



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CORRIENTES DE
ARRANQUE DE MOTOR TRIFÁSICO HASTA UNA
POTENCIA DE 5 HP CON CIRCUITO DE RELÉS
(CONTACTOR) Y CIRCUITO ELECTRÓNICO (SCR) EN
LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN.**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor:

Bach. Sánchez Galindo Ricardo Alberto

Asesor:

Ing. Rojas Coronel Marcelo

**Línea de Investigación
Gestión de la Energía**

**Pimentel – Perú
2017**

Análisis comparativo de las corrientes de arranque de motor trifásico hasta una potencia de 5 HP con circuito de relés (contactor) y circuito electrónico (SCR) en la Universidad Señor de Sipán

Aprobación de Tesis

MSc. Ing. Rojas Coronel Marcelo
Presidente del jurado de tesis

MSc. Ing. Villalobos Cabrera Jony MSc.

Secretario del jurado de tesis

Ing. Rojas Coronel Marcelo

Asesor metodólogo

Mg. Ing. Vega Calderón Edilbrando

Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

Dedico este presente proyecto de tesis a Dios, a mi padre Luis Alberto Sánchez Alcalde, a mi madre Leila Juana Galindo Caro por su esfuerzo, dedicación, amor, apoyo y respaldo durante todos mis estudios que fueron fundamental en cada paso, siendo mi inspiración para alcanzar mis metas propuestas y así empezar mi vida profesional.

Ricardo A. Sánchez Galindo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la vida, salud y capacidad para realizar mis estudios.

A mi familia que me apoyo en el proceso de mis estudios para poder llegar a la elaboración de mi proyecto de investigación.

Al técnico electricista y padre a la vez Luis Sánchez Alcalde que me apoyo incondicionalmente para la elaboración del proyecto de tesis con sus conocimientos, experiencias y guía para mejorar en el ámbito profesional.

A todos los docentes de la Universidad Señor de Sipán que me brindaron sus conocimientos formando parte de mi proceso de aprendizaje durante mi carrera profesional.

Ricardo A. Sánchez Galindo.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. Situación Problemática.....	17
1.1.1. A nivel internacional.....	17
1.1.2. A nivel nacional.....	18
1.1.3. A nivel local.....	19
1.2. Formulación de problema.....	19
1.3. Delimitación de la investigación.....	19
1.4. Justificación e importancia.....	20
1.4.1. Técnico.....	20
1.4.2. Social.....	20
1.4.3. Económico.....	20
1.4.4. Ambiental.....	20
1.5. Limitaciones de la investigación.....	21
1.6. Objetivos de la investigación.....	21
1.6.1. Objetivo General.....	21
1.6.2. Objetivos Específicos.....	21
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	22
2.1. Antecedentes de estudios.....	23
2.2. Base teórica científica.....	28
2.3. Definición de los términos básicos.....	30
2.3.1. Contactor.....	30
2.3.2. Bloque auxiliar.....	30
2.3.3. Relé de sobrecarga.....	31
2.3.4. Relé de tiempo.....	32
2.3.5. Indicador (piloto).....	33
2.3.6. Relé automático contra cortocircuito (breaker).....	33

2.3.7. Pulsadores	34
2.3.8. Bornes	35
2.3.9. Riel DIN.....	35
2.3.10. Canaleta	36
2.3.11. Cajas	36
2.4. Definiciones Motores Eléctricos.....	37
2.4.1. Definiciones Motores Eléctricos.....	37
2.4.1.1. Conceptos generales de las máquinas eléctricas.....	37
2.4.1.2. Conceptos de los motores eléctricos	39
2.4.1.3. Clasificación de los motores eléctricos	46
2.4.1.4. Motores eléctricos DC.....	48
2.4.1.5. Motores eléctricos AC.....	51
2.4.1.6. Relés	54
2.4.1.6.1. Definición de relés	54
2.4.1.6.2. Clasificación de los relés	54
2.4.1.6.3. Relés electromecánicos	54
2.4.1.6.4. Relés de estado sólido	55
2.4.1.6.5. Tipos de relés de uso común.....	57
2.4.1.6.6. Tipos de contactos	58
2.4.1.7. Protecciones y control de motores eléctricos	62
2.4.1.7.1. Porque son necesarios las protecciones a motores eléctricos	62
2.4.1.8. Tipos de protecciones a motores eléctricos de uso común	63
2.4.1.8.1. Relés de sobrecarga.....	64
2.4.1.9. Tiristores.....	66
2.4.1.9.1. Características del Tiristor	67
2.4.1.9.2. Funcionamiento	68
2.4.1.9.3. Funcionamiento electrónico (Aplicaciones)	69
2.4.1.9.4. Rectificador controlado de silicio (SCR).....	70
2.4.1.9.5. Estructura del SCR	71
2.4.1.9.6. Curvas características y funcionamiento	72
2.4.1.9.7. Activación y apagado del SCR	75
2.4.1.9.8. Aplicaciones de los SCR.....	79
2.4.1.10. Dimensionamiento de un arrancador suave en la industria.....	81
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.....	86
3.1. Tipo y Diseño de investigación.....	87
3.1.1. Tipo de investigación	87
3.1.2. Diseño de la investigación.....	87

3.2. Población y muestra	88
3.3. Hipótesis	88
3.4. Variables.....	89
3.5. Operacionalización de Variables	90
3.6. Abordaje metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos	91
3.6.1. Abordaje metodológico	91
3.6.2. Técnicas de recolección de datos	91
3.6.3. Instrumentos de recolección de datos	93
3.7. Plan de análisis estadístico de datos	93
3.8. Criterios éticos	95
3.9. Criterios de rigor científico	96
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	98
4.1. Resultados en tablas y gráficos	99
4.1.1. Gráfica de corriente de arranque de motores eléctricos.....	99
4.1.1.1. Motor Eléctrico Trifásico de 1 HP (2 polos).....	99
1. Corriente de arranque del motor de 1 HP – Arranque con contactor	99
2. Corriente de arranque del motor de 1 HP – Arranque electrónico	99
4.1.1.2. Motor Eléctrico Trifásico de 4 HP (4 Polos)	100
1. Corriente de arranque del motor de 4 HP – Arranque con contactor	100
2. Corriente de arranque del motor de 4 HP – Arranque electrónico	101
4.1.1.3. Motor Eléctrico Trifásico de 5 HP (4 Polos)	101
1. Corriente de arranque del motor de 5 HP – Arranque con contactor	101
2. Corriente de arranque del motor de 5 HP – Arranque electrónico	102
4.1.2. Gráficas de voltaje y corriente de arranque de motores eléctricos trifásicos en cada fase.....	103
4.1.2.1. Motor Eléctrico Trifásico de 1 HP (2 Polos)	103
1. Motor de 1 HP – Arranque con contactor	103
2. Motor de 1 HP – Arranque electrónico	103
4.1.2.2. Motor Eléctrico Trifásico de 4 HP (4 Polos)	104
1. Motor de 4 HP – Arranque con contactor	104
2. Motor de 4 HP – Arranque electrónico	105
4.1.2.3. Motor Eléctrico Trifásico de 5 HP (4 Polos)	106
1. Motor de 5 HP – Arranque con contactor	106
2. Motor de 5 HP – Arranque electrónico	107
4.2. Discusión de resultados	108
4.2.1. Cuadro comparativo de Intensidad/Tiempo del motor eléctrico trifásico de 1 HP (2 polos).....	108

4.2.2. Cuadro comparativo de Intensidad/Tiempo del motor eléctrico trifásico de 4 HP (4 polos).....	110
4.2.3. Cuadro comparativo de Intensidad/Tiempo del motor eléctrico trifásico de 5 HP (4 polos).....	111
CAPITULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....	114
5.1. Diagrama de flujo de procesos	115
5.2. Descripción de Procesos.....	116
5.2.1. Seleccionamiento para la elaboración del banco de prueba.....	116
5.2.2. Proceso del circuito convencional con arranque directo de un motor eléctrico de inducción trifásica	119
Arranque del motor eléctrico de inducción trifásica	122
MOTOR DE 1 HP.....	123
MOTOR DE 4 HP.....	125
MOTOR DE 5 HP.....	127
5.2.3. Proceso del circuito electrónico SCR con arranque directo de un motor eléctrico de inducción trifásica	130
5.3. Características del seleccionamiento de los dispositivos electromecánicos y electrónicos.....	131
1. Arrancador electrónico 12 Amp. ABB.PSR12-600-70.....	131
2. Relé térmico marca CHINT NR2	135
3. Contactor Marca CHINT NC1	136
4. Interruptores Termo magnético Marca CHINT eB / 3P	137
5. Interruptores Termo magnético unipolar Marca CHINT eB / 1P	138
6. Pulsadores Auxiliares metálicos Marca CHINT.....	138
7. Lámparas de señalización Marca CHINT	139
8. Analizador de la energía y la calidad eléctrica de 435 Serie II Fluke.....	139
5.4. Equipos, materiales y herramientas	142
5.5. Normatividad.....	144
5.6. Costos.....	144
5.7. Financiamiento	146
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
6.1. Conclusiones	148
6.2. Recomendaciones	149
REFERENCIAS	150
ANEXOS.....	151
ANEXO N° 01: Entrevista.....	151
ANEXO N° 02: Desarrollo para obtención de datos	152
ANEXO N° 03: Dibujo Técnico ABB-PSR12-600-70.....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Conexion de transformador Scott	24
Figura 2 Contactor	30
Figura 3 Bloqueo auxiliary	30
Figura 4 Relé	31
Figura 5 Relé de sobrecarga	31
Figura 6 Emsablaje al contactor	32
Figura 7 Relé de tiempo	32
Figura 8 Indicador Piloto	33
Figura 9 Relé automático contra cortocircuito (breaker)	33
Figura 10 Pulsador	34
Figura 11 Bornes.....	35
Figura 12 Riel DIN	35
Figura 13 Canaleta	36
Figura 14 Cajas	36
Figura 15 Generador alterno monofásico	39
Figura 16 Generador de corriente directa	40
Figura 17 Esquema de un alternador trifásico	40
Figura 18 Flujo magnético alrededor de un conductor	41
Figura 19 Inducción Electromagnética	42
Figura 20 Fuerza magnética en un conductor	44
Figura 21 Partes principales de un motor DC.	47
Figura 22 Esquema de montaje general de un motor DC.	48
Figura 23 Partes del rotor de un motor DC.	48
Figura 24 Esquema eléctrico de un motor DC.	49
Figura 25 Esquema de funcionamiento de un motor eléctrico.	49
Figura 26 Partes principales de motor eléctrico AC trifásico de inducción.	50
Figura 27 Disposición geométrica y montaje del estator en un motor.....	50
Figura 28 Construcción del rotor de un motor AC trifásico	51
Figura 29 Montaje del rotor en un motor AC trifásico de inducción jaula de ardilla.	52
Figura 30 Recinto de motor AC trifásico de inducción.	52
Figura 31 Construcción física de un relé electromecánico.	54
Figura 32 Ejemplo de relé de estado sólido.TRIAC.....	55
Figura 33 Esquema de un SPST	58
Figura 34 Esquema de un SPDT	58
Figura 35 Esquema de un DPST	59

Figura 36 Esquema de un DPDT	59
Figura 37 Circuito de arranque directo de motor eléctrico de tres fases protegido por relés. ..	61
Figura 38 Curvas de diferentes tipos de clases de relés de sobrecarga	63
Figura 39 Forma de funcionamiento de relé de sobrecarga con cinta bimetálica	64
Figura 40 Construcción física de relés	65
Figura 41 Representación de un tiristor, capas semiconductoras.	66
Figura 42 Representación de un tiristor con transistores.	67
Figura 43 Símbolo de un tiristor	67
Figura 44 Símbolo del SCR	69
Figura 45 Capas semiconductoras y uniones del SCR	71
Figura 46 Curva característica del SCR	71
Figura 47 Polarización del SCR – Disparo por tensión excesiva.	76
Figura 48 SCR a través de control de puerta – Circuito equivalente de Thevenin.	76
Figura 49 Diagrama de bloques del Sistema	82
Figura 50 Esquema básico de la etapa de potencia	83
Figura 51 Conexión delta interna básica con carga inductiva	83
Figura 52 Conexión delta interna básica con carga resistiva	84
Figura 53 Madera dieléctrica.	115
Figura 54 Cable N° 12.	115
Figura 55 Cable N° 16.	116
Figura 56 Circuito de Relés.	116
Figura 57 Circuito Electrónico.	117
Figura 58 Banco de pruebas.	117
Figura 59 Diagrama de control.	119
Figura 60 Diagrama de Fuerza.	120
Figura 61 Motor 1 HP	121
Figura 62 Diagrama de tensión.	122
Figura 63 Motor 4 HP.	123
Figura 64 Diagrama de tensión 4 HP	125
Figura 65 Motor 5 HP.	125
Figura 66 Diagrama de tensión 5 HP.	127
Figura 67 Diagrama de control y fuerza	128
Figura 68 Arrancador Electrónico.....	129
Figura 69 Relé CHINT NR2-25	132
Figura 70 Contactor CHINT NC1-12	134
Figura 71 Analizador de energía.	137
Figura 72 Prueba de Motor 1 HP - Circuito Convencional.	149
Figura 73 Prueba de Motor 1 HP - Circuito Electrónico.	149
Figura 74 Prueba de Motor 4 HP - Circuito Convencional.	149
Figura 75 Prueba de Motor 4 HP - Circuito Electrónico.	150
Figura 76 Prueba de Motor 5 HP - Circuito Convencional.	150
Figura 77 Prueba de Motor 5 HP - Circuito Electrónico.	150
Figura 78 Analizador de energía FLUKE SERIE II	151
Figura 79 Banco de pruebas.	151
Figura 80 Prueba General frontal	151

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 Clasificación de motores eléctricos DC según NEMA	46
Diagrama 2 Clasificación de motores eléctricos AC según NEMA	46
Diagrama 3 Clasificación de los relés.	53
Diagrama 4 Diseño de investigación	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de características, ventajas y desventajas de las clases de relés.	56
Tabla 2 Tipos de Relé	57
Tabla 3 Aplicaciones típicas y sobrecalentamiento	80
Tabla 4 Arranque normal (CLASE 10)	81
Tabla 5 Arranque pesado (CLASE 20)	81
Tabla 6 Arranque pesado (CLASE 30)	81
Tabla 7 Cuadro de hipótesis	88
Tabla 8 Operacionalización de variables.	89
Tabla 9 Guía de observación.	93
Tabla 10 Normas.	94
Tabla 11 Especificaciones Técnicas Arrancador Electrónico.	130
Tabla 12 PSR Manual de Motor Tipo I	132
Tabla 13 Modelos de Relé Térmico CHINT	133
Tabla 14 Modelo de Contactores CHINT	135
Tabla 15 Modelo Termo magnético CHINT	135
Tabla 16 Modelos Interruptores Termo magnético CHINT	136
Tabla 17 Modelo pulsadores auxiliares CHINT	136
Tabla 18 Modelo lámparas de señalización CHINT	136
Tabla 19 Especificaciones técnicas - Voltaje	138
Tabla 20 Especificaciones técnicas - Amperios	138
Tabla 21 Especificaciones técnicas - Alimentación.	139
Tabla 22 Especificaciones técnicas - Armónicos.	139
Tabla 23 Equipos, materiales y herramientas.	140
Tabla 24 Normas.	141
Tabla 25 Materiales	141
Tabla 26 Otros Varios	142
Tabla 27 Costo Total	142

ÍNDICE DE RESULTADOS

Resultados 1 Motor de 1 HP, Arranque con contactor.	98
Resultados 2 Motor de 1 HP, Arranque electrónico.	99
Resultados 3 Motor de 4 HP, Arranque con contactor.	99
Resultados 4 Motor de 4 HP, Arranque electrónico.	100
Resultados 5 Motor de 5 HP, Arranque con contactor.	101
Resultados 6 Motor de 5 HP, Arranque electrónico.	101
Resultados 7 Motor 1 HP, Variación del voltaje y la corriente en el momento de arranque con contactor	102
Resultados 8 Motor 1 HP, Variación del voltaje y la corriente en el momento de arranque electrónico.....	103
Resultados 9 Motor 4 HP, Variación del voltaje y la corriente en el momento de arranque con contactor.	104
Resultados 10 Motor 4 HP, Variación del voltaje y la corriente en el momento de arranque electrónico.....	105
Resultados 11 Motor 5 HP, Variación del voltaje y la corriente en el momento de arranque con contactor.	106
Resultados 12 Motor 5 HP, Variación del voltaje y la corriente en el momento de arranque electrónico.....	107

ÍNDICE DE CUADRO COMPARATIVO

Cuadro Comparativo 1 Motor Eléctrico 1 HP.	107
Cuadro Comparativo 2 Motor Eléctrico 4 HP	109
Cuadro Comparativo 3 Motor Eléctrico 5 HP	111

RESUMEN

El presente trabajo de investigación involucra principalmente el análisis comparativo de la corriente de arranque de los motores eléctricos de 1 HP, 4 HP y 5 HP con el uso de circuito convencional (CONTACTORES) y circuito electrónico (SCR), es por eso que el objetivo de este trabajo de tesis es analizar en un banco de pruebas la factibilidad de cada circuito para el desarrollo industrial aplicado en el ámbito profesional.

El control de motores eléctricos se enfoca principalmente a su arranque y análisis de los circuitos de control, siendo necesario proteger la operación de los motores mediante la adecuada selección de los elementos de protección. Siendo fundamental reconocer y diferenciar tipos de rotores y motores al observarlos físicamente.

El resultado de este trabajo de tesis es el análisis respectivo y el seleccionamiento de los dispositivos electromecánicos y electrónicos respectivos para la elaboración de un banco de pruebas que permita el cálculo, análisis, lectura e interpretación de diagramas mediante las pruebas de arranque de motores trifásicos con circuito de relés (contactor) y circuito electrónico (SCR), teniendo así un uso de elementos reales y apoyo en diagramas eléctricos, con la finalidad de obtener resultados positivos con el uso y desarrollo de un arrancador de estado de sólido en la implementación en la industria.

Palabras claves: Seleccionamiento, análisis, cálculo, interpretación.

ABSTRACT

The present research work mainly involves the comparative analysis of the starting current of electric motors of 1 HP, 4 HP and 5 HP with the use of conventional circuit (contactors) and electronic circuit (SCR), that is why the objective Of this work of thesis is to analyze in a test bench the feasibility of each circuit for the industrial development applied in the professional scope.

The control of electric motors is mainly focused on their starting and analysis of the control circuits, being necessary to protect the operation of the motors through the appropriate selection of the protection elements. Being fundamental to recognize and to differentiate types of rotors and motors when observing them physically.

The result of this thesis work is the respective analysis and the selection of the respective electromechanical and electronic devices for the elaboration of a test bench that allows the calculation, analysis, reading and interpretation of diagrams by means of tests of starting of three-phase motors with Relay circuit (contactor) and electronic circuit (SCR), thus having a use of real elements and support in electrical diagrams, in order to obtain positive results with the use and development of a solid state starter in the implementation in the industry.

Key words: Selection, analysis, calculation, interpretation.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales máquinas empleadas en el sector industrial es el motor de inducción trifásico o asíncrono; que es usado en moledoras, sierras, rompedoras, mezcladores, transportadoras, ventiladores, compresores y bombas entre otros. Los métodos utilizados para poner en marcha esta máquina, son en su mayoría arrancadores electromecánicos convencionales, tales como: conexión directa a la red eléctrica, disminución del voltaje por autotransformador, conexión conmutada estrella-delta y adición de resistencias.

La corriente máxima en el motor de inducción se produce en el momento del arranque, antes de alcanzar la corriente nominal, por tanto el motor se encuentra expuesto a un riesgo constante de daños por sobrecalentamiento, lo que reduce su vida útil.

Un arrancador suave (Soft - Starter) se usa en la industria para poner en marcha y detener los motores de inducción trifásicos, dando como resultado una corriente en el motor al momento del arranque que se aproxima a la corriente nominal, a diferencia de los otros métodos que tienden a alejarse de dicha corriente.

El análisis comparativo que se realizara en este trabajo de investigación tiene como principio el rectificador controlado de Silicio (SCR), para controlar electrónicamente la tensión de entrada al momento del arranque y detención en el motor, lo que permite reducir la intensidad de corriente y el esfuerzo mecánico de la máquina.

Con el uso del tiristor como interruptor, se pueden conectar y desconectar cargas a la red eléctrica local a alta velocidad de forma silenciosa sin producir arcos eléctricos, ni desgastes mecánicos.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación Problemática.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales máquinas utilizadas en el sector industrial es el motor de inducción trifásica o asíncrona.

La corriente máxima en el motor de inducción se produce en el momento del arranque, antes de alcanzar la corriente nominal, por tanto el motor se encuentra expuesto a un riesgo constante de daños por sobrecalentamiento, lo que reduce su vida útil.

El arrancador suave (Soft - Starter) se usa en la industria para poner en marcha y detener los motores de inducción trifásicos, dando como resultado una corriente en el motor al momento del arranque que se aproxima a la corriente nominal, a diferencia de los otros métodos que tienden a alejarse de dicha corriente como un circuito convencional.

Por lo tanto el uso de los controlados de Silicio (SCR) conectados en anti paralelo o Triac por fase, son utilizados para controlar electrónicamente la tensión de entrada al momento del arranque y detención en el motor, lo que permite reducir la intensidad de arranque y el esfuerzo mecánico de la máquina.

1.1.1. A nivel internacional.

Planta de Alimentos Longovilo de Chile (Pochcorp, 2004) fue construida a mediados de los noventa con una capacidad de producción de 25 mil toneladas de pellet mensuales. La tercera ampliación y definitiva del año 2004 aplicando lo último en tecnología de supervisión, control y monitoreo les permitió alcanzar una producción de 100 mil toneladas mensuales todo esto gracias a sus procesos de automatización;

convirtiéndola, en esa época, en una de las plantas de mayor producción de alimentos del mundo.

El permanente crecimiento del consumo de carne de aves y cerdos, tanto a nivel local como internacional, ha permitido transformarse en un líder regional en el mercado de los alimentos cárnicos. Esta planta, completamente automatizada desde el abastecimiento de materias primas hasta el despacho de producto a granel, provee en la actualidad más del 50% de las necesidades de alimento para la crianza de animales de la compañía.

La automatización total de la planta y su integración con los sistemas de la compañía, han brindado confiabilidad en la operación y una productividad incluso superior a la capacidad es nominales de diseño, desde el inicio de sus operaciones.

1.1.2. A nivel nacional.

Alicorp (alicorp, 2008) construyó una planta de alimentos balanceados para camarones y peces. Alicorp tiene como proyecto para el mediano o largo plazo, tener en PERU su propia planta de Nicovita. En tanto, desde Perú seguirán importando y comercializando alimento para la acuicultura, señaló la gerente de marca Nutrición Animal Internacional de la empresa, Talía FarjeGordon. Indicó que de la producción mundial de camarones en Perú y otros países de Latinoamérica representan el 20%. lo que lo hace importante en el mercado de alimentos balanceados

En el foro "Haciendo negocios con Asia", organizado por ComexPerú, Farje Gordon explicó que para lograr un posicionamiento en ese mercado, la de otro lado, informó que durante el año pasado las ventas del área de nutrición animal superaron los US\$ 100 millones, logrando un crecimiento del 20% en comparación con el 2009 debido a sus proyectos que se realizan cada año en planta con tecnología de punta y vanguardia aplicados a los procesos industriales.

1.1.3. A nivel local.

A nivel local no se ha encontrado algunas acciones para el desarrollo con respecto al uso de circuitos electrónicos o arranque suave en los motores eléctricos en empresas industriales, pero lo que si tiene es desarrollo industrial en el cual se puede implementar el uso de arrancadores de estado sólido (circuito eléctrico).

Lo que si se viene desarrollando a nivel internacional, nacional y local es la automatización en cuanto a empresas industriales que son completos para el uso de arranque suave a los motores eléctricos.

1.2. Formulación de problema.

¿Es factible analizar las corrientes de arranque en motores eléctricos trifásicos hasta una potencia de 5 HP ya sea por circuito de relés (CONTACTORES) o circuito electrónico (SCR)?

1.3. Delimitación de la investigación.

El presente trabajo de investigación consiste en el análisis comparativo de las corrientes de arranque en motores eléctricos hasta 5 HP de acuerdo a parámetros técnicos de ingeniería.

Además del seleccionamiento de los dispositivos electromecánicos y electrónicos para la elaboración de un banco de prueba para el desarrollo respectivo del análisis comparativo, enfatizando el valor agregado de la experimentación de los principios teóricos y aproximaciones numéricas dentro del campo de ingeniería.

1.4. Justificación e importancia.

1.4.1. Técnico.

El uso de arrancadores suaves en los motores trifásicos de inducción impide las altas corrientes en el momento de arranque y parada que se presentan en un circuito convencional ya que sobrecalientan al motor, disminuyendo su vida útil y la reducción de estrés mecánico.

1.4.2. Social.

Se generará una conciencia ambiental y tecnología en los motores de inducción en el ámbito industrial con el uso de tecnología electrónica, teniendo en cuenta que el arrancador suave tiene un alto rendimiento y gran eficiencia en la reducción de la corriente en el arranque de motores de inducción.

1.4.3. Económico.

Los arrancadores suaves son nueva tecnología de inversión alta siendo microprocesadores totalmente digitales y proyectados para asegurar el mejor rendimiento en el arranque y parada de los motores de inducción además de ser una solución completa en el campo industrial en cuanto a la corriente de arranque de sus motores eléctricos.

1.4.4. Ambiental.

Con este trabajo de investigación y el uso de tecnología electrónica mediante los arrancadores suaves (circuitos electrónicos SCR), se plantea dar un conocimiento de trabajo diferenciado y mejora en cuanto al uso de circuitos convencionales, cuyo impacto ambiental es mínimo a comparación del uso de circuitos relés.

1.5. Limitaciones de la investigación.

La realización de este trabajo de tesis ha tenido como limitaciones de investigación:

1. El análisis de las corrientes de arranque en los motores eléctricos trifásicos se darán con potencias de 1 HP, 4 HP y 5 HP.
2. Las pruebas de corriente de arranque de los motores eléctricos trifásicos serán en arranque directo y en vacío (sin carga) tanto en el circuito de relés como en el circuito electrónico.

1.6. Objetivos de la investigación.

1.6.1. Objetivo General.

Analizar las corrientes de arranque de los motores trifásicos en el banco de prueba hasta una potencia de 5 HP con circuito de relés (CONTACTOR) y circuito electrónico (SCR) en la Universidad Señor de Sipán.

1.6.2. Objetivos Específicos.

Seleccionar los dispositivos electromecánicos y electrónicos para la elaboración del banco de pruebas en el cual se realizara el análisis respectivo de las corrientes de arranque de los motores eléctricos con potencias de 1 HP, 4 HP y 5 HP.

Analizar las corrientes de arranque de los motores trifásicos con las potencias de 1 HP, 4 HP y 5 HP mediante la utilización de los circuitos de relés (CONTACTOR) y circuito electrónico (SCR).

Interpretar los diagramas de los circuitos de control mediante las pruebas comparativas de arranque de los motores eléctricos.

Analizar la comparación económica de las corrientes de arranque en cuanto a su consumo con los distintos circuitos ya mencionados.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudios.

(MONTERO, SEPTIEMBRE 2013) Los motores eléctricos son el resultado de los principios básicos del electromagnetismo. Los cuales nos podemos remontar a sus inicios en el siglo XIX cuando se realizaron los primeros experimentos de este tipo por Faraday, Henry, Lenz, Maxwell. Se puede decir que el punto de partida para todas las máquinas eléctricas de hoy en día inicia con el estudio de Michael Faraday en 1831, con el principio de inducción electromagnética, también conocida como la ley de inducción de Faraday.

La inducción electromagnética es el principio fundamental mediante el cual trabajan las máquinas eléctricas actuales como son el transformador, generador y motores eléctricos.

Las primeras máquinas eléctricas fueron las dinamoeléctricas, las cuales su principio de funcionamiento estaba basado en la inducción de Faraday que para estos tiempos las máquinas eléctricas solo se les podía definir como convertidores de energía mecánica en energía eléctrica (generador) y como convertidores de energía eléctrica en energía mecánica (motor).

En 1885, Galileo Ferraris fue el primero en descubrir el campo magnético giratorio, el cual estaba basado en utilizar dos corrientes alternas independientes de igual frecuencia pero diferente fase. Un año después Nikola Tesla diseño y patento el primer motor eléctrico de corriente alterna. En 1888 Tesla publicó un artículo que describía, tres tipos de motores estos eran de tipo bifásico y con polos salientes en el estator, se alimentaban de dos corrientes desfasadas 90° y sus devanados al igual que las corrientes se encontraban desfasados 90° .

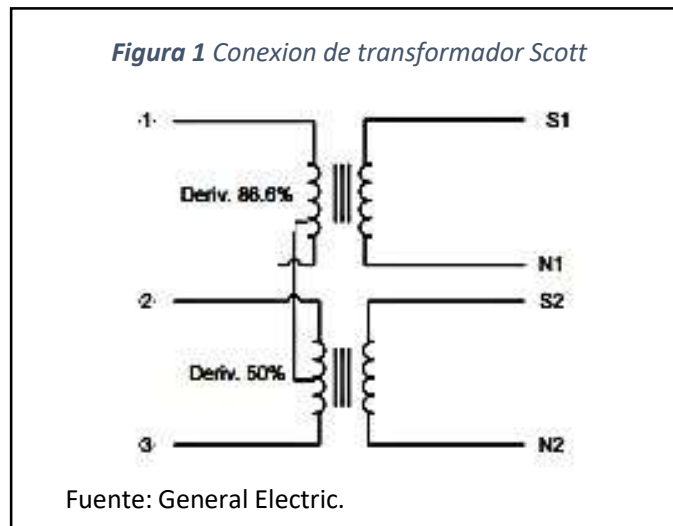
Primer motor: contaba con cuatro polos salientes y giraba a la velocidad de sincronismo, pero no poseía la capacidad de autoarranque.

Segundo motor: De tipo asíncrono, poseía un rotor devanado que podía arrancar; pero giraba a una velocidad por debajo del sincronismo.

Tercer motor: De tipo síncrono, utilizaba una corriente continua en el devanado del rotor.

En 1892, La empresa Westinghouse fue la primera en desarrollar un motor bifásico, contaba con devanados tanto en el estator como en el rotor, logrando así el primer motor práctico. Éste era un motor bifásico de 304 HP, 12 polos a 220V, este motor se alimentaba de dos alternadores monofásicos de 507 HP, 60Hz. Los cuales se encontraban desplazados 90° eléctricos para generar la tensión bifásica.

Para 1891, la compañía Thomson-Houston inicio la construcción de motores de inducción trifásicos, formando una alianza con Westinghouse para fabricar motores asíncronos trifásicos utilizando el invento de Charles F. Scott, el cual convertía un sistema bifásico en trifásico mediante un transformador y de esta forma alimentaba este tipo de motores. A esto se le conoce como "Conexión de Scott -T", se muestra en la Figura que es básicamente la manera de obtener dos fases, separadas 90° eléctricos en el espacio y en el tiempo, a partir de una fuente de alimentación trifásica, cuyas fases se hallan separadas 120° eléctricos, o viceversa.



En 1916 H.G. Reist y H. Maxwell patentan el primer motor de rotor jaula de ardilla, construido mediante barras de aluminio por parte de la compañía General Electric.

El motor de rotor devanado fue inventado por Tesla, éste empleaba dos devanados con resistencias diferentes para lograr generar un alto par de arranque, pero no fue sino hasta el año de 1925 basados en las ideas de Elihu Thomson de utilizar condensadores especiales para arranque.

En cuanto al control de motores desde la misma invención del motor, surgió la necesidad de poder manipular su arranque, paro y sobre todo su velocidad. Conforme avanza la tecnología es más fácil y más adecuando este tipo de control, hasta hace unos pocos años el control de motores estaba basado en automatismos de relevadores y colectores.

Los primeros sistemas para intentar controlar la velocidad de los motores fueron implementados para motores de corriente directa pese a que los motores de corriente alterna de inducción no eran adecuados para las aplicaciones donde se requería regular la velocidad.

En 1891 aparece el control Ward Leonard que sirve para la variación de la velocidad como se menciona anteriormente por la falta de

tecnologías este tipo de método solo era aplicado para motores de corriente continua.

El control Ward Leonard, consta de un motor trifásico de corriente alterna el cual está accionado a dos generados de corriente continua uno de estos hará la función de una excitatriz lo cual proporcionará tanto al motor como al generador un control de campo con una corriente continua. El control de velocidad depende de las pequeñas variaciones de potencia en el campo del generador principal. Se utilizan conmutadores de inversión dentro del circuito del inducido para de este modo abrir e invertir conexiones en el mismo, de esta forma, poder parar e invertir el sentido de rotación del motor.

Para el año de 1911, aparece el control Kramer para el motor de rotor devanado, este método consiste en la utilización de un transformador variable que se encuentra conectado a los anillos colectores del motor bobinado en vez de directamente a la línea.

La frecuencia del rotor bobinado será también a la frecuencia del voltaje en el conmutador, dependiendo de la posición de las fases en las escobillas se podrá alterar el factor de potencia en el motor, y cuando se incremente el voltaje en el rotor del convertidor se incrementa la velocidad. Además de que los convertidores de frecuencia utilizada también actúan como un motor convirtiendo la energía suministrada a través de un autotransformador de potencia mecánica. Este sistema es muy útil en aplicaciones de control de velocidad para grandes potencias.

Para los años de 1920 a 1930 comenzó, la aparición de los dispositivos electrónicos.

En 1923 se inventó el rectificador de selenio. Posteriormente en 1925 se desarrolló un rectificador de óxido de cobre, pero no fue hasta 1928 que Albert W. Hull de la compañía General Electric inventara el tiratrón

y el rectificador de vapor de mercurio controlado (ignitrón). Esto permitía regular la c.c. que producían los rectificadores, y sustituyendo algunos sistemas de WardLeonard por convertidores estáticos. Durante la siguiente década se establecen los principios de funcionamiento de los inversores (c.c.-c.a.).

En la década de 1930 a 1940 se establecen los principios de funcionamiento de los inversores o convertidores estáticos de c.c. a c.a., y los ciclos convertidores.

En el año de 1947 en los laboratorios de la Bell Telephone Company, se descubrió el primer transistor de unión, abriendo una puerta muy importante dentro de la electrónica de potencia, la cual entra con gran fuerza a partir de la década de los 50's donde aparecen los semiconductores en estado sólido como son el diodo y el transistor.

La verdadera fecha de inicio de la revolución electrónica de potencia fue en 1956 con el descubrimiento del tiristor o SCR (Silicon Controlled Rectifier o Rectificador Controlado de Silicio).

Otro aspecto clave en la evolución de control se da hasta la década de los 70's en donde se da el comienzo de la microelectrónica.

Posteriormente en la década de los 80's comienza a desenvolverse el microprocesador, que es la tecnología en la que actualmente nos basamos en el control de las maquinas eléctricas, cabe destacar la fecha de 1988 cuando la General Electric crea el dispositivo llamado MCT (MOS-Controlled Thyristor o tiristor controlado por MOS).

La electrónica de potencia se considera una ciencia muy cambiante debido a que los avances son muy rápidos y las nuevas tecnologías pronto se vuelven obsoletas.

2.2. Base teórica científica.

1. Arrancador suave (SCR).

El SCR es utilizado para el control de potencia eléctrica, de conducción unidireccional(en un solo sentido); que al igual que un diodo rectificador puede conducir una corriente de Ánodo a Cátodo (IAK) en polarización directa y se comporta virtualmente como un circuito abierto en polarización inversa (VKA) debido a la alta resistencia que presenta en inverso.

A diferencia del diodo rectificador, el SCR cuenta con una condición adicional para conducir. Esta es que en la tercera terminal, llamada compuerta (Gate) de control o de disparo, en la cual se necesita una señal capaz de producir la conducción del SCR. Esta compuerta permite controlar el instante, dentro del posible semi ciclo de conducción, en que la conducción de corriente se inicia; lo cual significa que podrá circular corriente en una magnitud promedio o RMS que dependerá del instante en que el SCR sea disparado, pudiéndose así controlar la potencia de la carga. (Mergarejo, 2012)

2. Circuito convencional (circuito de relés).

Un circuito de relés son conmutadores eléctricos especializados que permite controlar un dispositivo de gran potencia mediante (por ejemplo un motor) un dispositivo de potencia mucho menor (el puerto paralelo es un caso).

Un circuito de relés tiene como fundamento el relé que está formado por un electroimán y unos contactos conmutadores mecánicos que son impulsados por el electroimán (bobina). Éste requiere una corriente de sólo unos cientos de miliamperios generada por una tensión de sólo unos voltios, mientras que los contactos pueden estar sometidos a una

tensión de cientos de voltios y soportar el paso de decenas de amperios.

El conmutador del relé permite que con una corriente y tensión de alimentación pequeñas, se pueda controlar una corriente y tensión bastante mayores. Muchos pequeños conmutadores y circuitos electrónicos no pueden soportar corrientes eléctricas elevadas (a menudo no más de 1 amperio).

3. Potencia eléctrica.

La potencia eléctrica es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el vatio (watt).

Cuando una corriente eléctrica fluye en cualquier circuito, puede transferir energía al hacer un trabajo mecánico o termodinámico.

La electricidad se puede producir mecánica o químicamente por la generación de energía eléctrica, o también por la transformación de la luz en las células fotoeléctricas. Por último, se puede almacenar químicamente en baterías.

La energía consumida por un dispositivo eléctrico se mide en vatios-hora (Wh), o en kilovatios-hora (kWh). Normalmente las empresas que suministran energía eléctrica a la industria y los hogares, en lugar de facturar el consumo en vatios-hora, lo hacen en kilovatios-hora (kWh). La potencia en vatios (W) o kilovatios (kW) de todos los aparatos eléctricos debe figurar junto con la tensión de alimentación en una placa metálica ubicada, generalmente, en la parte

trasera de dichos equipos. En los motores, esa placa se halla colocada en uno de sus costados y en el caso de las bombillas de alumbrado el dato viene impreso en el cristal o en su base.

2.3. Definición de los términos básicos.

2.3.1. Contactor.

Es un interruptor accionado mediante interacción electromagnética, mediante una bobina que al circular corriente por ella, genera un campo magnético que atrae la armadura y cierra los contactos permitiendo el paso de la corriente eléctrica a través del contactor.



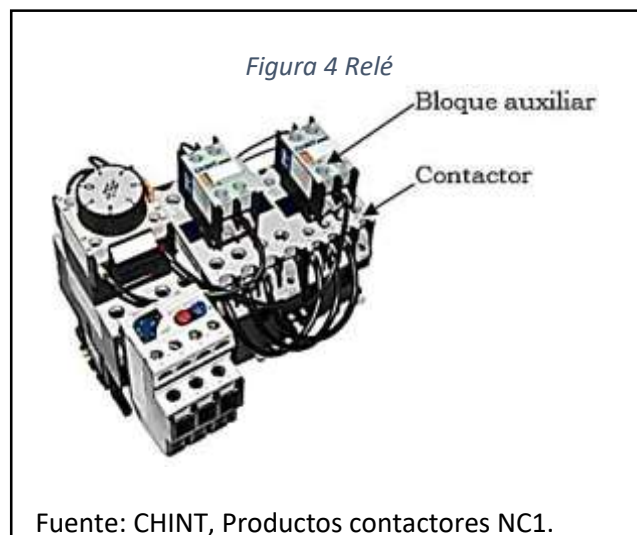
2.3.2. Bloque auxiliar.

Los bloques auxiliares se proveen generalmente en 2 tipos de bloques: bloques de 1 contacto normalmente abierto (NO) y 1 contacto normalmente cerrado (NC) y bloques de 2 contactos normalmente abiertos (NO) y 2 contactos normalmente cerrados (NC). Los dos tipos de bloques auxiliares se muestran en la figura siguiente. Estos bloques se montan sobre el riel que viene dispuesto en la cara frontal del contactor como se muestran.



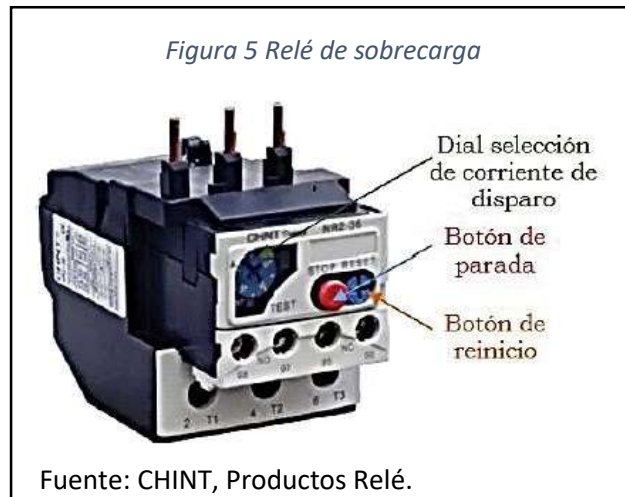
2.3.3. Relé de sobrecarga.

Es un relé que debido a una sobrecarga en el circuito desconecta el mismo de la red de alimentación. La sobrecarga (corriente incrementada) debe ser tal que se presente durante cierto tiempo (determinado por la curva de la clase de relé de sobrecarga) suficiente para que se produzca el calentamiento de la cinta bimetálica (que se dobla con el calor) y esta actué el mecanismo que genera la desconexión del circuito.

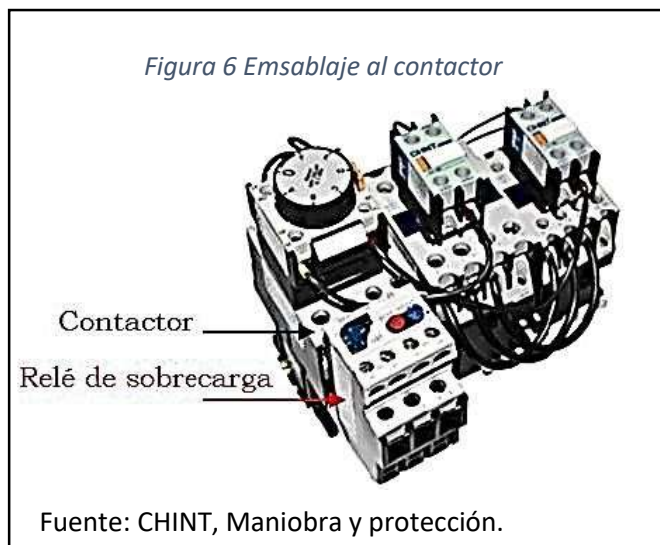


Estos relés poseen un dial donde es posible seleccionar en un rango la corriente de disparo (al girar el dial se cambia ubica un valor en el rango), además un botón (stop) para actuar el relé de desconexión de manera directa y posee un dial (reset) para

seleccionar la manera de reiniciar la conexión luego de que el relé ha sido actuado debido a una sobrecarga, este reinicio se puede seleccionar entre manual (H) y automático (A). Un relé de sobrecarga se muestra en la figura siguiente.



Los relés de sobrecarga se ensamblan a los contactores como se muestra a continuación en la figura.



2.3.4. Relé de tiempo.

Es un relé que retarda una señal eléctrica el tiempo que se estipule en un dial que es manipulable por el estudiante (recomendado entre 5 a 10 segundos para que el motor alcance a tomar el 80% de la velocidad nominal antes de conmutar a triángulo), este valor

de tiempo determina el tiempo en que el motor funciona en estrella antes de conmutar a triángulo.



2.3.5. Indicador (piloto).

Estos indican (al estar encendidos ciertas) situaciones que ocurren dentro del circuito, en el caso de las prácticas.



2.3.6. Relé automático contra cortocircuito (breaker).

Es un dispositivo de disparo automático e instantáneo, reacciona ante elevaciones instantáneas de corriente arriba del rango predeterminado de fábrica, estas elevaciones de corriente se

deben a cortocircuitos debido a malas conexiones o fallas a tierra a través del circuito.



2.3.7. Pulsadores.

Los pulsadores son mecanismos para pulsar que actúan contactos eléctricos normalmente abiertos (NO) o normalmente cerrados (NC) y que se usan para conectar o desconectar momentáneamente (mientras el pulsador se encuentre actuado) parte de un circuito. Un pulsador se muestra en la figura.

Se pueden hacer lógicas con los pulsadores mediante la adición de bloques auxiliares de contactos cerrados o abiertos, estos al estar conectados a un mismo pulsador (un mismo mecanismo de accionamiento) presentaran combinaciones como NO y NC al pulsar o cualquier combinación que se requiera de dos o más contactos NO o NC.

Figura 10 Pulsador



Fuente: Autor.

2.3.8. Bornes.

Los bornes son simples conexiones eléctricas con dos puntos que se usan para conectar dos partes de un circuito o generar puntos comunes mediante la unión eléctrica de dos o más bornes mediante peines (uniones metálicas que se atornillan a cada borne y al atornillar dos o más bornes conforman uniones eléctricas de 4 o más puntos). La gran ventaja de los bornes es se pueden montar de manera modular como se muestra muestran en la figura siguiente.

Figura 11 Bornes

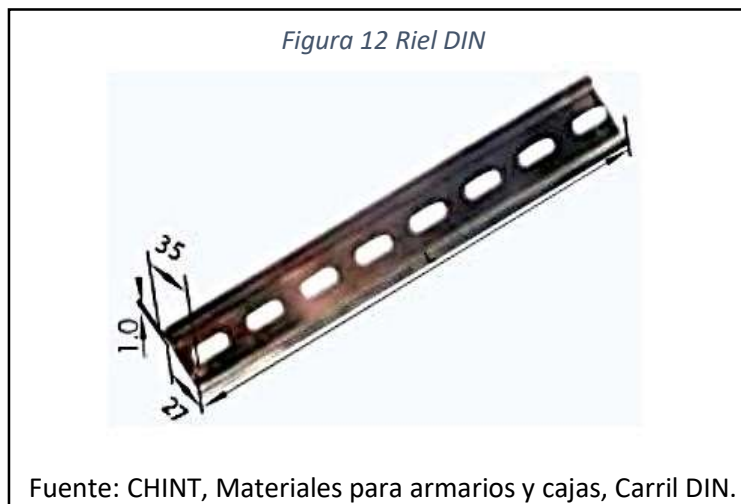


Fuente: CHINT, Material para armarios y cajas, Bornas.

2.3.9. Riel DIN.

Con el objetivo de lograr una estandarización del montaje de los equipos, DIN ha definido el riel mostrado en la figura 92 en el que se montan todos los elementos eléctricos que serán parte de un

circuito, por ejemplo: bornes, contactores, bases de relés de tiempo, bases de relés de voltaje, etc.



2.3.10. Canaleta.

Al realizar montaje de tableros de control o de potencia, es necesario mantener orden en el mismo, es por este motivo que existen canales que se cortan a medida de la caja y permiten llevar dentro el cable de las conexiones y además derivar cable mediante ranuras laterales. Esta se construye de material aislante. Una sección de canaleta se muestra en la figura siguiente.



2.3.11. Cajas.

Con el objetivo de mantener los circuitos aislados del contacto humano, es necesario realizar el montaje de los mismos en cajas destinadas a tal fin.

Las cajas se acondicionan con riel y canaletas, algunas de las cajas traen predispuesto un conjunto de canaletas para conducir el cable, pero resultan muy costosas y para aplicaciones específicas, la mejor opción es comprar la caja y la canaleta por separado y realizar su montaje. Una caja se muestra en la figura siguiente.



2.4. Definiciones Motores Eléctricos.

2.4.1. Definiciones Motores Eléctricos.

2.4.1.1. Conceptos generales de las máquinas eléctricas.

Las máquinas eléctricas son el resultado de una aplicación inteligente de los principios del electromagnetismo y en particular de la ley de inducción de Faraday. Las máquinas eléctricas se caracterizan por tener circuitos eléctricos y magnéticos entrelazados. Durante todo el proceso histórico de su desarrollo desempeñaron un papel rector, que determinaba el movimiento de toda la ingeniería eléctrica, merced a su aplicación en los campos de la generación, transporte, distribución y utilización de la energía eléctrica. Las máquinas eléctricas realizan una conversión de energía de una forma a otra,

una de las cuales, al menos, es eléctrica. En base a este punto de vista, estrictamente energético, es posible clasificarlas en tres tipos fundamentales:

1. **Generador:** que transforma la energía mecánica en eléctrica. La acción se desarrolla por el movimiento de una bobina en un campo magnético, resultando una f.e.m. inducida que al aplicarla a un circuito externo produce una corriente que interacciona con el campo y desarrolla una fuerza mecánica que se opone al movimiento. En consecuencia, el generador necesita una energía mecánica de entrada para producir la energía eléctrica correspondiente.
2. **Motor:** que transforma la energía eléctrica en mecánica. La acción se desarrolla introduciendo una corriente en la máquina por medio de una fuente externa, que interacciona con el campo produciendo un movimiento de la máquina; aparece entonces una f.e.m. inducida que se opone a la corriente y que por ello se denomina fuerza contra electromotriz. En consecuencia, el motor necesita una energía eléctrica de entrada para producir la energía mecánica correspondiente.
3. **Transformador:** que transforma una energía eléctrica de entrada (de AC) con determinadas magnitudes de tensión y corriente en otra energía eléctrica de salida (de AC) con magnitudes diferentes.

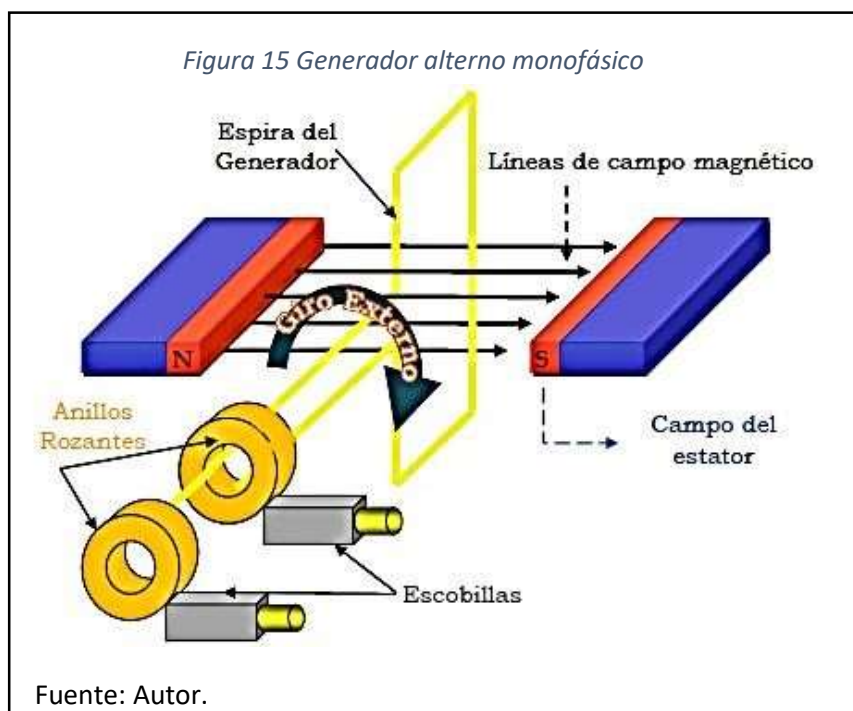
Los generadores y motores tienen un acceso mecánico y por ello son máquinas dotadas de movimiento, que normalmente es de rotación; por el contrario, los transformadores son máquinas eléctricas que tienen únicamente accesos eléctricos y son máquinas estáticas.

Cada máquina en particular cumple el principio de reciprocidad electromagnética, lo cual quiere decir que son reversibles, pudiendo funcionar como generador o como motor (en la práctica, existe en realidad alguna diferencia en su construcción, que caracteriza uno u otro modo de funcionamiento).

2.4.1.2. Conceptos de los motores eléctricos.

- 1. Corriente Eléctrica.** La AC se caracteriza porque su sentido de circulación varía periódicamente, debido a que su polaridad varía continuamente, es por lo tanto un tipo de corriente bidireccional, al contrario de la DC que es unidireccional.
- 2. Corriente Alterna Monofásica.** Un generador monofásico es usado para generar AC monofásica, mediante el giro del mismo debido a una fuente externa que haga girar el rotor del generador (turbinas hidráulicas, turbinas de gas, etc.), este giro del devanado se presenta dentro de un campo magnético fijo en el estator del generador y debido a que durante el giro del devanado, este corta las líneas de campo magnético, se induce un voltaje en el mismo que varía con el tiempo debido a que existen puntos donde el devanado corta más líneas de flujo, además de que se invierte la dirección del mismo, logrando ser en medio periodo positivo y en el otro medio periodo negativo.

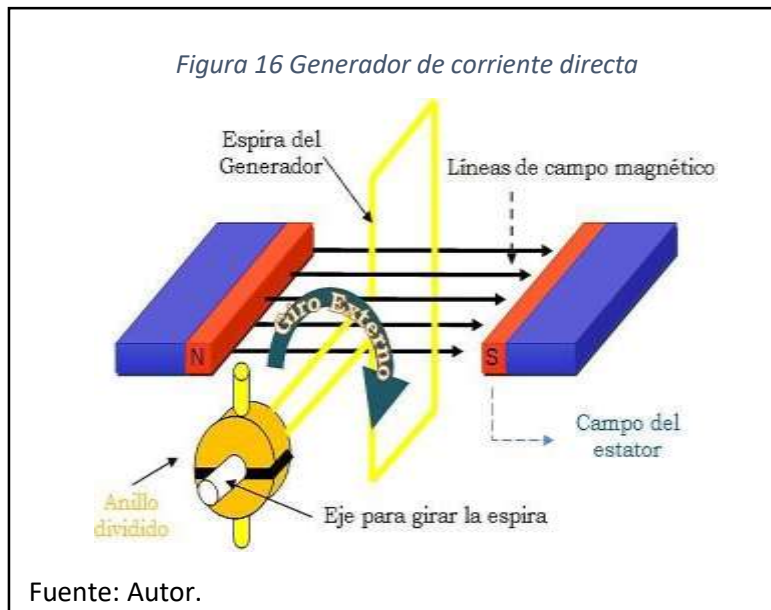
La forma de funcionamiento básica de un generador monofásico se muestra en la figura.



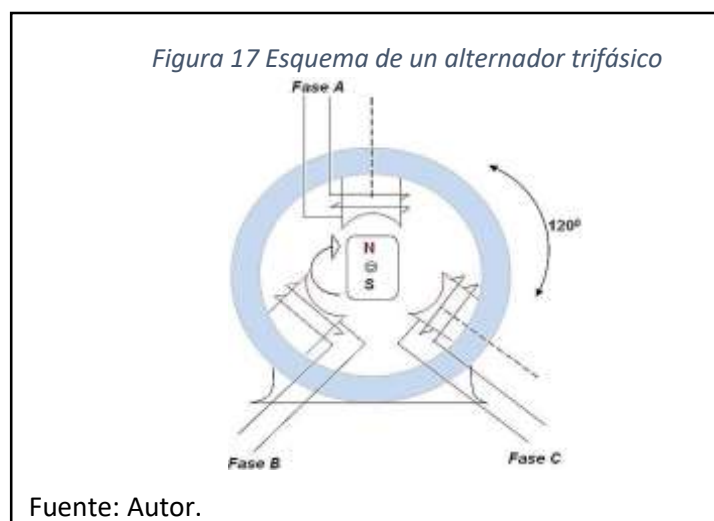
3. Corriente Directa. La generación de corriente se hace de manera que se obtiene una onda senoidal, lo que no es conveniente para máquinas eléctricas que trabajen con DC.

Si una armadura gira entre dos polos magnéticos fijos, la corriente en la armadura circula en un sentido durante la mitad de cada revolución, y en el otro sentido durante la otra mitad.

Para producir un flujo constante de corriente en un sentido, o corriente continua, en un aparato determinado, es necesario disponer de un medio para invertir el flujo de corriente fuera del generador una vez durante cada revolución. En los generadores antiguos esta inversión se llevaba a cabo mediante un conmutador, un anillo de metal partido montado sobre el eje de una armadura. Las dos mitades del anillo se aislaban entre sí y servían como bornes de la bobina. Las escobillas fijas de metal o de carbón se mantenían en contacto con el conmutador, que al girar conectaba eléctricamente la bobina a los cables externos. Cuando la armadura giraba, cada escobilla estaba en contacto de forma alternativa con las mitades del conmutador, cambiando la posición en el momento en el que la corriente invertía su sentido dentro de la bobina de la armadura. Así se producía un flujo de corriente de un sentido en el circuito exterior al que el generador estaba conectado. En algunas máquinas más modernas esta inversión se realiza usando rectificadores de diodos semiconductores o tiristores.



4. Corriente Alterna Trifásica: Un generador alterno trifásico es usado para generar AC, los devanados que producen cada fase están desfasados 120° entre ellos dentro de la armadura, su configuración básica se muestra en la figura.



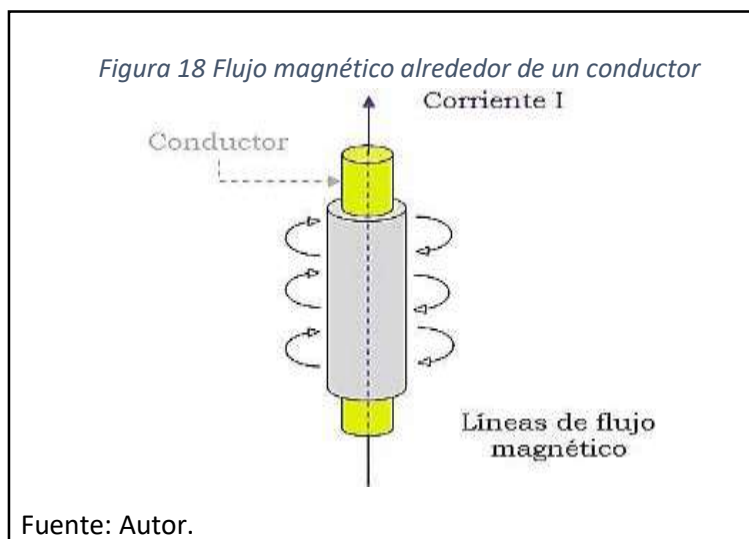
A partir de este tipo de alternadores se tiene la posibilidad de usar la llamada corriente alterna trifásica.

5. Principios de operación de motores eléctricos: La operación de los motores eléctricos depende de la interacción de campos magnéticos. Para definir cómo opera un motor, se deben definir las reglas del magnetismo,

así como la relación que existe entre el flujo de corriente y el campo magnético.

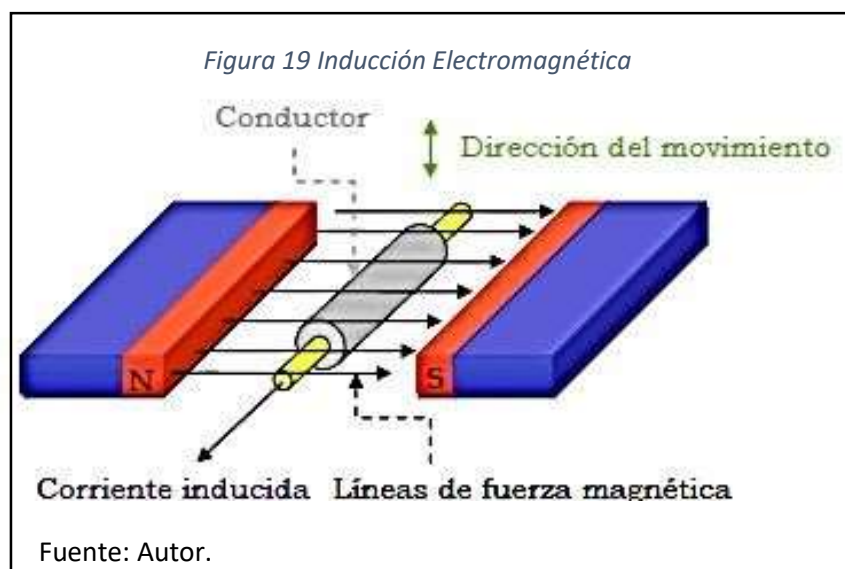
- 6. Fundamentos de magnetismo:** Un imán puede ser permanente o temporal. Si una pieza de hierro o de metal se magnetiza y retiene el magnetismo se le conoce como imán permanente, este se usa en motores de pequeño tamaño.

Cuando una corriente circula a través de una bobina, se crea un campo magnético con un polo norte y sur, como si se tratara de un imán permanente. Sin embargo cuando la corriente se interrumpe, desaparece el campo magnético. A este tipo de magnetismo temporal se le conoce como electromagnetismo. Cuando una corriente eléctrica circula a través de un conductor, las líneas de fuerza magnética (flujo magnético) se crean alrededor del mismo.



Cuando la sección de un conductor se hace pasar a través de un campo magnético, se dice que se induce un voltaje y se crea la electricidad en el conductor o alambre. De esta manera puede comprobarse la relación entre el magnetismo y la electricidad.

7. La inducción electromagnética: Si el alambre conductor se mueve dentro de un campo magnético, de manera que el conductor corte las líneas de dicho campo, se origina una fuerza electromotriz producida en dicho conductor. Induciendo la fuerza electromotriz, mediante el movimiento relativo entre el conductor y el campo magnético, se presenta lo que se conoce como la inducción electromagnética, se inducirá un voltaje en este conductor y mediante el uso de un medidor puede comprobarse que circula corriente por el conductor, como se muestra en la figura.



8. La Ley inducción electromagnética de Faraday: En 1831 Joseph Faraday hizo uno de los descubrimientos más importantes del electromagnetismo que actualmente se conoce como: La ley inducción electromagnética de Faraday, que relaciona fundamentalmente el voltaje y el flujo en el circuito. El enunciado de la ley es:

- Si se tiene un flujo magnético que eslabona a una espira y, además, varía con el tiempo, se induce un voltaje entre los terminales.
- El valor del voltaje inducido es proporcional al índice de cambio del flujo.

Por definición y de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades, cuando el flujo varía en 1 weber por segundo, se induce un voltaje de 1 volt entre

sus terminales; en consecuencia si el flujo varía entre una bobina de N espiras, el voltaje inducido se da por la expresión:

$$E = N\Delta\Phi/\Delta T \text{ Donde:}$$

E: Voltaje inducción en Volts

N: Numero de espiras de la bobina.

$\Delta\Phi$: Cambio de flujo dentro de la espira o bobina.

ΔT : Intervalo de tiempo durante el cual el flujo cambia.

La ley de Faraday, establece las bases para las aplicaciones prácticas en el estudio de transformadores, generadores y motores de corriente alterna.

9. Voltaje inducido en un conductor. En algunos motores y generadores, los conductores o bobinas se mueven respecto a un flujo constante. El movimiento rotativo produce un cambio en el eslabonamiento de flujo de las bobinas y, en consecuencia un voltaje inducido de acuerdo con la Ley de Faraday de la siguiente manera:

$$E = B \cdot L \cdot V$$

Donde:

E: Voltaje inducción en Volts

B: Densidad de flujo en tesla

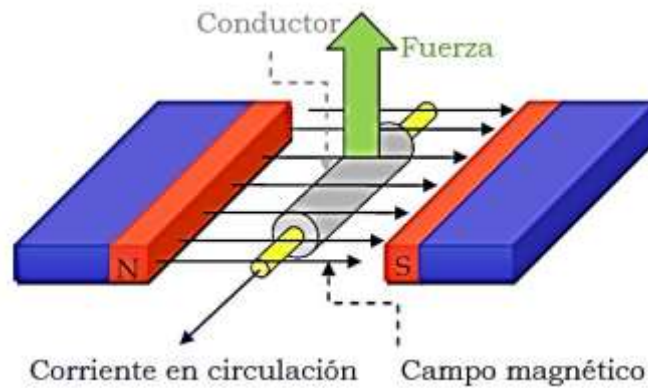
L: longitud activa de los conductores en el campo magnético.

V: Velocidad relativa del conductor m/s.

Los motores eléctricos operan bajo el principio de que un conductor colocado dentro de un campo magnético experimenta una fuerza cuando una corriente circula por el mismo como se ve en la figura a continuación.

La magnitud de la fuerza varía directamente con la intensidad del campo magnético y la magnitud de la corriente que circula por el conductor, de acuerdo con la expresión:

Figura 20 Fuerza magnética en un conductor
debido a la circulación de corriente y campo magnético.



Fuente: Autor.

$$F = I \cdot B \cdot L$$

Donde:

F: Fuerza en Newtons

I: Corriente en circulación.

B: Flujo magnético weber/m² o tesla.

L: Longitud del conductor en metros.

En general el rotor de un motor eléctrico queda dentro del campo magnético creado por el estator. Se induce una corriente dentro del rotor y la fuerza resultante (y por lo tanto el par) produce la rotación.

10. Potencia y par de un motor eléctrico: La potencia mecánica de los motores se expresa en caballos de fuerza (HP) o Kilowatts, medidas que cuantifican la cantidad de trabajo que un motor eléctrico es capaz de realizar en un periodo específico de tiempo. Dos factores importantes que determinan la potencia mecánica en los motores son: el par y la velocidad de rotación.

El par es una medida de la fuerza que tiende a producir la rotación, se mide en Libras-pie o Newton-metro. La velocidad del motor se establece comúnmente en revoluciones por minuto (RPM). La relación entre la potencia, el par y la velocidad se da por la siguiente expresión:

$$Potencia = Velocidad \times Par$$

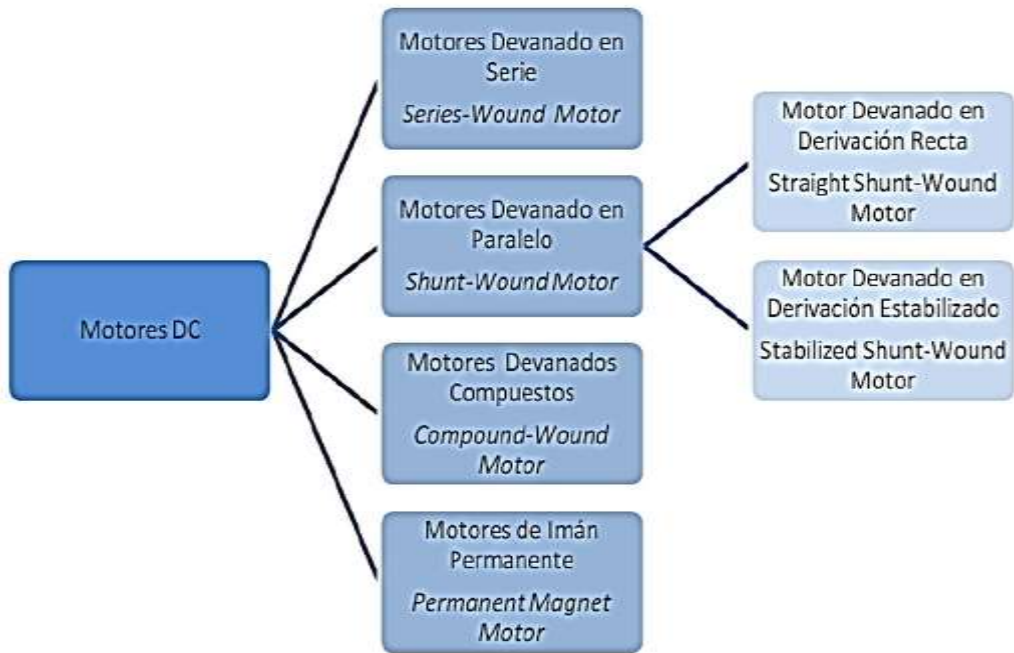
A menor velocidad existe mayor par para entregar la misma potencia, entonces los motores de baja velocidad necesitan componentes más robustos que los de alta velocidad para igual potencia nominal.

2.4.1.3. Clasificación de los motores eléctricos.

Atendiendo a la naturaleza de la corriente eléctrica existen dos tipos de motores eléctricos reconocidos por NEMA (National Electrical Manufacturers Association): motores de corriente directa (DC) y motores de corriente alterna (AC).

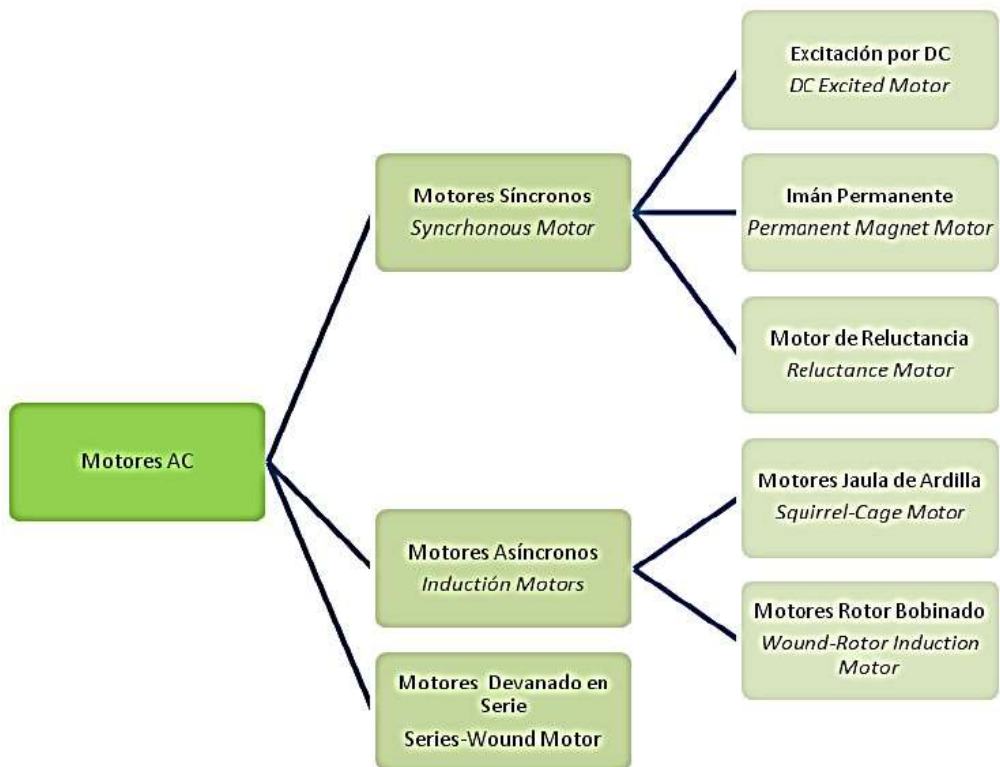
En las figuras siguientes, se muestra la clasificación según la naturaleza de la corriente eléctrica acorde con NEMA, de los motores eléctricos DC y AC respectivamente.

Diagrama 1 Clasificación de motores eléctricos DC según NEMA



Fuente: Autor.

Diagrama 2 Clasificación de motores eléctricos AC según NEMA

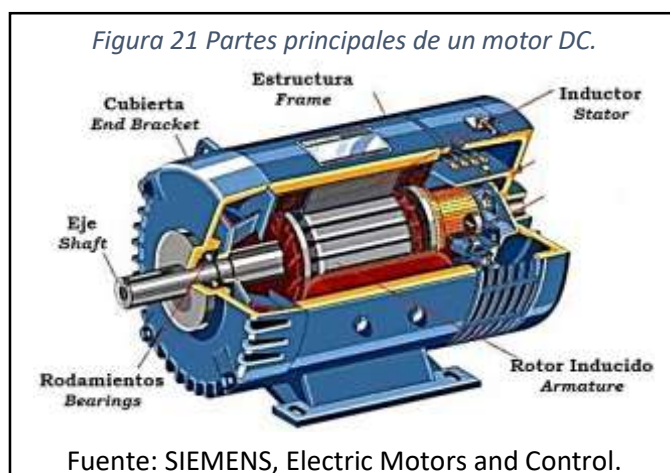


Fuente: Autor.

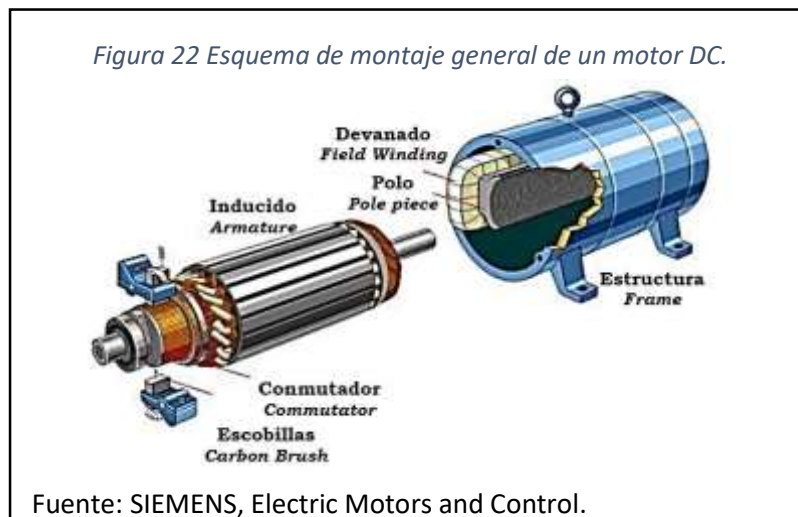
2.4.1.4. Motores eléctricos DC.

Un motor DC está compuesto principalmente por el rotor (armature) y el inductor (stator) que a su vez se componen de:

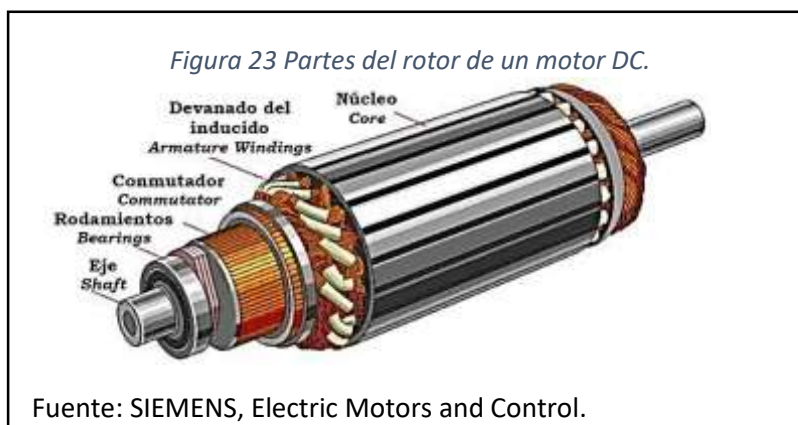
- Un imán fijo que constituye el inductor (stator)
- Un bobinado denominado inducido que es capaz de girar en el interior del primero, cuando recibe una DC.
- Escobillas (brush assembly) cuya función es la de transmitir la corriente proveniente de la fuente DC al colector o conmutador. Las escobillas son de grafito, material menos duro que el del conmutador, con el fin de evitar el desgaste del mismo. Debido a que el acercamiento de las escobillas al conmutador debe ser continuo para evitar las chispas entre una conmutación y otra, las escobillas poseen un sistema de resortes que proveen la presión suficiente para generar un contacto adecuado entre estas y el conmutador. Hace parte de la estructura (frame).
- El colector o conmutador (commutator) es un conjunto de láminas (delgas) que van montadas sobre el rotor, separadas entre sí y del eje por medio de materiales aislantes para evitar el contacto eléctrico con estos. Su función es la de mantener la corriente que viene de las escobillas en un flujo unidireccional y comunicándola de esta manera al inducido.
- Eje (shaft) que tiene como responsabilidad ser la parte móvil del rotor y sobre el que van montados: el inducido, el colector o conmutador y el núcleo del inducido. Para facilitar su movimiento giratorio está soportado sobre cojinetes.



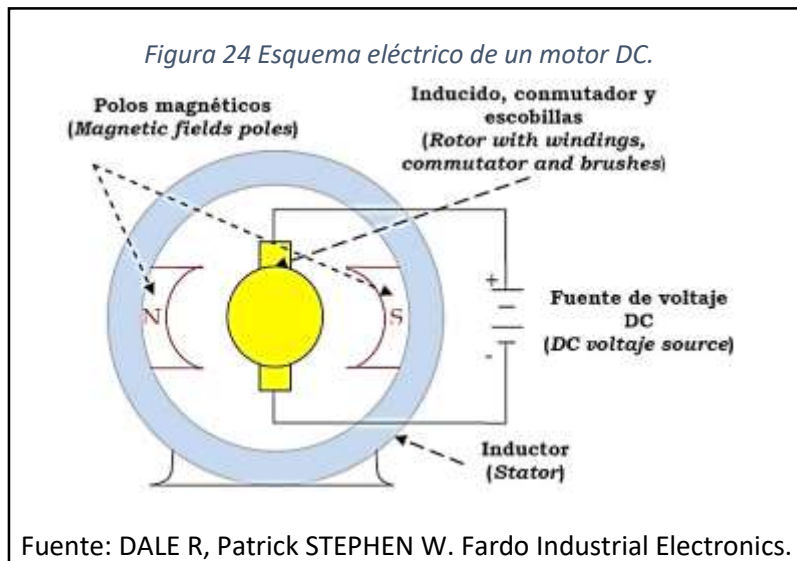
Generalmente los motores DC tienen la disposición de montaje que se muestra en la figura a continuación, donde es posible apreciar las dos partes más importantes del motor DC que son el rotor (Arm) y el inductor (stator). También se ve en esta figura uno de los polos (pole) del imán que poseen este tipo de motores y que es el responsable del campo magnético. Además se aprecia la forma mecánica en la que las escobillas entran en contacto con las delgas del conmutador que gira con el rotor y se esquematiza de manera sencilla los resortes usados con el fin de mejorar el contacto y evitar las chispas por mal contacto entre el conmutador y el rotor.



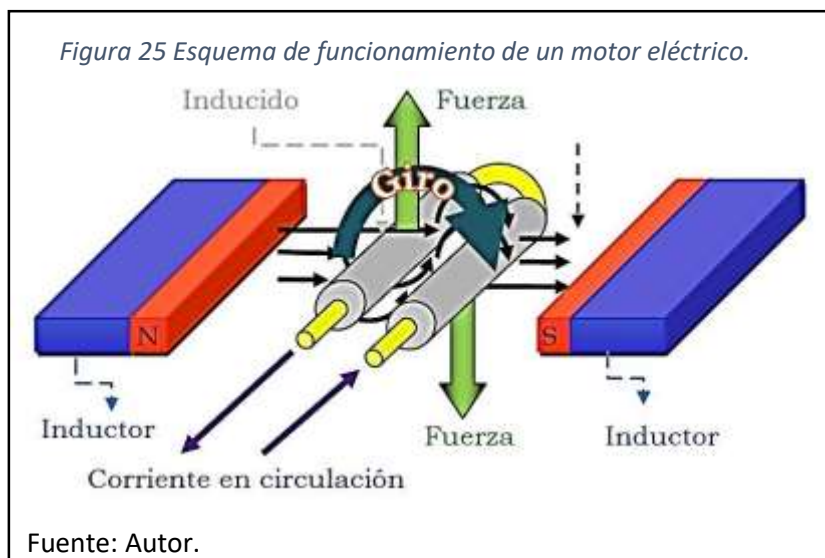
En la figura siguiente se presentan las partes del rotor de un motor DC. Se aprecia el núcleo laminado (core) cuya función es alojar el devanado que constituye en inducido. Además se aprecian otras partes de las que se expusieron anteriormente.



Un motor DC gira debido a que cuando una DC pasa a través de un cable conductor inmerso en un campo magnético, la fuerza magnética produce un par el cual provoca el giro del motor DC, realizándose este proceso mediante el inductor que provee el campo magnético y el inducido en el que se genera un par debido a que es recorrido por una DC que entra por el conmutador, y al estar inmerso en el campo se generan fuerzas (par) que lo hacen girar.

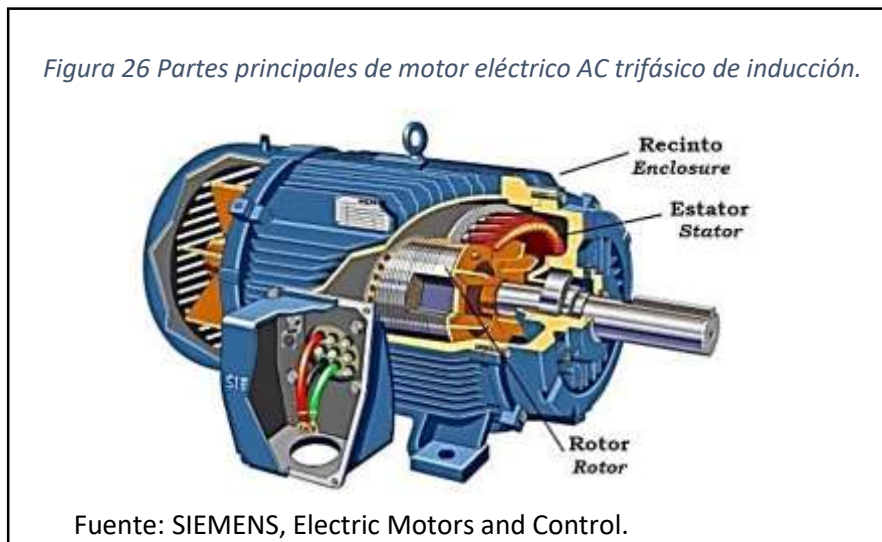


Un esquema de funcionamiento de un motor DC se presenta en la figura siguiente donde se ve una espira del bobinado inmersa en el campo del inductor y recorrida por una DC, generándose un par que produce el giro.

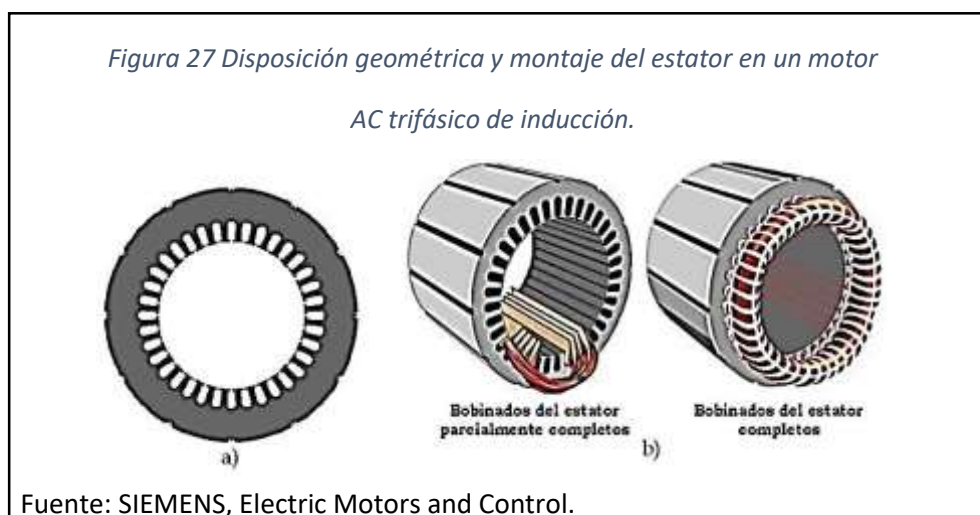


2.4.1.5. Motores eléctricos AC.

El motor de uso más común en la industria es el motor de tres fases de inducción 10, este tipo de motor será el que se usará para describir las partes de un motor AC. Este tipo de motores posee tres partes principales: el rotor, el estator (stator) y el recinto (enclosure). Pueden verse las tres partes mencionadas en la figura siguiente.

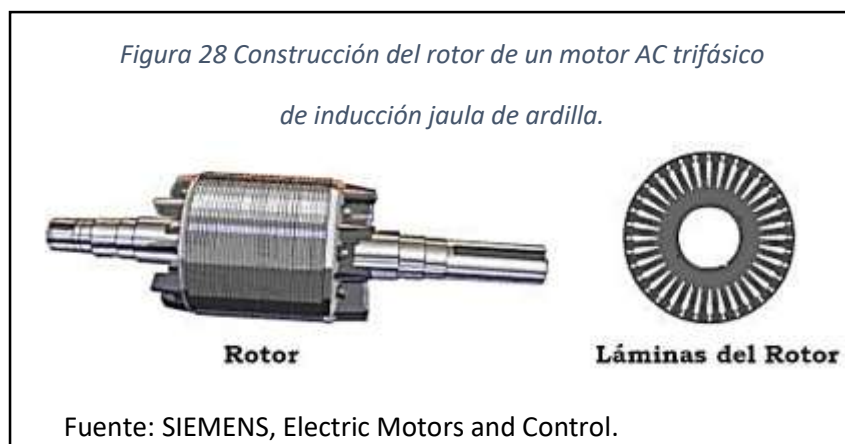


El estator es la parte estacionaria del circuito electromagnético del motor. El núcleo del estator (*stator core*) se compone de muchas hojas de metal delgado, llamadas láminas, que se utilizan para reducir las pérdidas de energía que se obtendrían si se utiliza un núcleo sólido. Puede verse la forma del estator en la figura a continuación.



Las láminas del estator se apilan formando un cilindro hueco. Bobinas de cable aislado se insertan en las ranuras del núcleo del estator. Cuando el motor está en operación, los bobinados del estator están conectados directamente a la fuente de alimentación. Cada grupo de bobinas, junto con el núcleo de acero que rodea, se convierte en un electroimán, cuando se aplica la corriente. El electromagnetismo es el principio básico de funcionamiento del motor.

El rotor es la parte giratoria del circuito electromagnético del motor. El tipo más común de rotor utilizado en un motor de inducción de tres fases es un rotor de jaula de Ardilla. El rotor de jaula de ardilla se llama así porque su construcción es una reminiscencia de las ruedas de ejercicio de rotación se encuentran en las jaulas de los Hámster pero probablemente existen este mismo tipo de estructuras para ardillas domésticas. El núcleo de un rotor de jaula de ardilla se hace por apilamiento de finas láminas de acero (ver figura siguiente) para formar un cilindro.

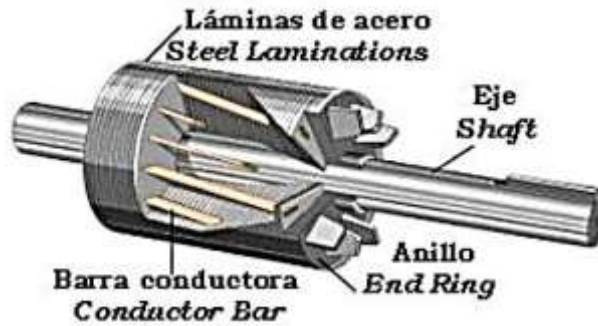


En lugar de usar rollos de alambre como conductores, se usan barras conductoras en las ranuras equidistantes entre sí alrededor del cilindro. La mayoría de los rotores de jaula de ardilla son hechos en fundición de aluminio para formar las barras conductoras.

Después de la fundición a presión, las barras conductoras del rotor son mecánicamente y eléctricamente conectado con anillos extremos.

El montaje se presiona sobre un eje de acero para formar un conjunto rotor. Puede verse el montaje en la figura a continuación.

Figura 29 Montaje del rotor en un motor AC trifásico de inducción jaula de ardilla.



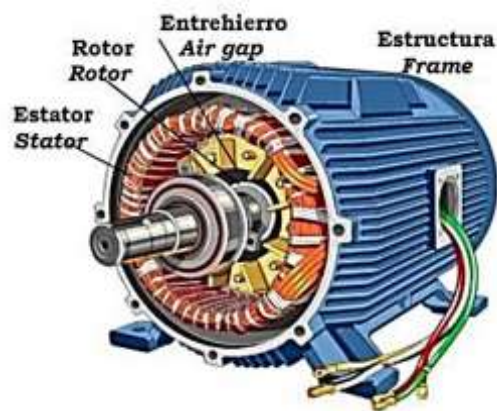
Fuente: SIEMENS, Electric Motors and Control.

El recinto consta de un marco (o palanca) y dos grupos de cajas de cojinetes. El estator está montado en el interior del marco.

El rotor se ajusta en el interior del estator con una ligera capa de aire (air gap: entrehierro) que lo separa del estator. No hay conexión física directa entre el rotor y el estator.

El recinto protege las partes internas del motor del agua y otros elementos del medio ambiente. El grado de protección depende del tipo de recinto.

Figura 30 Recinto de motor AC trifásico de inducción.



Fuente: SIEMENS, Electric Motors and Control.

2.4.1.6. Relés.

El control de los circuitos siempre será una necesidad imperante dentro del manejo de circuitos de potencia, debido a que con los circuitos de control se manejan bajos valores de tensión y corriente, comparados con los valores alcanzados en los circuitos de potencia, donde estos valores pueden llegar a ser muy elevados, poniendo en peligro la vida humana.

Es entonces necesario un dispositivo que funcione a baja corriente y tensión y que sea capaz de conmutar circuitos de alta potencia, este dispositivo se conoce como relé.

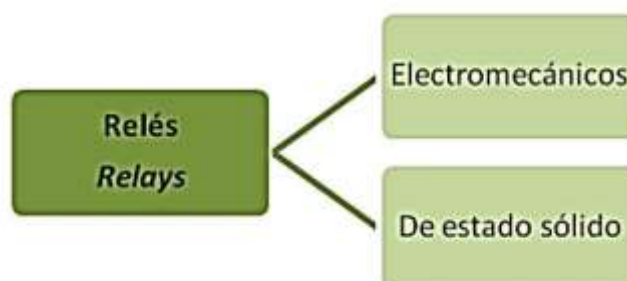
2.4.1.6.1. Definición de relés.

Un relé es un dispositivo diseñado para control remoto de otro dispositivo. Un relé usa bajo voltaje y poca corriente para causar la conmutación de dispositivos de alto voltaje o alta corriente, usualmente se coloca a distancias remotas de estos.

2.4.1.6.2. Clasificación de los relés.

Se clasifican comúnmente en 2 clases.

Diagrama 3 Clasificación de los relés.

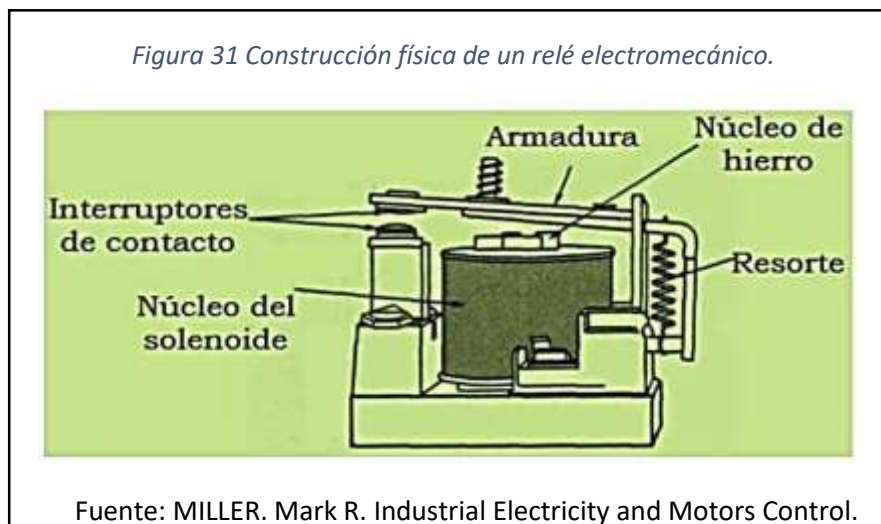


Fuente: Autor.

2.4.1.6.3. Relés electromecánicos.

Consiste de un electroimán que consta de una bobina de alambre colocado en un núcleo de hierro. Cuando la corriente fluye alrededor del núcleo, la barra de hierro, atrae la armadura debido a que con este flujo de corriente se genera un campo magnético en la bobina que atrae la armadura, de esta manera se cierran los contactos o interruptores, esto se logra con poca corriente y se conecta un circuito de alta corriente si se desea. Cuando se desenergiza la bobina del relé, el resorte separa los contactos y corta el paso de corriente entre los contactos.

Las partes más importantes del relé electromecánico son: el núcleo de hierro, la bobina alrededor del núcleo de hierro, la armadura y el resorte de reposicionamiento.



2.4.1.6.4. Relés de estado sólido.

Son hechos de silicio o germanio. En comparación con los relés electromecánicos, no existen bobinas ni contactos. Utiliza un interruptor de estado sólido (por ejemplo un TRIAC, SCR, etc.), en lugar de contactos mecánicos (como los de los relés electromecánicos), para conmutar cargas de potencia a partir de señales eléctricas de control de bajo nivel. Este dispositivo es usado generalmente para aplicaciones donde se presenta un uso continuo de los contactos del relé que en comparación con un relé convencional

generaría un serio desgaste mecánico, además de poder conmutar altos amperajes que en el caso del relé electromecánico destruirían en poco tiempo los contactos, además de producir ionización del aire circundante a los contactos del relé. En comparación con los relés electromecánicos, los SSR (Solid State Relays) son más livianos, rápidos, silenciosos, no producen ionización del aire circundante, entre otras ventajas.



Es un dispositivo semiconductor, de la familia de los transistores. Es bidireccional respecto de la dirección de la corriente eléctrica y solo acepta el uso de corriente alterna. Es un interruptor capaz de conmutar la corriente alterna, osea que actúa en semejanza a los contactos del relé electromecánico.

- **SCR (Silicon Controlled Rectifier: Rectificador Controlado de Silicio)**

Es un dispositivo capaz de operar como un interruptor, es básicamente un rectificador, capaz de conducir corriente en un solo sentido. Puede tener solo dos posiciones: abierto (ON) o cerrado (OFF), la conmutación de una posición a la otra es rápida debido a que es un dispositivo de estado sólido. Puede usarse como los contactos del relé electromecánico.

- **DIAC (Diode For Alternative Current: Diodo Para Corriente Alterna)**

Es un diodo bidireccional disparable que conduce la corriente sólo tras haberse superado su tensión de disparo, y mientras la corriente circulante no sea inferior al valor característico para ese dispositivo. Está diseñado especialmente para disparar TRIAC's y tiristores. Ósea hace control de la carga que maneja el TRIAC.

Las ventajas y desventajas de las clases de relés se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1 Resumen de características, ventajas y desventajas de las clases de relés.

Relé Electromecánico	
Características	Es un relé usado para conmutar circuitos de alta potencia con bajos voltajes y corrientes, la conmutación se hace a través de contactos mecánicos.
Ventajas	Bajo precio comparado con los relés de estado sólido.
Desventajas	Posibilidad de ionización del gas circundante cuando ocurre la conmutación de los contactos, si las conmutaciones son constantes o a altas corrientes ocurre desgaste prematuro de los contactos, generan un poco de ruido.
Relé de estado sólido	
Características	Es un relé usado para conmutar circuitos de alta potencia con bajos voltajes y corrientes, usando componentes de estado sólido como TRIAC o SCR en lugar de contactos mecánicos.
Ventajas	Livianos, rápidos, silenciosos, no producen ionización del gas circundante cuando ocurre la conmutación, puede conmutarse muchas veces con poco daño.
Desventajas	Alto precio comparado con los relés electromecánicos.

Fuente: Autor.

2.4.1.6.5. Tipos de relés de uso común.

Los relés de uso común son dos categorías: relés de monitoreo (monitoring relays) y relés de tiempo (time relays), sus características de exponen en la siguiente tabla.

Es necesario conocer algunos de los tipos de contactos que existen en el mercado con el fin de ampliar el panorama de conmutación que se puede manejar al momento de diseñar circuitos eléctricos. Algunos de los tipos más comunes de contactos se presentan adelante.

Tabla 2 Tipos de Relé

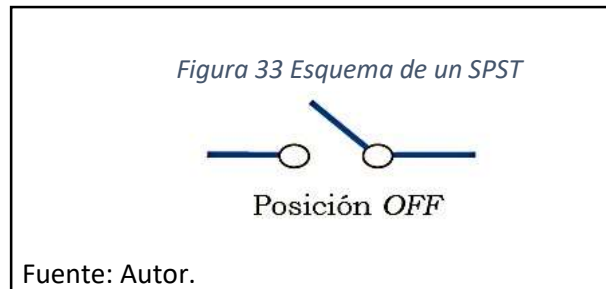
Tipo de relé	Tipo específico de relé	Descripción
Relé de monitoreo <i>Monitoring relay</i>	Relé de voltaje <i>Voltage relay</i>	Funciona monitoreando el valor de la tensión que alimenta un equipo eléctrico y se dispara cuando ese valor de tensión está por arriba o por abajo del rango de funcionamiento normal del aparato eléctrico.
	Relé de corriente <i>Current relay</i>	Funciona monitoreando el valor de la corriente dentro de un rango normal de funcionamiento, además detecta ruptura de cable o falta de la fase.
	Relé monitor de temperatura <i>Temperature monitor</i>	Funciona monitoreando la temperatura de sólidos, líquidos o gases mediante sensores y actúa el relé cuando se alcanzan valores extremos de temperatura dentro del rango de temperatura aceptable. Ejemplo es su aplicación en aires acondicionados.
	Relé termistor <i>Thermistor relay</i>	La protección de motor por termistor es un sistema de protección dependiente de la temperatura. Se vigila directamente el devanado del motor por medio de termistores. Los termistores son incrustados dentro del devanado del motor cuando éste se fabrica. En motores trifásicos lleva 1 por cada fase.
	Relé térmico de sobrecarga <i>Thermal overload relay</i>	Son relés que se basan en el uso ciertos materiales en combinación denominados bimetalicos que bajo el efecto del calor generado por la sobrecarga se doblan y actúan el relé.
Relé de tiempo <i>Time relay</i>	Relé de tiempo <i>Time relay</i>	Son relés que se abren o cierran después de cierto tiempo graduable. Son usados por ejemplo para conmutar automáticamente de estrella a triángulo en el arranque de motores eléctricos de manera automática.

Fuente: Autor.

2.4.1.6.6. Tipos de contactos.

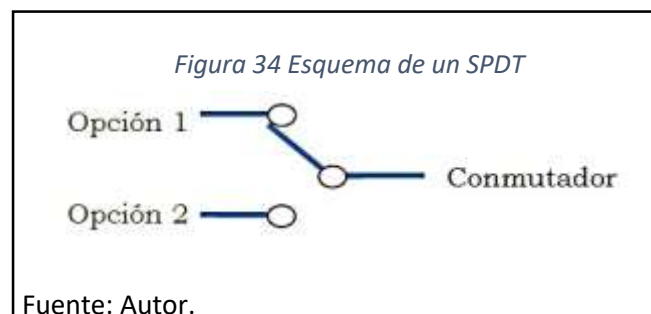
2.4.1.6.6.1. SPST (Single Pole, Single throw: Polo con un solo hilo).

Es el más simple de los contactos, es un contacto *ON/OFF*, un ejemplo es el interruptor para apagar y encender la luz en las casas.



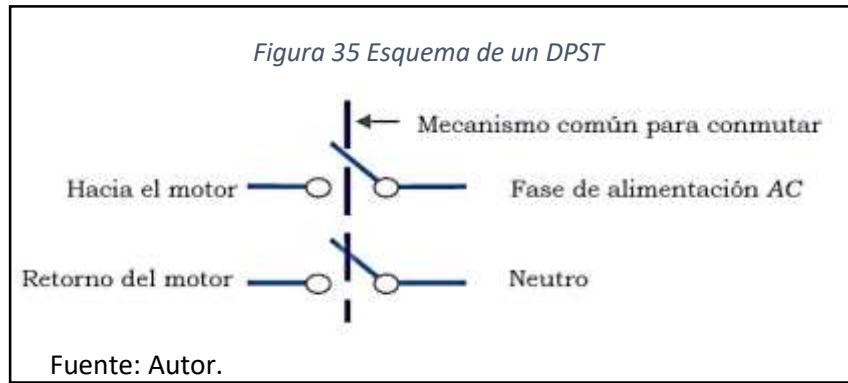
2.4.1.6.6.2. SPDT (Single pole, doublé throw: Polo único con dos hilos).

Es un conmutador que permite conectar una red de alimentación a uno de dos contactos posibles. (Como en la lógica eléctrica un *OR*: osea uno u otro pero no ambos al tiempo).



2.4.1.6.6.3. DPST (Double pole, single throw: Polo doble con un hilo).

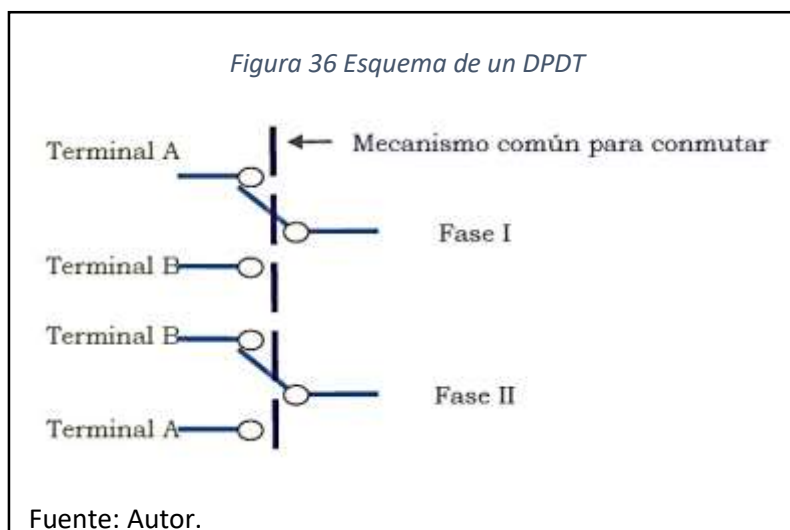
Es similar a colocar dos *SPST* actuados por un solo mecanismo de conmutación. Se usa por ejemplo para alimentar dos fases de la red a una máquina eléctrica, manteniendo cerrado en una posición y abierto en la otra, una aplicación es manejar motores monofásicos, un contacto maneja la fase de alimentación y el otro el neutro, mediante el mismo mecanismo de conmutación.



2.4.1.6.6.4. DPDT (Double pole, double throw: Polo doble con dos hilos).

Es similar a colocar dos SPDT activados por un solo mecanismo de conmutación. Una aplicación es invertir dos de las fases de un motor eléctrico trifásico AC con el fin de invertir el sentido de giro del mismo.

Para un sentido de giro, la fase I de la red AC con el terminal A del motor y la fase II con el terminal B, para el sentido inverso de giro se conmuta mediante el mecanismo conectando ahora la Fase I de la red con el terminal B del motor y la fase II con el terminal A.



2.4.1.6.6.5. Como seleccionar un relé.

Acerca de este procedimiento, es necesario conocer el catálogo específico dependiendo del tipo de relé que se necesite, pero los factores que en general se tienen en cuenta son:

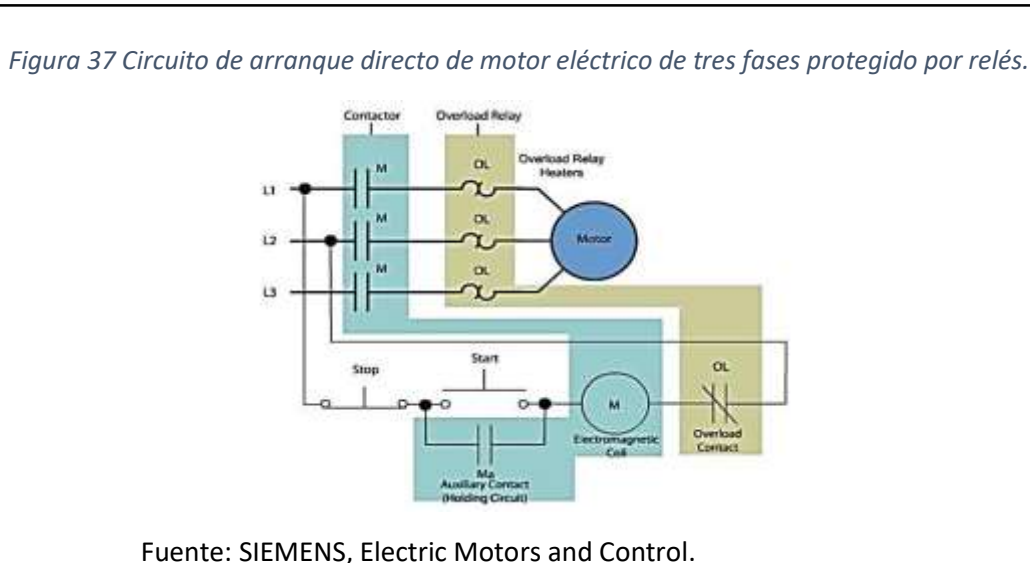
- La cantidad de conmutaciones que se deben realizar en periodos de tiempo, esto con el fin de escoger entre un relé electromecánico y un relé de estado sólido.
- El capital con el que se cuenta debido a que la diferencia de costo entre relés electromecánicos y relés de estado sólido puede ser alta.
- La capacidad nominal que se requiere en el caso por ejemplo de los relés de sobrecarga.
- El intervalo de tiempo de conmutación por ejemplo en los relés de tiempo.
- La cantidad de polos que debe poseer el relé.
- El voltaje y la corriente que se pretenden manejar.

2.4.1.6.6.6. Circuitos donde se aplican relés.

En la siguiente figura se aprecia el esquema de arranque directo de un motor eléctrico de tres fases, donde se ven: contactores (contactors), los relés de sobrecarga (overload relays), las líneas de alimentación y el motor eléctrico. Se muestran dos circuitos, el circuito de control abajo (líneas tenues) y el de potencia arriba (líneas gruesas). El contactor (contactor), resaltado en verde, incluye la bobina electromagnética (electromagnetic coil), los contactos del motor (M), y el contacto auxiliar (Ma). El relé de sobrecarga (overload relay), resaltado en marrón claro, incluye los calentadores de sobrecarga del relé (overload relay heaters) y el contacto de relé de sobrecarga (OL).

En la figura, cuando el pulsador de inicio (start) es presionado, fluye corriente hacia la bobina electromagnética (electromagnetic coil) y los

contactos (M) asociados a esta se cierran y se da arranque al motor. Cuando el botón de inicio se libera el contacto auxiliar (Ma) permanece energizado y el sistema funciona continuamente con el botón start liberado. El motor seguirá funcionando a no ser que el botón de parada (stop) se presione o los relés de sobrecarga se disparen debido a una sobrecarga, o sea se abra el contacto de sobrecarga (overload contact).



2.4.1.7. Protecciones y control de motores eléctricos.

El uso de motores eléctricos como soluciones de ingeniería, conlleva la necesidad de plantear formas de proteger el motor eléctrico y la red de suministro de las eventuales elevaciones de corriente que puedan generarse debido a situaciones internas y externas al motor eléctrico y, que acarreen daños en el mismo y en las redes, es por esto que se aborda este tema durante este capítulo. Además se presentará lo concerniente al control de la inversión de la dirección de rotación de los motores eléctricos.

2.4.1.7.1. Porque son necesarios las protecciones a motores eléctricos.

La necesidad fundamental del uso de protecciones es debida a la esencia misma del trabajo que realiza el motor eléctrico.

Es conocido en este nivel de lectura del estudiante que es posible que se presenten fallas en operación: bloqueo del rotor, sobrecarga mecánica u otros factores que pueden contribuir a que se genere un consumo elevado de corriente por parte del motor, trayendo consigo una elevación de la temperatura del motor, pudiéndolo llevar hasta la incineración del mismo y de la red, debido al establecimiento de estas corrientes excesivas durante periodos de tiempo, que producen un calor excesivo que el conductor no está capacitado para soportar.

Entonces previendo que estas situaciones se pueden presentar de manera espontánea, es necesario proteger tanto el motor como la red de suministro de los valores elevados de corriente (consumida por el motor eléctrico).

Es importante para el lector reconocer que el procedimiento de arranque de un motor eléctrico con el método directo (across the line) produce corrientes del 600% de la corriente nominal y aún mayores, según el modelo de motor, pero estas se conocen como sobrecargas temporales y no son procesos anómalos para el motor, por el contrario son el resultado del proceso de aceleración del mismo que puede tardarse alrededor de 8 segundos.

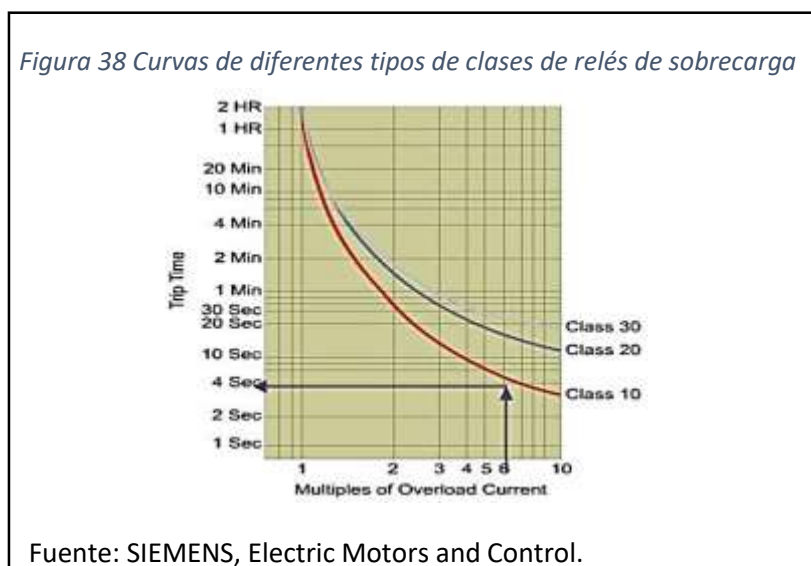
Entonces cuando se protege el motor por sobrecarga en el arranque, se hace por valores superiores al 600% de la corriente nominal o dependiendo del diseño el valor máximo permitido de corriente en el arranque, durante el tiempo permitido.

2.4.1.8. Tipos de protecciones a motores eléctricos de uso común.

2.4.1.8.1. Relés de sobrecarga.

Permiten sobrecargas de corta duración sin desconectar el circuito. Cortan y abren el circuito para proteger el motor si la corriente se mantiene por encima del valor nominal durante un tiempo suficiente. Pueden reiniciarse para permitir que el motor pueda volver a energizarse después de que la sobrecarga ha desaparecido.

1. **Relés de sobrecarga tipo trinquete (trip class).** Este relé se dispara cuando la corriente de consumo del motor eléctrico es de cierta cantidad de veces el valor de la corriente nominal, y se mantiene por un periodo de tiempo específico. La selección depende de la curva de tiempo vs sobrecarga permitido por la clase de relé. Las clases de relés más comunes son de 5, 10, 20 y 30. En la figura siguiente se muestran las curvas de algunos de las clases de relés, donde se puede ver que para determinado valor de corriente (múltiplos de la corriente de sobrecarga: multiples of overload current), se sube hasta encontrar la curva de la clase de relé y al moverse a la izquierda en el eje ordenado se encuentra el tiempo de disparo (trip time) en esas condiciones.

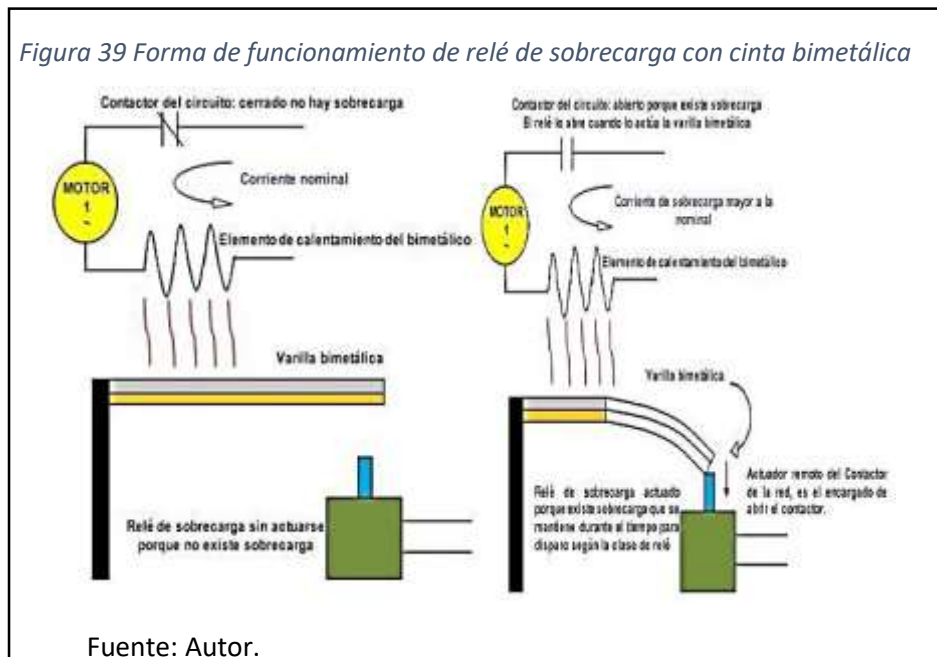


2. **Relés bimetálicos de sobrecarga (bimetallic overload relay).** Algunos relés de sobrecarga utilizan una cinta bimetálica para detectar una condición de sobrecarga. Un relé de sobrecarga

bimetálico incorpora un pequeño calentador conectado en serie con el motor y una tira bimetálica que funciona como una palanca de disparo. La cinta bimetálica está hecha de dos metales diferentes unidos entre sí. Estos metales tienen diferentes características de dilatación térmica, haciendo que la cinta bimetálica se doble cuando se calienta.

En condiciones normales de funcionamiento, el calor generado por el elemento calentador hace que la cinta bimetálica se doble ligeramente, lo que no es suficiente para el disparo del relé de sobrecarga, en condiciones de corriente elevada esta se dobla lo suficiente para actuar el disparo del relé. Son llamados térmicos.

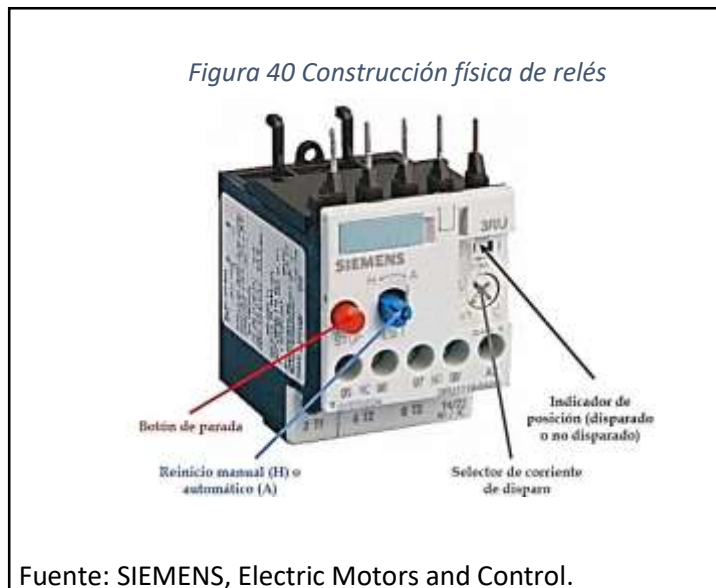
La forma de funcionamiento se muestra en la figura siguiente.



Existen modelos de relés bimetálicos que compensan la temperatura ambiente, de manera que no reaccionan al aumento de esta.

En el modelo no compensado por temperatura ambiente, la deformación del bimetálico está determinada por la temperatura debida a la corriente y la temperatura ambiente, si la última aumenta, la deformación también lo hace y, la duración de sobrecarga se disminuye y produce disparo anticipado del relé de sobrecarga.

En la figura a continuación se muestra un relé de sobrecarga bimetalico, clase 10, trifásico, marca Siemens.



Estos relés pueden ser reiniciados de manera manual o automática, existe también un indicador de disparo o no del relé, un selector del valor al que se disparará el relé y el tiempo de disparo, también por seguridad, incorpora un botón de parada de emergencia de actuación manual por parte de los operarios del sistema.

2.4.1.9. Tiristores.

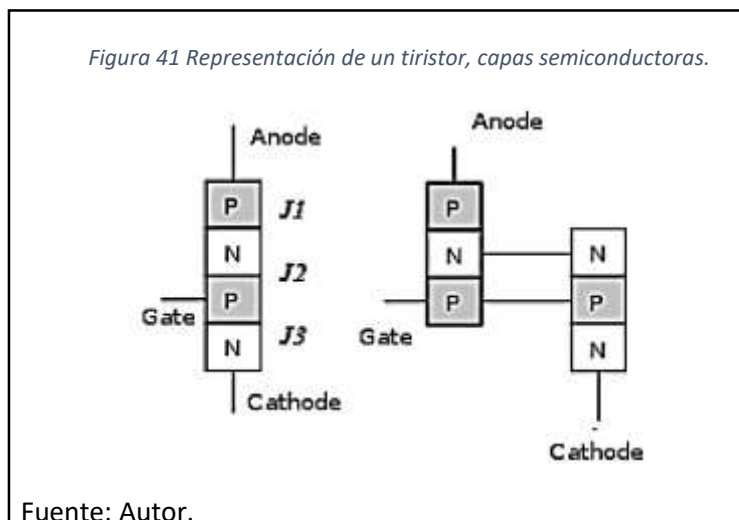
Un tiristor es un dispositivo semiconductor de potencia. Se usan mucho en circuitos electrónicos de potencia. Se manejan como conmutadores biestables, pasando de un estado no conductor a un estado conductor. Los tiristores son interruptores o conmutadores ideales en muchas aplicaciones.

En comparación con los transistores, los tiristores tienen menores pérdidas por conducción en estado encendido y mayor manejo de potencia. Por otra parte, los transistores tienen en general mejor funcionamiento en conmutación, por su mayor velocidad y menores pérdidas de conmutación.

2.4.1.9.1. Características del Tiristor.

El tiristor es un componente electrónico constituido por elementos semiconductores de tipo p y n que utiliza realimentación interna para producir una conmutación. Son dispositivos unidireccionales porque solamente transmiten la corriente en un único sentido. Se emplea generalmente para el control de potencia eléctrica.

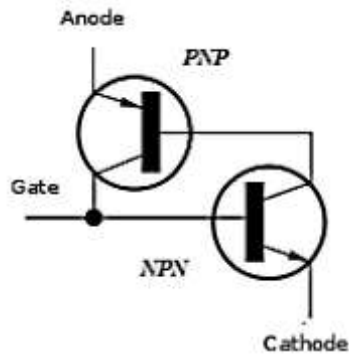
Los materiales semiconductores, pueden funcionar como aislantes o como conductores, dependiendo de la temperatura a la que se encuentren.



El dispositivo consta de un ánodo y un cátodo, donde las uniones son de tipo PNPN entre los mismos. Por tanto se puede modelar como 2 transistores típicos PNP y NPN, por eso se dice también que el tiristor funciona con tensión realimentada.

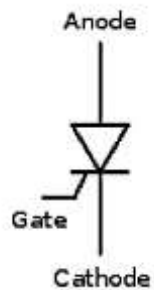
Se crean así 3 uniones (denominadas J1, J2, J3 respectivamente), el terminal de puerta está conectado a la unión J2 (unión NP).

Figura 42 Representación de un tiristor con transistores.



Fuente: Autor.

Figura 43 Símbolo de un tiristor



Fuente: Autor.

2.4.1.9.2. Funcionamiento.

El tiristor es un conmutador biestable, es decir, es el equivalente electrónico de los interruptores mecánicos; por tanto, es capaz de dejar pasar plenamente o bloquear por completo el paso de la corriente sin tener nivel intermedio alguno, aunque no son capaces de soportar grandes sobrecargas de corriente.

El diseño del tiristor permite que éste pase rápidamente a encendido al recibir un pulso momentáneo de corriente en su terminal de control, denominada puerta (o en inglés, gate) cuando hay una tensión positiva entre ánodo y cátodo, es decir la tensión en el ánodo es mayor que en el cátodo. Solo puede ser apagado con la interrupción de la fuente de voltaje, abriendo el circuito, o bien, haciendo pasar una corriente en sentido inverso por el dispositivo. Si se polariza inversamente en el tiristor existirá una

débil corriente inversa de fugas hasta que se alcance el punto de tensión inversa máxima, provocándose la destrucción del elemento (por avalancha en la unión).

Para que el dispositivo pase del estado de bloqueo al estado activo, debe generarse una corriente de enganche positiva en el ánodo, y además debe haber una pequeña corriente en la compuerta capaz de provocar una ruptura por avalancha en la unión J2 para hacer que el dispositivo conduzca. Para que el dispositivo siga en el estado activo se debe inducir desde el ánodo una corriente de sostenimiento, mucho menor que la de enganche, sin la cual el dispositivo dejaría de conducir.

2.4.1.9.3. Funcionamiento electrónico (Aplicaciones).

El tiristor es un dispositivo unidireccional; deja pasar corriente en un solo sentido después de que se haya aplicado una señal de control a su puerta. El tiristor puede hacer varias funciones:

Función de rectificación controlada: consiste en utilizar la propiedad de funcionamiento unidireccional del dispositivo, que se comporta así de modo análogo a un diodo.

Función de interruptor: permite la sustitución de contactos mecánicos.

Función de regulación: la posibilidad de ajustar de forma precisa el instante de cebado del tiristor permite controlar la potencia o la corriente media de salida.

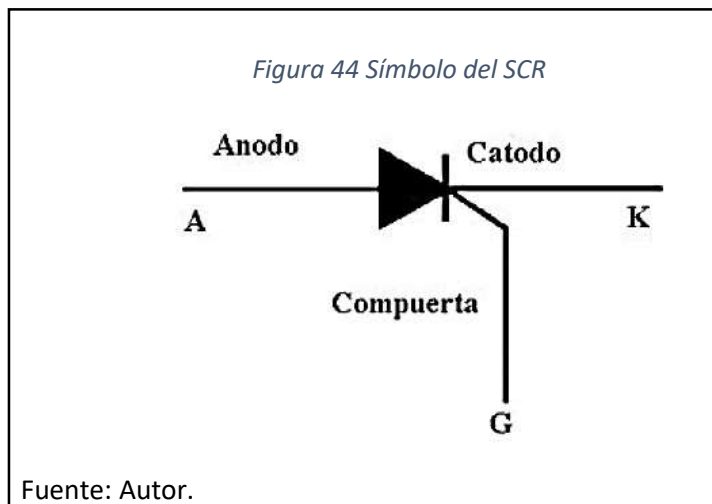
Función de amplificación: la corriente de la señal de control puede ser muy débil si se compara con la corriente principal; existe, pues, un fenómeno de amplificación en corriente o en

potencia. Esta “ganancia” puede utilizarse en ciertas aplicaciones.

2.4.1.9.4. Rectificador controlado de silicio (SCR).

El rectificador controlado de silicio (en inglés SCR: Silicon Controlled Rectifier) es un tipo de tiristor formado por cuatro capas de material semiconductor con estructura PNPN o bien NPNP.

El nombre proviene de la unión de Tiratrón (ty ratron) y Transistor.



Un SCR posee tres conexiones:

Ánodo, (A)

Cátodo (K)

Compuerta (G), (Gate)

La compuerta es la encargada de controlar el paso de corriente entre el ánodo y el cátodo. Funciona básicamente como un diodirectificador controlado, permitiendo circular la corriente en un solo sentido. Mientras no se aplique ninguna tensión en la compuerta del SCR no se inicia la conducción y en el instante en que se aplique dicha tensión, el tiristor comienza a conducir.

En corriente alterna el SCR se des excita en cada alternancia o semiciclo, y en corriente continua, se necesita un circuito de bloqueo forzado, o bien interrumpir el circuito.

El pulso de disparo ha de ser de una duración considerable, o bien, repetitivo si se está trabajando en corriente alterna. En este último caso, según se atrase o adelante el pulso de disparo, se controla el punto (o la fase) en el que la corriente pasa a la carga. Una vez arrancado, podemos anular la tensión de puerta y el tiristor continuará conduciendo hasta que la corriente de carga disminuya por debajo de la corriente de mantenimiento (en la práctica, cuando la onda senoidal cruza por cero)

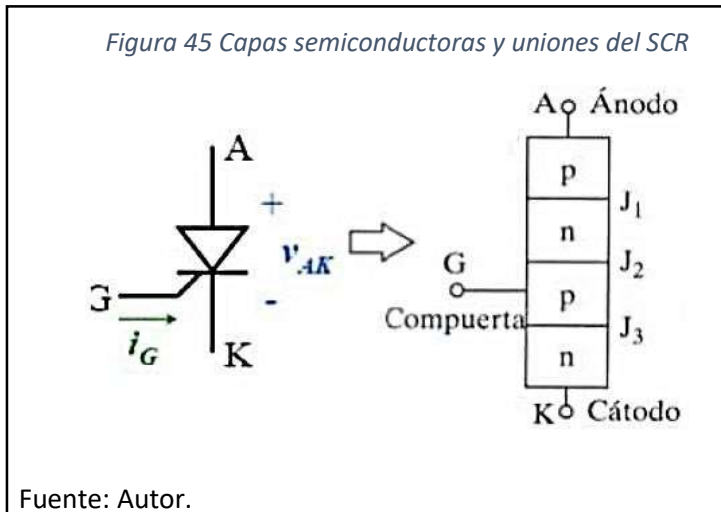
Cuando se produce una variación brusca de tensión entre ánodo y cátodo de un tiristor, éste puede dispararse y entrar en conducción aún sin corriente de puerta. Por ello se da como característica la tasa máxima de subida de tensión que permite mantener bloqueado el SCR. Este efecto se produce debido al condensador parásito existente entre la puerta y el ánodo.

Los SCR se utilizan en aplicaciones de electrónica de potencia, en el campo del control, especialmente control de motores, debido a que puede ser usado como interruptor de tipo electrónico.

2.4.1.9.5. Estructura del SCR.

El SCR es un semiconductor con cuatro capas de estructura pnpn con tres uniones pn, J1, J2 y J3. La estructura de las capas semiconductoras del tiristor SCR es la siguiente:

Figura 45 Capas semiconductoras y uniones del SCR

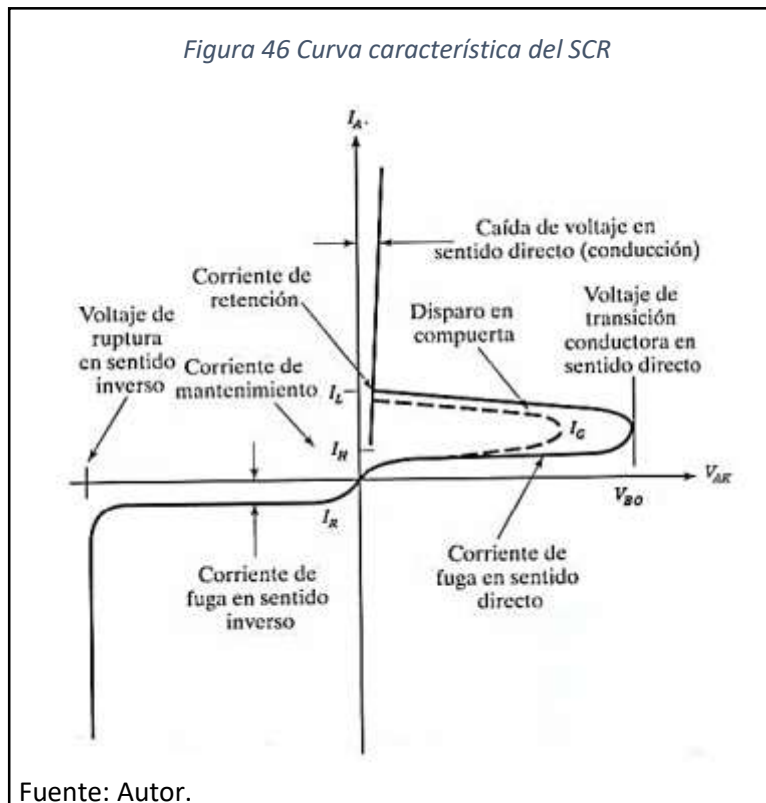


Fuente: Autor.

2.4.1.9.6. Curvas características y funcionamiento.

En la figura se muestra la curva característica típica de un tiristor SCR, representándose la corriente de ánodo (%) en función de la tensión aplicada entre ánodo y cátodo.

Figura 46 Curva característica del SCR



Fuente: Autor.

Cuando el voltaje del ánodo se hace positivo con respecto al cátodo, las uniones J y J tienen polarización directa o positiva. La unión J tiene polarización inversa, y solo fluirá una pequeña corriente de fuga del ánodo al cátodo. Se dice entonces que el tiristor está en condición de bloqueo directo o en estado apagado y la corriente de fuga se llama corriente en estado apagado. La resistencia dinámica en estado de bloque es de 100k o más.

Si aumentamos el voltaje de polarización inversa se incrementa a un valor lo suficientemente grande, la unión J polarizada inversamente entrará en ruptura. Esto se conoce como ruptura por avalancha y el voltaje correspondiente se llama voltaje de avalancha directa. Dado que las uniones J y J están polarizadas directamente, hay un flujo libre de portadores a través de las tres uniones que provocará una gran corriente anódica directa. Se dice entonces que el dispositivo está en estado de conducción o estado encendido.

En estado encendido, la resistencia dinámica del SCR es típicamente 0.01 a 0.1 y la caída de voltaje va a ser la caída óhmica de las cuatro capas y será pequeña, por lo común 1V.

La corriente anódica debe ser mayor que un valor conocido como corriente de retención %, a fin de mantener el flujo necesario de portadores a través de la unión; de lo contrario, al reducirse el voltaje del ánodo al cátodo, el dispositivo regresará a la condición de bloqueo. La corriente de retención %, es la corriente anódica mínima requerida para mantener el tiristor en estado de conducción inmediatamente después de haberse activado y retirado la señal de la compuerta.

Una vez que el tiristor es activado, se comporta como un diodo en conducción y no hay control sobre el dispositivo. El tiristor seguirá conduciendo, porque en la unión J no existe una capa que evite el

movimiento libre de portadores. Sin embargo si se reduce la corriente en sentido directo del ánodo por debajo de un nivel conocido como corriente de mantenimiento I_H , se genera una región de agotamiento alrededor de la unión J debida al número reducido de portadores; el tiristor estará entonces en estado de bloqueo. La corriente de mantenimiento es del orden de los miliamperios y es menor que la corriente de retención I_H . La corriente de mantenimiento I_H , es la corriente anódica mínima para mantener el tiristor en estado de encendido.

Cuando el voltaje del cátodo es positivo con respecto al del ánodo, la unión J tiene polarización directa, pero las uniones J1 y J2 tienen polarización inversa. Esto es similar a dos diodos conectados en serie con un voltaje inverso a través de ellos. El tiristor estará en estado de bloqueo y pasará por él una corriente de fuga, conocida como corriente de fuga inversa I_{R1} .

Resumiendo, si la tensión es nula, también lo es la intensidad de corriente I_A . Al aumentar dicha tensión en sentido directo, con corriente de puerta nula, si se supera la tensión la transición de estado OFF a ON deja de ser controlada. Si se desea que el paso al estado "ON" se realice para tensiones inferiores será necesario dotar al dispositivo de la corriente de puerta (I_G) adecuada para que dicha transición se realice cuando la intensidad de ánodo supere la intensidad de enganche (I_{GT}). Por el contrario, si el dispositivo esta en conducción, la transición al es "OFF" se produce cuando la corriente de ánodo caiga por debajo de la intensidad de corriente de mantenimiento (I_H).

Tanto para el estado de bloqueo directo, como para el estado de polarización inversa, existen unas pequeñas corrientes de fugas. Cuando se polariza inversamente se observa una débil corriente inversa (de fuga) hasta que alcanza el punto de tensión inversa máxima que provoca la destrucción del mismo.

El SCR es, por tanto, un dispositivo conductor solo en el primer cuadrante, en el cual el disparo se provoca por:

- **Tensión suficientemente elevada** aplicada entre ánodo y cátodo,
- **Intensidad** en la puerta. Se puede controlar así la tensión necesaria entre ánodo y cátodo para la transición OFF a ON, usando la corriente de puerta adecuada.

2.4.1.9.7. Activación y apagado del SCR.

Un tiristor se puede encender aumentando el voltaje en sentido directo a más de, pero esta forma de encendido podría ser destructiva. En la práctica, el método más común para disparar un tiristor es la aplicación de una corriente de compuerta aplicando un voltaje positivo entre las terminales de la compuerta y el cátodo.

De esta forma el voltaje en sentido directo se mantiene menor que dado que al aumentar la corriente de compuerta, disminuye el voltaje de bloqueo en sentido directo. Los niveles de voltaje y corriente de disparo en la compuerta deben tener un rango de valores comprendidos dentro de una zona de disparo de seguridad. Si se sobrepasa ese límite puede no activarse el tiristor o puede dañarse el dispositivo. El valor de la corriente de disparo es del orden de los miliamperios.

Una vez encendido el tiristor, la señal de compuerta debe retirarse. La duración de esta señal varía entre 1 a 3 μ s para tiristores comerciales, aunque para aplicaciones especiales se fabrican tiristores con valores por debajo de los 100ns. Una señal de compuerta continua aumentaría la pérdida de potencia en la unión de la compuerta. Dado que la corriente anódica es mayor que la corriente de retención %, el tiristor continuara conduciendo.

Un tiristor en estado encendido, se comporta como un diodo conductor, y no hay control sobre el dispositivo. El dispositivo no se puede desactivar mediante otro pulso en la terminal de compuerta. Hay varias técnicas para apagar un tiristor. En todas las técnicas de conmutación la idea es reducir la corriente anódica en sentido directo hasta un valor inferior a la corriente de mantenimiento %.

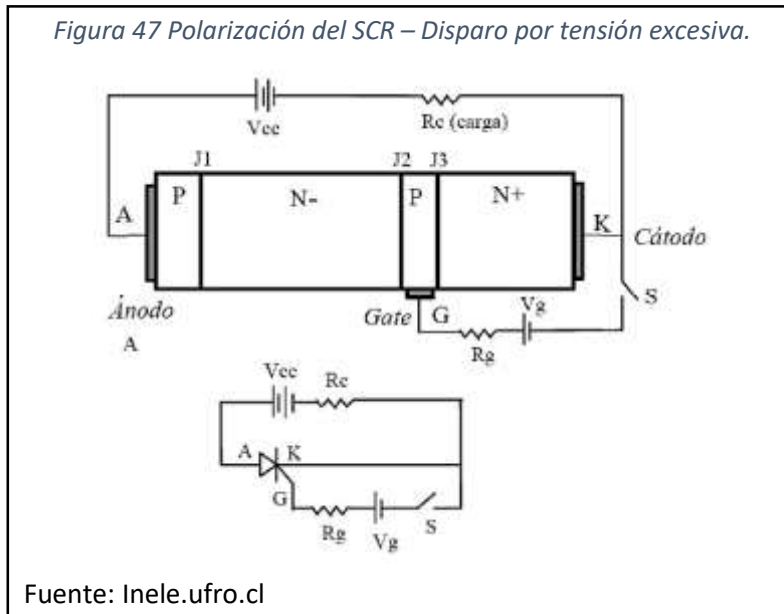
1. Disparo por tensión excesiva.

Cuando está polarizado directamente, en el estado de bloqueo, la tensión de polarización se aplica sobre la unión J2.

El aumento de la tensión VAK lleva a una expansión de la región de transición tanto para el interior de la capa de la puerta como para la capa N adyacente. Aún sin corriente de puerta, por efecto térmico, siempre existirán cargas libres que penetren en la región de transición (en este caso, electrones), las cuales son aceleradas por el campo eléctrico presente en J2. Para valores elevados de tensión (y, por tanto, de campo eléctrico), es posible iniciar un proceso de avalancha, en el cual las cargas aceleradas, al chocar con átomos vecinos, provoquen la expulsión de nuevos portadores que reproducen el proceso.

Tal fenómeno, desde el punto de vista del comportamiento del flujo de cargas por la unión J2, tiene el efecto similar al de una inyección de corriente por la puerta, de modo que, si al iniciar la circulación de corriente se alcanza el límite I_L , el dispositivo se mantendrá en conducción.

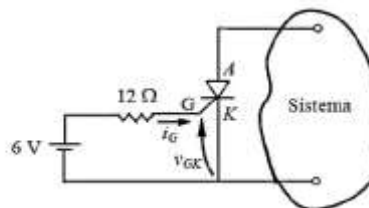
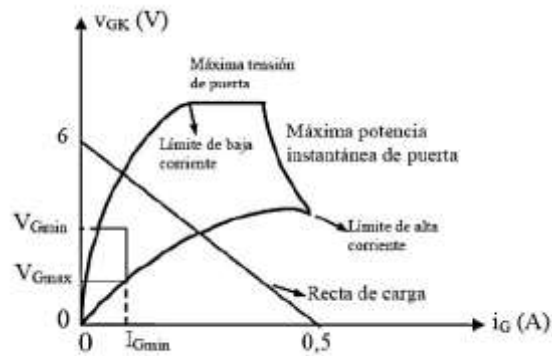
Figura 47 Polarización del SCR – Disparo por tensión excesiva.



2. Disparo por impulso de puerta.

Siendo el disparo a través de la corriente de puerta la manera más usual de disparar el SCR, es importante el conocimiento de los límites máximos y mínimos para la tensión V_{GK} y la corriente I_G , como se muestra en la figura:

Figura 48 SCR a través de control de puerta – Circuito equivalente de Thevenin.



Fuente: Inele.ufro.cl

El valor V_{Gmin} indica la mínima tensión de compuerta que asegura la conducción de todos los componentes de un tipo determinado, para la mínima temperatura especificada.

El valor V_{Gmax} es la máxima tensión de compuerta que asegura que ningún componente de un tipo determinado entrará en conducción, para la máxima temperatura de operación.

La corriente I_{Gmin} es la mínima corriente necesaria para asegurar la entrada en conducción de cualquier dispositivo de un cierto tipo, a la mínima temperatura.

El circuito de disparo puede reducirse a su equivalente Thevenin, para determinar la recta de carga sobre las curvas características $V_{GK}-I_G$. En la figura la recta de carga cortará los ejes en los puntos 6 V (tensión en vacío de corriente de disparo) y $6 \text{ V} / 12 \text{ } _ = 0,5 \text{ A}$ (intensidad de cortocircuito). Para asegurar la operación correcta del componente, la recta de carga del circuito debe asegurar que superará los límites V_{Gmin} y I_{Gmin} , sin exceder los demás límites (tensión, corriente y potencia máxima).

3. Disparo por derivada de tensión.

Si a un SCR se le aplica un escalón de tensión positivo entre ánodo y cátodo con tiempo de subida muy corto, del orden de microsegundos, los portadores sufren un desplazamiento infinitesimal para hacer frente a la tensión exterior aplicada.

Como se comentó para el caso de disparo por tensión excesiva, si la intensidad de fugas alcanza el valor suficiente como para mantener el proceso regenerativo, el tiristor entrará en conducción estable y permanecerá así una vez pasado el escalón de tensión que lo disparó.

El valor de la derivada de tensión dv/dt depende de la tensión final y de la temperatura, tanto menor cuanto mayores son éstas.

4. Disparo por temperatura.

A altas temperaturas, la corriente de fuga en una unión P-N inversamente polarizada aproximadamente se duplica con el aumento de 8° C. Así, el aumento de temperatura puede llevar a una corriente a través de J2 suficiente para llevar el SCR al estado de conducción.

5. Disparo por luz.

La acción combinada de la tensión ánodo-cátodo, temperatura y radiación electromagnética de longitud de onda apropiada puede provocar también la elevación de la corriente de fugas del dispositivo por encima del valor crítico y obligar al disparo.

Los tiristores diseñados para ser disparados por luz o tiristores fotosensibles LASCR ("Light Activated SCR") suelen ser de pequeña potencia y permiten un aislamiento óptico entre el circuito de control y el circuito de potencia.

2.4.1.9.8. Aplicaciones de los SCR.

Esta clase de tiristores suele funcionar a frecuencia de línea (60Hz) y se apaga por conmutación natural cuando se trabaja en corriente alterna. El voltaje en estado de encendido varía normalmente desde unos 1.15V para aplicaciones a 600V hasta 2.5V para dispositivos de 4000V. En años recientes han sido diseñados tiristores SCR para controlar potencias tan altas de hasta 10 MW y con valores individuales tan altos como de 5500 A - 1200 V.

Debido a su bajo costo, alta eficiencia, robustez y especificación de alto voltaje y corriente, estos tiristores se usan mucho en los convertidores CA-CD.

También se usan en casi todas las transmisiones de CD en alto voltaje y en muchas aplicaciones industriales tales como:
Control de relevadores.

Propulsores de velocidad variable.

Interruptores estáticos.

Control de motores.

Recortadores, Inversores y Ciclo inversores.

Cargadores de baterías.

Circuitos de protección.

Control de potencia en calefactores eléctricos.

En la mayoría de estas aplicaciones mencionadas con anterioridad la idea principal de la utilización de tiristores es para regulación de potencia y para esto se utilizan dos tiristores en anti paralelo para que cada uno conduzca en un ciclo de alternancia.

Cuando el tiristor es disparado en el comienzo del ciclo (aproximadamente a 0°), los tiristores conducen aproximadamente 360° y esto ocasiona una transmisión de máxima potencia a la carga.

En cambio, cuando uno de los tiristores es disparado cerca del pico positivo, los tiristores conducen 180° y esto produce una transmisión menor de potencia a la carga. A través de ajustes en el circuito de disparo, el accionamiento de los tiristores puede retrasarse y así obtener una transmisión variable de potencia monofásica.

2.4.1.10. Dimensionamiento de un arrancador suave en la industria.

2.4.1.10.1. Corriente nominal del motor.

El valor de la corriente esta especificada en la placa de características del motor de inducción, es la corriente en estado permanente con carga, esta corriente no es igual a la del arranque.

2.4.1.10.2. Aplicación.

El tipo de aplicación establece la necesidad de sobredimensionar el arrancador suave.

Las aplicaciones están estandarizadas por IEC en clases de arranque, donde principalmente se especifica el tiempo necesario para el arranque del motor de inducción bajo una aplicación específica.

En la tabla siguiente se muestra la clase del arranque y la necesidad de sobredimensionar el arrancador según sea la aplicación. Existen diferentes clases, 5, 10, 20 y 30 donde se puede hacer una equivalencia al tiempo en segundos del arranque. Entonces la clase 30 es la de mayor tiempo. En las tablas 4, 5 y 6 se enseña como Siemens configura su arrancador suave SIRIUS, en diversas aplicaciones.

Tabla 3 Aplicaciones típicas y sobrecalentamiento

APLICACIÓN	CLASE DE ARRANQUE	SOBREDIMENSIONAMIENTO
Banda transportadora	10 (normal)	Innecesario
Bomba	10 (normal)	Innecesario
Agitadora	20 (pesado)	Un tamaño
Ventilador grande	30 (muy pesado)	Dos tamaños
Molino	30 (muy pesado)	Dos tamaños

Fuente: Autor.

Los arrancadores suaves comerciales especifican la temperatura máxima a la que se mantiene la corriente nominal. Un ambiente de trabajo con una temperatura mayor suele disminuir la capacidad de la corriente nominal.

Tabla 4 Arranque normal (CLASE 10)

Arranque normal CLASE 10					
Parámetros del arranque		CINTAS TRANSPORTADORAS	COMPRESORES	VENTILADORES PEQUEÑOS	BOMBAS
Rampa de tensión y limitación de corriente	Tensión de arranque (%)	70	50	30	30
	Tiempo de arranque (s)	10	10	10	10
	Valor límite de corriente	Desactivado	4 [*] I _N	4 [*] I _N	Desactivado
Rampa par del motor	Par de arranque	60	40	20	10
	Par final	150	150	150	150
	Tiempo de arranque	10	10	10	10

Fuente: Autor.

Tabla 5 Arranque pesado (CLASE 20)

Arranque pesado CLASE 20				
Parámetros del arranque		MEZCLADORAS	CENTRIFUGADORAS	BOMBAS
Rampa de tensión y limitación de corriente	Tensión de arranque (%)	30	30	30
	Tiempo de arranque (s)	30	30	30
	Valor límite de corriente	4 [*] I _N	4 [*] I _N	4 [*] I _N
Rampa par del motor	Par de arranque	30	30	30
	Par final	150	150	150
	Tiempo de arranque	30	30	30

Fuente: Autor.

Tabla 6 Arranque pesado (CLASE 30)

Arranque muy pesado CLASE 30				
Parámetros del arranque		VENTILADORES GRANDES	MOLEDORAS	TRITURADORAS
Rampa de tensión y limitación de corriente	Tensión de arranque (%)	30	50	50
	Tiempo de arranque (s)	60	60	60
	Valor límite de corriente	4 [*] I _N	4 [*] I _N	4 [*] I _N
Rampa par del motor	Par de arranque	20	50	50
	Par final	150	150	150
	Tiempo de arranque	60	60	60

Fuente: Autor.

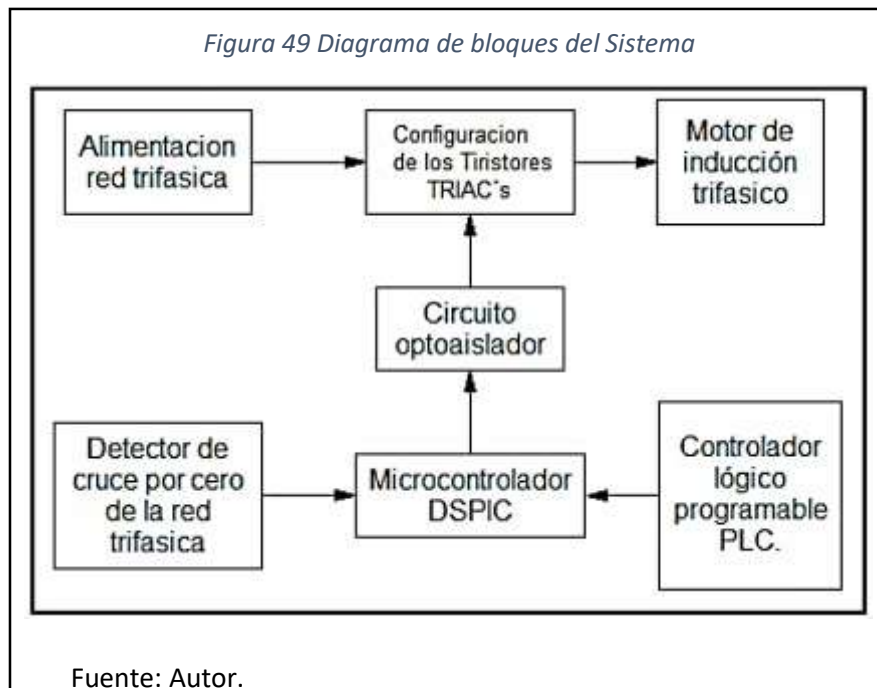
2.4.1.10.3. Diseño del arrancador suave.

La figura siguiente muestra un diagrama de bloque de las principales partes del diseño del arrancador suave trifásico.

La importancia de mantener aislado el circuito de control con el de potencia en el arrancador suave, radica en que no se afectan los circuitos de control en caso de presentarse un cortocircuito en el de potencia por efecto inesperado. Tomando esto en consideración el arrancador suave se divide en dos etapas:

Etapa de potencia

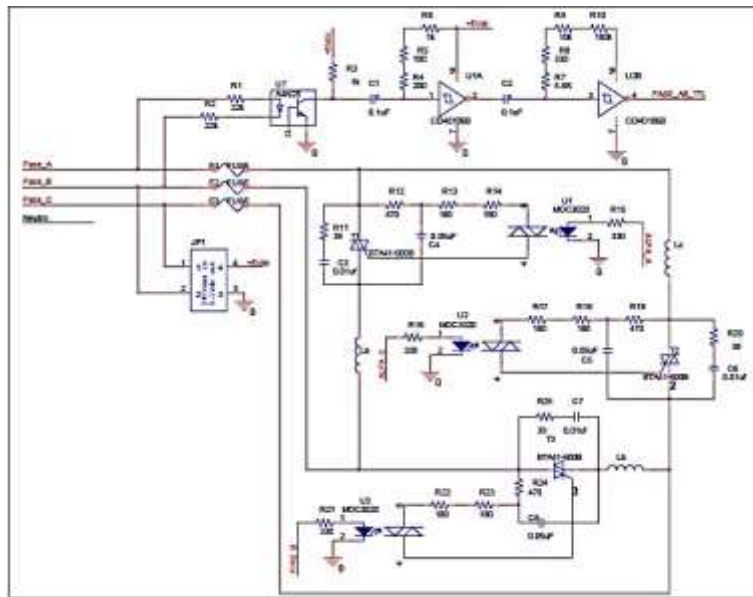
Etapa de control



2.4.1.10.4. Etapa de potencia.

El esquema del circuito de la etapa de potencia se muestra en la figura siguiente. La selección del motor, dispositivos de estado sólido, circuitos de protección, fuente de alimentación y la configuración del regulador AC trifásico hacen parte de esta etapa.

Figura 50 Esquema básico de la etapa de potencia



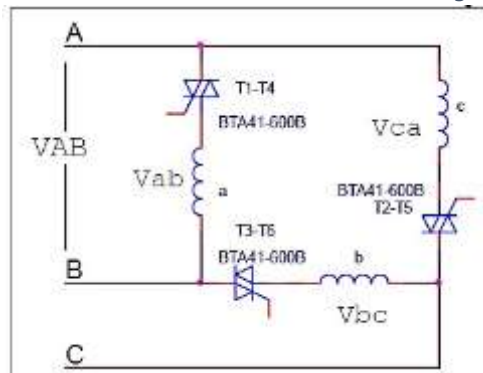
Fuente: Autor.

a) Conexión en delta interna

Se seleccionó la configuración del regulador AC en delta interna como se muestra en la figura siguiente debido a que representa algunos beneficios como:

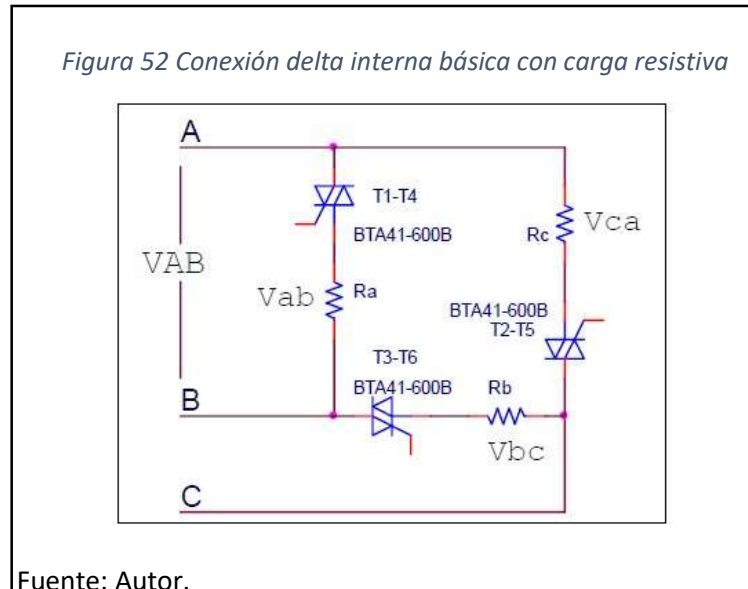
La corriente que circula por los dispositivos semiconductores se reduce al 58 % en comparado con la corriente de línea, también permite cambiar el par de SCR's en antiparalelo por un Triac, reduciendo el costo del arrancador suave.

Figura 51 Conexión delta interna básica con carga inductiva



Fuente: Autor.

Antes de conectar el motor de inducción en delta interna, el sistema se evalúa con una carga resistiva para no ocasionar posibles daños al mismo. La configuración del circuito con carga resistiva se muestra en la figura siguiente.



CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1. Tipo y Diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación de tesis será de tipo tecnológica cuantitativa experimental por el solo hecho que se hará un análisis comparativo a realizarse en cuanto a las corrientes de arranque de los motores de inducción con el circuito de relés y circuito electrónico (SCR).

3.1.2. Diseño de la investigación

Diagrama 4 Diseño de investigación



Problema: La corriente elevada en el momento del arranque de los motores de inducción con un circuito convencional en el ámbito industrial.

Solución: Innovación y demostración del uso de circuito electrónico (SCR) o arrancador suave en el momento del arranque de los motores de inducción en la industria.

Nueva realidad: Promover el uso de tecnología electrónica en el funcionamiento de motores eléctricos o en general en el ámbito industrial.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Los motores eléctricos.

3.2.2. Muestra

Motores eléctricos de C. A. de 1 HP, 4 HP y 5 HP.

3.3. Hipótesis

El análisis comparativo de corriente de arranque de los motores de hasta 5 HP con el uso del circuito convencional y el circuito electrónico nos permitirá obtener el alto rendimiento y vida útil de los motores con la reducción de la corriente en el inicio de trabajo de motores de inducción trifásica con el uso de un arrancador suave.

Tabla 7 Cuadro de hipótesis

HIPOTESIS	COMPONENTES METODOLOGICO			COMPONENTES DE REFERENCIA	
	VARIBALES	CONECTOR LOGICO	UNIDAD DE ANALISIS	ESPACIO	TIEMPO
El análisis comparativo de corriente de arranque de los motores de hasta 5 HP con el uso del circuito convencional y el circuito electrónico que nos permitirá obtener el alto rendimiento y vida útil de los motores en la reducción de la corriente en el inicio de trabajo de motores de inducción trifásica con el uso de un arrancador suave.	Arrancador suave (circuito electrónico SCR)	Con el uso de la tecnología electrónica.	El circuito electrónico (SCR) mejorara el rendimiento y eficiencia del motor eléctrico en su arranque.	USS	2016
	Circuito convencional (circuito de relés).				
	Potencias de 1 HP, 4 HP, 5 HP.				

Fuente: Autor.

3.4. Variables

3.4.1. Variable independiente

- Arrancador suave (circuito electrónico SCR)
- Circuito convencional (circuito de relés)

3.4.2. Variable dependiente

- Potencia de 1 HP.
- Potencia de 4 HP.
- Potencia de 5 HP.

3.5. Operacionalización de Variables

Tabla 8 Operacionalización de variables.

VARIABLES	INDICADOR	SUB-INDICADOR	INDICES	TECNICAS DE RECOLECCION	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN
ARRANCADOR SUAVE (CIRCUITO ELECTRÓNICO SCR)	POTENCIA	Cantidad de energía absorbida en un determinado tiempo.	HP	Observación, análisis de documentos, entrevista, encuesta.	Guías de observación, guías de análisis de documentos.
	TENSION	Fuerza electromotriz	220 V 380 V 440 V		
	INTENSIDAD	Cantidad de carga eléctrica transportada.	Amperios		
	VELOCIDAD	Revoluciones por minuto.	RPM		
CIRCUITO CONVENCIONAL (CIRCUITO DE RELÉS)	POTENCIA	Cantidad de energía absorbida en un determinado tiempo.	HP	Observación, análisis de documentos, entrevista, encuesta.	Guías de observación, guías de análisis de documentos.
	TENSION	Fuerza electromotriz	220 V 380 V 440 V		

	INTENSIDAD	Cantidad de carga eléctrica transportada.	Amperios		
	VELOCIDAD	Revoluciones por minuto.	RPM		
POTENCIAS	POTENCIA DE 1 HP. POTENCIA DE 4 HP. POTENCIA DE 5 HP.	Cantidad de energía absorbida en un determinado tiempo.	HP	Observación, análisis de documentos, entrevista, encuesta.	Guías de observación, guías de análisis de documentos.

Fuente: Autor.

3.6. Abordaje metodológico, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.6.1. Abordaje metodológico

□ Investigación Analítica Experimental

El análisis que se realizara en este trabajo de tesis establece la comparación de variables como son las corrientes en los circuitos ya mencionados como son el circuito convencional y el circuito electrónico SCR que mejora el arranque del motor eléctrico en su inicio de funcionamiento, en el cual tendremos resultados en un banco de pruebas el cual se construirá para el proceso experimental ya mencionado.

3.6.2. Técnicas de recolección de datos

- **Guías de observaciones.**

Es la implicación del investigador en una serie de actividades durante el tiempo que dedica a observar a los sujetos objeto

de observación, es necesario acceder a la comunidad, seleccionar las personas claves, participar en todas las actividades de la comunidad, aclarando todas las observación tomando notas de campos organizadas y estructuradas para luego facilitar su descripción e interpretación.

- **Entrevista.**

Es una de las técnicas más utilizadas. Se entiende como la interacción entre dos personas, que planifica y obedece a un objetivo, donde interviene el entrevistado y el entrevistador, el primero da su opinión y el segundo recoge e interpreta esa opinión.

- **Análisis de documentos.**

A través de esta técnica se logra obtener información valiosa porque va a describir los acontecimientos rutinarios, los nombre e identificar los roles de personas claves así como revelar los intereses y las perspectivas de comprensión de la realidad.

El recojo de información es uno de los momentos más emocionante del proceso.

Es una fase que requiere mucho esfuerzo, observación y trabajo conceptual.

Los datos cualitativos están constituidos mayormente de palabras y acciones, lo que requiere utilizar estrategias de recogida de información de tipo interactivo.

3.6.3. Instrumentos de recolección de datos

3.6.3.1. Guías de observación

Se seleccionará los dispositivos electromecánicos y electrónicos para la elaboración correcta de un banco de pruebas en la cual obtendremos las corrientes de arranque de los motores eléctricos trifásicos de hasta 5 HP con los dos circuitos tanto convencional como circuito electrónico SCR.

3.6.3.2. Entrevista

Se entrevistara a profesionales relacionados al tema de proyecto de tesis para un aporte al proyecto a desarrollar.

3.6.3.3. Análisis de Documentos

Se revisara accesorios referentes a la fabricación del banco de pruebas para el análisis respectivo de las corrientes que se tomaran de los diferentes circuitos ya mencionados.

3.7. Plan de análisis estadístico de datos

3.7.1. Enfoque cuantitativo.

Se hará el análisis de la entrevistas realizada a los especialistas relacionados en cuanto al funcionamiento del arranque de los motores eléctricos con un circuito electrónico así como de guías de observación cuyos datos se apuntaran para el desarrollo del tema.

3.7.1.1. Guía de observación.

Tabla 9 Guía de observación.

FASE	TIEMPO	RESPONSABLE
Realizar los circuitos respectivos.	2 Hora	Autor
Compra de los accesorios eléctricos a utilizar.	6 Horas	Autor
Realizar trazos y cortes respectivos en el banco de prueba.	3 Horas	Autor
Construcción del banco de prueba.	3 Horas	Autor
Calculo de los accesorios eléctricos.	2 Horas	Autor
Instalación y calibración de los accesorios eléctricos.	8 Horas	Autor
Prueba y funcionamiento de los motores eléctricos con el circuito N° 01	1 Hora	Autor
Prueba y funcionamiento de los motores eléctricos con el circuito N° 02	1 Hora	Autor

Fuente: Autor.

3.7.1.2. Entrevista.

Se realizó la entrevista a profesionales relacionados al tema donde en un primer punto nos brindaron sus conocimientos sobre dicho proyecto para la contribución al mejoramiento del trabajo de investigación a realizar.

Otros de los puntos que se tocaron en la entrevista fue el desarrollo que puede tener el uso de circuito electrónico SCR como nueva tecnología en ámbito industrial.

De todas las preguntas realizadas fueron de gran utilidad para el desarrollo y conocimiento para aporte al trabajo de tesis a realizar.

3.7.1.3. Análisis de Documentos.

Se revisará textos y normas legales eléctricas fundamentales para el análisis y desarrollo del tema de investigación.

Tabla 10 Normas.

NORMA	TITULO
IEC 947-4	Norma de contactor eléctrico.
DIN 19227 Parte 1	Código de identificación de instrumentos y controles.
DIN 19227 Parte 2	Símbolos y gráficos.
IEC/EN 60947-5-1	Unidades de mando y señalización
IEC 947 – 4 - 1	Clases de disparo.

Fuente: Autor.

3.8. Criterios éticos

3.8.1. Ética de aplicación.

Para el desarrollo del trabajo de investigación se podrán en práctica criterios, cálculos y análisis adquiridos a lo largo del proceso de la carrera profesional, por lo que no se tomaran datos al azar, sino por lo contrario se efectúan los respectivos cálculos, entrevistas y guías documentadas que se han presentado en los apartados anteriores.

3.8.2. Código ético de profesión.

Los criterios éticos que hemos tomado en cuenta son la dedicación y la responsabilidad, teniendo en cuenta y respetando el código ético de nuestra profesión como ingenieros como lo indica en el CIP, la cual a continuación se cita:

A. Código de ética del CIP (Colegio de Ingenieros del Perú)
Aprobado en la III Sesión Ordinaria del Congreso Nacional
de Consejos Departamentales del Periodo 1998 – 1999 en
la ciudad de Tacna 22, 23 y 24 de Abril de 1999.

Título I, de la Relación con la Sociedad.

Art.4.- Los ingenieros reconocerán que la seguridad de la vida, la salud, los bienes y el bienestar de la población y del público en general, así como el desarrollo tecnológico del país dependen de los juicios, decisiones incorporadas por ellos o por su consejo, en dispositivos, edificaciones, estructuras, máquinas, productos y procesos. Por ninguna razón pondrán sus conocimientos al servicio de todo aquello que afecta la paz y la salud.

3.9. Criterios de rigor científico

3.9.1. Validez.

La validez de este trabajo de investigación contará con la aprobación de tres jurados con amplia experiencia y capacidad, que facilitará el análisis comparativo de las corrientes con circuitos de relés y circuito electrónico mediante la construcción del banco de pruebas respectivo.

3.9.2. Fiabilidad.

El seleccionamiento de los dispositivos electromecánicos y electrónicos del banco de pruebas para el desarrollo del análisis de corrientes en los motores eléctricos de 1 HP, 4 HP y 5 HP, contara con un respaldo técnico-pedagógico de un profesional especialista en el área de electricidad que se

encuentra aportando sus conocimientos en este tema de investigación.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados en tablas y gráficos.

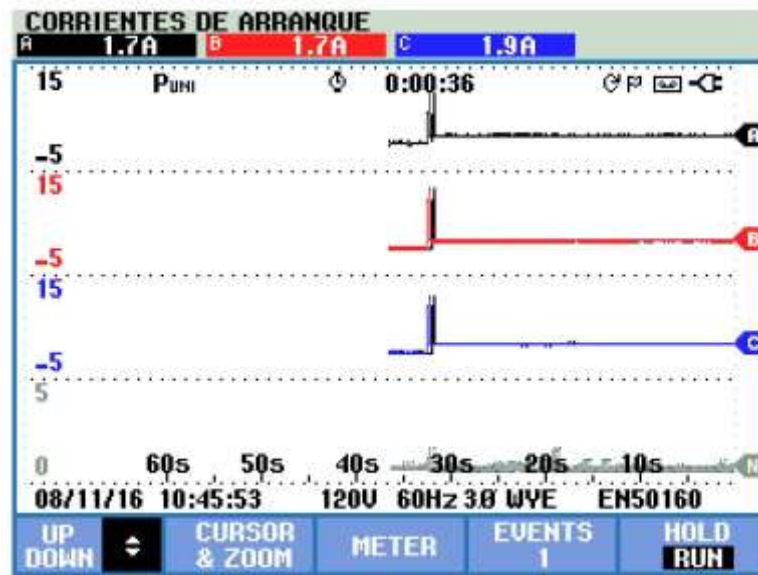
4.1.1. Gráfica de corriente de arranque de motores eléctricos.

4.1.1.1. Motor Eléctrico Trifásico de 1 HP (2 polos)

1. Corriente de arranque del motor de 1 HP – Arranque con contactor.

En el resultados 1 del motor eléctrico trifásico de 1 HP se observa las corrientes de arranque con el uso del analizador de redes en el circuito con contactor.

Resultados 1 Motor de 1 HP, Arranque con contactor.

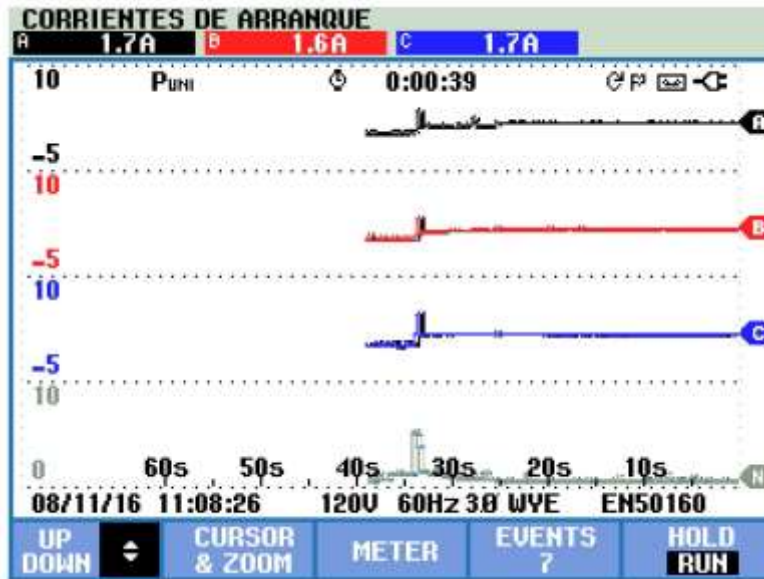


Fuente: Autor.

2. Corriente de arranque del motor de 1 HP – Arranque electrónico.

En el resultados 2 del motor eléctrico trifásico de 1 HP se observa las corrientes de arranque con el uso del analizador de redes en el circuito electrónico.

Resultados 2 Motor de 1 HP, Arranque electrónico.



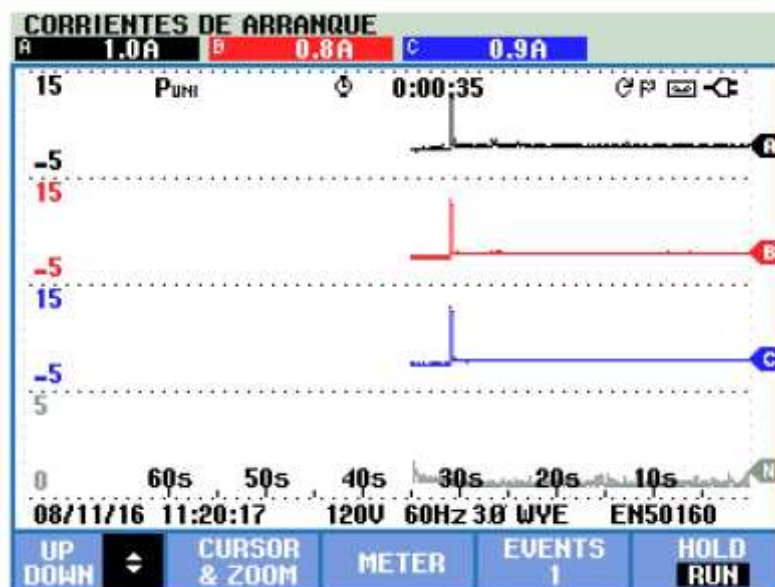
Fuente: Autor.

4.1.1.2. Motor Eléctrico Trifásico de 4 HP (4 Polos).

1. Corriente de arranque del motor de 4 HP – Arranque con contactor.

En el resultados 3 del motor eléctrico trifásico de 4 HP se observa las corrientes de arranque con el uso del analizador de redes en el circuito con contactor.

Resultados 3 Motor de 4 HP, Arranque con contactor.

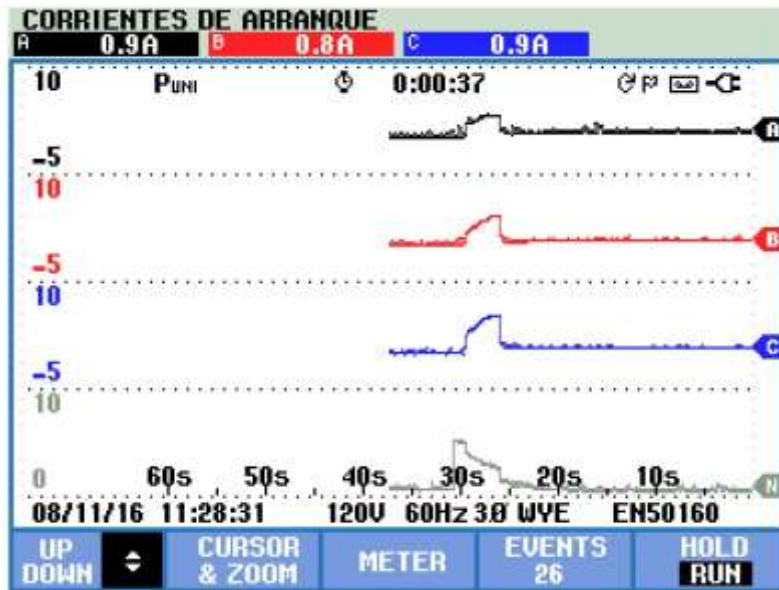


Fuente: Autor.

2. Corriente de arranque del motor de 4 HP – Arranque electrónico.

En el resultados 4 del motor eléctrico trifásico de 4 HP se observa las corrientes de arranque con el uso del analizador de redes en el circuito electrónico.

Resultados 4 Motor de 4 HP, Arranque electrónico.



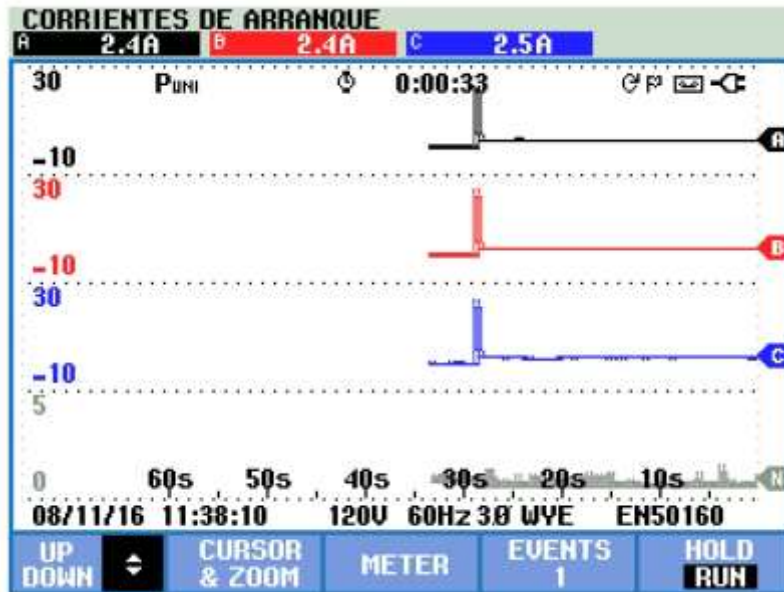
Fuente: Autor.

4.1.1.3. Motor Eléctrico Trifásico de 5 HP (4 Polos).

1. Corriente de arranque del motor de 5 HP – Arranque con contactor.

En el resultados 5 del motor eléctrico trifásico de 5 HP se observa las corrientes de arranque con el uso del analizador de redes en el circuito con contactor.

Resultados 5 Motor de 5 HP, Arranque con contactor.

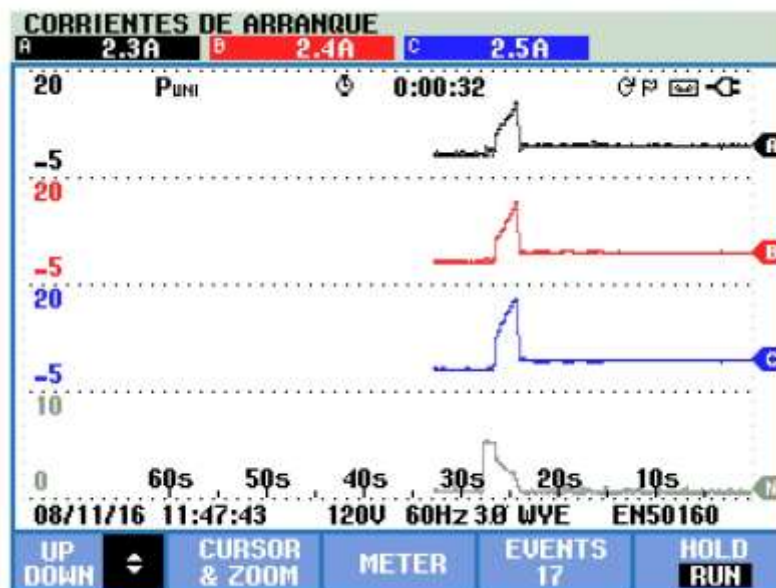


Fuente: Autor.

2. Corriente de arranque del motor de 5 HP – Arranque electrónico.

En el resultados 6 del motor eléctrico trifásico de 5 HP se observa las corrientes de arranque con el uso del analizador de redes en el circuito electrónico.

Resultados 6 Motor de 5 HP, Arranque electrónico.



Fuente: Autor.

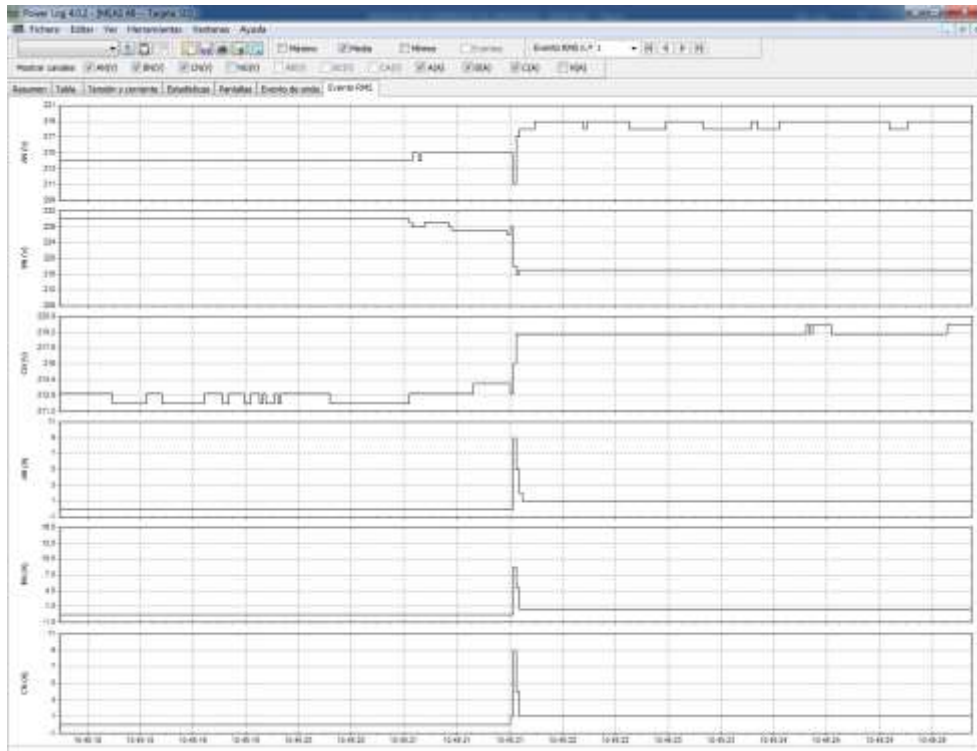
4.1.2. Gráficas de voltaje y corriente de arranque de motores eléctricos trifásicos en cada fase.

4.1.2.1. Motor Eléctrico Trifásico de 1 HP (2 Polos).

1. Motor de 1 HP – Arranque con contactor.

En el resultados 7 del motor eléctrico trifásico de 1 HP se observa los resultados de los voltajes y corrientes de arranque en cada fase respectivamente con el uso del analizador de redes en el circuito con contactor.

Resultados 7 Motor 1 HP, Variación del voltaje y la corriente en el momento de arranque con contactor

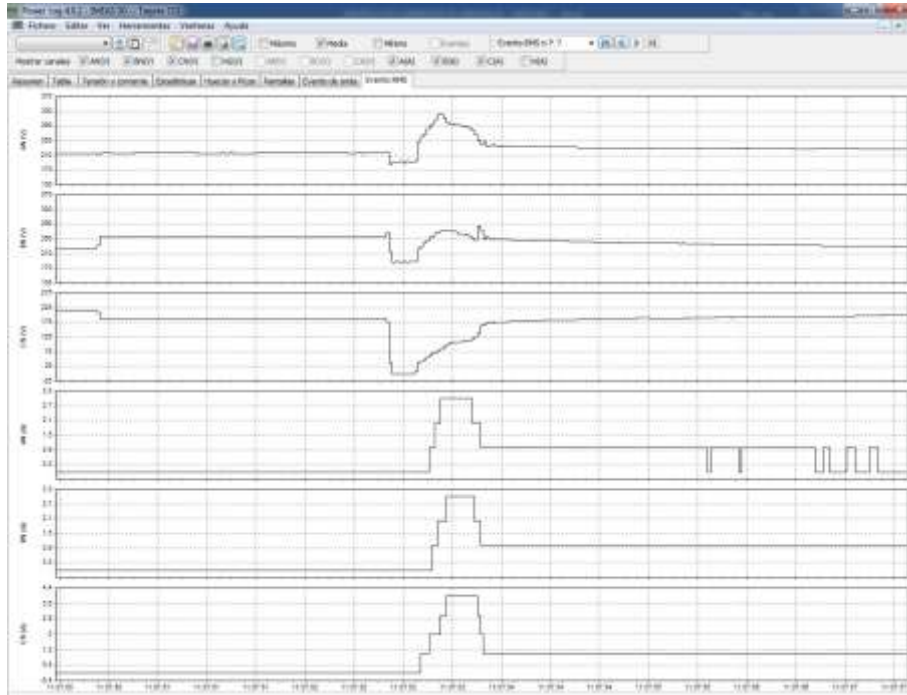


Fuente: Autor.

2. Motor de 1 HP – Arranque electrónico.

En el resultados 8 del motor eléctrico trifásico de 1 HP se observa los resultados de los voltajes y corrientes de arranque en cada fase respectivamente con el uso del analizador de redes en el circuito electrónico.

Resultados 8 Motor 1 HP, Variación del voltaje y la corriente en el momento de arranque electrónico



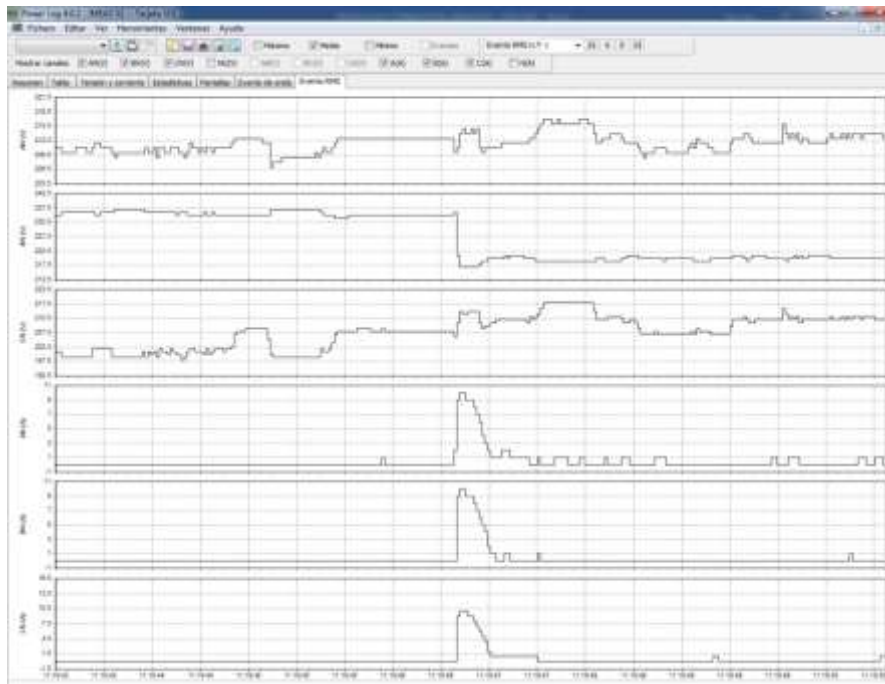
Fuente: Autor.

4.1.2.2. Motor Eléctrico Trifásico de 4 HP (4 Polos).

1. Motor de 4 HP – Arranque con contactor.

En el resultados 9 del motor eléctrico trifásico de 4 HP se observa los resultados de los voltajes y corrientes de arranque en cada fase respectivamente con el uso del analizador de redes en el circuito con contactor.

Resultados 9 Motor 4 HP, Variación del voltaje y la corriente en el momento de arranque con contactor.

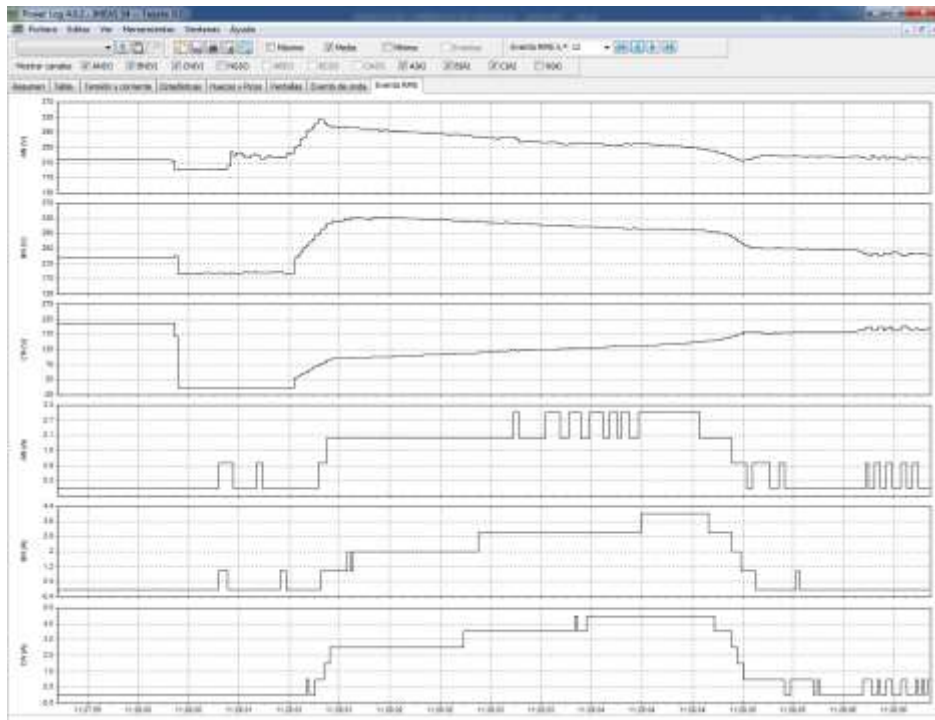


Fuente: Autor.

2. Motor de 4 HP – Arranque electrónico.

En el resultados 10 del motor eléctrico trifásico de 4 HP se observa los resultados de los voltajes y corrientes de arranque en cada fase respectivamente con el uso del analizador de redes en el circuito electrónico.

Resultados 10 Motor 4 HP, Variación del voltaje y la corriente en el momento de arranque electrónico



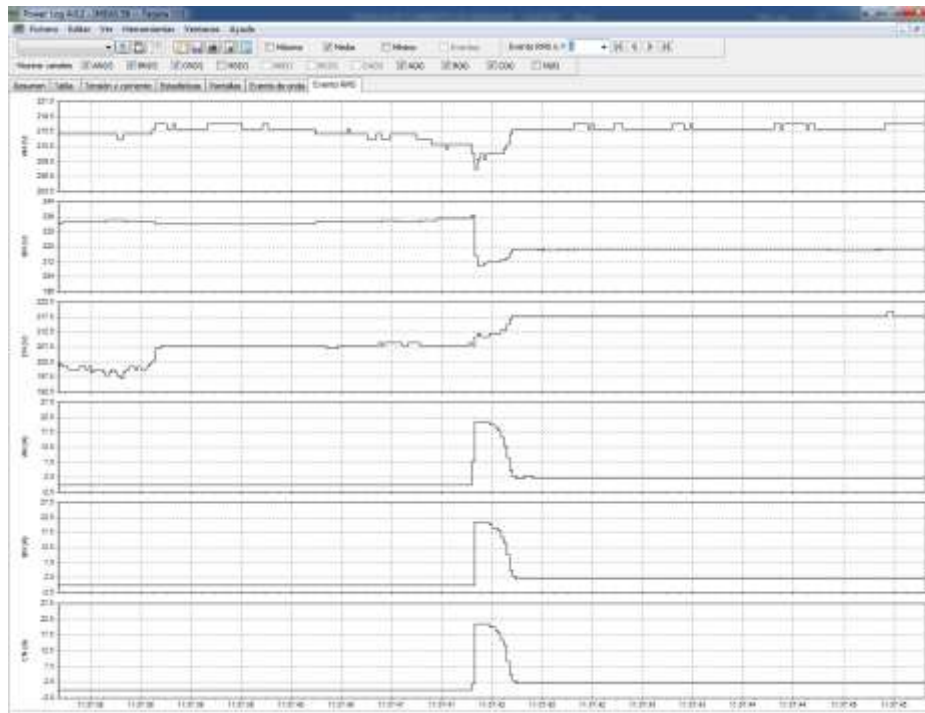
Fuente: Autor.

4.1.2.3. Motor Eléctrico Trifásico de 5 HP (4 Polos).

1. Motor de 5 HP – Arranque con contactor.

En el resultados 11 del motor eléctrico trifásico de 5 HP se observa los resultados de los voltajes y corrientes de arranque en cada fase respectivamente con el uso del analizador de redes en el circuito con contactor.

Resultados 11 Motor 5 HP, Variación del voltaje y la corriente en el momento de arranque con contactor.

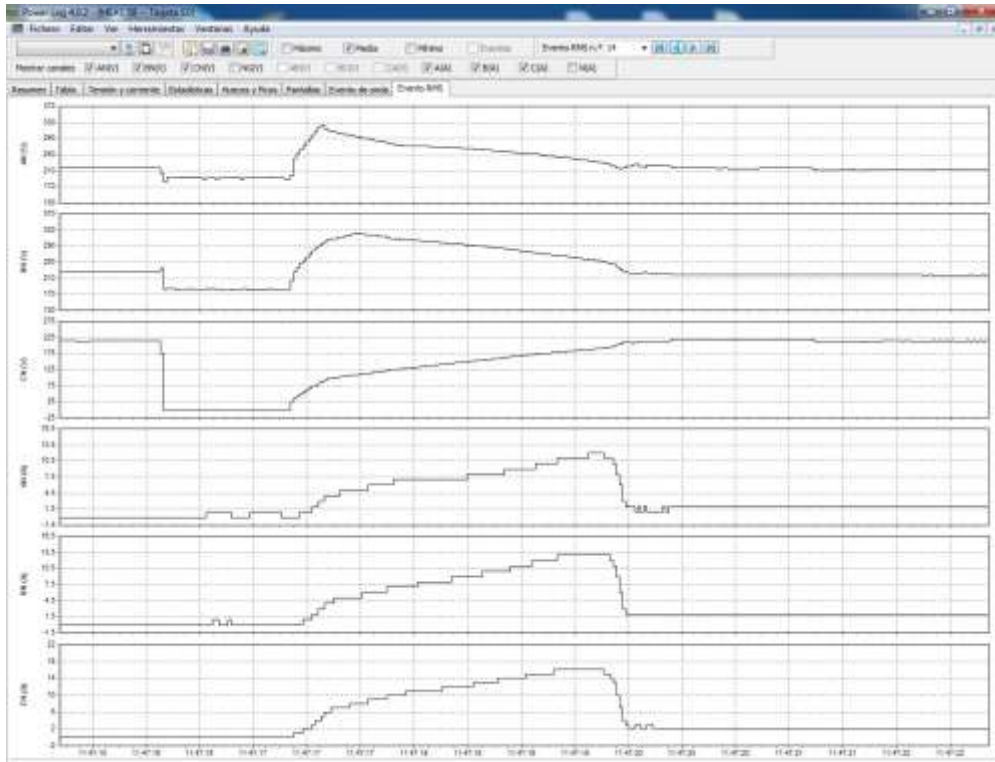


Fuente: Autor.

2. Motor de 5 HP – Arranque electrónico.

En el resultados 12 del motor eléctrico trifásico de 5 HP se observa los resultados de los voltajes y corrientes de arranque en cada fase respectivamente con el uso del analizador de redes en el circuito electrónico.

Resultados 12 Motor 5 HP, Variación del voltaje y la corriente en el momento de arranque electrónico.



Fuente: Autor.

4.2. Discusión de resultados.

4.2.1. Cuadro comparativo de Intensidad/Tiempo del motor eléctrico trifásico de 1 HP (2 polos).

Cuadro Comparativo 1 Motor Eléctrico 1 HP.

MOTOR ELECTRICO 1 HP						
ARRANQUE CON CONTACTOR			ARRANQUE ELECTRONICO			
	Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C
INTENSIDAD (A)	9 A	9 A	9 A	3 A	3 A	4 A
TIEMPO (s)	0,012			0,016		

Fuente: Autor.

Los resultados del cuadro comparativo 1, se menciona que las pruebas de las corrientes de los motores eléctricos trifásicos se realizaron en

arranque directo y en vacío (sin carga), tanto en el arranque con contactor como en el arranque electrónico.

ARRANQUE CON CONTACTOR

Los motores de inducción trifásica suelen consumir en el arranque de trabajo una corriente muy elevada que para el caso de potencias mayores ($P > 10 \text{ kW}$) pueden provocar fluctuaciones.

La intensidad de arranque con contactor según el análisis de documentos, es de 4 a 8 veces la intensidad nominal, en esta prueba realizada con un motor de 1 HP su intensidad nominal es de 1 amperio aproximadamente pudiéndose visualizar en el resultado 7 y a pesar de realizarse la prueba sin carga el amperaje se elevó demasiado hasta llegar a 9 Amperios en las 3 fases respectivas obtenidas con un tiempo de 0,012 segundos. El amperaje nominal de un motor de 1 HP, según placa de características y documentos estudiados es de 1,4 amperios comparando con la intensidad nominal obtenida en el diagrama de resultado 7 a 380 voltios respectivamente.

ARRANQUE ELECTRÓNICO

En el caso del uso del arrancador electrónico por el hecho de estar constituido por dispositivos de estado sólido (SCR) se controla la tensión que alimenta al motor, y la tensión aumenta en forma progresiva evitando el cambio brusco del par y en la corriente de arranque, siendo la corriente de arranque de 3 amperios a comparación del arranque con contactor con un tiempo de 0,016 segundos mayor ya que con el arrancador suave se controla en el momento de inicio, obteniendo luego también un amperaje nominal de 1,2 amperios aproximadamente.

Desde el nivel de par inicial, el voltaje de salida al motor aumenta durante el tiempo de rampa de aceleración, es por eso que el tiempo que arranca es primero una velocidad y luego la velocidad aumenta.

Este tipo de arranque está diseñado para proporcionar un impulso de corriente/voltaje durante un corto período de tiempo.

4.2.2. Cuadro comparativo de Intensidad/Tiempo del motor eléctrico trifásico de 4 HP (4 polos).

Cuadro Comparativo 2 Motor Eléctrico 4 HP

MOTOR ELECTRICO 4 HP						
ARRANQUE CON CONTACTOR			ARRANQUE ELECTRONICO			
	Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C
INTENSIDAD (A)	10 A	10 A	10 A	3 A	4 A	5 A
TIEMPO (s)	0,013			0,039		

Fuente: Autor.

Los resultados de este cuadro comparativo 2, se menciona también que las pruebas de las corrientes de arranque de los motores eléctricos trifásicos se realizaron en arranque directo y en vacío (sin carga) en ambos circuitos.

ARRANQUE A CONTACTOR

Uno de los momentos más críticos para el motor es el arranque, por características tenemos conocimiento que su arranque de corriente puede oscilar entre 4 y 8 veces la corriente nominal siendo para un motor de 4 HP, según placa de características es de 5.6 amperios a 380 V.

En la segunda prueba realizada la corriente de arranque fue de 10 amperios y un tiempo de 0,013 segundos con el uso del circuito convencional o de contactor no muy diferente a la primera prueba,

tengamos en cuenta que colocando una carga el amperaje se puede elevar mucho más.

Otro de los puntos a tener en cuenta es que en los motores de poca potencia disminuye rápidamente la intensidad de arranque al aumentar la velocidad.

El arranque directo crea un estrés térmico en los devanados del motor y fuerzas electrodinámicas momentáneas. Con frecuencia, el arranque directo reduce la vida de los devanados de un motor estándar.

ARRANQUE ELECTRÓNICO

El arrancador suave o arrancador electrónico permite un aumento continuo y lineal del par que ofrece la posibilidad de una reducción selectiva de la corriente de arranque como la que se obtuvo de 5 amperios siendo la máxima en las 3 fases respectivamente con un tiempo de 0,039 segundos.

La tensión del motor se incrementa a partir de una tensión inicial y un tiempo de rampa de aceleración, seleccionados mediante selectores hasta llegar a la tensión nominal del motor.

Este arranque electrónico también se utiliza en motores de alta potencia y es por eso que las intensidades de arranque en el cuadro comparativo 2 son muy bajas porque el motor es de potencia pequeña.

Este tipo de arranque está diseñado para proporcionar un impulso de corriente/voltaje durante un corto período de tiempo.

4.2.3. Cuadro comparativo de Intensidad/Tiempo del motor eléctrico trifásico de 5 HP (4 polos).

Cuadro Comparativo 3 Motor Eléctrico 5 HP

MOTOR ELECTRICO 5 HP						
ARRANQUE CON CONTACTOR			ARRANQUE ELECTRONICO			
	Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C
INTENSIDAD (A)	21,5 A	21,5 A	21,5 A	12 A	13 A	16 A
TIEMPO (s)	0,013			0,027		

Fuente: Autor.

Los resultados de este cuadro comparativo 3, se tiene que tener en cuenta que las pruebas de las corrientes de los motores eléctricos trifásicos se realizaron en arranque directo y en vacío (sin carga), tanto en el arranque con contactor como en el arranque electrónico.

ARRANQUE A CONTACTOR

El arranque con contactor del motor eléctrico de inducción trifásica tiene una corriente de arranque normal (hasta ocho veces la corriente nominal), este circuito de arranque es el más sencillo y se emplea en motores de pequeña potencia (o en motores grandes si están conectados a una red eléctrica independiente de tal manera que su corriente de arranque no afecte a otros consumidores).

En el cuadro comparativo 3 el amperaje nominal del motor eléctrico trifásico de 5 HP, según placa de características es de 7.7 amperios a 380 V, y en los datos obtenidos con un analizador de redes se obtuvo un amperaje elevado de 21,5 amperios con un tiempo de 0,013 segundos respectivamente en las tres fases.

La corriente de arranque generalmente resulta mayor que la nominal como podemos observar en esta tercera prueba realizada en vacío (sin carga).

Tengamos en cuenta que en los motores de poca potencia disminuye rápidamente la intensidad de arranque al aumentar la velocidad.

ARRANQUE ELECTRÓNICO

En el arranque electrónico cuando la rampa de aceleración (t_{Start}) finaliza, los tiristores están completamente controlados (media onda sinusoidal completa siendo el fin de rampa).

Para obtener este resultado, se utiliza un graduador de tiristores montados en oposición de 2 por 2 en cada fase de la red. La subida progresiva de la tensión de salida puede controlarse por medio de la rampa de aceleración, que depende del valor de la corriente de limitación, o vincularse a ambos parámetros.

El tiempo de aceleración de una unidad con un arrancador suave es el resultado de la configuración de la tensión de arranque (U_{Start}) y el tiempo de rampa (t_{Start}) para el aumento lineal hasta la tensión de completa de red (U_{LN}).

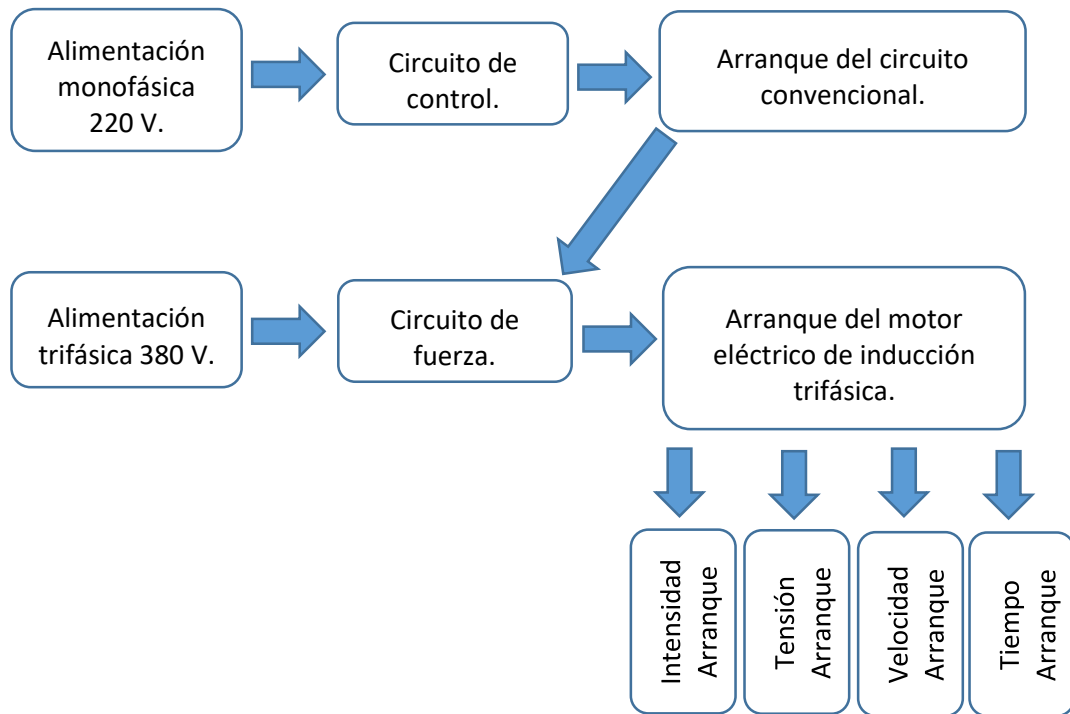
El tiempo de rampa ajustado (t_{Start}) no es el tiempo real de aceleración de la unidad. Esto depende de la carga y el par de arranque.

Es por eso que la corriente de arranque en la tercera prueba con el circuito mencionado se obtuvo 12, 13 y 16 amperios respectivamente en las tres fases con un tiempo de 0,027 segundos de acuerdo a las rampas.

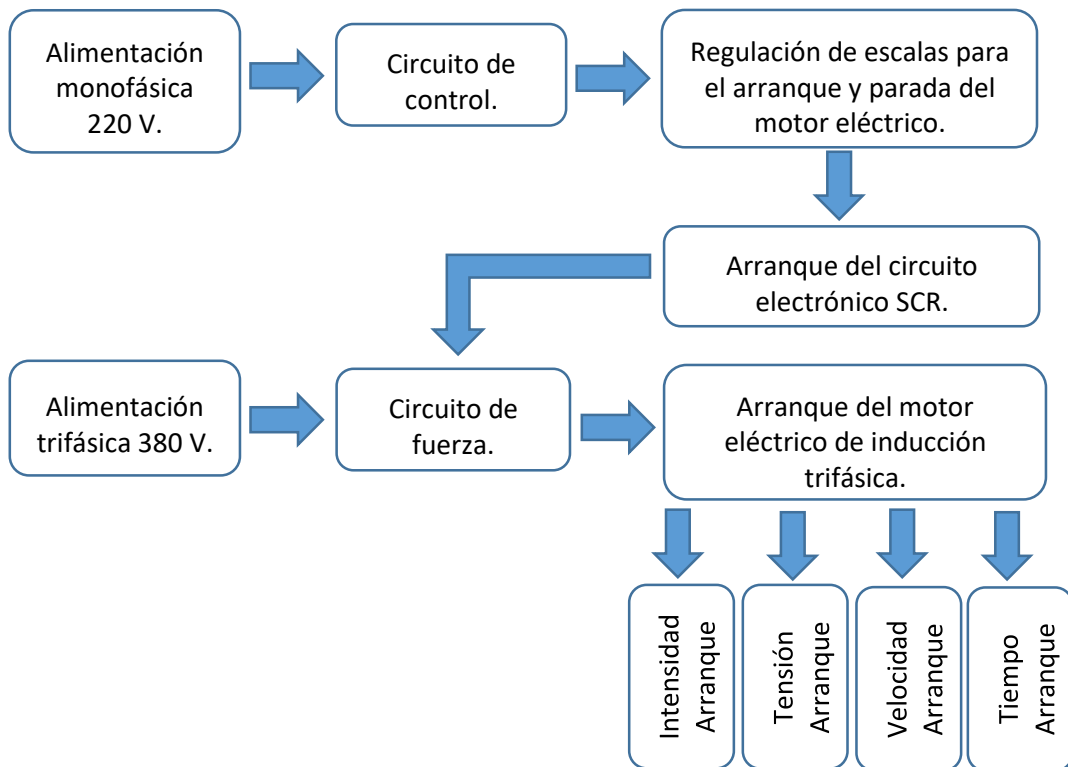
CAPITULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

5.1. Diagrama de flujo de procesos.

1. Diagrama de flujo de proceso del circuito convencional con arranque directo de un motor eléctrico de inducción trifásica.



2. Diagrama de flujo de proceso del circuito electrónico SCR con arranque directo de un motor eléctrico de inducción trifásica.



5.2. Descripción de Procesos.

5.2.1. Seleccionamiento para la elaboración del banco de prueba.

1. Madera dieléctrica.

Se realizó el corte de la madera dieléctrica con medidas de 40 x 50 para base del banco de prueba.



2. Cable N° 12.

Se compró el cable N° 12 para la instalación del circuito de fuerza para el circuito convencional y circuito electrónico que serán utilizados para el desarrollo de las pruebas de arranque directo de los motores eléctricos de inducción trifásica.



3. Cable N° 16.

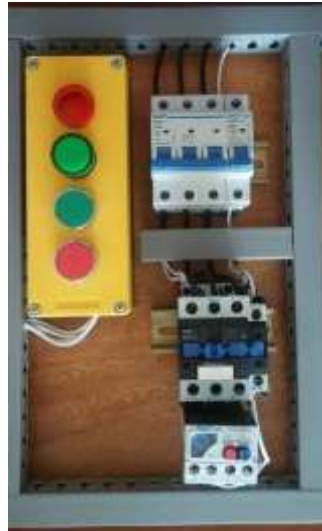
Se compró el cable N° 16 para la instalación del circuito de control para el circuito convencional y circuito electrónico que serán utilizados para el desarrollo de las pruebas de arranque directo de los motores eléctricos de inducción trifásica.



4. Instalación del circuito convencional.

A continuación se realizó la instalación respectiva del circuito convencional con los materiales correspondientes a utilizar para el desarrollo y prueba de arranque de los motores eléctricos trifásicos hasta una potencia de 5 HP.

Figura 56 Circuito de Relés.

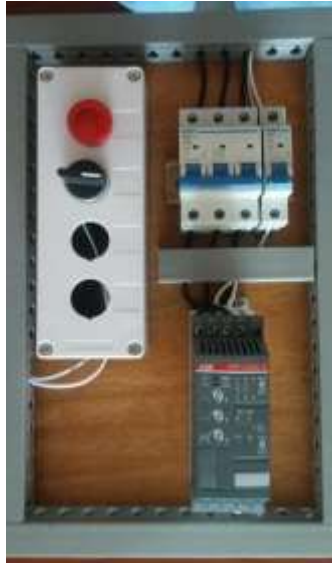


Fuente: Autor.

5. Instalación del circuito electrónico SCR.

Por último se realiza la instalación respectiva del circuito electrónico con los materiales correspondientes a utilizar y el uso del arrancador de estado sólido de 12 Amp. ABB.PSR12-600-70 para el desarrollo y prueba de arranque de los motores eléctricos trifásicos hasta una potencia de 5 HP.

Figura 57 Circuito Electrónico.



Fuente: Autor.

6. Banco de prueba de los circuitos eléctricos.

Figura 58 Banco de pruebas.



Fuente: Autor.

5.2.2. Proceso del circuito convencional con arranque directo de un motor eléctrico de inducción trifásica.

Alimentación monofásica 220 V. En ingeniería eléctrica, un sistema monofásico es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por una única corriente alterna o fase y por lo tanto todo el voltaje varía de la misma forma.

La distribución monofásica de la electricidad se suele usar cuando las cargas son principalmente de iluminación y de calefacción, y para pequeños motores eléctricos. Un suministro monofásico conectado a un motor eléctrico de corriente alterna no producirá un campo magnético giratorio, por lo que los motores monofásicos necesitan circuitos adicionales para su arranque, y son poco usuales para potencias por encima de los 10 kW.

El voltaje y la frecuencia de esta corriente dependen del país o región, siendo 230 y 115 Voltios los valores más extendidos para el voltaje y 50 o 60 Hercios para la frecuencia.

Alimentación trifásica 380 V. Los sistemas de transmisión y distribución de mayor utilización son los sistemas trifásicos, los cuales están constituidos por tres tensiones de igual magnitud, desfasadas 120° entre sí.

Para alimentar una carga de igual potencia eléctrica, las corrientes en los conductores son menores que las que se presentan en un sistema monofásico.

Para una misma potencia, las maquinas eléctricas son de menor tamaño que las maquinas eléctricas monofásicas. En un sistema trifásico es posible conectar cargas monofásicas y trifásicas simultáneamente.

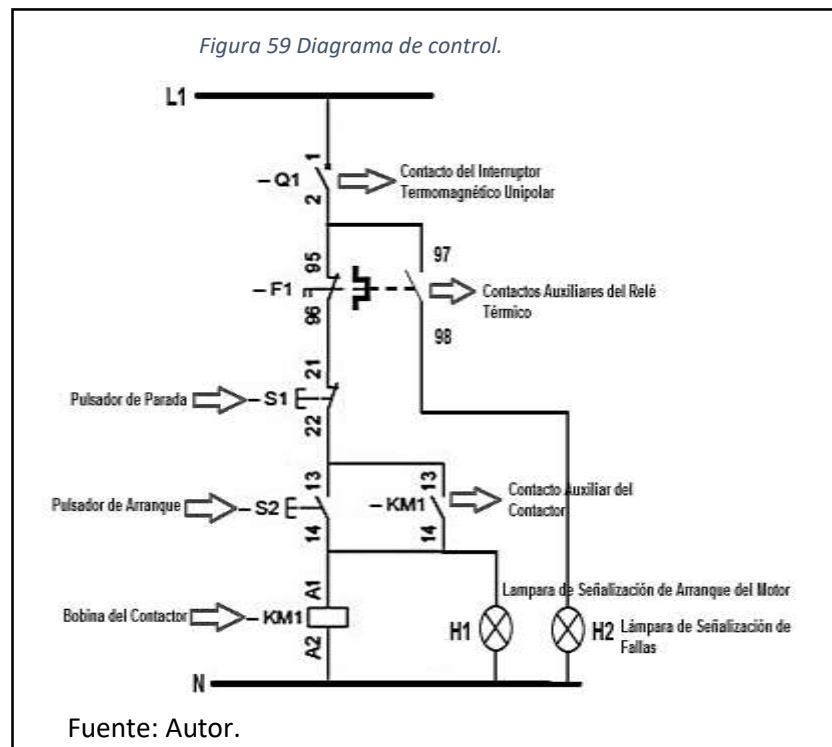
Arranque del circuito convencional. El arranque directo o arranque a pleno voltaje, es el arranque más simple de estos métodos pese a que se conecta el motor directamente a la línea de alimentación.

Generalmente en estos sistemas se utilizan arrancadores para realizar la función de protección contra sobrecarga los

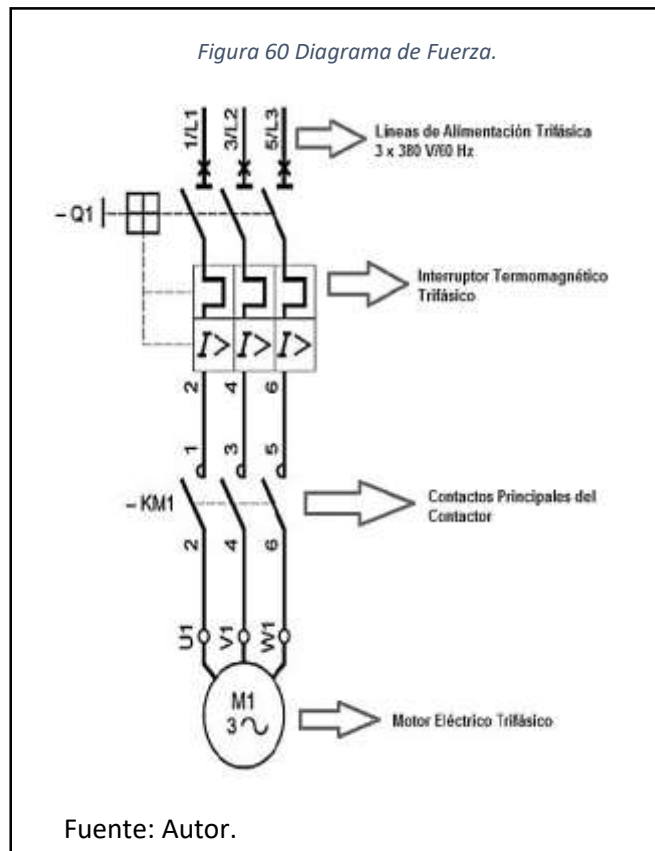
arrancadores pueden ser de tipo manual o magnéticos dependiendo del tamaño del motor.

La mayoría de los motores que se construyen en la actualidad son capaces de soportar la sobrecorriente que se produce durante el arranque. Pero la protección también nos protege el circuito de control, pese a que hay diferentes dispositivos y algunos de ellos puede que no sean capaces de soportar la sobrecorriente.

Circuito de control



Circuito de fuerza



Arranque del motor eléctrico de inducción trifásica.

MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA	
POTENCIA NOMINAL DEL MOTOR	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y la de plena carga.
De 0,75 Kw a 1,5 Kw De 0,5 HP a 1,1 HP	4,5
De 1,5 Kw a 5 Kw De 1,1 HP a 3,7 HP	3
De 5 Kw a 15 Kw De 3,7 HP a 11,2 HP	2
De más de 15 Kw De más de 11,2 HP	1,5

Fuente: Autor.

MOTOR DE 1 HP.

Figura 61 Motor 1 HP



Fuente: Autor.

Datos:

$$Potencia = 1 \text{ HP}$$

$$Intensidad \text{ Nominal} = 1,34 \text{ A}$$

$$Tensi3n = 380 \text{ V}$$

$$Frecuencia = 60 \text{ Hz}$$

$$RPM = 3550 \text{ (2 polos)}$$

$$f. p. = 0,8$$

1. Calcular la intensidad de arranque I_A

$$I_A = (\text{Const. M3x.}) \times (I_N)$$

$$I_A = 4,5 \times 1,34$$

$$I_A = 6,03 \text{ A}$$

2. Calcular la frecuencia

$$f = (n) \left(\frac{P}{60} \right)$$

$$f = (3550) \left(\frac{1}{60} \right)$$

$$f = \left(\frac{3550}{60} \right)$$

$$f = 59.168 \text{ c/s}$$

3. Calcular la velocidad del motor

$$n = \text{velocidad (60 const.)}$$
$$f = \text{frecuencia (pares de polos)}$$

$$n = (60) \left(\frac{f}{P} \right)$$
$$n = (60) \left(\frac{59,166}{1} \right)$$
$$n = \left(\frac{3550}{1} \right)$$

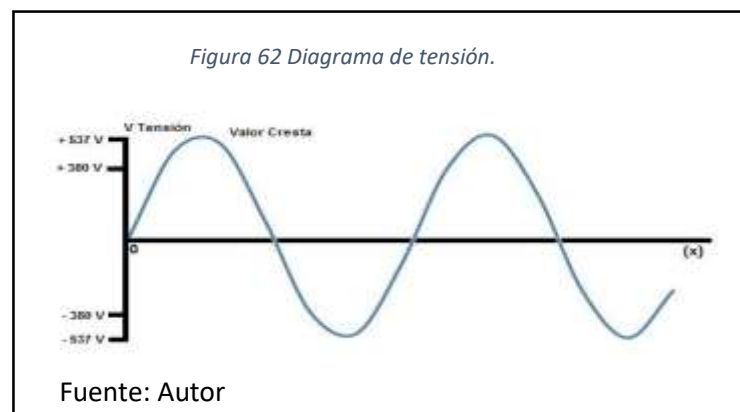
$$\mathbf{n = 3550 RPM}$$

4. Calcular el tiempo

$$T = \left(\frac{1}{f} \right)$$
$$T = \left(\frac{1}{59,166 \text{ c/s}} \right)$$

$$\mathbf{T = 0.016901598 \text{ segundos.}}$$

5. Calcular el valor de cresta de la tensión



$$u = \text{tension de cresta}$$

$U = \text{tension nominal (0,707 const.)}$

$$U = (0,707)(u)$$

$$u = (U)(0,707)$$

$$380 \text{ V}$$

$$u = \frac{\quad}{0,707}$$

$$u = 537 \text{ V}$$

MOTOR DE 4 HP.



Datos:

$$\text{Potencia} = 4 \text{ HP}$$

$$\text{Intensidad Nominal} = 5,6 \text{ A}$$

$$\text{Tensión} = 380 \text{ V}$$

$$\text{Frecuencia} = 60 \text{ Hz}$$

$$\text{RPM} = 1800 \text{ (4 Polos)}$$

$$f. p. = 0,8$$

1. Calcular la intensidad de arranque I_A

$$I_A = (\text{Const. Máx.}) \times (I_N)$$

$$I_A = 3 \times 5,6$$

$$I_A = 16,8 \text{ A}$$

2. Calcular la frecuencia

$$f = (n) \left(\frac{P}{60} \right)$$
$$f = (1800) \left(\frac{1}{60} \right)$$
$$f = \left(\frac{1800}{60} \right)$$

$$f = 30 \text{ c/s}$$

3. Calcular la velocidad del motor

$n = \text{velocidad (60 const.)}$

$f = \text{frecuencia (pares de polos)}$

$$n = (60) \left(\frac{f}{P} \right)$$
$$n = (60) \left(\frac{30}{1} \right)$$
$$n = \left(\frac{1800}{1} \right)$$

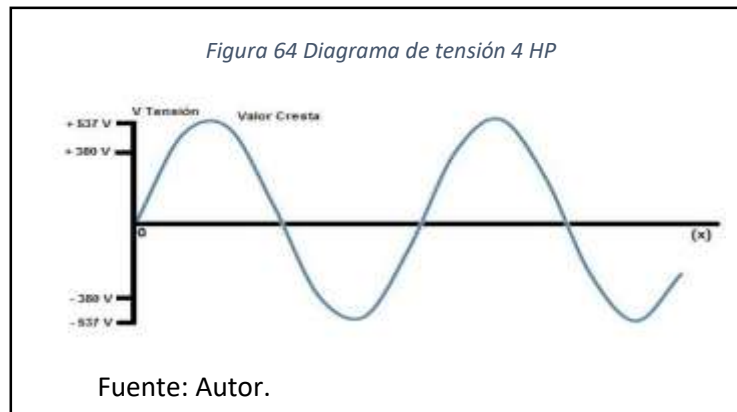
$$n = 1800 \text{ RPM}$$

4. Calcular el tiempo

$$T = \left(\frac{1}{f} \right)$$
$$T = \left(\frac{1}{30 \text{ c/s}} \right)$$

T = 0,0333 segundos.

5. Calcular el valor de cresta de la tensión



u = tensión de cresta

U = tensión nominal (0,707 const.)

$$U = (0,707)(u)$$

$$u = (U)(0,707)$$

$$380 \text{ V}$$

$$u = \frac{\quad}{0,707}$$

$$\mathbf{u = 537 \text{ V}}$$

MOTOR DE 5 HP.

Figura 65 Motor 5 HP.



Fuente: Autor.

Datos:

$$Potencia = 5 \text{ HP}$$

$$Intensidad Nominal = 7.7 \text{ A}$$

$$Tensión = 380 \text{ V}$$

$$Frecuencia = 60 \text{ Hz}$$

$$RPM = 1800 \text{ (4 Polos)}$$

$$f. p. = 0,8$$

1. Calcular la intensidad de arranque I_A

$$I_A = (\text{Const. Máx.}) \times (I_N)$$

$$I_A = 2 \times 7,7$$

$$I_A = 15.4 \text{ A}$$

2. Calcular la frecuencia

$$f = (n) \left(\frac{P}{60} \right)$$

$$f = (1800) \left(\frac{1}{60} \right)$$

$$f = \left(\frac{1800}{60} \right)$$

$$f = 30 \text{ c/s}$$

3. Calcular la velocidad del motor

$n = \text{velocidad (60 const.)}$

$f = \text{frecuencia (pares de polos)}$

$$n = (60) \left(\frac{f}{P} \right)$$
$$n = (60) \left(\frac{30}{1} \right)$$
$$n = \left(\frac{1800}{1} \right)$$

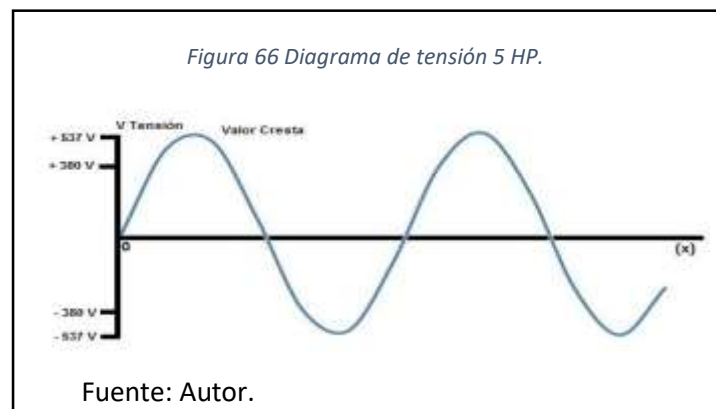
$$\mathbf{n = 1800 RPM}$$

4. Calcular el tiempo

$$T = \left(\frac{1}{f} \right)$$
$$T = \left(\frac{1}{30 \text{ c/s}} \right)$$

$$\mathbf{T = 0.0333 \text{ segundos.}}$$

5. Calcular el valor de cresta de la tensión



$u = \text{tension de cresta}$

$U = \text{tension nominal (0,707 const.)}$

$$U = (0,707)(u)$$

$$u = (U)(0,707)$$

$$u = \frac{380 \text{ V}}{0,707}$$

$$u = 537 \text{ V}$$

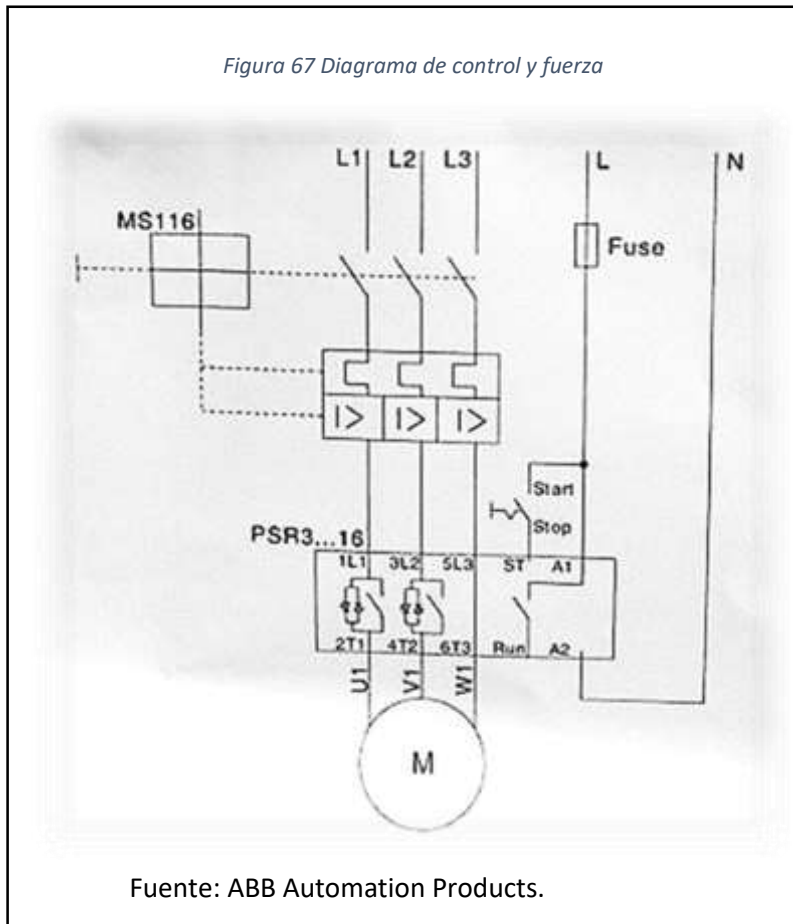
5.2.3. Proceso del circuito electrónico SCR con arranque directo de un motor eléctrico de inducción trifásica.

Arranque electrónico. Este arranque es el de más costo y moderno, permite reducir el pico de corriente de energía eléctrica al momento de arrancar motores de grandes potencias y/o disminuye el par de arranque en maquinaria especializada, esto hace posible una alimentación muy gradual del motor que incrementa durante todo el procedimiento a fin de obtener un arranque lineal, evitando esfuerzos eléctricos.

Se controla por medio de microprocesadores de curva de corriente y voltaje aplicados al motor en su aceleración de velocidad cero o velocidad nominal.

Circuito de control y fuerza.

Figura 67 Diagrama de control y fuerza



5.3. Características del seleccionamiento de los dispositivos electromecánicos y electrónicos.

1. Arrancador electrónico 12 Amp. ABB.PSR12-600-70

Figura 68 Arrancador Electrónico.



Fuente: ABB Automation Products.

ABB desarrolla arrancadores suaves desde comienzos de 1980. La valiosa experiencia acumulada desde entonces se ha incorporado al diseño de la gama de productos actuales.

PSR — La gama compacta

La gama de arrancadores suaves PSR es una solución simple pero fiable de arranque que utiliza la gama más básica de las funciones del arranque suave: arranque suave y parada. Funciona bien en aplicaciones que requieren muchos arranques por hora y es perfecta para instalaciones donde necesite ahorrar espacio.

De entre todas las gamas de arrancadores suaves, la PSR es la más compacta y la que permite diseñar equipos de arranque compactos. Un sistema dotado de guarda motores y el PSR ofrece una solución de arranque mucho más compacta que, por ejemplo, un arrancador en estrella-triángulo.

El bypass integrado reduce la disipación de energía y simplifica la conexión. Además, con sólo tres potenciómetros, la configuración no podría ser más sencilla. Con todo esto, las características de rampa optimizadas aseguran un arranque y un paro muy suaves en todas las aplicaciones.

Principales ventajas.

Solución de arranque pequeña y compacta.

Puede realizar muchos arranques por hora.

Reduzca la pérdida de energía a velocidad máxima gracias al sobrepaso integrado.

Características principales.

Corriente nominal de servicio: de 3 a 105 A.

Tensión de servicio: de 208 a 600 V CA.

Tensión de suministro de control: 24 V CA/CC o 100 – 240 V CA.

Información General

Tabla 11 Especificaciones Técnicas Arrancador Electrónico.

Tensión de Alimentación Mín.	208VAC
Tensión de Alimentación Máx.	600VAC
No. de Fases	-
Potencia Nominal	5.5kW
Corriente Nominal	12A
Frecuencia Nominal	50/60Hz
Tiempo de rango	1...10 segundos
Tensión inicial durante el arranque	40...70%
Paso abajo voltaje rampa especial	100...60%
Función de límite de corriente	No
Relé de la señal de marcha	Si
Relé de la señal de by-pass	No
Relé de señal de fallo	No
Relé de señal de sobrecarga	No
Rango de Producto	-
Profundidad Externa	114 mm
Peso neto	0.4 kg.
Temperatura de Trabajo Máx.	60 °C
Anchura Externa	45 mm
Potencia de Salida	7.5 hp
Longitud / Altura Externa	140 mm
Temperatura de Trabajo Mín.	-25 °C
Tensión AC de Control Min.	100 V
Tensión AC de Control Max.	240 V

Fuente: ABB Automation Products.

Selección del arrancador electrónico.

La selección del arrancador electrónico fue elegida por la tabla que se muestra a continuación, teniendo en cuenta que las potencias de los motores eléctricos de inducción trifásica que se utilizarían en el banco de pruebas es hasta una potencia de 5 HP, teniendo también en cuenta que son considerados de gama compacta la cual encontramos un arrancador electrónico ABB 12 Amp. PSR12-600-70 que tiene una potencia máxima de 5.5 Kw.

Tabla 12 PSR Manual de Motor Tipo I

Coordination table: PSR Softstarter with Manuel Motor Starter 400 V, 16 kA, IEC/EN 60947-4-2, AC-53-a, Type 1 Starter and MMS in line Normal Start							
Motor		Softstarter	Manuel Motor Starter		Contactor type		Max. ambient temperature
Rated Output	Max. current	Type	Type	Current setting	Line	By-pass	
(kW)	(A)			(A)			(°C)
0.25	1	PSR3-600-70	MS116-1	0.63 - 1	A9	Integrated	40
0.37	1.6	PSR3-600-70	MS116-1.6	1 - 1.6	A9	Integrated	40
0.55	1.6	PSR3-600-70	MS116-1.6	1 - 1.6	A9	Integrated	40
0.75	2.5	PSR3-600-70	MS116-2.5	1.6 - 2.5	A9	Integrated	40
1.1	3.9	PSR3-600-70	MS116-4	2.5 - 5	A9	Integrated	40
1.5	3.9	PSR3-600-70	MS116-4	2.5 - 4	A9	Integrated	40
2.2	6.3	PSR6-600-70	MS116-6.3	4 - 6.3	A9	Integrated	40
3	6.8	PSR6-600-70	MS116-10	6.3 - 10	A9	Integrated	40
4	9	PSR9-600-70	MS116-10	6.3 - 10	A9	Integrated	40
5.5	12	PSR12-600-70	MS116-12	8 - 12	A12	Integrated	40
7.5	16	PSR16-600-70	MS116-16	10 - 16	A16	Integrated	40
11	25	PSR25-600-70	MS325-25	20 - 25	A26	Integrated	40
15	30	PSR30-600-70	MS450-32	22 - 32	A30	Integrated	40
18.5	37	PSR37-600-70	MS450-37	28 - 40	A40	Integrated	40
22	45	PSR45-600-70	MS450-45	36 - 45	A50	Integrated	40

Fuente: ABB Automation Products.

2. Relé térmico marca CHINT NR2

Figura 69 Relé CHINT NR2-25



Fuente: www.hansaindustria.com.bo

La familia NR2 son equipos destinados a la protección de los motores a distancia contra sobrecargas térmicas, esta debe ser regulada a la corriente nominal del Motor.

Información General.

- Características de utilización: 50/60Hz, hasta 690V
- Rango de Corriente regulable a 690V/AC3: 0.1 a 500A
- Clase de disparo: 10 A
- Rango de temperatura ambiente: -5 °C ~ +40 °C.
- Los relés térmicos de la serie NR2 son aplicables a la protección a distancia de motores contra sobrecargas térmicas.
- Ensamblables con contactores NC1, NC2 y NC6 para obtener un guarda motor.
- Características generales:
 - 3 fases bimetálicas
 - Rango Continuo ajustable de Corriente
 - Compensación de la temperatura ambiente
 - Indicador de disparo
 - Botones de prueba y de desconexión
 - Botón para ajuste manual- automático
 - Contactos 1NA+1NC separados eléctricamente

Características Técnicas y Selección del Relé Térmico CHINT NR2-25

Tabla 13 Modelos de Relé Térmico CHINT

Modelo	NR2-11,5	NR2-25	NR2-36
Corriente térmica Ith AC1 (A)	13	25	36
Protección por fallo de fase	SI	SI	SI
Reset automático y manual	SI	SI	SI
Compensación de temperatura	SI	SI	SI
Botones de prueba y desconexión	SI	SI	SI
Montaje	enchufable	SI	SI
	independiente	SI	SI
Número de contactos	1NA+1NC	1NA+1NC	1NA+1NC
Contactos	AC15-220V	2,73	2,73
Auxiliares	AC15-380V	1,58	1,58
Corriente [A]	DC13-220V	0,2	0,2
Rango ajustable de corriente	0,1 0,2 0,3 0,4 0,6 1 1,6 2	1,6 3 4 6 7 9 12 17	3 28
	↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	↓ ↓
	0,16 0,3 0,4 0,6 1 2 2	2,5 4 6 8 10 13 18 25	2 36

Fuente: www.hansaindustria.com.bo

3. Contactor Marca CHINT NC1

Figura 70 Contactor CHINT NC1-12



Fuente: www.hansaindustria.com.bo

Los Contactores de la serie NC1 son dispositivos con capacidad de cortar elevadas intensidades de corriente eléctrica de un motor o carga, con la posibilidad de ser accionado a distancia. Capaces de conectar

motores hasta 95A. Las dimensiones y su diseño fueron mejorados para tener un producto final superior.

Información General.

- Certificaciones: CE, KEMA, VDE, EK, UKrSEPRO, GOST, RCC, UL
- Rango eléctrico: AC50/60Hz, hasta 690V, hasta 95ª
- Aplicación: son aplicables para apertura y cierre de circuitos remotamente, protección de circuitos de sobrecarga, ensamblado con su propio relé térmico de sobre carga
- Categoría de utilización: AC-3, AC-4
- Rango de temperaturas ambiente: -5 °C ~ +40 °C
- Categoría de montaje: III
- Normas: IEC/EN 60947-4-1

Características Técnicas.


Tabla 14 Modelo de Contactores CHINT

Modelo		NC1-09	NC1-12	NC1-18	NC1-25	NC1-32	NC1-40	NC1-50	NC1-65	NC1-80	NC1-95	
Corriente termica Ith AC1 (A)		20	20	32	40	50	60	60	80	95	95	
Corriente nominal (A)	380/400V	AC-3	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
		AC-4	3,5	5	7,7	8,5	12	18,5	24	28	37	44
	660/690V	AC-3	6,6	8,9	12	18	21	34	39	42	49	49
		AC-4	1,5	2	3,0	4,4	7,5	9	12	14	17,3	21,3
Tension de aislamiento (V)		690										
Contactos auxiliares	3P	1NA	1NA	1NA	1NA	1NA	1NA+1NC	1NA+1NC	1NA+1NC	1NA+1NC	1NA+1NC	
Potencia de motores trifasicos de jaula (AC3)	kw	220/230V	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
		380/400V	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
		660/690V	5,5	7,5	10	15	18,5	30	37	45	45	45
	hp	220V	3	5	7,5	7,5	10	15	15	20	25	30
		240V	3	5	7,5	10	15	20	20	25	30	30
		400V	5	7,5	10	15	20	25	30	40	40	50
	600V	5	7,5	10	15	20	25	30	40	40	50	
Frecuencia de trabajo (operaciones/hora) AC3	eléctrica	AC-3	1200	1200	1200	1200	600	600	600	600	600	600
		AC-4	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	mecánica		3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
Vida eléctrica (x10 ⁶ maniobras) AC3	AC-3	1000	1000	1000	1000	800	600	600	600	600	600	
	AC-4	200	200	200	200	200	150	150	150	100	10	
Vida mecánica (x10 ⁶ maniobras) AC3		10	10	10	10	8	8	8	8	6	6	
Fusible recomendado		RT16-2	RT16-20	RT16-32	RT16-40	RT16-50	RT16-63	RT16-80	RT16-90	RT16-100	RT16-125	

Fuente: www.hansaindustria.com.bo

4. Interruptores Termo magnético Marca CHINT eB / 3P

Tabla 15 Modelo Termo magnético CHINT

Modelo	eB / 1P	eB / 2P	eB / 3P
			
Corriente nominal (A)	1,3,6,10,16,20,25,32,40,50,63		
Tensión nominal (V)	400	400	400
Número de polos	1P	2P	3P
Curvas de disparo	C	C	C
Poder nominal de corto circuito (A)	4500	4500	4500
Vida útil (ciclos)	Vida eléctrica	4000	4000
	Vida mecánica	10000	10000

Fuente: www.hansaindustria.com.bo

5. Interruptores Termo magnético unipolar Marca CHINT eB / 1P

Tabla 16 Modelos Interruptores Termo magnético CHINT

Modelo	eB / 1P	eB / 2P	eB / 3P
			
Corriente nominal (A)	1,3,6,10,16,20,25,32,40,50,63		
Tensión nominal (V)	400	400	400
Número de polos	1P	2P	3P
Curvas de disparo	C	C	C
Poder nominal de corto circuito (A)	4500	4500	4500
Vida útil (ciclos)	Vida eléctrica	4000	4000
	Vida mecánica	10000	10000

Fuente: www.hansaindustria.com.bo

6. Pulsadores Auxiliares metálicos Marca CHINT

Tabla 17 Modelo pulsadores auxiliares CHINT

Pulsadores metálicos NP2-BA

Código	Color	Diámetro	Contactos
NP2-BA31	VERDE	22mm	1 NA
NP2-BA42	ROJO	22mm	2 NA



Fuente: www.hansaindustria.com.bo

7. Lámparas de señalización Marca CHINT

Tabla 18 Modelo lámparas de señalización CHINT

Pilotos metálicos NP2-BV

Código	Color	Diámetro	Voltaje
NP2-BV63	VERDE	22mm	110/220
NP2-BV63024	VERDE	22mm	24
NP2-BV64	ROJO	22mm	110/220
NP2-BV64024	ROJO	22mm	24
NP2-BV65	AMARILLO	22mm	110/220
NP2-BV65024	AMARILLO	22mm	24



Fuente: www.hansaindustria.com.bo

8. Analizador de la energía y la calidad eléctrica de 435 Serie II Fluke.

Figura 71 Analizador de energía.



Fuente: Fluke Corporation.

Aplicaciones.

- **Captura de datos PowerWave** – capture datos RMS reales para ver todas las formas de onda de modo que pueda determinar cómo interaccionan tensión, corriente y frecuencia.
- **Eficiencia de Inversor de Potencia** – eficiencia de los inversores de potencia.
- **Cuantificación monetaria de la energía** – calcule el coste fiscal de la energía desperdiciada por una pobre calidad eléctrica.
- **Análisis de la energía**– mida el antes y el después para cuantificar las mejoras de la instalación en el consumo de energía, justificando el uso de los dispositivos de ahorro energético.
- **Detección y resolución de problemas en primer nivel de actuación** – diagnostique rápidamente los problemas en pantalla, de forma que pueda volver a poner los equipos en marcha.
- **Mantenimiento predictivo** – detecte y prevenga los problemas de calidad eléctrica antes de que produzcan tiempos de inactividad de la producción.
- **Análisis a largo plazo** – descubra problemas difíciles de detectar o intermitentes.
- **Estudios de carga** – compruebe la capacidad de los sistemas eléctricos antes de añadir la carga.

Especificaciones Técnicas.

Tabla 19 Especificaciones técnicas - Voltaje

	Modelo	Rango de medición	Resolución	Exactitud
Voltios				
Vrms (ca+cc)	435-II	1 V a 1000 V fase a neutro	0,01 V	± 0,1% del voltaje nominal****
Vpico		1 Vpico a 1400 Vpico	1 V	5% del voltaje nominal
Factor de cresta (CF) de voltaje		1,0 > 2,8	0,01	± 5%
Vrms/s	435-II		0,1 V	± 0,2% del voltaje nominal
Vfund	435-II		0,1 V	± 0,1% del voltaje nominal

Fuente: Fluke Corporation.

Tabla 20 Especificaciones técnicas - Amperios

Amperios (precisión sin incluir precisión de pinza)				
Amperios (CA+CC)	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 1x	5 A a 2000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 10x	0,5 A a 200 A (CA sólo)	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
Apico	i430-Flex	8400 Apico	1 Arm s	± 5%
	1mV/A	5500 Apico	1 Arm s	± 5%
Factor de cresta (CF) de amperios		1 a 10	0.01	± 5%
Amps½	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 1% ± 10 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 1% ± 10 cuentas
	1mV/A 1x	5 A a 2000 A	1A	± 1% ± 10 cuentas
	1mV/A 10x	0,5 A a 200 A (CA sólo)	0,1 A	± 1% ± 10 cuentas
Afund	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 1x	5 A a 2000 A	1A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1mV/A 10x	0,5 A a 200 A (CA sólo)	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
Hz				
Hz	Fluke 435 a 50 Hz nominal	42,500 Hz a 57,500 Hz	0,001 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 435 a 60 Hz nominal	51,000 Hz a 69,000 Hz	0,001 Hz	± 0,01 Hz

Fuente: Fluke Corporation.

Tabla 21 Especificaciones técnicas - Alimentación.

Alimentación				
Vatios (VA, var)	i430-Flex	máx. 6000 MW	0,1 W a 1 MW	± 1% ± 10 cuentas
	1 mV/A	máx. 2000 MW	0,1 W a 1 MW	± 1% ± 10 cuentas
Factor de potencia (Cos ϕ /DPF)		0 a 1	0.001	± 0,1% con condiciones de carga nominal
Energía				
kWh (kVAh, kvarh)	i430-Flex 10x	Según escala de la pinza de corriente y V nominal		± 1% ± 10 cuentas
Pérdidas de energía	i430-Flex 10x	Según escala de la pinza de corriente y V nominal		Exactitud de ± 1% ± 10 cuentas sin resistencia de línea

Fuente: Fluke Corporation

Tabla 22 Especificaciones técnicas - Armónicos.

Armónicos				
Orden de armónicos (n)		CC, agrupamiento de 1 a 50: Grupos de armónicos de acuerdo con la norma IEC 61000-4-7		
Orden de interarmónicos (n)		Desactivado, agrupamiento de 1 a 50: Subgrupos de armónicos e interarmónicos de acuerdo con la norma IEC 61000-4-7		
Voltios	%f	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 0,1\% \pm n \times 0,1\%$
	%r	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 0,1\% \pm n \times 0,4\%$
	Absoluto	0,0 a 1000 V	0,1 V	$\pm 5\% \pm$
	THD (Dispersión armónica total)	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 2,5\%$
Amperios	%f	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 0,1\% \pm n \times 0,1\%$
	%r	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 0,1\% \pm n \times 0,4\%$
	Absoluto	0,0 a 600 A	0,1 A	$\pm 5\% \pm 5$ cuentas
	THD (Dispersión armónica total)	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 2,5\%$
Vatios	%f o %r	0,0% a 100%	0.10%	$\pm n \times 2\%$
	Absoluto	Según escala de la pinza de corriente y V nominal	—	$\pm 5\% \pm n \times 2\% \pm 10$ cuentas
	THD (Dispersión armónica total)	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 5\%$
Ángulo de fase		-360° a $+0^\circ$	1°	$\pm n \times 1^\circ$
Flicker				
Plt, Pst, Pst(1min) Pinst		0,00 a 20,00	0.01	$\pm 5\%$
Desequilibrios				
Voltios	%	0,0% a 20,0%	0.10%	$\pm 0,1\%$
Amperios	%	0,0% a 20,0%	0.10%	$\pm 1\%$
Señalización de la red				
Niveles de umbral		Los umbrales, límites y duración de la señalización son programables para dos frecuencias de señalización	—	—
Frecuencia de señalización		60 Hz a 3000 Hz	0,1 Hz	
V% relativo		0% a 100%	0.10%	$\pm 0,4\%$
V3s absoluto (promedio de 3 segundos)		0,0 V a 1000 V	0,1 V	$\pm 5\%$ del voltaje nominal

Fuente: Fluke Corporation

5.4. Equipos, materiales y herramientas.

Tabla 23 Equipos, materiales y herramientas.

ITEM	DESCRPCIÓN
------	------------

MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> - Madera dieléctrica 40 x 50. - Cable N° 12 (circuito de fuerza). - Cable N° 16 (circuito de control). 2 - Interruptores termo magnética trifásicos. - 2 interruptores termo magnética unipolares. - Contactor trifásico. - Relé térmico. - Pulsador de arranque color verde. - Pulsador de parada color rojo. - Lámpara de señalización de arranque color verde. - Lámpara de señalización de falla color rojo. - Canaleta ranurada. - Riel DIN. - Arrancador electrónico de 12 Amp. ABB - PSR12-600-70. - Interruptor 0-1 de parada y arranque. - Cajas de Pulsadores.
HERRAMIENTAS	<ul style="list-style-type: none"> - Alicates. - Destornillador. - Cuchilla dieléctrica. - Cinta aislante. - Perillero.
EQUIPOS	<ul style="list-style-type: none"> - Pinza Amperimétrica. - Voltímetro. - Analizador de energía.

Fuente: Autor.

5.5. Normatividad.

Tabla 24 Normas.

NORMA	TITULO
IEC 947-4	Norma de contactor eléctrico.
DIN 19227 Parte 1	Código de identificación de instrumentos y controles.
DIN 19227 Parte 2	Símbolos y gráficos.
IEC/EN 60947-5-1	Unidades de mando y señalización
IEC 947 – 4 - 1	Clases de disparo.

Fuente: Autor.

5.6. Costos.

Tabla 25 Materiales

MATERIALES			
DETALLE	CANTIDAD	VALOR S/.	TOTAL S/.
Papel Bond (millar)	1	S/. 10.00	S/. 10.00
Libreta de apuntes	1	S/. 2.50	S/. 5.00
Lapiceros	2	S/. 1.50	S/. 3.00
Cartuchos de impresora	2	S/. 30.00	S/. 60.00
Laptop	1	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00
Impresora	1	S/. 350.00	S/. 350.00
Contactador Marca CHINT NC1 – 1210/230 Volt.	1	S/. 50.00	S/. 50.00
Relé térmico marca CHINT NR2 – 25G080 / 5.5 – 8 Amp.	1	S/. 40.00	S/. 40.00
Lámparas de señalización Marca CHINT color verde - ND1622CS/2 (G) – 230 Volt.	4	S/. 10.00	S/. 40.00
Lámparas de señalización Marca CHINT color rojo - ND16-22CS/2 (R) – 230 Volt.	4	S/. 10.00	S/. 40.00
Pulsadores metálicos Marca CHINT color verde - NP2-BA31 – 1 NA – 230 Volt.	4	S/. 10.00	S/. 40.00

Pulsadores metálicos Marca CHINT color rojo - NP2-BA42 – 1 NC – 230 Volt.	4	S/. 10.00	S/. 40.00
Interruptores Termo magnético Marca CHINT eB / 3P / 16 Amp.	2	S/. 50.00	S/. 100.00
Interruptores Termo magnético unipolar Marca CHINT eB / 1P / 10 Amp.	2	S/. 25.00	S/. 50.00
Perfil de Fijación DIN (Metro)	1	S/. 10.00	S/. 10.00
Juego de destornilladores STANLEY	1	S/.80.00	S/.80.00
Juego de alicates STANLEY	1	S/. 170.00	S/.170.00
Cable GPT N° 16 AWG Maca INDECO (Rollo)	1	S/. 90.00	S/. 90.00
Cable THW N° 12 AWG Marca INDECO (Rollo)	1	S/. 180.00	S/. 180.00
Cinta aislante 3M - 1700	1	S/. 10.00	S/. 10.00
Arrancador de Electrónico Marca ABB PSR12-600-70 12 Amp.	1	S/. 900.00	S/. 900.00
		Sub Total	S/. 3,728.00

Fuente: Autor.

Tabla 26 Otros Varios

OTROS VARIOS			
Detalle	Cantidad	Valor S/.	Total S/.
Transporte	2	S/. 20.00	S/. 40.00
Alquiler de motores eléctricos	3	S/. 100.00	S/. 300.00
Alquiler instrumento de medición	1	S/. 300.00	S/.300.00
		Sub Total	S/. 640.00

Fuente: Autor.

Tabla 27 Costo Total

COSTO TOTAL	
Materiales	S/. 3,728.00
Otros varios	S/. 640.00
TOTAL	S/.4,368.00

Fuente: Autor.

5.7. Financiamiento.

El trabajo de investigación tendrá como estudio la construcción del banco de pruebas para el desarrollo del análisis de corrientes respectivo con los circuitos mencionados, por tal motivo que será financiado por el autor.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

1. La selección de los dispositivos electromecánicos y electrónicos del banco de pruebas para el análisis respectivo de comparación de las corrientes de arranque de los 3 motores eléctricos trifásicos se realizó satisfactoriamente utilizando los materiales necesarios para la obtención de los resultados de Intensidad de arranque – Tiempo siendo fundamental en el trabajo de investigación.
2. Los resultados de la corriente de arranque de los motores eléctricos trifásicos en arranque directo y sin carga en el circuito de relés y circuito electrónico se obtuvieron con el uso de un analizador de redes obteniendo como resultados finales en el motor de 1 HP (9 y 3 amperios), en el motor de 4 HP (10 y 5 amperios) y en el motor de 5 HP (21,5 y 13 amperios) respectivamente en cada circuito ya mencionados.
3. Los circuitos tanto como el circuito convencional y circuito electrónico nos brindó la comparación que el arrancador suave en los motores de inducción trifásicos reduce la corriente en el momento de arranque con respecto al uso de un circuito convencional en un tiempo y rampas en la cual no esfuerza al motor a arranques bruscos, teniendo en cuenta que el tiempo está relacionado con el tipo de carga que en este caso fue en vacío y arranque directo.
4. El análisis comparativo económico de las corrientes de arranque en cuanto a su consumo con ambos circuitos se obtuvieron corrientes entre 3 y 21,5 amperios en la cual se consideró corrientes bajas para un análisis económico respectivo, por otro lado las pruebas realizadas fueron en vacío, por lo tanto tendríamos que tener en cuenta que este

análisis económico se realiza en motores de alta potencia y con trabajo permanente en donde tienen arranques y paradas los motores eléctricos durante el uso industrial.

5. Los motores eléctricos en conclusión con el uso de arrancador electrónico tendría un tiempo de vida útil mayor por el simple hecho de que los arranques son en rampas que se controla con el arrancador de estado sólido, teniendo en cuenta que no tendría un arranque brusco al momento de inicio de su trabajo como lo tiene con un circuito de relés.

6.2. Recomendaciones.

1. Se recomienda consultar documentos relacionados al uso de arrancadores electrónicos para un funcionamiento y utilización en la industria ya que facilita la vida útil de los motores eléctricos siendo también motivos fundamentales en el ámbito técnico, ambiental, económico y social.
2. En caso de requerir mayor precisión en el control de motores eléctricos trifásicos se recomienda el uso de arrancadores electrónicos para su un control en cuanto al tiempo de arranque y obtener corrientes de arranque menores.
3. El arrancador electrónico se debe mantener en una zona que cuente con una ventilación apropiada de tal manera que los SCRs no se sobrecaliente debido a la potencia de los motores eléctricos trifásicos, esto en cuanto al uso en el campo industrial en la cual los motores son de potencias más altas, también una protección térmica para el encendido de los circuitos de control y fuerza ya sea en cualquier circuito a utilizar.

REFERENCIAS

Mergarejo, J. A. (30 de Junio de 2012). *Electronica de control y potencia*. Obtenido de SCR Y TRIAC: <http://electronicapractica2012.blogspot.pe/2012/06/scr-y-triac.html>

MONTERO, M. J. (SEPTIEMBRE 2013). "*MANUAL DE CONTROL PARA MOTORES*". XALAPA, VER.

El ABC del control electrónico de las máquinas eléctricas. México: Limusa, 2003. 401 p. (ISBN 968-18-6154-X).

MILLER, Rex; MILLER, Mark R. *Industrial Electricity and Motors Control*. United States of America: McGraw-Hill, 2008. 448 p. (ISBN 978-0-07-154476-4)



R. G., Seipel. *Fundamentos de Electricidad: Principios de Electricidad, Electrónica, Control y Ordenadores*. España: Reverté S.A., 1977. 418 p. (ISBN 84-291-3072-1).

SIEMENS. *Electrical Training Courses – Power Distribution, Motors and Control: Basic of AC Motors*. [online]. [cited 25 february 2010]. Available from internet: <http://www3.sea.siemens.com/step/flash/acmotors/index.htm>.

Electrical Training Courses – Power Distribution, Motors and Control: Basic of DC Motors. [online]. [cited 25 february 2010]. Available from internet: <http://www3.sea.siemens.com/step/templates/lesson.mason?dcd:1:1:1>.

ANEXOS

ANEXO N° 01: Entrevista

  **UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**

"FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO"
**"ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA"**

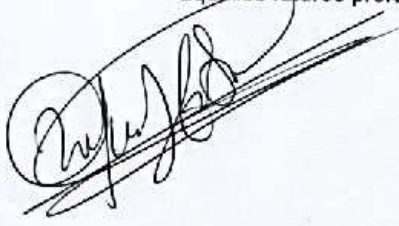

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
**"Análisis comparativo de las corrientes de arranque de motor trifásico
hasta una potencia de 5 HP con circuito de relés (contactor) y circuito
electrónico (SCR) en la Universidad Señor de Sipán"**


Entrevistado.

Nombre :
Especialidad :
Institución :
Área :
Tiempo de Servicio :
Cargo :

Cuestionario.

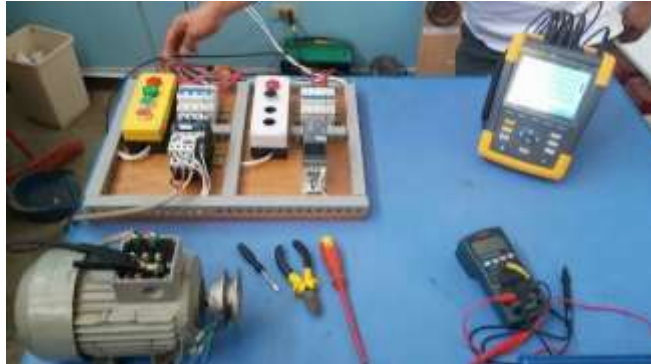
1. Para alguien que sabe poco o más sobre los arrancadores de estado sólido en el arranque de motores eléctricos. ¿qué es lo básico que puede decirnos con respecto a ello?
2. ¿Cuál es el fin de los arrancadores de estado sólido?
3. ¿Qué países están en estos momentos mejor equipados con respecto al uso de los arrancadores de estado sólido en la industria?
4. ¿Es costoso para una empresa industrial cambiar el uso convencional de circuitos de relés al uso de arrancadores de estado sólido en sus motores eléctricos?
5. ¿Cuáles son los beneficios físicos para los motores eléctricos y cuales son para el medio ambiente al utilizar los arrancadores de estado sólido?
6. ¿Considera a los arrancadores de estado sólido como una alternativa "a desarrollar" en la industria de nuestro país?
7. ¿Cuáles son los pro y los contra de dichos cambios?
8. Para terminar la entrevista que recomendación nos puede brindar a todos aquellos futuros profesionales con respecto al tema.



AYAYACHEA
MANUEL AULS


ING. HECTOR OLIDEN

ANEXO N° 02: Desarrollo para obtención de datos.

Figura 72 Prueba de Motor 1 HP - Circuito Convencional



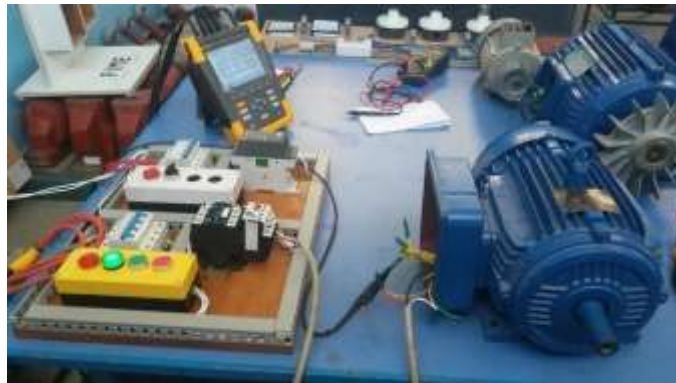
Fuente: Autor.

Figura 73 Prueba de Motor 1 HP - Circuito Electrónico.



Fuente: Autor.

Figura 74 Prueba de Motor 4 HP - Circuito Convencional.



Fuente: Autor.

Figura 75 Prueba de Motor 4 HP - Circuito Electrónico



Fuente: Autor.

Figura 76 Prueba de Motor 5 HP - Circuito Convencional.



Fuente: Autor.

Figura 77 Prueba de Motor 5 HP - Circuito Electrónico.



Fuente: Autor.

Figura 78 Analizador de energía FLUKE SERIE II



Fuente: Autor.

Figura 79 Banco de pruebas.



Fuente: Autor.

Figura 80 Prueba General frontal

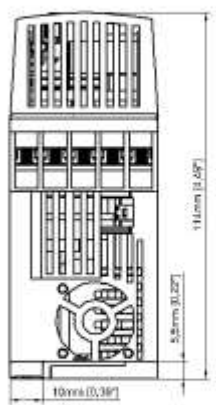


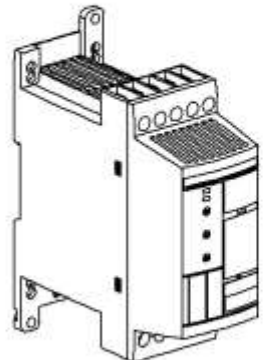
Fuente: Autor.

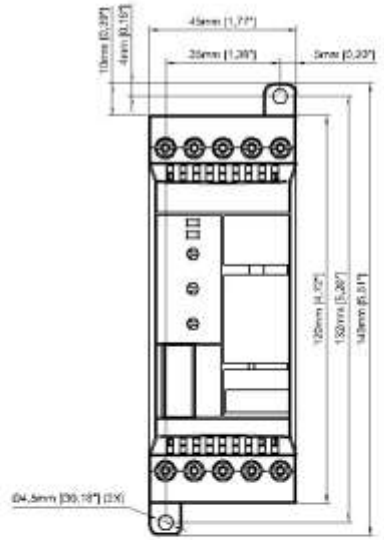
ANEXO N° 03: Dibujo Técnico ABB-PSR12-600-70.



Softstarter

Rev ind	Revision	Appd	Year	Week
1	add inch in dimensions	JW	2006	24
2	add "PSR3 - PSR16" in title	JW	2006	24

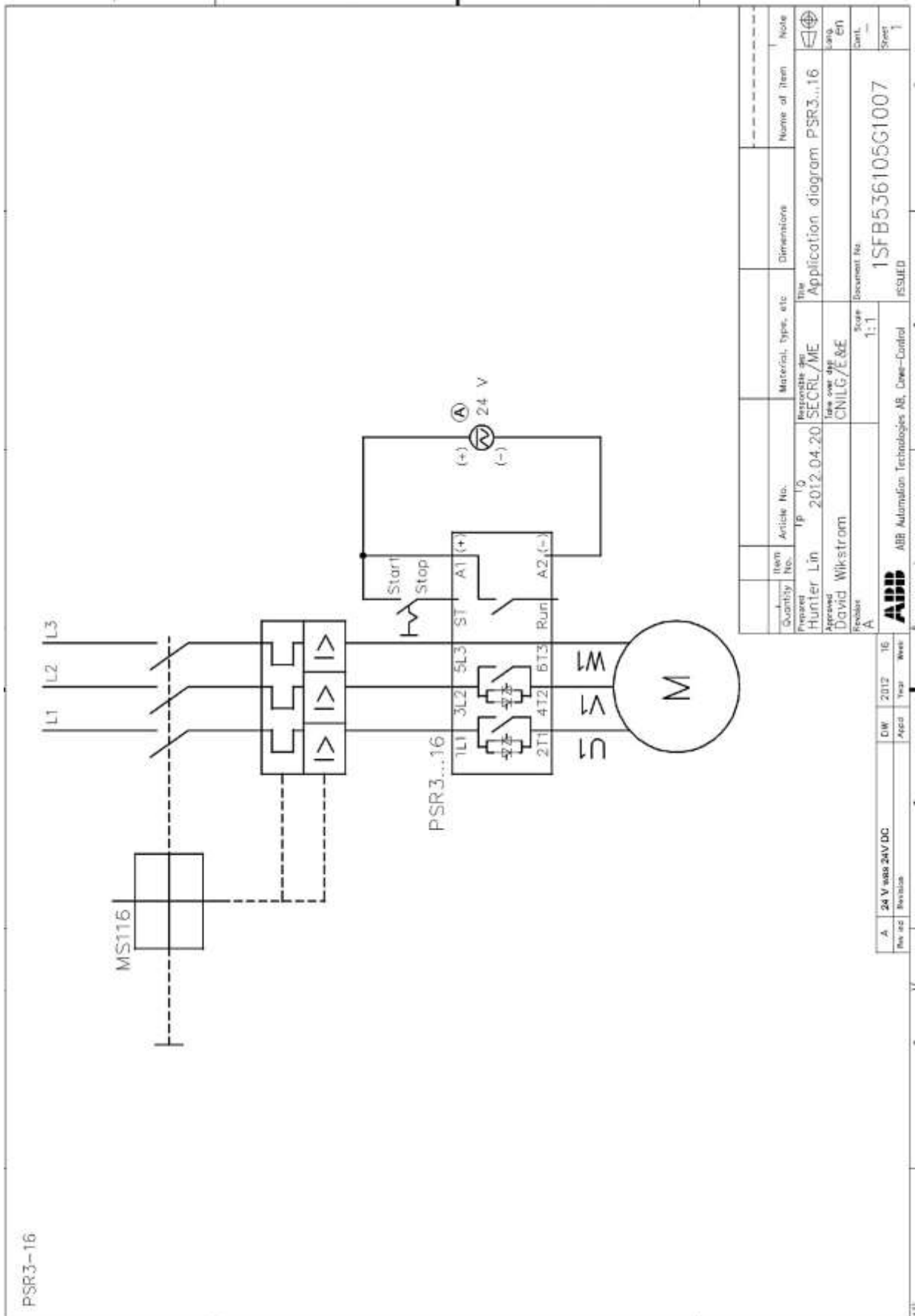






Quantity	Item No.	Article No.	Material, type, etc	Dimensions	Name of item	Note
Prepared		P	Responsible dep	Title:		
Northlake			SECRL/MM	Dimension Drawing, PSR3 - PSR16		
Approved			Take over dep			Lang:
Wahrenberg		20060518				EN
Revision:				Scale:	Document No.:	Cont.:
2				1:2	1SFB536147G1201	-
 ABB Automation Technologies AB, Cewe-Control					ISSUED	Sheet:
						1

ANEXO N° 04: Diagrama de Circuito ABB-PSR12-600-70.



PSR3-16

Quantity	Item No.	Article No.	Material, type, etc.	Dimensions	Name of Item	Note
	Hunter Lin	IP 10	SECRL/ME		Application diagram PSR3...16	
	Approved	2012.04.20	Take over app			Lang EN
	David Wikstrom		CNLLG/E&E			Unit...
	Revisión					Sheet 1
	A			Scale 1:1	Document No. 1SFB536105G1007	
					ABB Automation Technologies AB, Crew-Control	
					ISSUED	

Rev. no.	24 V aux 24V DC	Appd	Year	Week
A		DW	2012	16

ANEXO N° 05: Certificado del Arrancador electrónico ABB-PSR12-600-70.



CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO

Certificado No. :201601C10630

Página 1 de 4

La Asociación de Normalización y Certificación, A.C., en su carácter de organismo de certificación de producto acreditado y aprobado en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), de conformidad con los artículos 1, 2, 3 fracciones III, IV-A, XII, XV-A, 38 fracción VI, 52, 53, 68, 70, 70-C, 73, 74, 79, 80, y demás relativos y aplicables de la misma Ley, así como de su respectivo reglamento, con número de Acreditación 01/10 vigente a partir del 09/03/2010, en atención a la solicitud con número de referencia 2015DOM03309, de acuerdo al procedimiento de certificación PROPACER-142 de ANCE, y con base en el (los) informe(s) de prueba(s) Núm.(s): AN441216, AN441416, otorga el presente certificado de conformidad de producto, a:

ABB MÉXICO, S.A. DE C.V.

Nombre genérico : **ARRANCADOR**

Tipo(s): **SUAVE**

Subtipo(s): **NINGUNO**

Marca(s): **ABB**

Categoría: **NUEVO**

Modalidad: **ESQUEMA DE CERTIFICACIÓN CON SEGUIMIENTO DEL PRODUCTO EN FÁBRICA O BODEGA**

Fabricado y/o importado y/o comercializado por: **ABB MÉXICO, S.A. DE C.V.**

Domicilio fiscal: **AV. CENTRAL No. 310 INT. S/N COL. PARQUE LOGISTICO MUN. SAN LUIS POTOSI C.P. 78395
SAN LUIS POTOSI**

Bodega : **AV. CIRCUNVALACION No. 10 COL. BARRIO DE TEXCACOA DEL. TEPOZOTLAN MEXICO C.P.
54616 EDO. DE MÉXICO**

País(es) de origen: **SUECIA**

Modelo(s): **PSR, PSS, PST, PSTB, PSE, PSRC, PSTX**

**Seguido o no de: 3, 6, 9, 12, 16, 18, 25, 30, 37, 44, 45, 50, 60, 72, 85, 105, 18/30, 30/52,
37/64, 44/76, 50/85, 60/105, 72/124, 85/147, 105/181, 142/245, 175/300, 250/430,
300/515, 142, 170, 175, 210, 250, 300, 370, 470, 570, 720, 840, 1050, 1250.**

Seguido o no de: -

Seguido o no de: 500, 600, 690

Seguido o no de: -

Seguido o no de: F, L, C, FC, LC

Seguido o no de: -

Seguido o no de: 70, 81, 70

Seguido o no de: T


Seguido o no de: 1SFA

Seguido o no de: 89

**Seguido o no de: 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011,
2013, 2014,3001, 3002, 3003, 3004, 3005, 3006, 3007, 3008, 3009, 3010, 3011, 3013,
3014,4002, 4003, 4004, 4005, 4006, 4007, 4008, 4009, 4010, 4011, 4012, 4013, 4014,
4015, 4016, 4017, 4018,4019, 4020,5002, 5003, 5004, 5005, 5006, 5007, 5008, 5009,
5010, 5011, 5012, 5013, 5014, 5015, 5016, 5017, 5018,5019, 5020, 6103, 6104, 6105,
6106, 6107, 6108, 6109, 6110, 6111, 6112, 6113, 6114,6115, 6203, 6204, 6205, 6206,
6207, 6208, 6209, 6210, 6211, 6212, 6213, 6214, 6215, 7101, 7102, 7103, 7104, 7105,
7106, 7107, 7108, 7109, 7110, 7111, 7112, 7113, 7114, 7115, 8103, 8104, 8105, 8106,
8107, 8108, 8109, 8110, 8111, 8112, 8113, 8114, 8115, 8116, 8117, 8118, 8119, 8120,
8121, 8203, 8204, 8205, 8206, 8207, 8208, 8209, 8210, 8211, 8212, 8213, 8214, 8215,
8216, 8217, 8218, 8219, 8220, 8221**

FORCER-PP142.01.00


ANEXO N° 05: Certificado del Arrancador electrónico ABB-PSR12-600-70.



**CERTIFICADO
DE CONFORMIDAD
DE PRODUCTO**

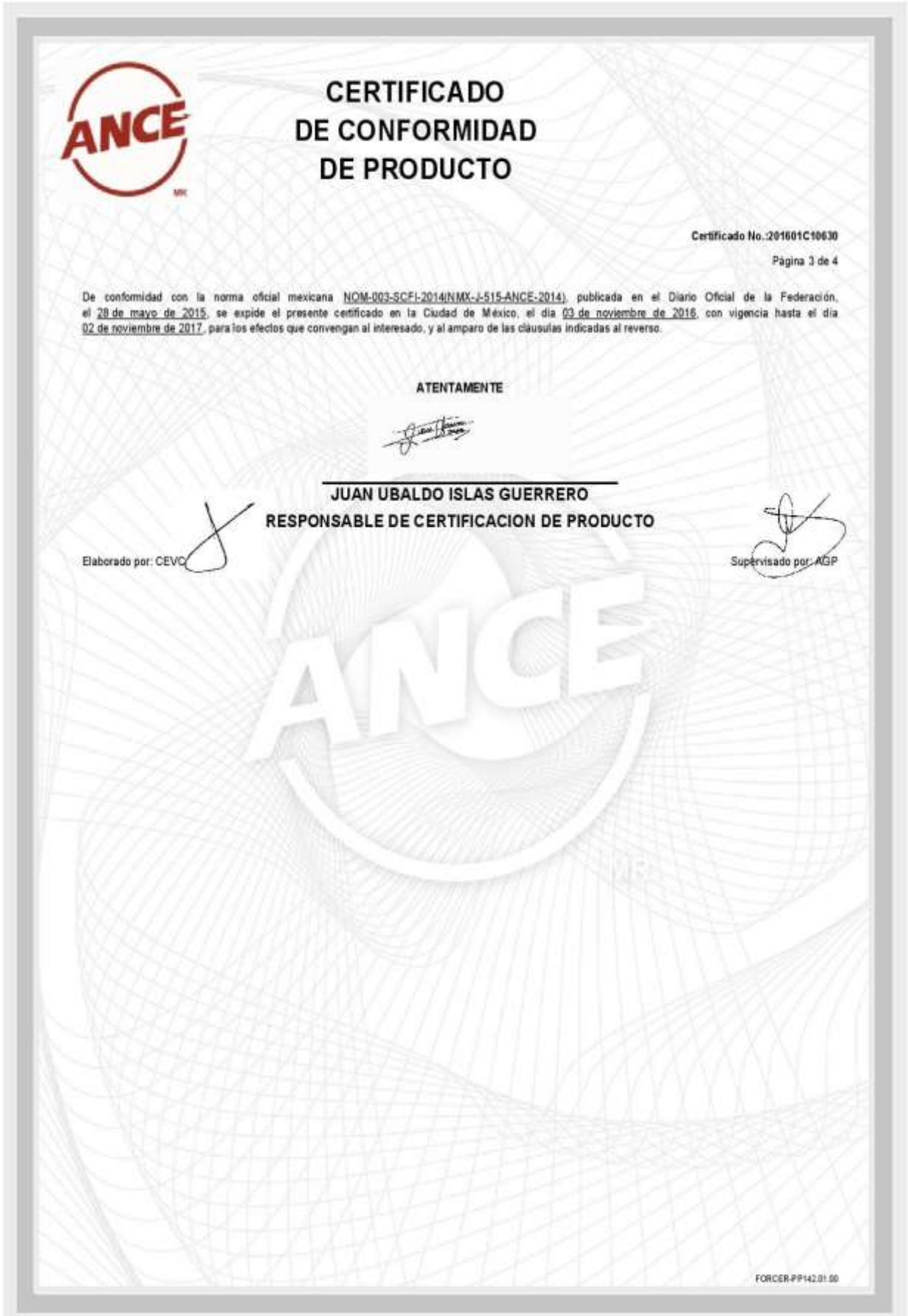
Certificado No.: 201601C10630
Página 2 de 4


Seguidos o no de: R
Seguidos o no de: 7000, 8100, 1001, 1002, 2001, 2002, 7020.
Especificaciones:
100 V- 240 V, 100 V -250 V, 110 V - 120 V, 220 V-240 V 50/60 Hz 105 A, 1050 A, 12 A, 1250 A, 142 A, 16 A, 170 A, 175 A, 18 A, 210 A, 25 A, 250 A, 3.9 A, 30 A, 300 A, 37 A, 370 A, 44 A, 45 A, 470 A, 50 A, 570 A, 6.8 A, 60 A, 72 A, 720 A, 840 A, 85 A, 9 A.
110-127 V - 220 V - 240 V - 400 V - 500 V - 690 V - 208-500 V - 208-600 V - 230-500 V - 400-690 V - 60 Hz 3 A, 3.5 A, 3.9 A, 6 A, 6.8 A, 9 A, 12 A, 16 A, 14 A-20 A, 17.5 A-25 A, 18 A, 21 A-30 A, 25 A, 28 A-40 A, 30 A, 35 A-50 A, 37 A, 42 A-60 A, 44 A, 45 A, 50 A, 52.5 A -75 A, 60 A, 70 A-100 A, 72 A, 85 A, 87.5-125 A, 105 A, 106 A, 105 A-150 A, 140 A -200 A, 142 A, 143 A, 170 A, 171 A, 175 A, 175 A-250 A, 210 A, 210 A - 300 A, 250 A, 280 A - 400 A, 250 A, 300 A, 370 A, 350 A-500 A, 420 A-600 A, 470 A, 500 A, 525 A -750 A, 570 A, 600 A, 700 A-1000 A, 720 A, 840 A, 1050 A



FORCER-PP142.01.00

ANEXO N° 05: Certificado del Arrancador electrónico ABB-PSR12-600-70.






**CERTIFICADO
DE CONFORMIDAD
DE PRODUCTO**


Certificado No.:201601C10630
Página 3 de 4


De conformidad con la norma oficial mexicana NOM-003-SCFI-2014(INMX-J-515-ANCE-2014) publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 29 de mayo de 2015, se expide el presente certificado en la Ciudad de México, el día 03 de noviembre de 2016, con vigencia hasta el día 02 de noviembre de 2017, para los efectos que convengan al interesado, y al amparo de las cláusulas indicadas al reverso.

ATENTAMENTE



JUAN UBALDO ISLAS GUERRERO
RESPONSABLE DE CERTIFICACION DE PRODUCTO


Elaborado por: CEVO 

Supervisado por: AGP 

ANCE

FORCER-PP142.01.00


ANEXO N° 05: Certificado del Arrancador electrónico ABB-PSR12-600-70.



CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO

Certificado No.:201601C10630
Página 4 de 4

Con base en el artículo 78 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 83 de su reglamento, así como también en lo dispuesto en la norma oficial mexicana NOM-106-SCFI-2000 "Características de diseño y condiciones de uso de la contraseña oficial", los productos amparados por esta certificación deben ostentar la contraseña que denota el cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana vigente y aplicables cuando así proceda.



CLAUSULAS

1. Los productos objeto al cumplimiento con esta norma oficial mexicana, deberán ostentar obligatoriamente la Contraseña Oficial que denote la evaluación de la conformidad por personas acreditadas y aprobadas para ello, debe colocarse la contraseña oficial sobre producto, empaque o ambos, pudiéndose exhibir a través de una etiqueta, la cual debe permanecer en el producto al menos hasta el momento en que éste sea adquirido por el consumidor en el territorio nacional.
2. El titular de este certificado se compromete a respetar las condiciones de uso, tanto del propio certificado como de la contraseña oficial NOM y/o la marca ANCE.
3. El titular del certificado debe garantizar que los productos certificados, que ostentan la contraseña oficial NOM y marca ANCE, cumplen con las especificaciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana aplicable.
4. Ni este certificado, ni el uso de la contraseña oficial NOM y la marca ANCE, sustituyen en ningún caso la garantía del cumplimiento del producto en los términos de la legislación y las normas aplicables en vigor.
5. Se procederá a la cancelación inmediata del certificado:
 - a) En su caso, por cancelación del certificado del sistema de gestión de la calidad de la línea de producción.
 - b) Cuando se detecte falsificación o alteración de documentos relativos a la certificación.
 - c) A petición del titular de la certificación, siempre y cuando se hayan cumplido las obligaciones contraídas en la certificación, al momento en que se solicita la cancelación.
 - d) Cuando se incurra en declaraciones engañosas en el uso del certificado.
 - e) Por incumplimiento con especificaciones de la NOM, o NMX referida, que no sean aspectos de marcado o información.
 - f) Una vez notificada la suspensión, no se cortija el motivo de ésta en el plazo establecido.
 - g) Cuando la dependencia lo determine con base en el artículo 112, fracción V de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 102 de su reglamento.
 - h) Se hayan efectuado modificaciones al producto sin haber notificado al organismo de certificación correspondiente.
 - i) No se cumpla con las características y condiciones establecidas en el certificado.
 - j) El documento donde consten los resultados de la evaluación de la conformidad pierda su utilidad o se modifiquen o dejen de existir las circunstancias que dieron origen al mismo, previa petición de parte.
 - k) Se incurra en mal uso del certificado o de la marca ANCE
 - l) Se incurra en un incumplimiento con la norma aplicable, durante el plazo de vigencia establecido en el certificado.
6. Todo empleo indebido del certificado, ya sea del titular o de un tercero, dará derecho a una acción legal o judicial por parte de ANCE.
7. La fracción arancelaria es responsabilidad total del titular del certificado.
8. El titular de la certificación debe informar a ANCE de cualquier cambio en su estructura, dirección, propietarios o representantes legales de la empresa.

FORCER-PP142.01.00