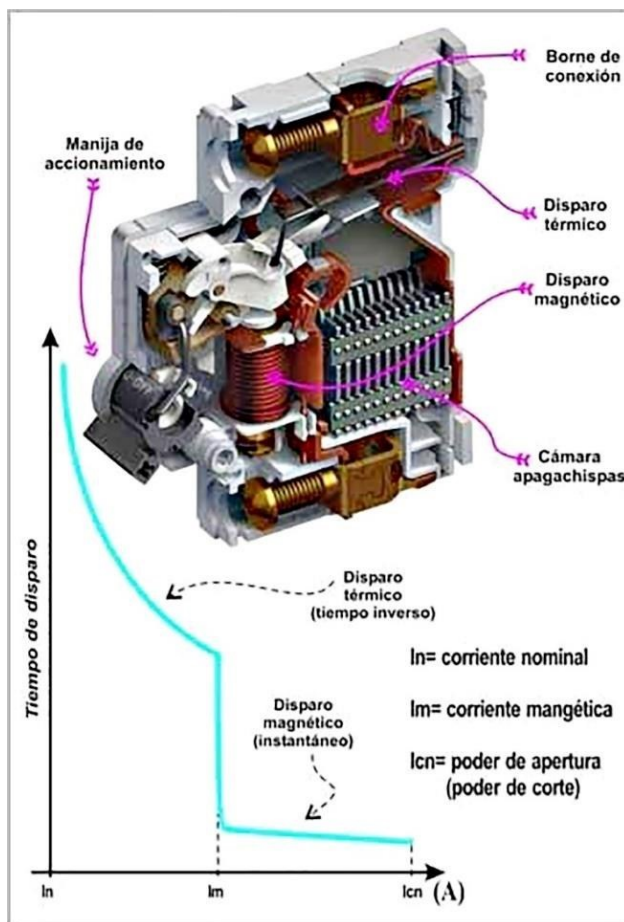


Figura 3.23: Partes de un interruptor termomagnético curva de funcionamiento de dicho dispositivo del disparo térmico de protección

[4]

Para el disparo térmico, el elemento bimetálico que se hace de dos metales diferentes, soldados entre sí y que tienen la propiedad de que uno de ellos no es afectado apreciablemente por cambios de temperatura, mientras que el otro se expande con cierta rapidez, se flexiona operando el sistema de disparo. Se logra una dilatación en este, ya que se requiere de cierto tiempo para que el calor suba lo suficiente, para flexionar el bimetálico. Esta dilatación es inversamente proporcional a la intensidad de corriente. Cuando mayor es la sobrecarga, más corto es el tiempo necesario para que se abra el circuito, en la (Fig.4.23) se muestran los componentes internos de un interruptor termomagnético.

Los interruptores termomagnéticos son instalados dentro de gabinetes como interruptores generales, interruptores para circuitos derivados y en general como protección para efectos de sobre corriente. También son conectados en combinación con arrancadores que posean relevadores de sobrecarga, como protección contra circuito en el sistema de alimentación o en el motor mismo.

■ PULSADORES Y SELECTORES

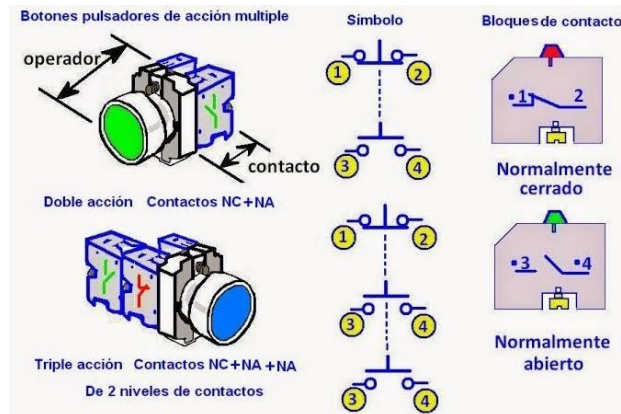


Figura 3.24: Diagrama e imagen del funcionamiento de un pulsador industrial.

[11]

De los elementos de entrada a los circuitos de control, los pulsadores desempeñan una función primordial, debido a que son dispositivos que proporcionan el control del motor con solo oprimirse. Son accionados mecánicamente para que a su vez, cierren o abran (o realicen ambas cosas) circuitos auxiliares que eventualmente accionan contactores u otros elementos de los circuitos principales de potencia. Existen dos tipos de botones pulsadores: de contacto momentáneo y de contacto sostenido, fabricados para dos clases de servicio: normal para la aplicación usual y el de servicio pesado, para su uso continuo. El pulsador normalmente abierto, al ejercer una pulsación la corriente puede circular del punto “a Punto b, al desaparecer la presión el resorte coloca al pulsador en su posición original, separando los contactos. En el normalmente cerrado, la operación es inversa, cuando se ejerce la presión, el pulsador interrumpe el circuito y al sé, los contactos regresan a su posición original de cerrado nuevamente el circuito. Los pulsadores de contacto sostenido se distinguen de los anteriores, porque una vez llevados a una posición, se mantienen en ella mientras no se les accione nuevamente (Fig.4.24)

Los “selectores “son conmutadores para uno o varios circuitos, y como los anteriores, al ser accionados quedan en la posición seleccionada. Con frecuencia los pulsadores se combinan

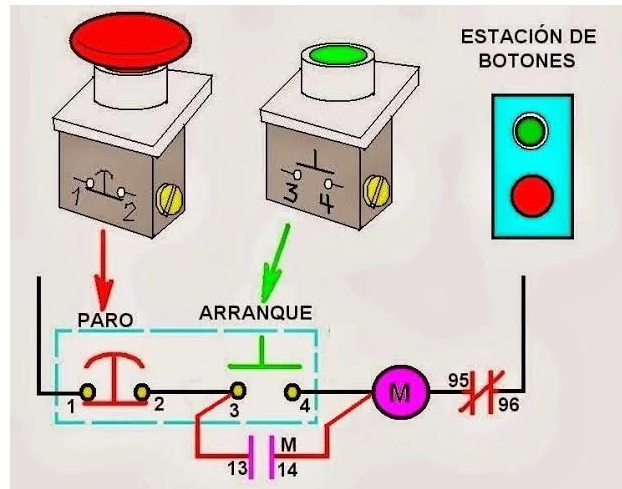


Figura 3.25: Estación de Botones, Imagen del funcionamiento de un pulsador [12]

con otros elementos en envolturas, forma “estaciones de botones”, con las que se pueden realizar operaciones más complejas y funcionales de muchas maneras distintas (Fig.4.25).

■ DISPOSITIVOS DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO

Los controladores semiautomáticos utilizan un arrancador electromagnético y uno o más dispositivos pilotos manuales tales como botones pulsadores e interruptores de maniobra, etc. El control semiautomático se emplea principalmente para facilitar maniobras de mando y dar flexibilidad a las maniobras de control de aquellas instalaciones en las que el control manual no es posible. Este tipo de control requiere un operador que inicie cualquier cambio en la posición o condición de funcionamiento de la máquina.

CONTACTORES



Figura 3.26: Ejemplos de contactores industriales [12]

El contactor se define como un dispositivo empleado para conexión desconexión repetida de circuitos eléctricos de potencia (Fig4.26). La finalidad de un contactor es la de accionar cargas elevadas que pudieren producir algún efecto perjudicial en la salud del operador, sea el caso de una descarga atmosférica entre contactos de un interruptor a cuchillas en el momento de accionar el arranque de un motor que posea una carga de inercia acoplada, que pudiera producir quemadura. Están formados básicamente por dos partes: una fija usualmente en forma de E, en cuyo centro se instala una bobina, y una parte móvil llamada armadura. Cuando se aplica una diferencia de potencial en las terminales de la bobina, la corriente que circula por ella produce un campo magnético que hace que la parte fija atraiga la armadura. Al moverse esta cierra o abre sus contactos (Fig4.27).

POSICIONES DE FUNCIONAMIENTO:

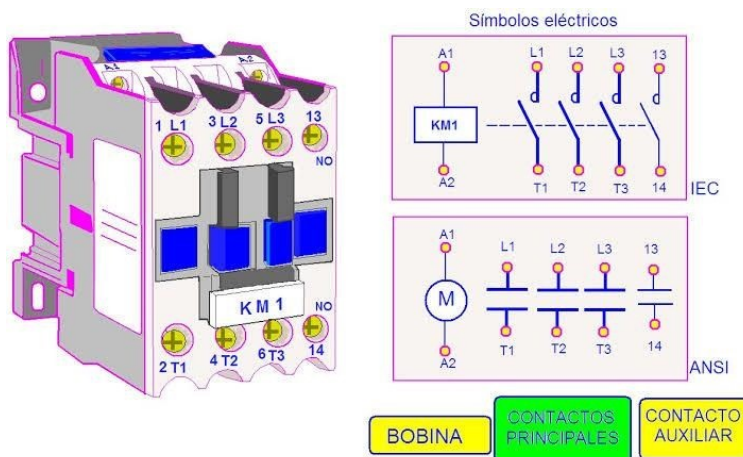


Figura 3.27: Contactor símbolo, contactos y accionamientos.
[12]

***Una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando.**

***Otra inestable, cuando actúa dicha acción.** (Este tipo de funcionamiento se llama de “todo o nada.”)

CLASIFICACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTOR

Contactores electromagnéticos: Su accionamiento se realiza a través de un electroimán.

Contactores electromecánicos: Se accionan con ayuda de medios mecánicos.

Contactores neumáticos: Se accionan mediante la presión de un gas.

Contactores hidráulicos: Se accionan por la presión de un líquido.

FUNCIONAMIENTO

A los contactos principales se conecta el circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente, será bipolar, tripolar, tetra polar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías. Los contactos auxiliares son de dos clases abiertos y cerrados. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las auto alimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo. Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactor principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos el circuito entre la red y el receptor (Fig.4.28)

Este arrastre o desplazamiento puede ser:

*Por rotación, pivote sobre su eje.

*Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.

Combinación de movimientos, rotación y traslación.

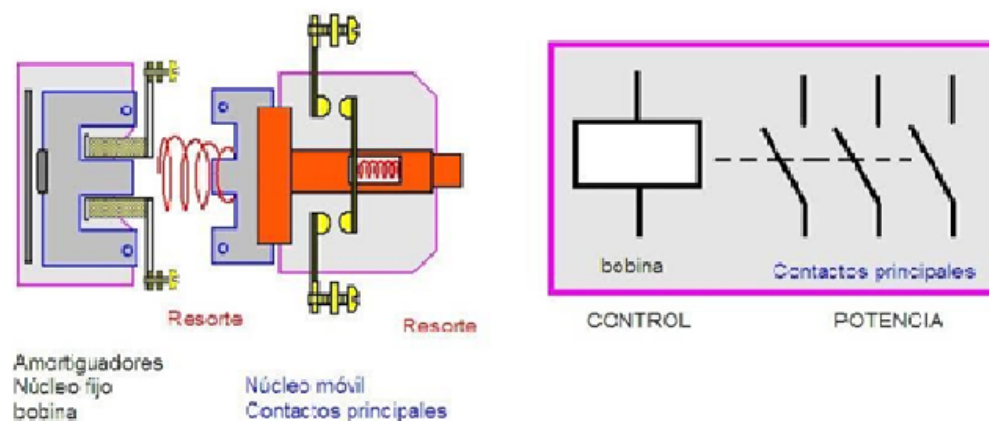


Figura 3.28: Imagen de las partes internas del contactor, y su símbolo para su diagramación en fuerza y control.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil.

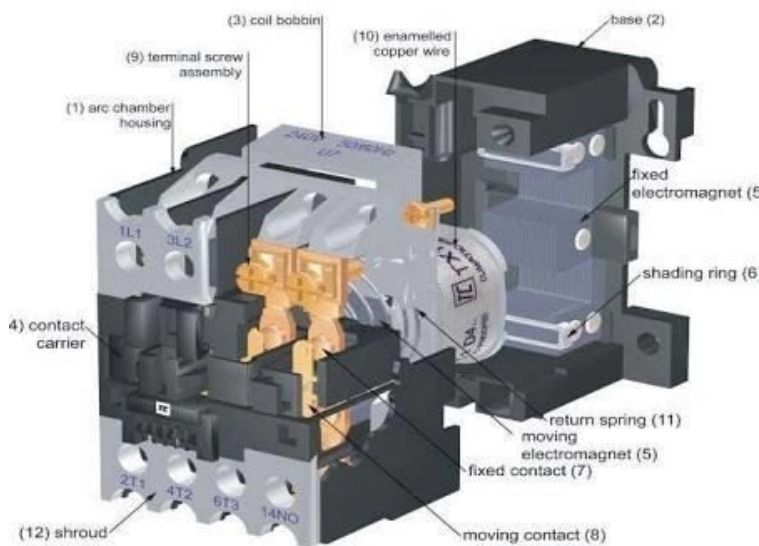


Figura 3.29: Partes y constitución de un contactor industrial común.
[4]

La bobina está concebida para resistir los choques mecánicos provocados por el cierre y la apertura de los contactos y los choques electromagnéticos debidos al paso de la corriente por sus espiras, con el fin de reducir los choques mecánicos de la bobina o circuito magnético, a veces los dos se montan sobre amortiguadores(Fig.4.29)

ENCLAVAMIENTO ELÉCTRICO

Cuando se acciona el pulsador de marcha, se activa el contactor y se cierran los contactos, encendiendo la lámpara. Al soltar el pulsador, la bobina será energizada de manera permanente por el contacto NO, conectado en paralelo con el pulsador de marcha (Fig.4.30).

TIPOS DE CONTACTOS EN LOS CONTACTORES:

Contactos principales: Los contactos principales de un contactor se identifican por números de una sola cifra (1- 2, 3 - 4, 5 - 6, 7- 8) (Fig.4.31).

Los contactos auxiliares. Pueden ser normalmente abiertos (NO) y Normalmente cerrados (NC); y la norma IEC establece su identificación por números de dos cifras: La primera cifra identifica el número orden de cada contacto y la segunda cifra el tipo de contacto, (3-4) para contactos normalmente abiertos (Fig.4.32) y (1-2) para contactos normalmente cerrados (Fig.33). En las imágenes (Fig.4.34,4.35), se muestran los símbolos y números de asignación según la norma IEC de los contactos y bobinas de un contactor.

CALCULO DEL CONTACTOR.

Hay dos criterios que debemos tener en cuenta a la hora de elegir un contactor, uno es la aplicación y el otro criterio es en base a la corriente. Para seleccionar un contactor eléctrico de acuerdo con su aplicación, debemos atender a dos conceptos fundamentales: la vida útil de sus contactos y la categoría del empleo deseado. La vida útil de los contactos es el tiempo en función del número de maniobras que efectúa el contactor, durante el cual los contactos conservan las condiciones mínimas de funcionamiento. En los de corriente alterna, depende de la corriente de conexión y de si las cargas son de tipo óhmico o inductivo; normalmente suelen ser de un millón de maniobras, pero dependerá siempre de la marca empleada. Los fabricantes nos ofrecen en sus catálogos las características propias de cada uno de ellos.

CATEGORÍA DE EMPLEO DEL CONTACTOR

La categoría de empleo es una forma de relacionar cada tipo de contactor con la aplicación más adecuada para la cual ha sido diseñado, puesto que no tiene nada que ver un contactor destinado a controlar un motor de corriente alterna, con otro destinado a un motor de

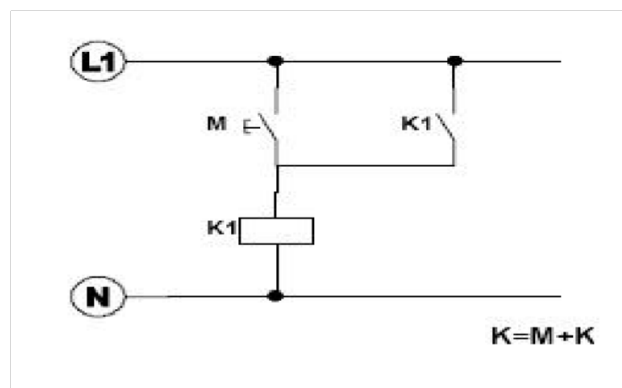


Figura 3.30: Esquema para enclavamiento eléctrico.

[4]

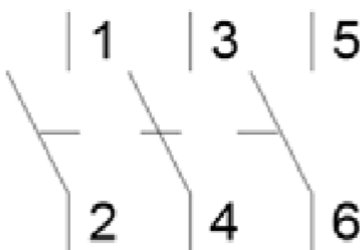


Figura 3.31: Contactos principales de un contactor.
[4]

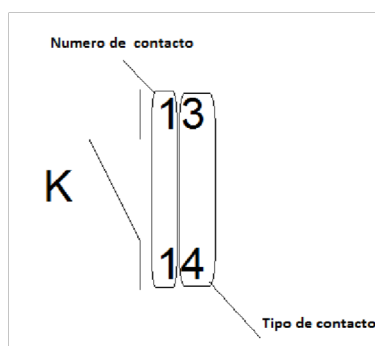


Figura 3.32: Cifras de identificación de un contacto
[4]

corriente continua. La norma iec es la que regula gran parte de los contactores que se encuentran en el mercado, Según la norma se asigna un código el cual viene establecido en el contactor (Fig.4.35). La categoría de empleo tiene en cuenta el valor de las corrientes que el contactor debe establecer o cortar durante las maniobras en carga. La categoría de empleo de un contactor depende de: La naturaleza del circuito controlado: motor de jaula, de anillos, resistencias de calefacción, alumbrado, etc. Las condiciones en las cuales se efectúan los cortes: motor lanzado o en reposo.

LAS CATEGORÍAS MÁS USUALES PARA CORRIENTE ALTERNAN SON LAS SIGUIENTES:

CATEGORÍA AC1: Para cargas no inductivas o ligeramente inductivas, se aplica a todos los aparatos de utilización en corriente alterna donde el factor de potencia sea, al menos, igual a 0,95. Aplicaciones usuales tales como: receptores de calefacción y líneas de distribución.

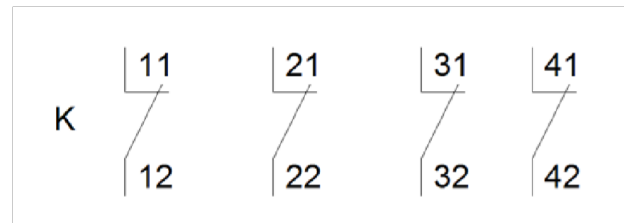


Figura 3.33: Bobinas principales del contactor.
[4]

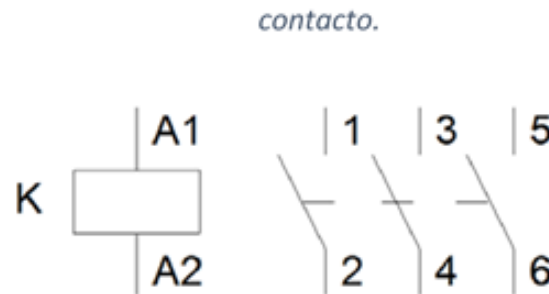


Figura 3.34: Símbolo eléctrico de contactor y bobina.
[4]

CATEGORÍA AC2: Esta categoría se refiere al arranque al frenado contracorriente, así como a la marcha por impulsos de los motores de anillos $\text{Cos } q \geq 0,3$ a $0,7$. Al cierre el contactor establece la corriente de arranque cerca de dos veces la intensidad nominal del motor. A la apertura debe cortar la corriente nominal con una tensión inferior o igual a la tensión de la red, tensión tanto más elevada cuanto más débil es la velocidad del motor, con lo cual la fuerza contraelectromotriz es poco elevada.

CATEGORÍA AC3: Es la más común de las categorías, se refiere a los motores de jaula cuyo corte se efectúa a motor lanzado. Al cierre, el contactor establece la corriente de arranque, que es de 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor. A la apertura, corta la corriente nominal absorbida por el motor; en este momento, la tensión en los bornes de sus polos es igualmente del orden del 20 Aplicaciones usuales tales como: todos los motores de jaula de ardilla corrientes, ascensores, escaleras mecánicas, compresores, etc.

CATEGORÍA AC4: Esta categoría se refiere al arranque, al frenado por contra-corriente y a la marcha por impulsos de los motores de jaula. Al cierre, el contactor establece la corriente de arranque, que es de 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor. A la apertura, corta esa misma intensidad nominal a una tensión tanto más elevada cuanto más débil es la velocidad

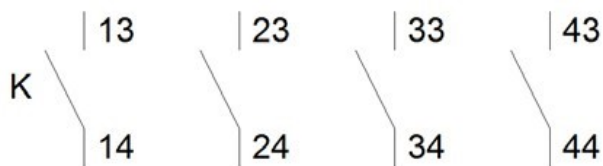


Figura 3.35: Contactos no Auxiliares abiertos.
[4]

del motor. Esta tensión puede ser igual a la de la red. En la tabla del inciso A) del apéndice muestra la tabla de las categorías de la norma IEC-60947-14.

CÁLCULO DEL CONTACTOR EN BASE A LA CORRIENTE.

Para esto debemos de contemplar la información proporcionada por el fabricante la cual viene indicada en una placa generalmente metálica del motor (Fig.4.12).

- Potencia nominal: Kw / HP
- Velocidad del rotor: RPM.
- Tensión nominal en estrella / triángulo: v
- Intensidad nominal en estrella / triángulo: A
- Factor de potencia: $\cos\theta$
- Frecuencia de operación: Hertz
- Grado de protección: IP
- Norma de construcción: IEC

RELÉS TÉRMICOS

Definición Los relés térmicos o relés térmicos de sobrecarga son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas (Fig.39 y40.). Se pueden utilizar en corriente alterna o continua.

Este dispositivo de protección garantiza:

- Optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas.
- La continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.
- Volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad para los posibles equipos.



Figura 3.36: Relevador de sobrecarga
[10]

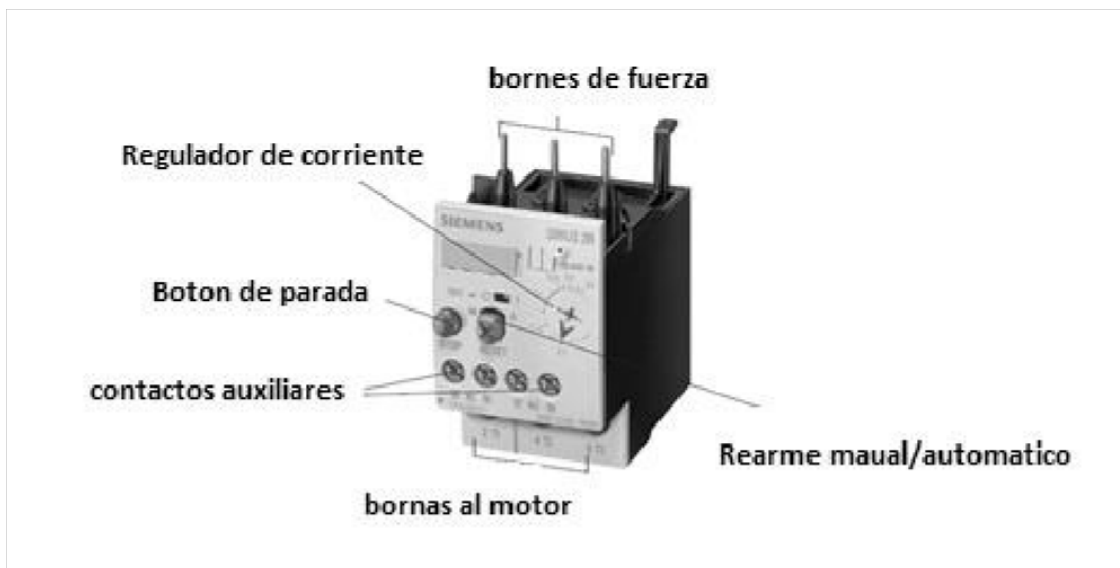


Figura 3.37: Partes de un relevador de sobrecarga
[9]

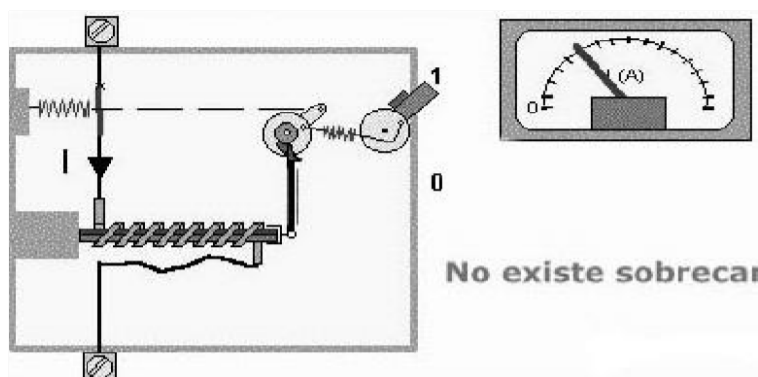
Principio de funcionamiento

Figura 3.38: .Disparo de la protección de un relevador de sobrecarga, cuando no hay sobrecarga.
[8]

El elemento fundamental de un relé térmico lo constituye una lámina bimetálica. Esta está compuesta, como lo dice su nombre, por dos láminas de diferentes metales que están unidas mediante soldadura o remachado. Generalmente, estas placas están fabricadas una aleación de hierro y níquel, y de latón. Este sistema basa su funcionamiento en la dilatación específica de cada metal cuando es calentado. Si se calientan láminas de iguales metales, su deformación (alargamiento) será el mismo para ambas. (Fig.4.41.)

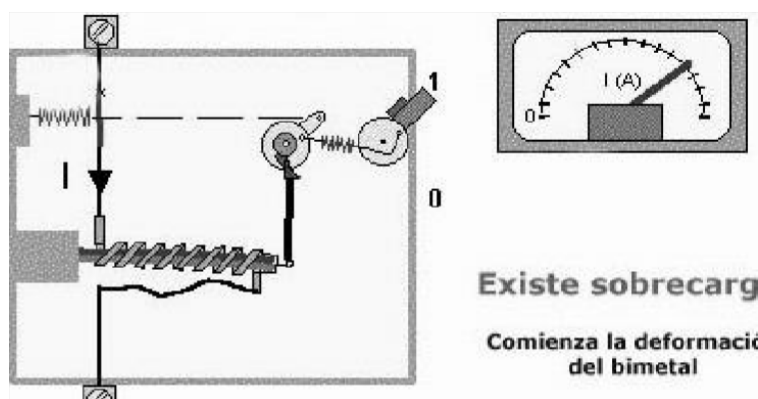


Figura 3.39: .Disparo de la protección de un relevador de sobrecarga, cuando hay sobrecarga.
[8]

Los relés térmicos se utilizan para proteger los motores de las sobrecargas, pero durante la fase de arranque deben permitir que pase la sobrecarga temporal que provoca el pico de corriente y activarse únicamente si dicho pico, es decir la duración del arranque resulta excesiva

NORMATIVIDAD DE SOBRECARGA

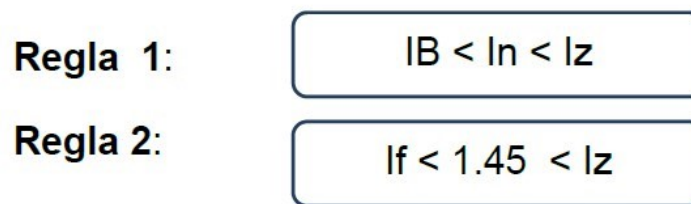


Figura 3.40: Reglas de la norma IEC-364
[8]

La norma IEC-364 establece que los circuitos de una instalación (salvo algunas excepciones) deben estar provistas de un equipo de protección adecuado, para interrumpir la corriente de sobrecarga antes de que provoque un calentamiento excesivo que dañe el aislamiento del cable o el equipo conectado en el circuito.

- I_B = Corriente demandada por la carga del circuito.
- I_n = Corriente nominal del interruptor.
- I_z = Capacidad de conducción de corriente del cable.
- I_f = Corriente convencional de disparo del interruptor automático.

CLASES DE DISPARO EN RELÉ TÉRMICOS	
CLASE 10	Válido para todas las aplicaciones corrientes con una duración de arranque inferior a 10 segundos
CLASE 20	Admite arranques de hasta 20 segundos de duración
CLASE 30	Para arranques con un máximo de 30 segundos de duración

Figura 3.41: Clases de disparo de un relé térmico.
[6]

Clases de disparo. Los relés térmicos se utilizan para proteger los motores de las sobrecargas, pero durante la fase de arranque deben permitir que pase la sobrecarga temporal que provoca el pico de corriente, y activarse únicamente si dicho pico, es decir la duración del arranque, resulta excesivamente larga. La duración del arranque normal del motor es distinta para cada aplicación; puede ser de tan sólo unos segundos (arranquen vacío, bajo par resistente de la

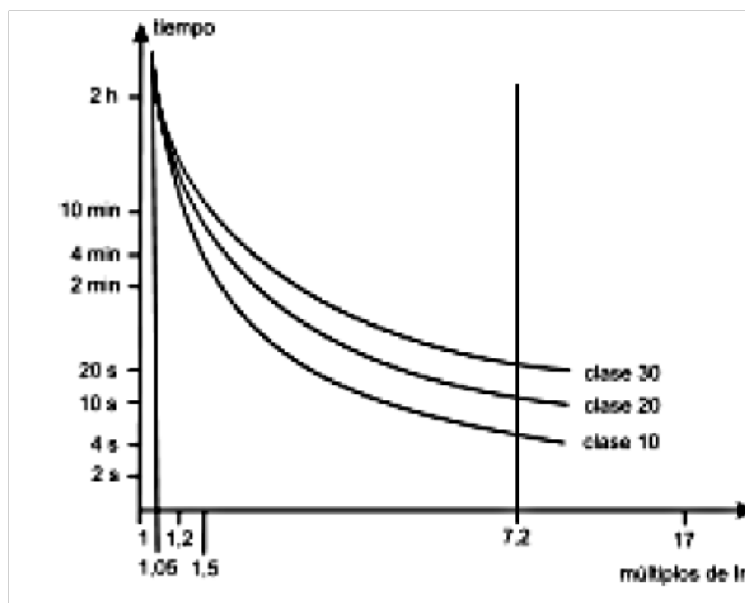


Figura 3.42: Curvas de disparo en relación al tiempo y la corriente.
[8]

máquina arrastrada, etc.) o de varias decenas de segundos (máquina arrastrada con mucha inercia), por lo que es necesario contar con relés adaptados a la duración de arranque. La norma IEC 947- 4 -1-1 responde a esta necesidad definiendo tres tipos de disparo para los relés de protección térmica (Fig.42 y 43.)

Elección de un relé térmico

Elección del relé térmico. Para la elección de este mecanismo hay que tener en cuenta el tiempo máximo que puede soportar una sobre intensidad no admisible y asegurarnos de que la intensidad del receptor esté comprendida dentro del margen de regulación de la intensidad del relé (Fig.44). Una vez instalado se debe regular (ruleta de intensidad) a la Intensidad Nominal del motor (I_n) para el arranque directo. Esta intensidad viene indicada en la placa de características del motor.

3.4. DIAGRAMAS Y SIMBOLOGÍAS PRINCIPALES PARA LA CONEXIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS.

3.4.1. SIMBOLOGÍA

Los símbolos tienen un significado convencional normativa y simplifican la representación gráfica de un elemento eléctrico, dispositivo o máquina. En la mayoría de las aplicaciones de

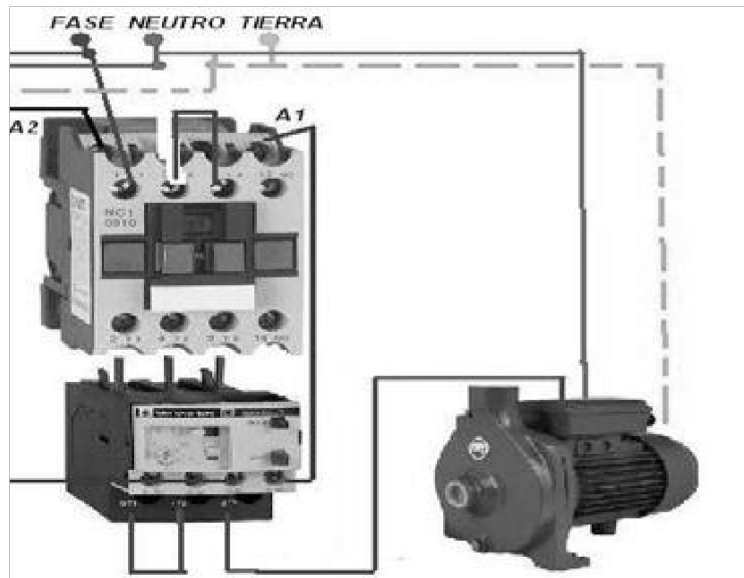


Figura 3.43: Contactor, relevador de sobrecarga y motor (conexión).
[9]

la electricidad, la simbología es utilizada como un lenguaje de expresión.

Simbología generalidades y principales tipos de simbología eléctrica.

Simbología eléctrica

La simbología eléctrica es la representación gráfica de cables, conexiones, dispositivos, instrumentos y otros elementos, que componen un circuito de energía eléctrica, este circuito puede ser un circuito de control, o un proceso de producción industrial, o una instalación eléctrica.

Simbología Convencional

Debido a que los símbolos toman su significado y forma convencionalmente, es necesario hacer distinción entre la simbología que se nomenclatura por la principal normatividad mundial.

Entre ellas podemos distinguir:

- -DIN1980: Norma Industrial alemana
- -ANSI: Instituto de Normalización Nacional de los E.E.U.U

- -IEC: Comisión Electrotécnica Internacional.

Dentro de los esquemas de circuitos eléctricos, un aspecto muy importante de las normas es el de conseguir dar una información suficiente, clara y sencilla, de criterios constantes y contrastada por personas competentes y responsables, y que permita un rápido intercambio de información obteniendo una comprensión unívoca del concepto y terminología. Con la normalización de los símbolos empleados en electrotecnia se crea un nuevo sistema de comunicación que constituye un idioma gráfico a nivel nacional e internacional. En el inciso B del apéndice se muestran las tablas de símbolos gráficos más usuales utilizados en electrotecnia. En cada tabla están los símbolos según las normas IEC, DIN, ANSI, y se les ha dado el significado unívoco mediante una definición concreta y lo más clara posible.

3.4.2. DIAGRAMAS DEFINICIÓN Y GENERALIDADES

El diagrama es el lenguaje escrito de los circuitos eléctricos en él se conjuntan diversos símbolos que determinan su disposición y conexión, pudiendo tomar diferentes formas para resolver diferentes tipos de necesidades. El propósito de un diagrama eléctrico es mostrar la localización de todas y cada una de las partes que componen el sistema. Cuando se trabaja con un sistema eléctrico es fundamental adquirir ciertos conocimientos para leer diagramas basados en diversos símbolos que determinan los elementos utilizados en los sistemas eléctricos, por lo tanto es prioritario conocer la simbología de dichos dispositivos.

Existen diversos tipos de diagramas relacionados con el equipo eléctrico, como son:

Diagrama de bloques, Diagrama de conexiones, Diagrama de disposición, Diagramas Isométricos, Diagrama alumbrado etc.

Sin embargo los circuitos de control se muestran de la siguiente manera:

-Diagrama de bloques Diagrama de conexiones, Diagrama alumbrado, Diagrama de disposición, Diagramas Isométricos, Diagramas de construcción etc.

Por efectos de aplicación y de objetivos describiremos los siguientes:

- A) Diagrama de bloques
- B) Diagrama general de conexiones.

- C) Diagrama de haces.
- D) Diagrama lineal o de escalera.

A) Diagrama de bloques

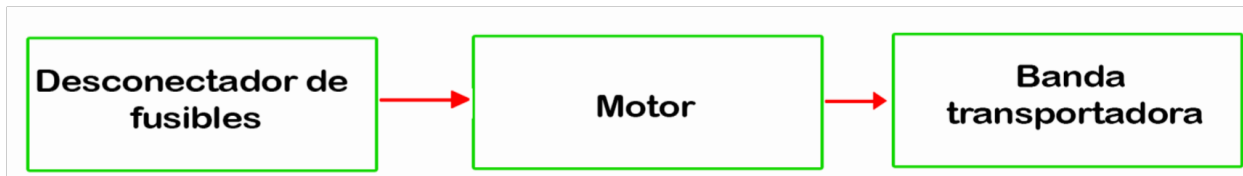


Figura 3.44: Diagrama de bloques de una banda transportadora, motor y accionado de fusibles [3]

Este diagrama está constituido por bloques rectangulares, dentro de los cuales se describe en forma general la función de cada uno de ellos. Los bloques son conectados entre sí, por una flecha que indica la dirección o secuencia de cada uno de los bloques. La figura se muestra un diagrama elemental de bloques de un circuito típico de control (Fig.45).

B) Diagrama general de conexiones.

Este tipo de diagrama se elabora dibujando los símbolos del equipo utilizado distribuido en la misma forma en que se encuentran físicamente, es decir las fases, las terminales, bobinas, motores y otros componentes que se muestran en la posición real que tienen en la instalación. Su mayor ventaja es que ayuda identificar los componentes y cableado del control. Este tipo de diagrama es usado cuando se alambra el sistema o si se quiere seguir el circuito físico para encontrar alguna falla. (Fig.46).

C) Diagrama lineal o esquemático

El diagrama lineal está orientado a mostrar la parte de los circuitos que es necesaria para la operación del controlador, su mayor ventaja es que muestra el circuito de control en la secuencia eléctrica apropiada. Cada componente se representa en el lugar preciso del circuito eléctrico sin importar la localización física. Este tipo de diagramas requieren mucho menor tiempo para su trazado, además permiten entender fácilmente la operación del circuito debido a que muestra la lógica de operación de control en su forma más simple. Dentro del

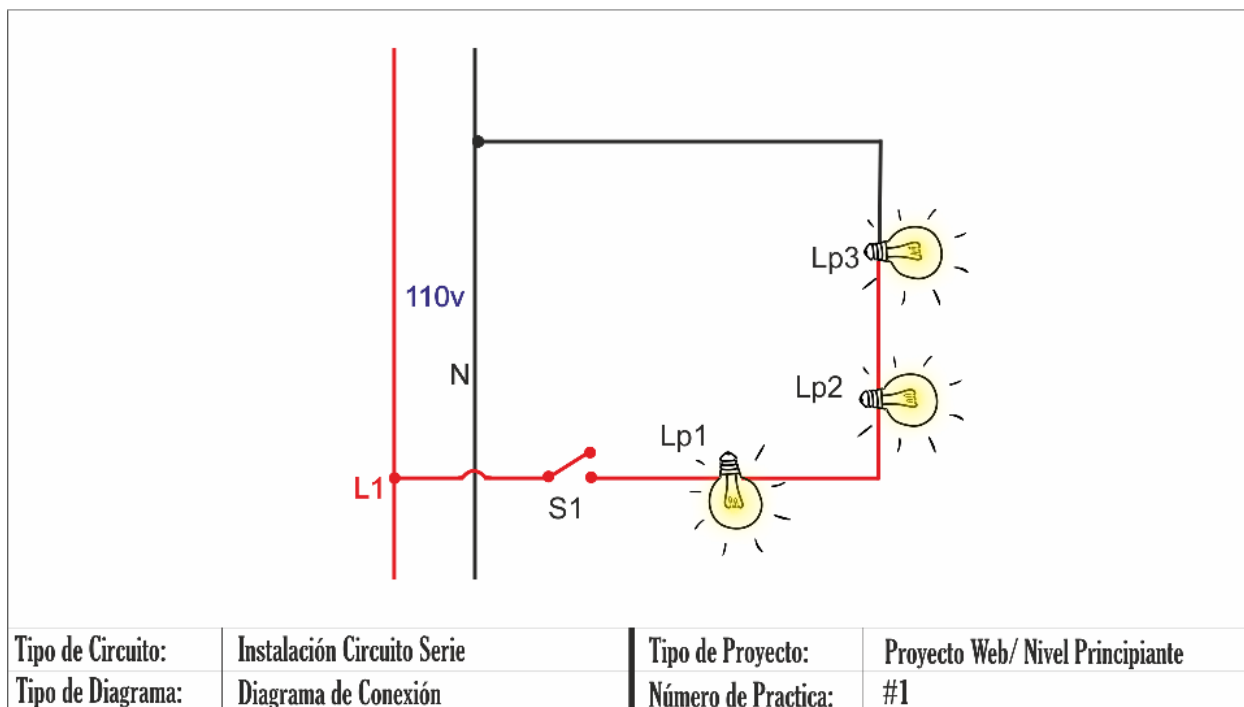


Figura 3.45: Diagrama de conexiones de 3 focos con un apagador.

[8]

diagrama lineal se encuentran los circuitos de control y de carga este último también conocido como de fuerza. El circuito de control indica las operaciones secuenciales que se realizan para controlar el sistema, sus principales características son: -Emplea dos líneas paralelas verticales que representan los puntos de diferencia de potencial, estas líneas verticales se unen con líneas horizontales en las cuales se dibuja la simbología correspondiente a los dispositivos empleados. Las líneas horizontales se enumeran de arriba abajo escribiéndose a un lado de la línea vertical izquierda el número que le corresponde. -Los elementos pertenecientes a un mismo dispositivo, tienen la misma abreviatura característica de que va precedida el aparato que la acciona; además para la mayor identificación, a un lado de la línea vertical derecha y a la misma altura de la línea horizontal en que se encuentran localizados los aparatos “accionadores”, se indica el número de la línea en que tienen los elementos. -Se acostumbra a representar los circuitos sin funcionar, de tal manera que se visualicen las señales necesarias para la operación de los dispositivos, por ejemplo todos los contactos se dibujan en posición normal. Complementariamente al circuito de control en el diagrama lineal debe esquematizarse el diagrama de carga, donde se muestra la alimentación y sus protecciones (Fig.47).

D) Diagrama de haces

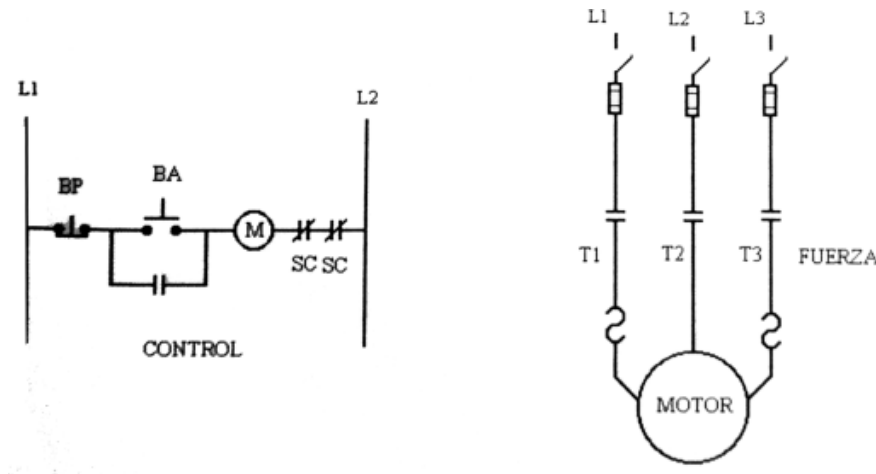


Figura 3.46: Diagrama lineal o de escalera para un motor trifásico, controlado desde una estación de botones.

[12]

Este diagrama es una extensión del anterior solo que ahora en lugar de unir los diferentes elementos y dispositivos, como contactos y bobinas, uno a uno a través de líneas independientes, se utiliza un az de hilos numerados y rotulados con una línea que va de dispositivo a dispositivo. En la (fig.48) se muestra un diagrama de haces de un arrancador de un motor jaula de ardilla y su botonera.

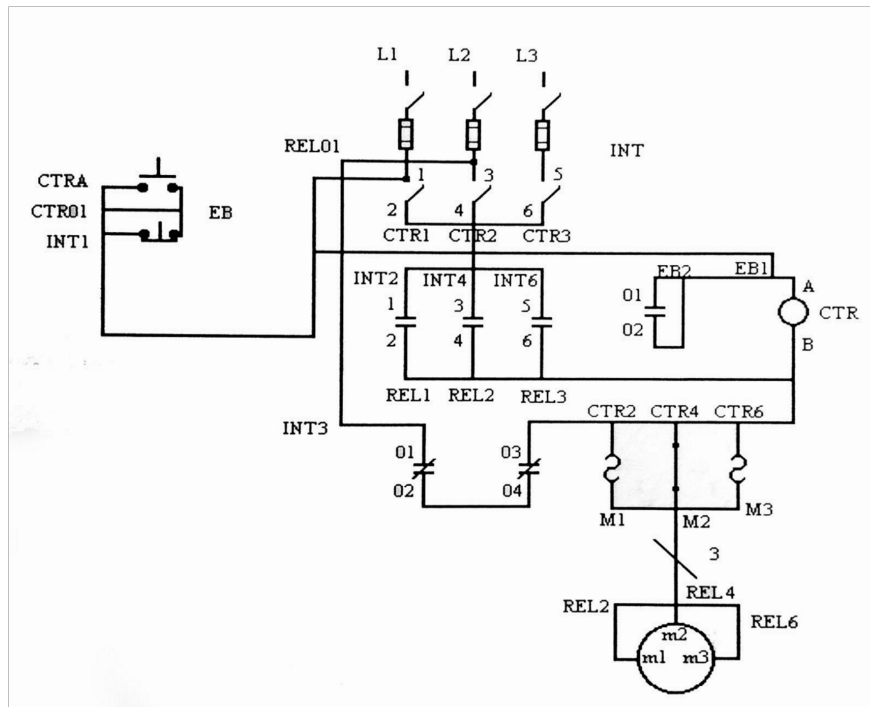


Figura 3.47: Diagrama de haces de un arrancador de un motor jaula de ardilla, controlado desde una estación de botones.

[12]

Capítulo 4

OBJETIVOS

GENERAL

Ingeniería mediante el diseño, construcción e implementación de un sistema reversible y un sistema de control adecuado al funcionamiento y operación de dicha banda para la mejora de las prácticas dentro del laboratorio de Ingeniería Industrial.

ESPECÍFICOS

- Automatización en el sistema de la banda del LIME III de Ingeniería Industrial.
- Desarrollo de un sistema reversible.
- Diseño e implementación de un controlador para el sistema reversible de la banda transportadora del LIME III en la FESC-4 UNAM

Capítulo 5

METODOLOGÍA

Fuentes y tipos de investigación.

Para el inicio del proyecto en la tesis, (AUTOMATIZACIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA, EN EL LIME III DE INGENIERIA INDUSTRIAL EN LA FESC-4 UNAM) se realizó una investigación en el LIME III, posteriormente se identificaron las necesidades, expectativas y objetivos en alumnos de ingeniería de la FESC-4 para desarrollar un sistema de automatización reversible funcional que permita realizar simulaciones reales.

Se verificó el sistema de la banda transportadora identificando el motor, los elementos y la conexión tomando en cuenta las normas de instalación eléctrica y control vigentes.

Con los elementos y las consideraciones pertinentes procedimos a realizar los diagramas de control y fuerza integrando los elementos necesarios para generar el sistema de control reversible.

Implementamos un cuadro comparativo identificando las variables cualitativas y cuantitativas que nos permitieron tomar las decisiones necesarias para el diseño de una solución integral en la automatización de dicho proyecto de tesis.

Para esto nos apoyamos del marco teórico (pág.11) producto de la investigación de diferentes fuentes acerca de tecnologías y elementos disponibles, seleccionados en concordancia a las necesidades y objetivos planteados en el LIME III de la FESC-4 a través de dicho proyecto de tesis.

Metodología del diseño del Proyecto de tesis.

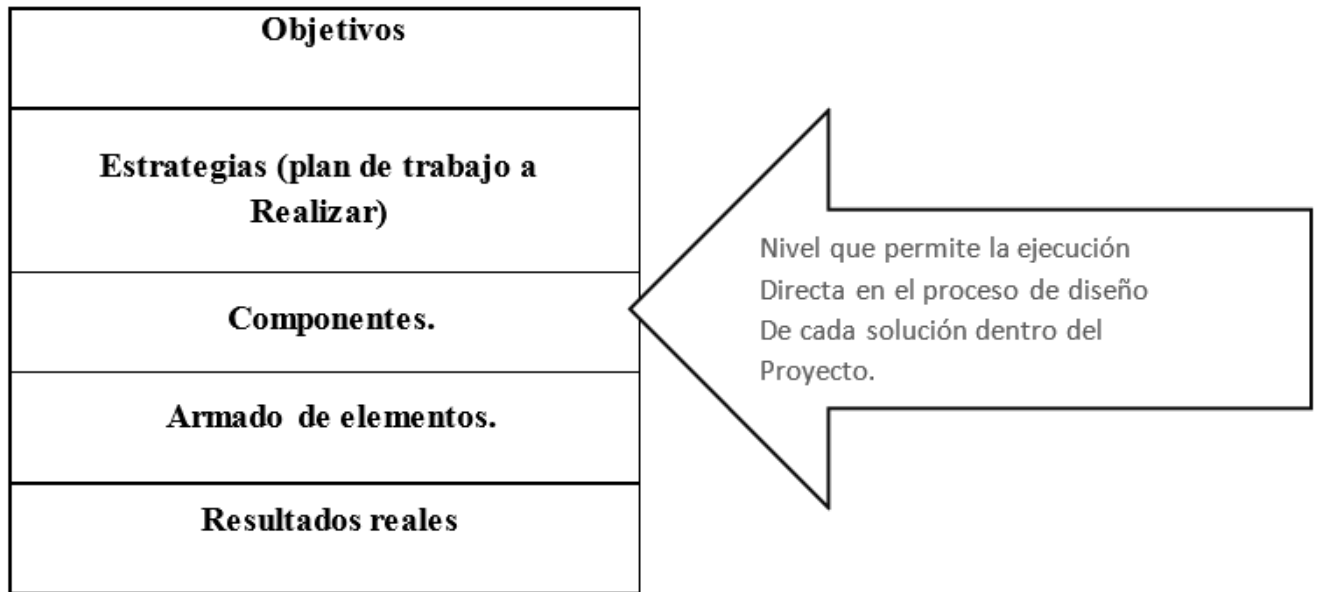


Figura 5.1: Modelo planteado para el proyecto de tesis
[3]

Se pretende analizar y desarrollar cada punto del modelo planteado siendo necesario definir cada uno de sus elementos de tal manera que se tenga una idea clara de cada paso a dar dentro de la tesis.

Objetivos.

- Plantear el diseño.
- El circuito de control.
- Plantear diagramas y conexiones reales del tablero a utilizar.
- Verificar posibles consideraciones para la selección del material a utilizar.
- Verificar cálculos pertinentes así como las gráficas, y normas necesarias para la construcción.

Estrategias.

Llevar a cabo una selección adecuada de las normas y elementos del proyecto a realizar en la presente tesis.

Este modelo que empleamos de sistema de automatización reversible busca la flexibilidad del mismo para facilitar el desarrollo de posibles aplicaciones futuras de innovación con combinaciones de elementos para su mejora y satisfacer una necesidad deseada dentro del ámbito de la ingeniería en la facultad.

Componentes.

1. Dicha banda 10.1 m de longitud con un ancho de 0.80 m.
2. Consta de dos rodillos principales uno en cada extremo de la banda con un radio de 10cm, y ,10 rodillos complementarios con un radio de 6.5cm
3. El material de la banda es de neopreno, los rodillos son de plástico de PVC y los rodillos secundarios son de metal.
4. Cuenta con un motor jaula de ardilla de 370 W.
5. Un reductor de velocidad acoplado desde fábrica.

Para su accionamiento tiene una instalación básica de conexión, cuenta con una protección termomagnética de pastilla y un accionador de cuchillas manual para su arranque.

Planteamiento del proceso visualizar elementos instalados.

1. Motor de 370W
2. Interruptor termomagnético (Protección termomagnético)
3. Interruptor de cuchillas (accionamiento del motor).

Capítulo 6

HIPÓTESIS

Si se instalara un tablero de control entonces se controlará el accionamiento de la banda permitiendo tener un sistema reversible automatizado dentro de la banda transportadora del LIME3 de Ingeniería industrial.

Capítulo 7

RESULTADOS

Los cálculos y resultados pertinentes se muestran a continuación tomando los conocimientos desarrollados a lo largo de nuestra formación académica y los conocimientos adquiridos.

PARÁMETROS DE DISEÑO

Sistema de la banda de transporte descripción y partes que la componen

La banda del LIME 3 de ingeniería tiene una longitud de 10.1 m de longitud con un ancho de 0.80 m. Consta de dos rodillos principales uno en cada extremo de la banda con un radio de 10 cm y 10 rodillos complementarios con un radio de 6.5cm cuya finalidad es que la banda se extienda de manera adecuada y así la transmisión de movimiento por la banda sea lineal y uniforme.

El material de la banda es de neopreno, los rodillos son de plástico de PVC y los rodillos secundarios son de metal.

Esta cuenta con un motor jaula de ardilla de 370 W. El cual genera el par requerido de la banda para arrancar y un reductor de velocidad acoplado desde fábrica.

Para su accionamiento tiene una instalación básica de conexión, cuenta con una protección termo magnético de pastilla y un accionador de cuchillas manual para su arranque.

Vistas del sistema de la banda de transporte (Fig.8.1)

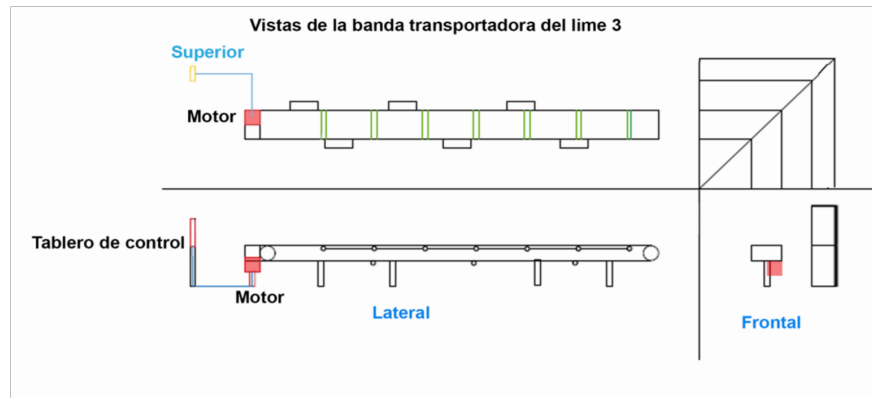


Figura 7.1: Vista superior, lateral y frontal del sistema de la banda de transporte [3]

Elementos con los que cuenta el sistema que se automatizara, en el isométrico se muestran las ubicaciones de los elementos de interés para la presente tesis. (Fig.8.2):

1. Motor de 370W
2. Interruptor termomagnético (Protección termomagnético)
3. Interruptor de cuchillas (accionamiento del motor).

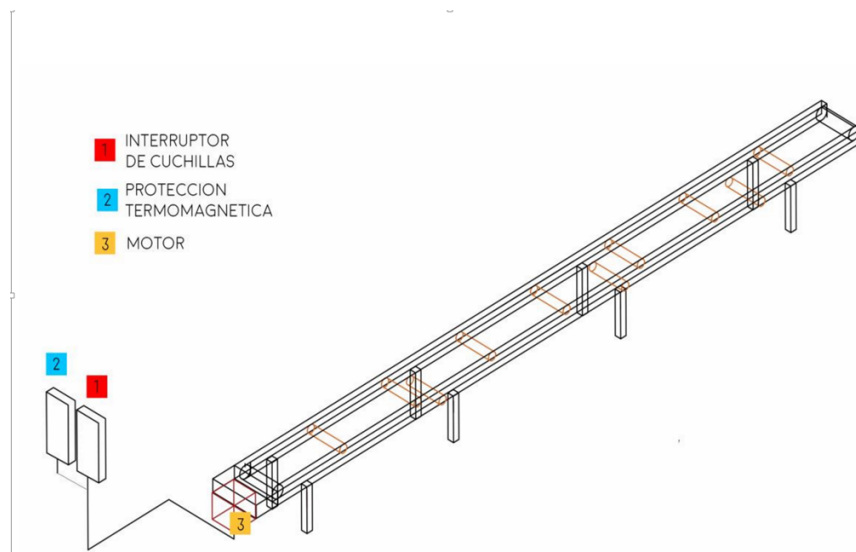


Figura 7.2: Visualización de Elementos Instalados [3]

AUTOMATIZACIÓN DE LA BANDA.

Aspectos a cubrir del sistema en la banda del lime III de ingeniería industrial para automatizarla:

- A) Generar el sistema reversible en la banda, mediante el cambio de giro o cambio de polaridad del motor con el que contamos.
- B) Generar, diseñar e implementar un “tablero de control” para el manejo y control adecuado de dicha banda, contando con las normas de seguridad establecidas mexicanas o mundiales sobre el control de dispositivos electromecánicos (IEC, IEM, NEMA etc.)

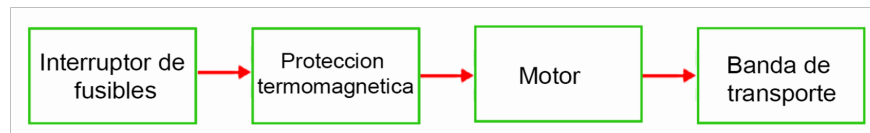


Figura 7.3: Diagrama de bloques del sistema sin automatizar [3]

Diagrama de bloques del sistema sin tablero de control (Fig.8.3):

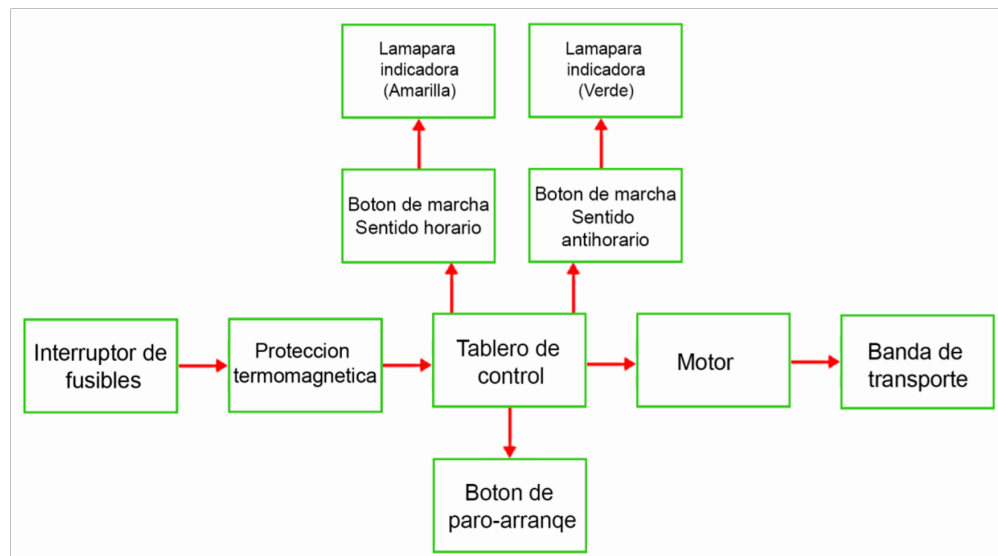


Figura 7.4: Diagrama de bloques automatizado y con sistema reversible. [3]

Diagrama de bloques del sistema automatizado (Fig.8.4).

SISTEMA REVERSIBLE:**Información del motor:**

Tipo de motor: Jaula de ardilla. η (Eficiencia)=67.8%

Tipo de Conexión: Estrella FS=1.15

V	Hz	kW	CP	r/min	A	<u>Fp</u>	AFS
440- Y	60	0.37	0.50	1700	1.0	0.74	1.0
220- Y//	60	0.37	0.50	1700	1.9	0.74	2.0

Figura 7.5: Tabla que contiene los datos de la placa de información del motor del sistema de la banda.

[3]

El sistema de la banda de transporte será reversible mediante el cambio de polaridad o fase del motor, esto se logra cambiando dos de las fases del sistema trifásico. El diagrama de fuerza (fig.8.6) y la caja de conexiones muestran el cambio que se realizó.

Factores que justifican el tipo de sistema que se implementó:

- A) La baja potencia del motor (menor a 5 hp).
- B) La conexión es directamente a la red. electromecánicos (IEC, IEM, NEMA etc.)
- C) El tipo de arranque (a tensión plena).

SISTEMA DE CONTROL**Consideraciones particulares:**

Un tablero y un sistema de control eléctrico varía según el tipo de dispositivos o procesos que debe controlar, en este caso son necesarias las condiciones para generar el sistema reversible y también garantizar la seguridad tanto del operario como de los elementos que controla que son la red de alimentación, el motor y la instalación eléctrica particular, según las normas aplicables vigentes sobre la instalación de motores.

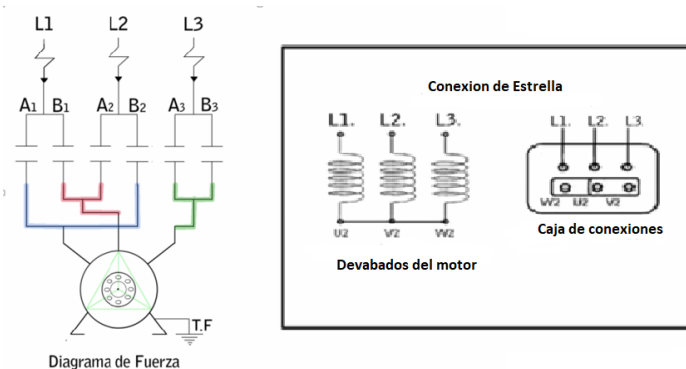


Figura 7.6: Diagrama de fuerza del cambio de polaridad de un motor y conexión en estrella del mismo

[6]

El sistema de control debe cumplir los siguientes puntos, y contar con los siguientes elementos:

A) Accionamientos manuales (Fig.8.7):

- Pulsadores de accionamiento, sentido horario y anti horario, con sus respectivas lámparas indicadoras.
- Pulsador de paro Manual (abrir el circuito).
- Botón de paro de emergencia.

B) Sistemas de control y protección semiautomático (Fig.8.7):

- Contactor (control del accionamiento y sistema reversible).
- Disyuntor (Protección termo magnética del circuito).
- Relé térmico (Protección contra sobrecargas).
- Contactores auxiliares, que evitan cortocircuito al accionar los dos pulsadores a la vez (enclavamiento por contacto auxiliar).

En la fig. (8.8 y 8.9), se muestran la simbología y las nomenclaturas respectivamente utilizadas en el diagrama de Fuerza y control.

CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL CONTACTOR, DISYUNTOR Y RELEVADOR DE SOBRECARGA.

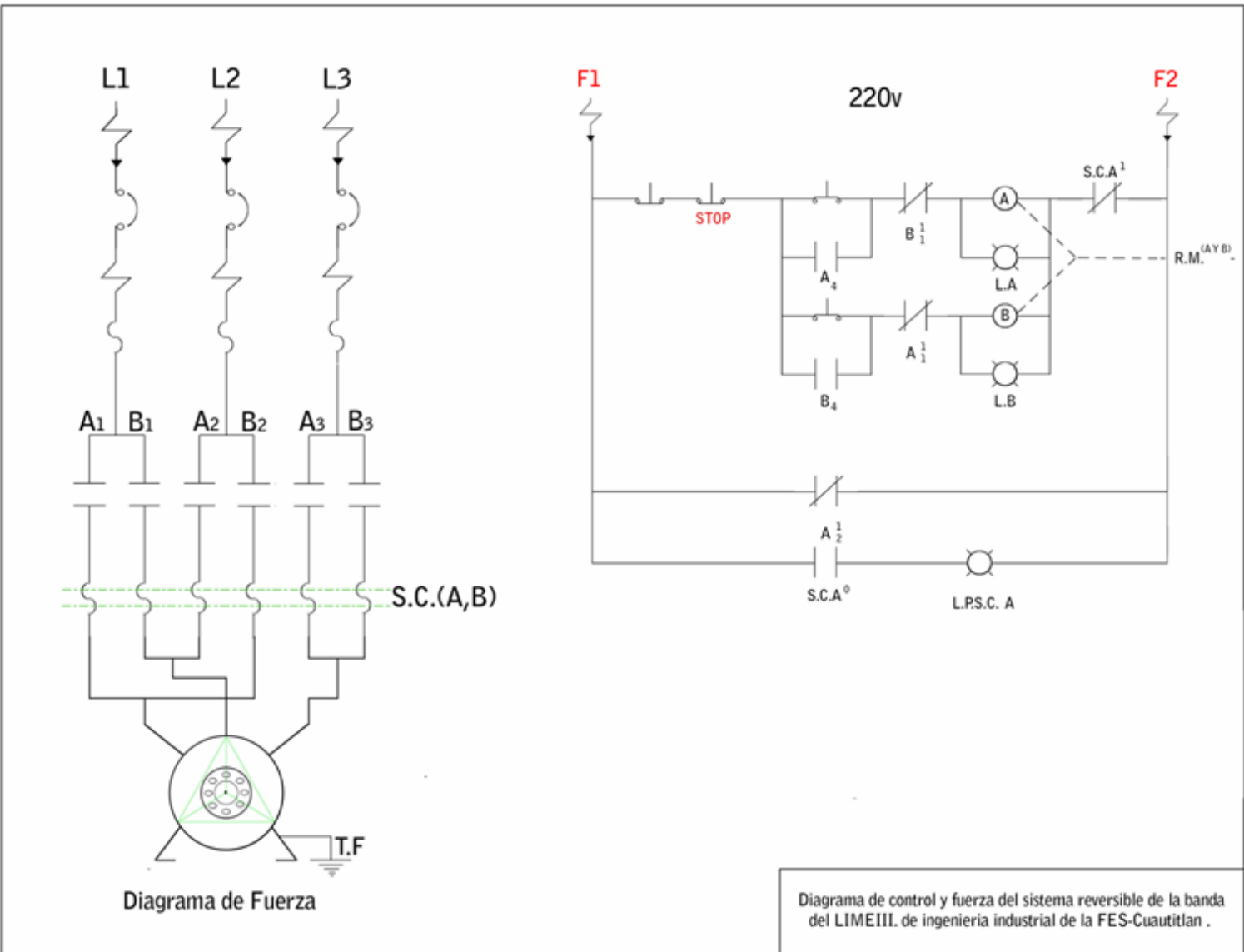


Figura 7.7: Diagrama de control y fuerza del sistema automatizado con todos sus elementos [3]












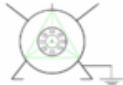

Simbología.	Descripción.
	Alimentación
	Interruptor <u>termomagnético</u> .
	Botón pulsador , momentáneo, normalmente cerrado
	Botón pulsador, momentáneo, Normalmente abierto.
	Botón normalmente cerrado manual paro de emergencia
	Bobina del contactor.
	Contacto normalmente cerrado (Control Y sobrecarga).
	Contacto normalmente abierto (Principal, control y sobrecarga).
	Relevador de sobrecarga.
	Lámpara indicadora.
	Rotor tipo jaula de ardilla.
	Motor trifásico con rotor tipo jaula de Ardilla, conexión estrella o delta
	Botón normalmente cerrado manual de paro de emergencia

Figura 7.8: Tabla que contiene las simbologías y su significado dentro del plano.

[3]

Nomenclatura	Descripción
L1-L2-L3	Alimentación.
F1-F2	Fases.
A-B	Designación de contactos (A-B)
R. M (A y B)	Restricción mecánica entre contactores (A-B)
(A1) - (B1) [A- B] (1,2,3,4)	Contactores principales normalmente abiertos, contactores(A-B)
(A1'-B1') - (A2' - B2')	Contactores auxiliares No.1 y 2, <u>normalmente</u> cerrados. Contactores (A-B)
S. C (A ⁰ – B ⁰)	Contactos normalmente abiertos relevador de sobrecarga.
S. C (A ¹ – B ¹)	Contactos normalmente cerrados relevador de sobrecarga.
(L.A) - (L.B)	Lámparas de activación contactores (A-B)
(L.P.S.C.A)	Lámparas de activación por sobrecarga contactores (A-B)
T.F.	Tierra física.
S.C	Relevador de sobrecarga

Figura 7.9: Tabla que contiene la nomenclatura mostrada en el plano de control y fuerza del sistema automatizado.

[3]

Consideraciones de funcionamiento del motor:

- El tipo de motor utilizado es una jaula de ardilla de 370W, la categoría a la que pertenece es “NEMA B” el arranque es a tensión plena y el tipo de corte es cuando el motor está en marcha.
- El funcionamiento de la banda es intermitente.
- Tiene un reductor de velocidad.

DATOS LA PLACA:**Motor:**

Voltaje: 220 V Para conexión en estrella y triangulo.

Corriente (I): 1.0 para 440 v y 1.9 para 220 v.

Potencia (P): 0.37 KW.

Factor de potencia (Fp): 0.74

Frecuencia de trabajo: 60 Hz

Eficiencia: 67.8 %

Donde:

I= Corriente nominal.

P= Potencia, expresada en W

V= Voltaje

η = Eficiencia

$\sqrt{3}$ = Este valor viene el tipo de alimentación que es trifásica

Reductor:

Potencia= 0.5hp, F. S=2

Rpm entrado= 1750

Rpm de salida= 60

SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL TABLERO DE CONTROL

A) CONTACTOR Y CONTACTOR AUXILIAR.

Al seleccionar el contactor adecuado para el sistema de control del motor debemos tomar en consideración 2 aspectos: la aplicación o categoría de empleo (Según normas de aplicación) y la corriente.

Selección del contactor eléctrico de acuerdo con su aplicación.

Tomaremos a dos conceptos fundamentales: la vida útil de sus contactos y la categoría del empleo deseado.

La categoría de empleo es una forma de relacionar cada tipo de contactor con la aplicación más adecuada para la cual ha sido diseñado, puesto que no tiene nada que ver un contactor destinado a controlar un motor de corriente alterna, con otro destinado a un motor de corriente continua.

La norma IEC es la que regula gran parte de los contactores que se encuentran en el mercado, la norma le asigna un código el cual viene establecido en tablas de contactores el.

Categoría AC3: Es la más común de las categorías, se refiere a los motores de jaula cuyo corte se efectúa a motor lanzado.

Al cierre, el contactor establece la corriente de arranque, que es de 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor. A la apertura, corta la corriente nominal absorbida por el motor; en este momento, la tensión en los bornes de sus polos es igualmente del orden del 20 % de la tensión de la red. Aplicaciones usuales tales como: todos los motores de jaula de ardilla corrientes, ascensores, escaleras mecánicas, compresores, etc.

Para el cálculo del contactor según la corriente tomamos los datos de placa de información del fabricante.

La placa contiene indicados todos los datos necesarios para hacer los cálculos, en caso de no incluir alguno procederíamos a calcularlos mediante la sig. Fórmula:

$$I = \left(\frac{P(W)}{\sqrt{3}(V) * (fP) * (\eta)} \right) \quad (7.1)$$

Selección del contactor eléctrico de acuerdo con su potencia y la corriente.

Toda la energía que entra al motor no va a ser transformada al 100 % en energía mecánica, lógicamente existen pérdidas. Esto es a lo que se refiere el rendimiento que viene expresado en la placa de información del motor, es establecida por el fabricante y se calculada en base a la sig. Formula:

$$\eta = \frac{P_m}{P_e} \quad (7.2)$$

Donde:

P_m= Potencia Mecánica (W).

P_e= Potencia eléctrica.

η = % Eficiencia

Calcularemos la potencia eléctrica que tiene el motor despejando la formula.

$$P_m = 370W; \eta = 67,8\% = ,678 \quad (7.3)$$

$$P_e = \frac{P_m}{\eta} = \frac{370W}{,678} = 545,372W \quad (7.4)$$

En base a esta potencia vamos a calcular la corriente que requiere el motor con la fórmula de potencia para un sistema trifásico y una carga inductiva:

$$P = (\sqrt{3})(V)(I)(\cos\phi) \quad (7.5)$$

$$I = \frac{P}{(\sqrt{3})(V)(I)(\cos\phi)} = \frac{545,372}{(\sqrt{3})(220)(,74)(\cos\phi)} = \frac{545,372}{281,977} = 1,9334Amp \quad (7.6)$$

El contactor que debemos adquirir debe ser superior a 1.933 Imp.

Por lo tanto, el contactor que se requiere para el control del motor es:

Categoría AC-3 según la norma y que soporte $I > 1.933$ A, a 220 V.

El contactor auxiliar será uno de la misma capacidad que la del contactor principal.

B) RELEVADOR DE SOBRECARGA.

Para seleccionar el tipo de relevador de sobrecarga o relé térmico tomaremos dos aspectos:

El rango de corriente que debe soportar y el tiempo de disparo de dicho relé térmico.

Los relés térmicos se utilizan para proteger los motores de las sobrecargas, pero durante la fase de arranque deben permitir que pase la carga temporal que provoca el pico de corriente y activarse únicamente si dicho pico, es decir la duración del arranque es excesivamente larga.

CLASES DE DISPARO EN RELÉ TÉRMICOS	
CLASE 10	Válido para todas las aplicaciones corrientes con una duración de arranque inferior a 10 segundos
CLASE 20	Admite arranques de hasta 20 segundos de duración
CLASE 30	Para arranques con un máximo de 30 segundos de duración

Figura 7.10: Tabla que contiene las clases de disparo en un relé térmico.

[3]

Según la norma IEC 947-4, hay varias clases de disparo dependiendo del tiempo en que estos dispositivos cortaran el suministro para proteger al motor (Fig.8.10).

La clase a la que corresponde es clase 10.

Para ajustar la corriente del contactor tenemos la siguiente formula:

$$I = I_n + (I_{\max} + I_{\min}) (|V|)$$

$$|V| = \frac{(V_{\text{real}} - V_{\text{min}})}{(V_{\text{max}} - V_{\text{min}})} \quad (7.7)$$

Donde:

I= Corriente necesaria para el contactor

I_n= Corriente nominal.

I máx= Corriente máxima que va a consumir el motor del motor.

I mín= Corriente mínima que va a consumir del motor.

| V |= Relación de voltaje.

	1	2	3	4	5	Promedio
$\phi_1 - \phi_2$ (V)	215.7	215.6	215.5	216.1	215.5	215.68
$\phi_1 - \phi_3$ (V)	216.8	216.4	216.9	216.7	216.7	216.7
$\phi_2 - \phi_3$ (V)	215.9	216.1	215.8	215.9	216.0	215.94

Figura 7.11: Tabla de voltajes medidos directamente en los bornes del motor que acciona la banda del LIME 3 del área de ingeniería de la FESC

[5]

Mediciones reales de voltaje del motor:

Voltaje nominal= 220V.

Voltaje real= 215.68 (este dato lo tomamos eliminando el voltaje más bajo y el más alto de la medición)

V mín= No viene indicado en la placa.

V Máx= No viene indicado en la placa.

I_n= Corriente nominal.

I máx.y I mín.= Corriente máxima y mínima a la que trabaja el motor, indicada en la placa de información del motor (Si este dato no se encuentra en la placa se toma el único dato como máximo y el mínimo se ase 0).

Cálculos:

Calcularemos la relación de voltajes en estrella este resultado siempre debe ser positivo:

$$| V | = \frac{(V_{real} - V_{min})}{(V_{max} - V_{min})} \quad (7.8)$$

$$| V | = \frac{(215,68 - 0)}{(220 - 0)} \quad (7.9)$$

La relación de voltajes en estrella es:

$$I_n + (I_{Max} + I_{min}) (| V |)$$

$$I = 1.9 + (1.9 + 0) (0.98) = 3.724A$$

Con este valor podemos dimensionar el relé de sobrecarga, por lo tanto debemos adquirir un relé de sobrecarga bimetálico que cubra el valor 3.724, el más próximo sería hasta 4A.

ELEMENTOS DEL TABLERO Y CONTROL

Tabla de materiales utilizados para el mando de control (fig.8.12)

MONTAJE DE LOS ELEMENTOS

Tablero y pulsadores:

Elementos manuales (Fig.8.13)

Elementos semiautomáticos (Fig.8.14)

Tablero de control simplificado sin nomenclatura, controles manuales y semiautomáticos (fig. 8.15)

unidad	Nombre	Descripción
1	Botón de paro de emergencia	botón de accionamiento y enclavamiento manual trifásico AutonicsS2ER-E4RABD
1	Pulsador led con amarillo	Pulsador con lámpara indicadora incluida amarilla Schneider eléctrica, 220v, XB2BW3361.
1	Pulsador led con verde	Pulsador con lámpara indicadora incluido verde, Schneider electric, 220v, XB2BW3361.
2	Contactador	Contactador de 220VDC, a 4Amp.CategoriaAC-3, andeli CJX2-1210,220V,60HZ, 8A
2	Contactador Aux.	Contactador auxiliar, 2NO y 2NC, ANDELI, F4-22
1	Relevador de sobrecarga	Relevador de sobrecarga Bimetálico DE 0 a 4Amp.
1	Interruptor termomagnético trifásico	Interruptor termomagnético tripolar,220-440v, a 4Amp

Figura 7.12: Tabla que contiene los elementos en sistema de control reversible.

[3]

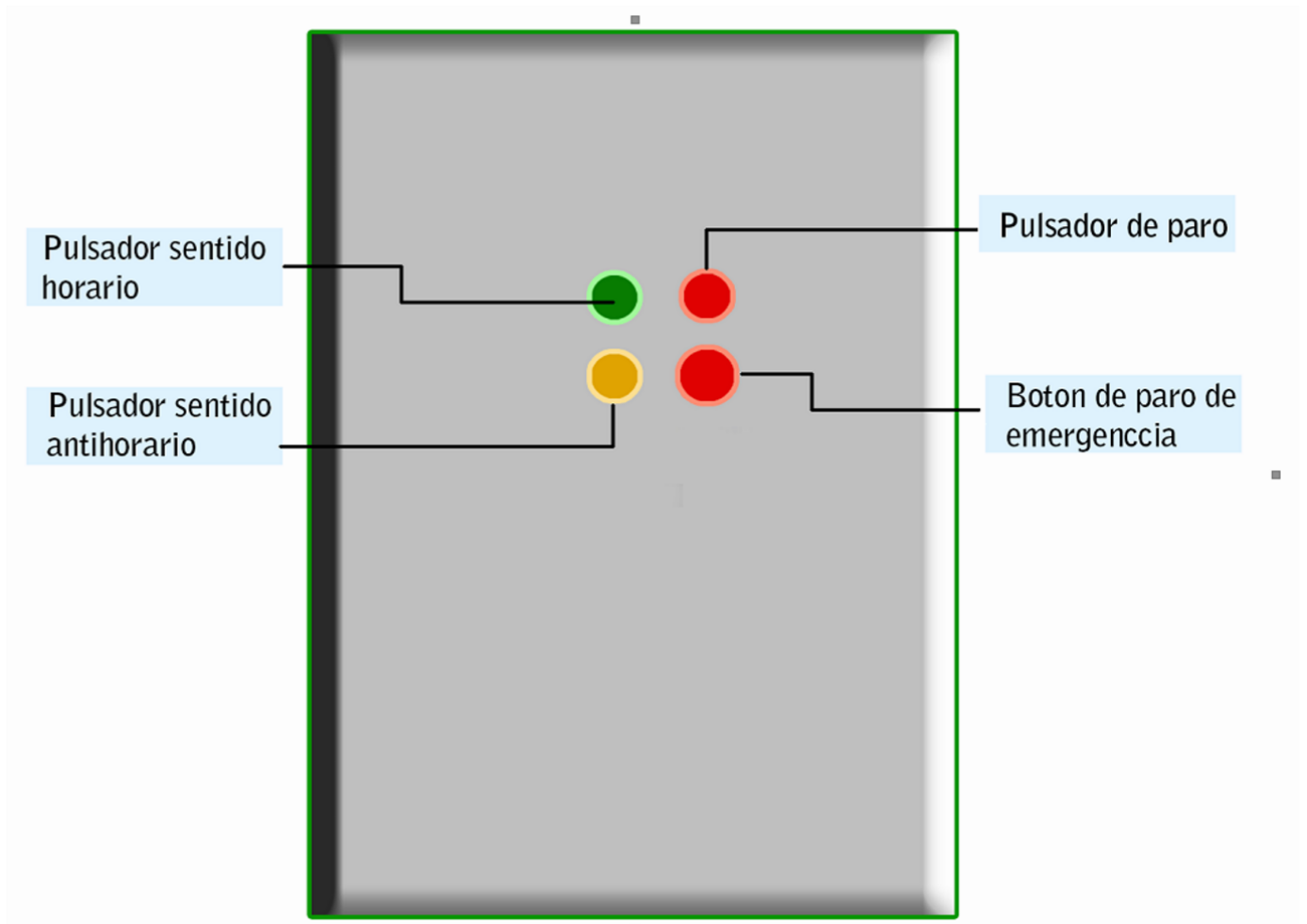


Figura 7.13: Tabla que contiene la nomenclatura mostrada en el plano de control y fuerza del sistema automatizado.

[3]



Figura 7.14: Tabla que contiene la nomenclatura mostrada en el plano de control y fuerza del sistema automatizado.

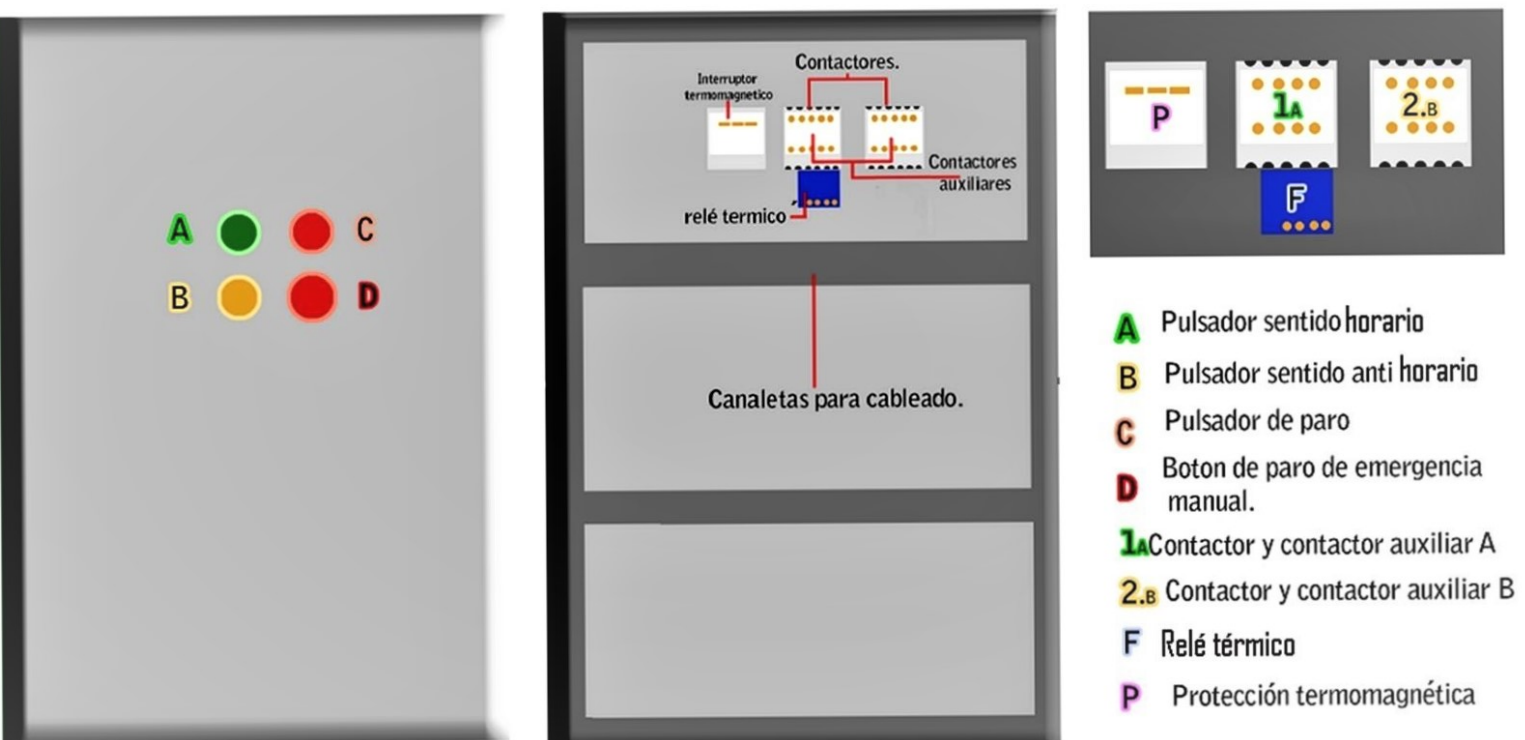


Figura 7.15: Tablero de control simplificado sin nomenclatura, controles manuales y semiautomáticos.

[3]

IMÁGENES REALES DEL TABLERO DE CONTROL INSTALADO EN EL LIME 3 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FES-CUAUTITLÁN.

Elementos de control manual: Botones de paro, paro de emergencia y Pulsadores de accionamiento sentido horario y antihorario.



Figura 7.16: Tablero de control real instalado en el LIME-3 de la FES-Cuautitlán.
[3]

Las dimensiones más grandes de lo usual tienen la finalidad de expandir la instalación de sistemas control adicionales al descrito en la tesis.

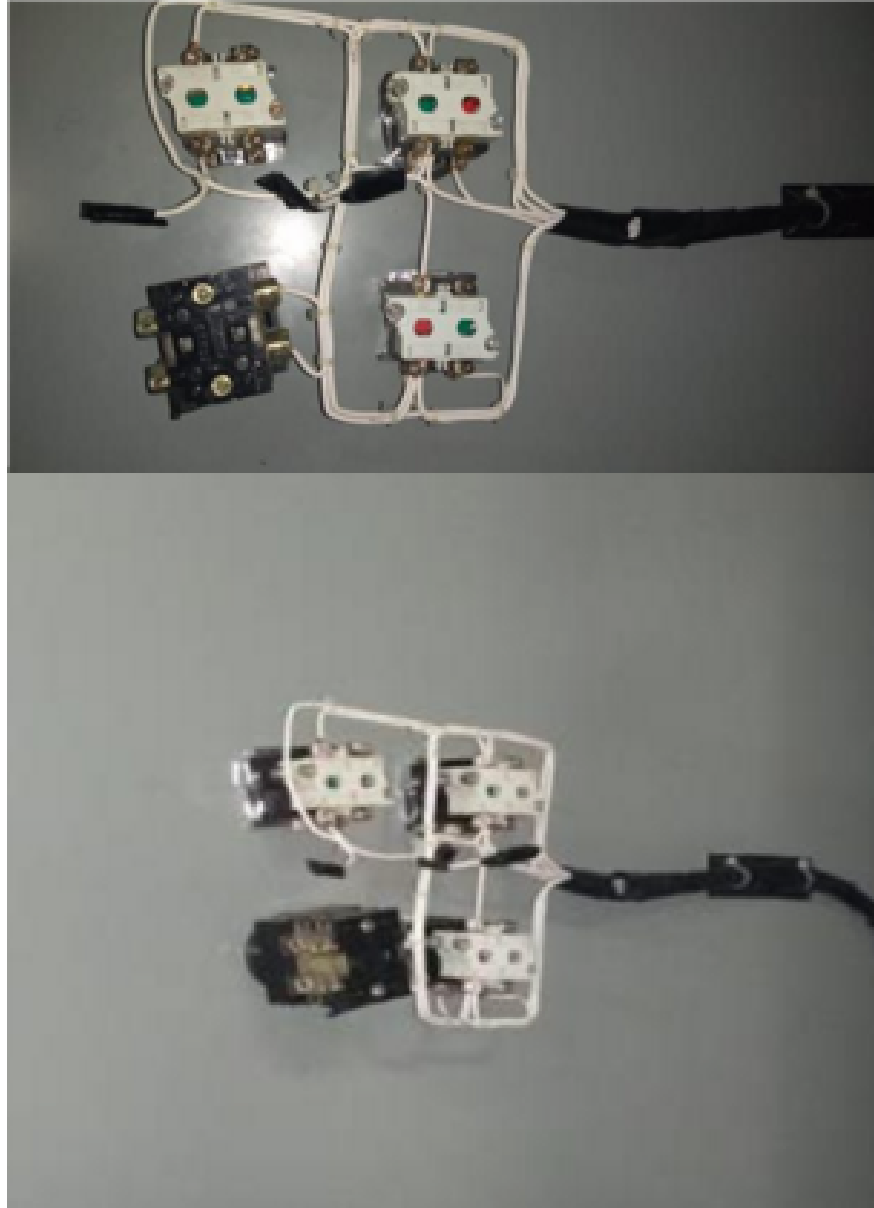


Figura 7.17: Conexión de pulsadores dentro del tablero de control.
[3]

Vista real de conexión física del tablero de control del sistema reversible instalado en el LIME 3 de Ingeniería Industrial de la FES-Cuautitlán



Figura 7.18: Conexiones de los elementos de control internos dentro del tablero, 1 protección termomagnética, 1 Relés térmico, 2contactores ,2contactores auxiliares.

[3]

Interruptor termomagnético, contactores, contactores auxiliares y relé de sobrecarga del tablero de control.

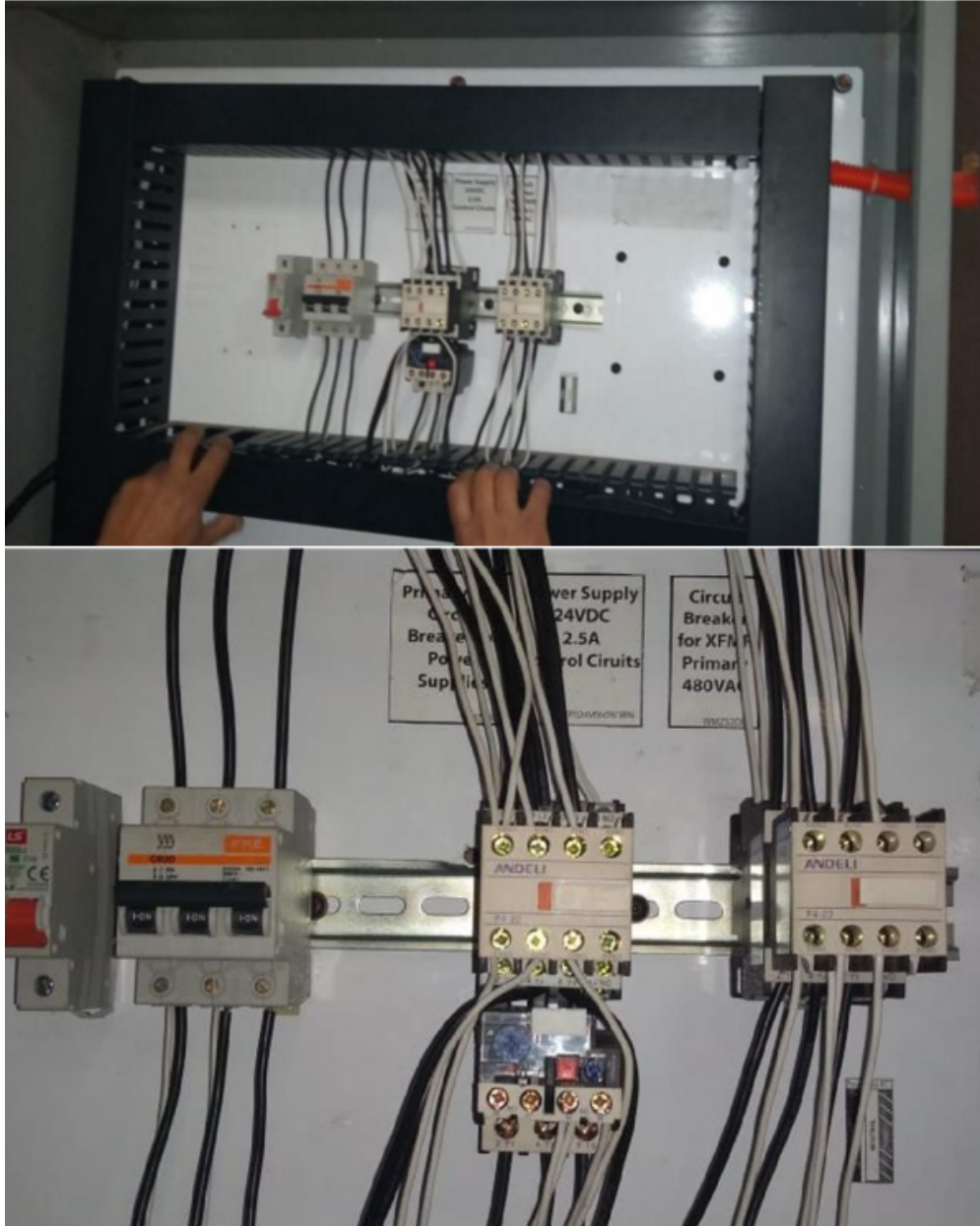


Figura 7.19: Interruptor termomagnético, contactores, contactores auxiliares y relé de sobrecarga.
[3]

Capítulo 8

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la presente tesis se hizo un amplio análisis para diseñar y construir un sistema automatizado que permitiera un mejor manejo de la banda de transporte del LIME 3 de ingeniería, utilizando los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera que fueron empleados para el diseño y automatización de este sistema.

Los siguientes puntos son las conclusiones más relevantes de este trabajo.

- Automatización de la banda de transporte del LIME III de ingeniería mediante el diseño, construcción e implementación de un sistema reversible y un sistema de control adecuado al funcionamiento y operación de dicha banda para la mejora de prácticas dentro del laboratorio de Ingeniería Industrial.
- Sistema de producción real cuyo fin es acercar tanto a los alumnos como a docentes al sistema reversible por medio del tablero de control.
- El sistema de arranque y control mejora sustancialmente la seguridad en la utilización del sistema de la banda de transporte para la comunidad académica y los alumnos gracias al relé de sobrecarga, la protección termomagnética y el enclavamiento por contactos auxiliares. Este último evita que al accionar los dos pulsadores a la vez exista un corto circuito.
- Ampliación de los alcances de las prácticas de laboratorio en el LIME III del área de ingeniería de la FESC-4

Capítulo 9

APÉNDICE

A) Categorías de empleo del contactor norma IEC 60647-4-1

Generalidades	Contactores Algunas definiciones y comentarios
Categorías de empleo para contactores según IEC 60947-4-1	
Las categorías de empleo normalizadas fijan los valores de corriente que el contactor debe establecer o cortar.	
Dependen:	
<ul style="list-style-type: none"> - De la naturaleza del receptor controlado: motor de jaula o de anillos, resistencias. - De las condiciones en las que se realicen los cierres y las aperturas: motor lanzado o calado o en curso de arranque, inversión del sentido de la marcha, frenado a contracorriente. 	
Empleo en corriente alterna	
Categoría AC-1:	Se aplica a todos los aparatos de uso de corriente alterna (receptores), cuyo factor de potencia es al menos igual a 0,95 ($\cos \varphi \geq 0,95$). Ejemplos de utilización: calefacción, distribución.
Categoría AC-2	Esta categoría rige el arranque, el frenado a contracorriente y la marcha "a sacudidas" de los motores de anillos. <ul style="list-style-type: none"> ■ En el cierre, el contactor establece la corriente de arranque, aproximadamente 2,5 veces la corriente nominal del motor. ■ En la apertura, deberá cortar la corriente de arranque, con una tensión igual a la tensión de la red.
Categoría AC-3	Se aplica a los motores de jaula en los que el corte se realiza con el motor lanzado. <ul style="list-style-type: none"> ■ En el cierre, el contactor establece la corriente de arranque, que es de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor. ■ En la apertura, el contactor corta la corriente nominal absorbida por el motor; en ese momento, la tensión en las bornas de sus polos se acercará al 20% de la tensión de la red. El corte resulta sencillo. Ejemplos de utilización: todos los motores de jaula habituales: ascensores, escaleras mecánicas, cintas transportadoras, elevadores de cangilones, compresores, bombas, trituradoras, climatizadores, etc.
Categoría AC-4	Esta categoría se aplica a las aplicaciones con frenado a contracorriente y marcha "a sacudidas" con motores de jaula o de anillos. El contactor se cierra bajo un pico de corriente que puede alcanzar de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor. Al abrirse, corta esta misma corriente bajo una tensión tan elevada que la velocidad del motor se debilita. Esta tensión puede llegar a ser igual que la tensión de la red. El corte resulta brusco. Ejemplos de utilización: máquinas de impresión, máquinas de trafilado, elevadores, equipos de la industria metalúrgica.
Empleo en corriente continua	
Categoría DC-1	Se aplica a todos los aparatos de utilización de corriente continua (receptores) cuya constante de tiempo (L/R) es inferior o igual a 1 ms.
Categoría DC-3	Esta categoría rige el arranque, el frenado a contracorriente y la marcha "a sacudidas" de los motores de derivación. Constante de tiempo ≤ 2 ms. <ul style="list-style-type: none"> ■ En el cierre, el contactor establece la corriente de arranque, aproximadamente 2,5 veces la corriente nominal del motor. ■ En la apertura, deberá cortar 2,5 veces la corriente de arranque, con una tensión igual a la tensión de la red. Una tensión tan elevada que la velocidad del motor se debilita y, en consecuencia, puede aumentar su fuerza contra-electromotriz. El corte resulta difícil.
Categoría DC-5	Esta categoría se aplica al arranque, el frenado a contracorriente y la marcha "a sacudidas" de los motores serie. Constante de tiempo $\leq 7,5$ ms. El contactor se cierra bajo un pico de corriente que puede alcanzar 2,5 veces la corriente nominal del motor. Al abrirse, corta esta misma corriente bajo una tensión tan elevada que la velocidad del motor se debilita. Esta tensión puede llegar a ser igual que la tensión de la red. El corte resulta brusco.
Categorías de empleo para contactos y contactores auxiliares según IEC 60947-5-1	
Empleo en corriente alterna	
Categoría AC-14 (1)	Se aplica al control de cargas electromagnéticas en las que la potencia absorbida, cuando el electroimán está cerrado, es inferior a 72 VA. Ejemplo de utilización: control de bobina de contactores y relés.
Categoría AC-15 (1)	Se aplica al control de cargas electromagnéticas en las que la potencia absorbida, cuando el electroimán está cerrado, es inferior a 72 VA. Ejemplo de utilización: control de bobina de contactores.
Empleo en corriente continua	
Categoría DC-13 (2)	Se aplica al control de cargas electromagnéticas en las que el tiempo empleado en alcanzar el 95% de la corriente en el régimen establecido ($T = 0,95$) es 6 veces superior a la potencia P absorbida por la carga (con $P \leq 50$ W). Ejemplo de utilización: control de bobina de contactores sin resistencia de economía.

B) CONCEPTOS BÁSICOS Y FÓRMULAS

Aquí se presentan los conceptos básicos relacionados con la potencia, la corriente y una ligera explicación de estos.

B-1) Energía y Potencia Eléctrica

Aunque la energía sea una sola cosa, la misma puede presentarse de formas diferentes. Si conectamos una resistencia a una red eléctrica con tensión, pasará una corriente eléctrica que calentará la resistencia. La resistencia absorbe energía eléctrica y la transforma en calor, que también es una forma de energía. Un motor eléctrico absorbe energía eléctrica de la red y la transforma en energía mecánica disponible en la punta del eje.

B-2) Circuitos de corriente continua

La “potencia eléctrica”, en circuitos de corriente continua, puede ser obtenida a través de la relación de la tensión (U), corriente (I) y resistencia (R) implicadas en el circuito, o sea: $P = U \cdot I$ (W)

Donde:

U= Tensión en Volt

I= Corriente Amper

R= Resistencia en Ohm

P= Potencia media en Watt

I_n= Corriente nominal

B-3) Circuitos de corriente alterna

a) Resistencia

En el caso de las “resistencias”, cuanto mayor sea la tensión de la red, mayor será la corriente y más deprisa la resistencia se calentará. Esto quiere decir que la potencia eléctrica será mayor. La potencia eléctrica absorbida de la red, en el caso de la resistencia, es calculada multiplicándose la tensión de la red por la corriente, si la resistencia (carga), es monofásica.

$$P = U_f \cdot I_f (W) \quad (9.1)$$

En el sistema trifásico la potencia en cada fase de la carga será $P_f = U_f \times I_f$, como si fuese un sistema monofásico independiente. La potencia total será la suma de las potencias de las tres fases, o sea:

$$P = 3P_f = 3.U_f.I_f \quad (9.2)$$

Recordando que el sistema trifásico está conectado en estrella o triángulo, tenemos las siguientes relaciones:

Conexión estrella:

$$U = \sqrt{3} \cdot U_f \quad I = I_f \quad (9.3)$$

Conexión triángulo:

$$U = U_f \quad I = \sqrt{3} \cdot I_f \quad (9.4)$$

De esta forma, la potencia total, para ambas conexiones, será:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\theta \quad (9.5)$$

Nota: esta expresión vale para la carga formada por resistencias, donde no hay desfase de la corriente.

b) Cargas reactivas

Para las “cargas reactivas”, o sea, donde existe desfase entre el ángulo de la tensión y de la corriente, como es el caso de los motores de inducción, este desfase tiene que ser considerado y la expresión queda:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\theta \quad (9.6)$$

Donde:

U= Tensión de línea

I= Corriente de línea

cosθ = Ángulo de desfase entre la tensión y la corriente de fase

La unidad de medida usual para potencia eléctrica y el Watt (W), correspondiente a 1 Volt x 1 Amper, o su múltiple, el kilowatt = 1.000 Watts. Esta unidad también es usada para medida de potencia mecánica. La unidad de medida usual para energía eléctrica es el kilo-watt-hora (kWh) correspondiente a la energía suministrada por una potencia de 1 kW funcionando durante una hora es la unidad que aparece para cobranza en las cuentas de luz.

B-4) Potencias Aparente, Activa y Reactiva

Potencia aparente (S)

Para sistemas monofásicos es el resultado de la multiplicación de la tensión por la corriente

$$S = U.I \quad (9.7)$$

Y para sistemas trifásicos

$$S = \sqrt{3} \cdot U.I. \quad (9.8)$$

Corresponde a la potencia que existiría si, no hubiese desfasaje de la corriente, o sea, si la carga fuese formada por resistencias.

Entonces:

$$S = \frac{P}{\cos\theta} (VA) \quad (9.9)$$

Evidentemente para las cargas resistivas

$$\cos\theta = 1 \quad (9.10)$$

y la potencia activa se confunde con la potencia aparente. La unidad de medida para potencia aparente es el Volt-Amper (VA) o su múltiplo el kilo-VoltAmper (KVA)

Potencia activa (P)

Es la cantidad de potencia aparente que realiza trabajo, o sea, que es transformada en energía.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\theta \text{ (W)} \quad (9.11)$$

O

$$P = S \cdot \cos\theta \text{ (W)} \quad (9.12)$$

Potencia reactiva (Q)

Rendimiento

$$\eta = \frac{P_u \text{ (W)}}{P_a \text{ (W)}} = \frac{736 \cdot P \text{ (cv)}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi} = \frac{1.000 \cdot P \text{ (kW)}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}$$

ou

$$\eta\% = \frac{736 \cdot P \text{ (cv)}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi} \cdot 100$$

El rendimiento define la eficiencia con que es hecha la conversión de la energía eléctrica absorbida de la red por el motor, en energía mecánica disponible en el eje. Se llama “Potencia útil”, a la potencia mecánica disponible en el eje y “Potencia absorbida” Para la potencia eléctrica que el motor retira de la red, el rendimiento será la relación entre las dos, o sea:

B-5) Sistemas de Corriente Alterna Monofásica

La corriente alterna se caracteriza por el hecho de que la tensión, en vez de permanecer fija, como entre los polos de una batería, varía con el tiempo, cambiando de sentido alternadamente, de ahí su nombre. En el sistema monofásico, es generada y aplicada una tensión alterna U (Volt) entre dos alambres, a los cuales se conecta la carga, que absorbe una corriente I (Amper) (Fig.10.1). Note que las ondas de tensión y de corriente no están “en fase”, es decir, no pasan por el valor cero al mismo tiempo, aunque tengan la misma frecuencia; esto ocurre para muchos tipos de carga, por ejemplo, devanados de motores (cargas reactivas).

Desfasaje (θ)

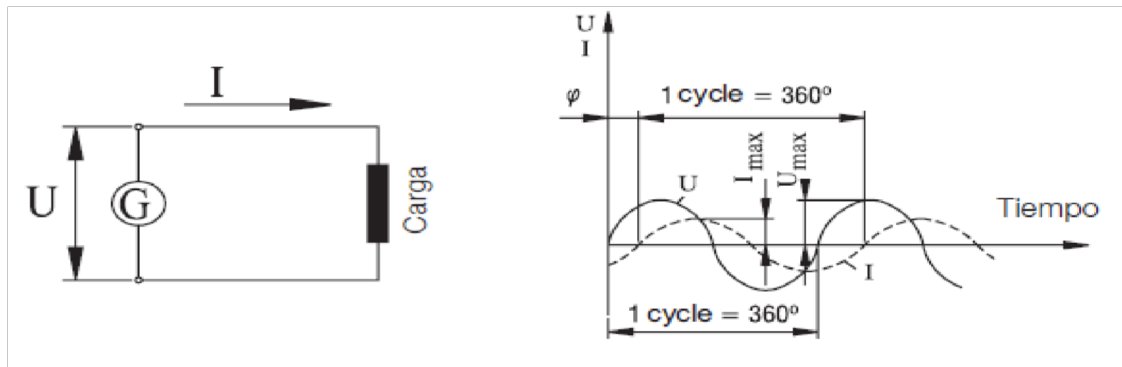


Figura 9.1: Sistema de corriente alterna monofásico y gráfica del tipo de onda de la corriente respecto al tiempo

[8]

Es el “atraso” de la onda de corriente en relación a la onda de la tensión (Fig.10.2). En vez de ser medido en tiempo (segundos), este atraso es generalmente medido en ángulo (grados) correspondiente a la fracción de un ciclo completo, considerando 1 ciclo = 360° . Más comúnmente, el desfase es expresado por el coseno del ángulo.

Frecuencia

Es el número de veces por segundo que la tensión cambia de sentido y vuelve a la condición inicial. Es expresada en “ciclos por segundo” o “Hertz” y simbolizada por Hz.

Tensión máxima ($U_{\text{máx.}}$)

Es el valor de “pico” de la tensión, o sea, el mayor valor instantáneo alcanzado por la tensión durante un ciclo (este valor es alcanzado dos veces por ciclo, una vez positivo y una vez negativo).

Corriente máxima ($I_{\text{máx.}}$)

Es el valor pico de la corriente

de línea (I))

Es la corriente en cualquiera de los tres alambres L_1, L_2 y L_3

Tensión y corriente de fase (U_f and I_f)

Es la tensión y corriente de cada uno de los tres sistemas monofásicos considerados.

B-6) Sistemas de Corriente Alterna Trifásica

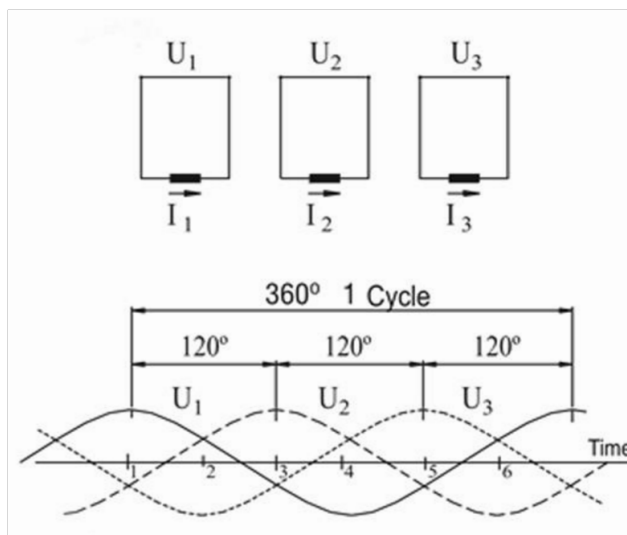


Figura 9.2: Sistema equilibrado de las tres tensiones trifásica y tipo de onda respecto al tiempo. [8]

El sistema trifásico está formado por la asociación de tres sistemas monofásicos de tensiones U_1 , U_2 y U_3 tales que el desfase entre las mismas sea de 120° , o sea, los “atrasos” de U_2 en relación a U_1 , de U_3 en relación a U_2 y de U_1 en relación a U_3 sean iguales a 120° (considerando un ciclo completo = 360°). El sistema es equilibrado si las tres tensiones tienen el mismo valor eficaz $U_1 = U_2 = U_3$ conforme a la (fig.10.2)

Conectando entre sí los tres sistemas monofásicos y eliminando los alambres innecesarios, tendremos un sistema trifásico equilibrado: tres tensiones U_1 , U_2 y U_3 equilibradas, desfasadas entre sí de 120° y aplicadas entre los tres alambres del sistema. La conexión puede ser hecha de dos maneras, representadas en los esquemas a seguir. En estos esquemas, se suele representar las tensiones con flechas inclinadas o vectores giratorios, manteniendo entre sí el ángulo correspondiente al desfase (120°)

B-7) Conexión Triángulo

Si conectamos los tres sistemas monofásicos entre sí, como indican las (Fig.10.3), podemos eliminar tres alambres, dejando apenas uno en cada punto de conexión, el sistema trifásico quedará reducido a tres alambres L_1, L_2 y L_3 . Tensin del nea (U_0V)

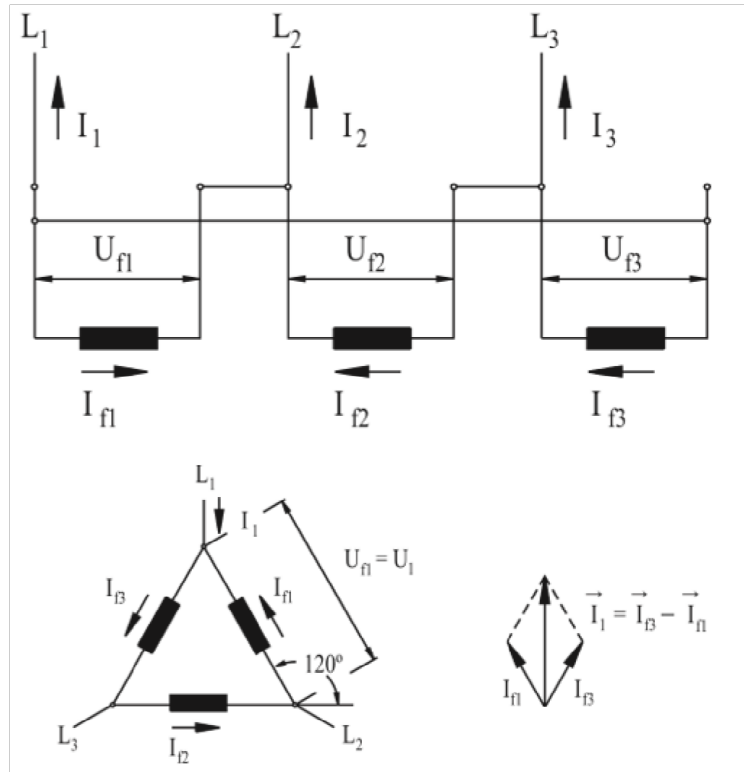


Figura 9.3: Diagrama de conexiones, eléctrico y fasorial se una conexión en triángulo.

[8]

Es la tensión nominal del sistema trifásico aplicada entre dos de los tres alambres L_1 , L_2 y L_3 .

Tensión y corriente de fase (U_f y I_f)

Es la tensión y corriente de cada uno de los tres sistemas monofásicos considerados. Examinando el esquema de la (Fig.10.3), se observa que:

$$U = U_f$$

$$I = \sqrt{3} \cdot I_f = 1,732 I_f$$

$$\vec{I} = \vec{I}_{f3} - \vec{I}_{f1}$$

B-8) Conexión Estrella

Conectando uno de los alambres de cada sistema monofásico a un punto común a los tres, los tres alambres restantes forman un sistema trifásico en estrella (Fig.10.4). A veces, el sistema trifásico en estrella es “a cuatro alambres” o “con neutro”.

El cuarto alambre es conectado al punto común de las tres fases.

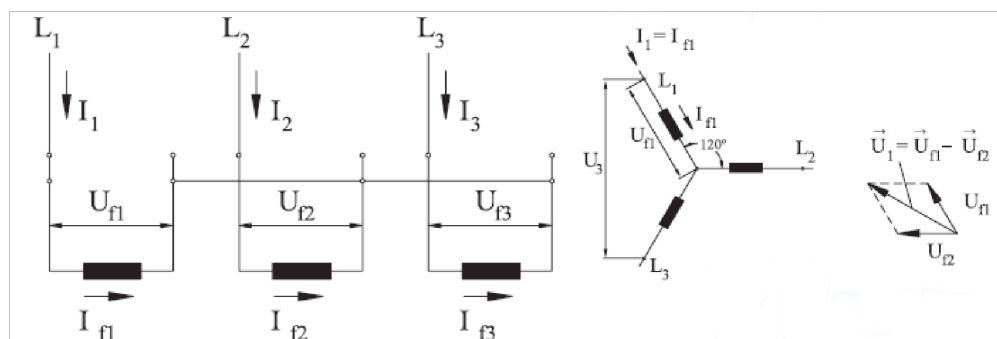


Figura 9.4: Diagrama de conexiones, eléctrico y fasorial de conexión en triángulo. [8]

La tensión de línea o tensión nominal del sistema trifásico y la corriente de línea, son definidas del mismo modo que en la conexión triángulo.

Examinando el esquema de la (Fig.10.4) Se observa que:

$$\begin{aligned} I &= I_f \\ U &= \sqrt{3} \cdot U_f = 1.732 \cdot U_f \\ \vec{U} &= \vec{U}_{f1} - \vec{U}_{f2} \end{aligned}$$

- Corriente de línea (I)











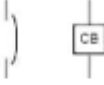



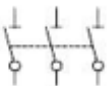
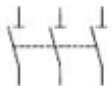
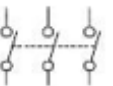
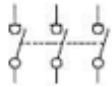


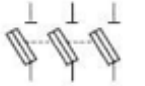
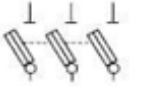
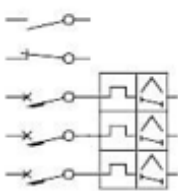
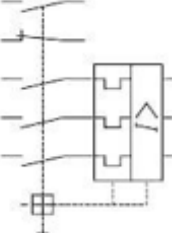
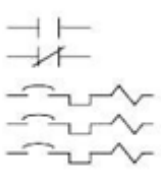
Es la corriente en cualquiera de los tres alambres L_1, L_2 y L_3 .


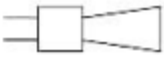
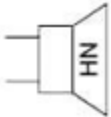





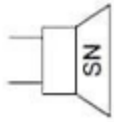






- Tensión y corriente de fase (U_f and I_f)





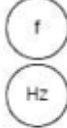



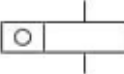
Es la tensión y corriente de cada uno de los tres sistemas monofásicos considerados.

C)) SIMBOLOGÍAS PRINCIPALES SEGÚN LAS NORMAS INTERNACIONALES IEC, DIN Y ANCI.







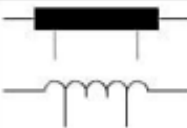













Significación	Símbolo según las normas		
	IEC	DIN	ANSI
Corriente continua.		= IEC	
Corriente alterna.		= IEC	= IEC
Corriente continua o alterna (universal).		= IEC	= IEC
Corriente alterna monofásica. P. ej.: 60 Hz.	$1 \sim 60 \text{ Hz}$	= IEC	1 PHASE 2 WIRE 60 CYCLE
Corriente alterna trifásica. P. ej.: 380 V 60 Hz.	$3 \sim 60 \text{ Hz}$ 380 V	= IEC	3 PHASE 3 WIRE 60 CYCLE 380 V
Corriente alterna trifásica con conductor neutro. P. ej.: 380 V 60 Hz.	$3N \sim 60 \text{ Hz}$ 380 V	= IEC	3 PHASE 4 WIRE 60 CYCLE 380 V
Corriente alterna trifásica con conductor neutro puesto a tierra. P. ej.: 380 V 60 Hz.	$3NPE \sim 60 \text{ Hz}$ 380 V $3PEN \sim 60 \text{ Hz}$ 380 V	$3PEN \sim 60 \text{ Hz}$ 380 V	3 PHASE 4 WIRE 60 CYCLE 380 V (with neutral)
Corriente alterna trifásica con conductor neutro y conductor de protección. P. ej.: 380 V 60 Hz.	$3NPE \sim 60 \text{ Hz}$ 380 V $3PEN \sim 60 \text{ Hz}$ 380 V	$3/N/PEN \sim 60 \text{ Hz}$ 380 V	3 PHASE 4 WIRE 60 CYCLE 380 V (with neutral and protection earth)
Corriente continua - dos conductores. P. ej.: 60 V.	2 - 60 V	= IEC	2 WIRE DC 60 V
Corriente continua - dos conductores con conductor medio o neutro. P. ej.: 60 V.	2M - 60 V	= IEC	3 WIRE DC 60 V

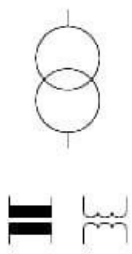
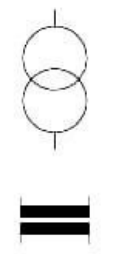
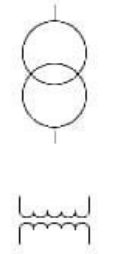
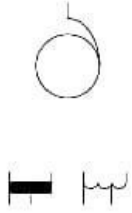

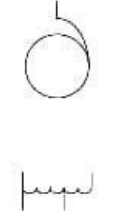
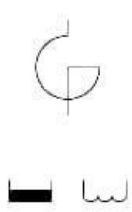

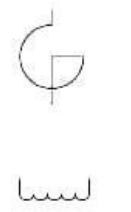
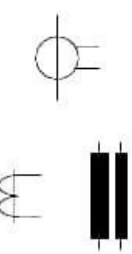
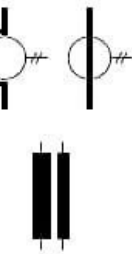
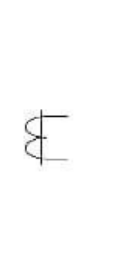
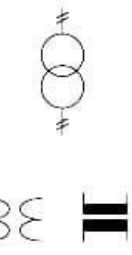
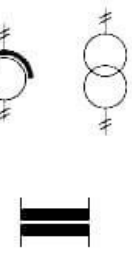
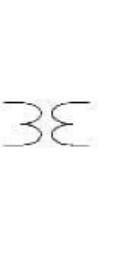
Significación	Símbolo según las normas		
	IEC	DIN	ANSI
Cortocircuito fusible (base + cartucho).		= IEC	= IEC 
Barra de seccionamiento (barra de conexión).			
Dispositivo de enchufe.			
Interruptor de potencia. Símbolo general.			
Interruptor seccionador de potencia. (Posición seccionadora visible).			
Seccionador tripolar.			
Seccionador en carga, tripolar.			
Seccionador con fusibles.		= IEC	
Interruptor automático con protección magnetotérmica.			

Significación	Símbolo según las normas		
	IEC	DIN	ANSI
Bocina.			
Timbre.			
Sirena.			
Lámpara de señalización.			
Indicador de posición.			




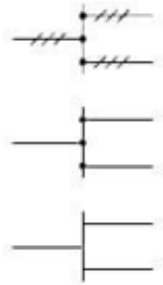
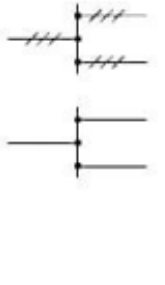
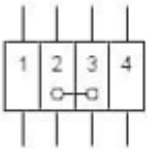
Significación	Símbolo según las normas		
	IEC	DIN	ANSI
Voltímetro.		= IEC	
Amperímetro.		= IEC	
Vatímetro.		= IEC	
Fasímetro. (Indicando el factor de potencia o el ángulo).		= IEC	
Frecuencímetro.		= IEC	
Contador de energía activa.		= IEC	
Contador de energía reactiva.		= IEC	
Contador de horas.		= IEC	
Contador de impulsos.		= IEC	





















Significación	Símbolo según las normas		
	IEC	DIN	ANSI
Sistema de accionamiento, con retroceso automático, al cesar la fuerza de accionamiento, para contactores y similares.		= IEC	
Relé con dos devanados activos en el mismo sentido.			
Relé o disparador de medida con indicación de la magnitud medida. Por ej.: mínima tensión.			
Sistema de accionamiento electromecánico retardado. Retraso a la desconexión.			
Sistema de accionamiento electromecánico retardado. Retraso a la conexión.			
Sistema de accionamiento electromecánico retardado. Retraso a la conexión y desconexión.			
Relé polarizado.			
Relé de remanencia.			

Significación	Símbolo según las normas		
	IEC	DIN	ANSI
Resistencia.			= IEC
Resistencia con tomas fijas.		= IEC	= IEC
Devanados, bobinas. (Inductancias).			
Devanados, bobinas, inductancias con tomas fijas.			
Condensador.			
Condensador con toma.		= IEC	
Tierra.		= IEC	= IEC
Masa.			
Variabilidad extrínseca.		= IEC	= IEC
Variabilidad intrínseca.		= IEC	= IEC

Significación	Símbolo según las normas		
	IEC	DIN	ANSI
Transformador con dos devanados separados.			
Autotransformador.			
Devanado o bobina en general.			
Transformador de intensidad.			
Transformador de tensión.			

Significación	Símbolo según las normas		
	IEC	DIN	ANSI
Accionamiento manual.		= IEC	= IEC
Accionamiento mediante pedal.			
Accionamiento por leva.			= IEC
Accionamiento por émbolo (neumático o hidráulico).		= IEC	
Accionamiento de "fuerza".		= IEC	
Accionamiento por motor.		= IEC	
Dispositivo de bloqueo o enganche.		= IEC	Se indica con una nota
Dispositivo de bloqueo o enganche bidireccional.			Se indica con una nota
Bloqueo por muesca.		= IEC	Se indica con una nota
Accionamiento retardado (a la derecha en este caso).		= IEC	
Acoplamiento mecánico.		= IEC	

Significación	Símbolo según las normas		
	IEC	DIN	ANSI
Conductor. Símbolo general.		= IEC	= IEC
Conductor de protección (PE) o neutro puesto a tierra (PEN).		= IEC	= IEC
Conductor neutro (N).		= IEC	= IEC
Unión conductora de cables.			= IEC
Conexión fija.	•	= IEC	= IEC
Conexión móvil.	○	= IEC	= IEC
Regleta de bornes. Bornes de conexión.		= IEC	= IEC

Significación	Símbolo según las normas		
	IEC	DIN	ANSI
Pulsador con accionamiento manual en general (NA).			
Pulsador con accionamiento manual por empuje (NA).			
Contacto con enclavamiento rotativo, accionamiento manual.			
Conmutador con dos posiciones y cero, con retorno a cero al cesar la fuerza de accionamiento (NA).			
Conmutador con dos posiciones y cero, con enclavamiento en las dos posiciones.			
Mando con pulsador.			
Interruptor manual (auxiliar de mando).		= IEC	

Significación	Símbolo según las normas		
	IEC	DIN	ANSI
Motor trifásico con rotor de anillos rozantes.			
Motor trifásico con rotor de jaula.			
Motor trifásico con rotor de jaula, con seis bornes de salida.			

Bibliografía

- [1] catálogo de productos. Banda transportadora serie cb2,, 2016. [www.empakando.com/products/banda-transportadora].
- [2] Comercializadora de bandas industriales y de estraccion. 911metallurgist ,banda de materiales ,diagramas y componentes, 2012-2022. [www.911metallurgist.com/metalurgia/fajas-transportadoras/],Copyright 2012 - 2022].
- [3] L. Ortiz J.R. Villela. Colección imágenes tomadas del ime 4, 2019. [imagenes creadas para el desarrollo de este trabajo].
- [4] Formación para la industria 4.0. El contactor, 2014. [<https://automatismoindustrial.com/wp-content/uploads/2012/10/contactor1>].
- [5] Junta de andalucia. Motores de corriente alterna, (2016). [<https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/29/html/Motores.png>].
- [6] Revista científica Dominio de las ciencias. partes y comp de un motor esquemas, 2017-2020. [Dom. Cien., ISSN: 2477-8818 Vol. 6, núm. 5, Especial diciembre 2020, pp. 291-303,Caro 2017].
- [7] Dario Perez. Placaca y part motor, 2021. [<https://www.solucionesyservicios.biz/Blog/motor-trifasico-a-monofasico>].
- [8] UTN FRMza. MÁquinas e instalaciones elÉctricas, 2016. [Manual de motores e instalaciones electricas ,Unidad 3 ,UTN FRMza. (Ing. Electrónica) MÁQUINAS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS].
- [9] Jesús. Fraile Mora. ”máquinas eléctricas”, (2008).

- [10] DICARSA-PROVEDOR INDUSTRIAL. Desconectador de cuchillas sin fusibles, modelo comercial. 2020. [<http://3.bp.blogspot.com/-V6VsbrAKBdM/Tpxazl6ihVI/AAAAAAAAABgA/6idbN51jj-8/s320/contactor.jpg>].
- [11] Formación para la industria 4.0. Contactores. 2014.
- [12] Apuntes de Electricidad. Sistema de control para un motor jaula de ardilla trifásica y diagrama de fuerza, 2018. [<http://jhonrobles21.blogspot.com/2018/09/contactor.html>].