



**Universidad
Continental**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Motor eléctrico en CA y Pala eléctrica
4100XPC en la Minera Cerro Verde
Arequipa**

Daniel Alcides Carrión Campos

Huancayo, 2018

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR:
Ing. Jorge Eliseo Lozano Miranda

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradecemos a DIOS por darnos la sabiduría buena salud, vida y fortaleza para enfrentar los inconvenientes y lograr este sueño tan anhelado.

A la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de la Universidad Continental, por haberme permitido formarme en sus aulas.

Mi agradecimiento sincero al Señor Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental.

Al Señor Dr. Felipe Gutarra Meza, por su valioso aporte al desarrollo de las ciencias de Ingeniería y su constante preocupación para motivarnos en el desarrollo de la investigación científica y engrandecimiento de la Universidad.

Al Sr. Asesor Ing^o. Jorge Eliseo Lozano Miranda, por sus acertadas sugerencias y orientaciones en el campo metodológico de la Ingeniería Eléctrica, quien con su destreza y habilidades nos conduce por el camino exitoso de la investigación.

A los Ingenieros de las Empresas, Cerro Verde; por permitirme obtener datos importantes de las pruebas en sus instalaciones en la presente investigación.

DEDICATORIA

A mis padres por el apoyo que me dieron, durante los años de estudio. Y también a mis hermanos por su ayuda incondicional, a pesar de los momentos muy difíciles, siempre estuvieron conmigo.

ÍNDICE

Portada	i
Asesor	ii
Agradecimiento	iii
Dedicatoria	vi
Índice	v
Resumen	xvi
Abstract	xvii
Introducción	xviii

CAPITULO I

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
1.3. OBJETIVOS.....	22
1.3.1.Objetivo General.....	22
1.3.2.Objetivos Específicos.....	23
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	23
1.4.1.Justificación Social	23
1.4.2.Justificación Técnica	23
1.4.3.Justificación Económica	24
1.5. IMPORTANCIA.....	24
1.6. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	25
1.6.1.Hipótesis General	25
1.6.2.Hipótesis Específicas.....	25
1.7. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	26
1.8. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	27

CAPITULO II
MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.	29
2.1.1.Nacional.	29
2.1.2.Internacional.....	31
2.2. CONCEPTOS BÁSICOS.....	32
2.2.1.Motor Eléctrico De Ca.....	32
2.2.2.Pala Eléctrica 4100xpc.....	33
2.3. BASES TEÓRICAS.	33
2.3.1.Motor Eléctrico En C.A.....	33
2.3.2.El Motor Asincrono Trifasico.....	35
2.4. DEFINICIONES DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS	37
2.5. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	39
2.5.1.Potencia.....	39
2.5.2.La Potencia Eléctrica.....	39
2.5.3.Torque.....	39
2.5.4.Velocidad.....	40
2.5.5.Rendimiento.....	40
2.5.6.Circuitos Lineales.....	41
2.5.7.Factor De Potencia.....	41
2.5.8.Circuitos No Lineales.....	42
2.5.9.Tipos De Motores.....	43
2.6. CLASE DE DISEÑO DEL ROTOR.....	45
2.6.1.Rotor De Jaula De Ardilla Simple.....	45
2.6.2.Motor Con Rotor De Doble Jaula De Ardilla.....	45
2.6.3.Motor Con Rotor De Ranuras Profunda.....	46
2.6.4.Motor De Rotor De Anillos Rozantes.....	47
2.6.5.Clasificación De Los Motores Según Las Normas Iec Y Nema.....	48

2.6.6.	Clasificación De Motores Según La Norma Nema.....	49
2.6.7.	Según El Esfuerzo Que Va A Realizar El Motor.....	49
2.6.8.	Según Aislamiento Térmico.....	51
2.6.9.	Según Los Kva.....	51
2.6.10.	Según La Protección De Ingreso (Ip).....	52
2.6.11.	Placa De Identificación.....	52
2.6.12.	Diseños Tipo Nema Características Y Aplicaciones.....	53
2.6.13.	Tamaño De Motores Nema (Frame).....	54
2.6.14.	Frame.....	54
2.6.15.	Designación De Los Frames.....	55
2.6.16.	Tamaño Normalizado De Motores Eléctricos. Nema.....	55
2.7.	LA CODIFICACIÓN NEMA.....	56
2.7.1.	Codificación Para Un Motor 143t.....	56
2.8.	TAMAÑO DE MOTORES DE DIFERENTES MARCAS.....	58
2.9.	DESARROLLO ARGUMENTATIVO DEL TEMA.....	61
2.9.1.	Criterios Para La Selección De Motores De Inducción.....	61
2.10.	MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA.....	62
2.10.1.	Principio De Motores Y Generadores Dc.....	62
2.10.2.	Definiciones.....	63
2.10.3.	Curvas De Trabajo.....	65
2.10.4.	Debilitamiento De Campo.....	66
2.10.5.	Características De Armadura.....	67
2.10.6.	Características De Campo.....	71
2.11.	APLICACIONES DE LA PALAS ELÉCTRICAS.....	72
2.12.	GRÁFICOS DE LA PALA ELÉCTRICA DE CORRIENTE CONTINUA.....	72
2.13.	TEORÍA DE OPERACIÓN ELÉCTRICA.....	76
2.13.1.	Sistema Centurión.....	76
2.13.2.	Unidad De Suministro IGBT.....	76

2.13.3.Unidades Inversoras	78
2.13.4.Redundancia (Capacidad Reducida De Funcionamiento)	78
2.13.5.Sistema De Levante.....	78
2.13.6.Sistema De Empuje	79
2.13.7.Sistema De Giro	79
2.13.8.Sistema De Propulsión	80
2.14. SISTEMAS DE POTENCIA.....	81
2.14.1.Sistema De Potencia	81
2.14.2.Operación Del Sistema De Potencia	81
2.14.3.Interruptor De Desconexión Neumática Con Tierra	84
2.15. UBICACIÓN Y OPERACIÓN.....	84
2.15.1.Conjunto De Anillos Colectores 4100c Boss Ca/4100xpc Ca.....	86
2.15.2.Ubicación	86
2.15.3.Operación	87
2.15.4.Operación De Alto Voltaje.....	90
2.15.5.Ubicación Y Operación	90
2.15.6.Medidor De Calidad De Potencia (Pqm) (Opcional)	91
2.16. SISTEMA DE ENCLAVAMIENTO DE LLAVE	91
2.16.1.Operación	91
2.16.2.Transformador Principal	93
2.17. UBICACIÓN Y OPERACIÓN.....	93
2.17.1.Sonda Térmica Del Transformador Principal.....	95
2.18. TRANSFORMADOR AUXILIAR	99
2.18.1.Ubicación Y Operación	99
2.18.2.Operación De Falla A Tierra.....	102
2.19. UBICACIÓN.....	102
2.19.1.Operación	103
2.19.2.Operación De Relé De Falla A Tierra - Transf. Auxiliar (Gfra).....	106

2.20. OPERACIÓN DE ALINEACIÓN DE CA.....	108
2.21. OPERACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES.....	109
2.22. UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE LA CABINA DE 4100 C BOSS CA.....	109
2.23. UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE LA CABINA DE 4100XPC CA.....	111
2.24. OPERACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES	112
2.24.1.Arrancadores De Motores	112
2.24.2.Protección De Desequilibrio De Fase Y Pérdida De Fase.....	113
2.24.3.Indicadores Y Controles	114
2.24.4.Relé De Enclavamiento De Calefactor, Hir	115
2.24.5.Operación Térmica.....	118
2.24.6.Cargas Térmicas Del Transformador Principal (Ttmt)	118
2.24.7.Relé De Sobrecarga Instantánea (Qttm).....	122
2.24.8.Relé De Calefactores De La Sala De Máquinas (Mhr).....	127
2.25. CALEFACTORES DE LOS MOTORES DE PROPULSIÓN	128
2.25.1.Operación Del Calefactor De Los Motores De Propulsión.....	128
2.25.2.Relé De Control Maestro	129
2.26. DIAGRAMAS DE TEORÍA DE OPERACIÓN ELÉCTRICA	131
2.27. RENDIMIENTO DE LA PALA: AC VS. DC.....	134
2.27.1.Introducción.....	134
2.27.2.Resultados	134
2.27.3.Cambios Desde La 4100xpc Dc A La 4100xpc Ac	134
2.27.4.Disponibilidad.....	135
2.27.5.Tiempo De Ciclo	136
2.28. COSTOS DE PARTES POR HORA.....	138
2.28.1.Productividad Total	138

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	139
3.1.1.Tipo.....	139
3.1.2.Nivel.....	139
3.1.3.Método	139
3.2. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	140
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y TÉCNICA DE MUESTREO	141
3.3.1.Población	141
3.3.2.Muestra	141
3.4. TÉCNICA E INSTRUMENTO DE ACOPIO DE DATOS	141
3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	142

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	143
4.2. SISTEMA DE CARGADO EN TONELADAS CON LA PALA EN DC.....	143
4.3. SISTEMA DE CARGADO EN TONELADAS CON LA PALA EN AC	145
4.3.1.Distribución Porcentual Toneladas Cargadas	146
4.3.2.Distribución Porcentual De La Productividad Promedio En Tm/Hora Efectiva	147
4.3.3.Distribución Porcentual De La Muestra Según Tiempo De Carguío Promedio En Minutos.	147
4.3.4.Distribución Porcentual Respecto A La Cobertura De La Pala En (%).....	148
4.4. PRUEBA DE HIPÒTESIS.....	149
4.4.1.Hipòtesis General	149
4.4.2.Hipòtesis Específicas.....	155

CONCLUSIONES.....	159
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	161
ANEXOS.....	161

ÍNDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 1: Partes del estator.....	36
GRAFICO 2: Partes del estator.....	37
GRAFICO 3: Constitución de una máquina eléctrica rotativa.....	38
GRAFICO 4: Circuitos lineales.....	41
GRAFICO 5: circuitos no lineales	42
GRAFICO 6: Jaula de ardilla simple	455
GRAFICO 7: Jaula de ardilla doble	46
GRAFICO 8: Jaula de ardilla ranuras profundas	477
GRAFICO 9: Motor de rotor de anillos rozantes	477
GRAFICO 10: Clasificación de los motores según las normas iec y nema.....	488
GRAFICO 11: Motor de diseño nema D	50
GRAFICO 12: Placa de identificación	52
GRAFICO 13: Codificación Nema.....	56
GRAFICO 14: Dimensiones según el FRAME.....	57
GRAFICO 15: Dimensiones según el FRAME.....	57
GRAFICO 16: Línea de motores W22	58
GRAFICO 17: Línea de motores W22	59
GRAFICO 18: Forma constructiva	60

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Aislamiento Térmico	51
TABLA 2: Valores de voltaje en corriente de arranque.....	51
TABLA 3: Nivel de protección ambiental.....	52
TABLA 4: Diseño tipo nema	53
TABLA 5: Minera cerro verde - Toneladas cargadas por día con la Pala DC	144
TABLA 6: Minera cerro verde - Toneladas cargadas por día con la Pala AC.....	145
TABLA 7: Distribución porcentual de la muestra Según toneladas.....	146
TABLA 8: Distribución porcentual de la productividad promedio en TM/hora efectiva.....	147
TABLA 9: Distribución porcentual de la muestra según tiempo de carguío promedio en minutos..	147
TABLA 10: Distribución porcentual de la muestra según la cobertura de la pala en (%).....	148
TABLA 11: Minera Cerro Verde – Productividad.....	149
TABLA 12: Carga de mineral en el mes de abril del 2018.....	156
TABLA 13: Carga de mineral en el mes de abril del 2018.....	157
TABLA 14: Productividad de la pala eléctrica con motor en CA y DC.....	158

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Máquina de corriente continua elemental con colector.....	62
Figura 1-2: Diagrama de alimentación de un motor DC de excitación separada.....	63
Figura 1-3: Diagrama del sistema eléctrico de empuje.....	65
Figura 1-4: Diagrama del proceso de debilitamiento de Campo.....	66
Figura 1-5: Diagrama del proceso de debilitamiento de Campo.....	67
Figura 1-6: Configuración de los convertidores y armaduras de Izar, se usan 24 SCR's; 12 para cada convertidor.....	68
Figura 1-7: Curva característica de respuesta del Control de la Armadura de Giro.....	68
Figura 1-8: Configuración del convertidor y las armaduras de Giro, se usan solo 12 SCR's y un solo convertidor.....	69

Figura 1-9: Curva característica de respuesta del Control de la Armadura de Empuje.....	69
Figura 1-10: Configuración del convertidor y la armadura de Empuje.....	70
Figura 1-11: Característica de Armadura de los Motores de Avance.....	70
Figura 1-12: Configuración de los convertidores de Izar y Empuje con las armaduras de los motores de Avance.....	71
Figura 1-13: Movimientos de la Pala Eléctrica.....	72
Figura 1-14: Sistema Colector de Alto Voltaje.....	72
Figura 1-15: Vista exterior de la Pala.....	73
Figura 1-16: Sistema de levante pala P & H 4100.....	74
Figura 1-17: Mecanismo de empuje y recogida de la Pala.....	74
Figura 1-18: Sistema de empuje de la Pala P & H 4100.....	75
Figura 1-19: Sistema de giro de la Pala P & H 4100.	75
Figura 1-20: Aplicación de la Pala P & H 4100.....	75
Figura 2-1: Diagrama de bloque del sistema de control Centurión.	76
Figura 2-2: Diagrama de la unidad de suministro IGBT.....	77
Figura 2-3: Diagrama unilineal del sistema eléctrico de levante.	78
Figura 2-4: Diagrama unilineal del sistema eléctrico de empuje.	79
Figura 2-5: Diagrama unilineal del sistema eléctrico de giro (típico en una pala 4100C BOSS CA).....	80
Figura 2-6: Diagrama unilineal del sistema eléctrico de propulsión.	80
Figura 3-1: Diagrama de bloque de la distribución de potencia.....	82
Figura 3-2: Diagrama unilineal de la distribución de potencia eléctrica.	83
Figura 3-3: Cable cola.....	85
Figura 3-4: Interruptor de desconexión neumático con tierra.....	85
Figura 3-5: El conjunto de anillos colectores tiene un gabinete metálico protector que lo rodea.....	86
Figura 3-6: Secciones del conjunto de anillos colectores.....	87
Figura 3-7: Conjunto de anillos colectores - Sección de alto voltaje.....	88
Figura 3-8: Conjunto de anillos colectores - Sección de bajo voltaje.....	88
Figura 3-9: Conjunto de anillos colectores - Parte superior de la sección de bajo voltaje.....	89

Figura 3-10: Conjunto de anillos colectores - Sección comunicación.....	90
Figura 3-11: Sistema de enclavamiento de llave - Diagrama esquemático.....	92
Figura 3-12: Primario del transformador principal - Diagrama vectorial.....	93
Figura 3-13: Secundarios del transformador principal - Diagrama vectorial.....	93
Figura 3-14: Transformador principal - Diagrama esquemático.....	94
Figura 3-15: Sonda térmica del transformador principal.....	95
Figura 3-16: Sonda térmica e indicador de temperatura #1.....	96
Figura 3-17: Sonda térmica e indicador de temperatura #2.....	96
Figura 3-18: Sonda térmica e indicador de temperatura #3.....	97
Figura 3-19: Entrada de sonda térmica e indicador de temperatura al sistema de I/O remoto.....	98
Figura 3-20: Primario del transformador auxiliar - Diagrama vectorial.....	99
Figura 3-21: Secundario auxiliar del transformador auxiliar - Diagrama vectorial.....	100
Figura 3-22: Secundario de control del transformador auxiliar - Diagrama vectorial.....	100
Figura 3-23: Transformador auxiliar - Diagrama esquemático.....	101
Figura 3-24: Puerta delantera de la cabina de falla a tierra.....	102
Figura 3-25: Configuraciones del relé de falla a tierra - transf. principal, GFRM.....	104
Figura 3-26: Diagrama esquemático del relé de falla a tierra - transf. principal, GFRM.....	105
Figura 3-27: Configuraciones del relé de falla a tierra - transf. auxiliar, GFRA.....	106
Figura 3-28: Diagrama esquemático del relé de falla a tierra - transf. auxiliar, GFRA.....	107
Figura 3-29: Centro de control de motores de una pala 4100 C BOSS CA.....	110
Figura 3-30: Cabina de control de motores (MCC) de una pala 4100XPC CA.....	111
Figura 3-31: Operación del arrancador de motor – Típico.....	113
Figura 3-32: Indicador del relé de sobrecarga del arrancador del motor y ubicaciones de control.....	114
Figura 3-33: Relé de enclavamiento de calefactor (HIR)	115
Figura 2-34: Calefactores del transformador principal.....	116
Figura 2-35: Consola del operador - Control a mano derecha.....	116
Figura 3-36: Calefactores de los motores de empuje, giro y levante.....	117
Figura 3-37: Sobrecargas térmicas del transformador principal.....	119

Figura 3-38: TTMT - Unidad térmica de aleación fusible.....	120
Figura 3-39: TTMT - Botón de reseteo.....	120
Figura 3-40: Sobrecargas térmicas del transformador principal (TTMT)	121
Figura 3-41: Relé de sobrecarga instantánea (QTTM)	122
Figura 3-42: QTTM - Primeros 3 segundos del arranque de la pala.....	123
Figura 3-43: QTTM - 3 Segundos después del arranque de la pala.....	124
Figura 3-44: Relé de ajuste de sobrecarga del transformador principal (MTOAR)	125
Figura 3-45: Relé de sobrecarga instantánea (QTTM)	126
Figura 3-46: Relé de calefactores de la sala de máquinas (MHHR)	127
Figura 3-47: Calefactores de los motores de propulsión.....	128
Figura 3-48: Diagrama unilineal del relé de control maestro.....	129
Figura 3-49: Ruta del circuito del relé del control maestro.....	130
Figura 3-50: Diagrama de Pala Eléctrica AC.....	131
Figura 3-51: Diagrama de Dimensiones de la Pala.	132
Figura 3-52: Diagrama de Plano de cubierta de la maquina.....	132
Figura 3-53: Vista en Campo.....	133
Figura 3-54: Ejecución de la pala Eléctrica.....	133

RESUMEN

TÍTULO: MOTOR ELECTRICO EN C.A Y PALA ELECTRICA 4100XPC EN LA MINERA CERRO VERDE - AREQUIPA

AUTOR: Carrión Campos Daniel Alcides

La investigación responde al problema ¿Cómo Influye el motor de CA en la Pala Eléctrica 4100XPC en la mina Cerro Verde - Arequipa?, como objetivo pretende, Determinar la Influencia del motor eléctrico de CA en la Pala Eléctrica 4100XPC en la mina Cerro Verde – Arequipa y como hipótesis se asume que El motor de CA Influye positivamente en la Pala Eléctrica 4100XPC en la mina Cerro Verde - Arequipa. El diseño fue el descriptivo correlacional, en la muestra de los resultados del funcionamiento de la pala eléctrica 4100XPC mediante el motor eléctrico en CA, a quien se aplicó la experimentación, basado en el Análisis de criticidad que permitió mejorar la confiabilidad operacional los equipos en la minera Cerro Verde. Concluyendo que El procedimiento del El motor de CA Influye positivamente en la Pala Eléctrica 4100XPC en la mina Cerro Verde – Arequipa la cual permite obtener niveles seguros de funcionamiento y productividad dentro de cada área de trabajo de la Pala eléctrica 4100XPC, también el estudio correlacional permitió confirmar una influencia positiva entre el motor de corriente alterna y la Pala eléctrica 4100XPC en la mina Cerro Verde Arequipa, lo que nos indica que a mejor funcionalidad de la corriente alterna mejor rendimiento de la Pala eléctrica 4100XPC.

Palabras claves: motor jaula de ardilla, corriente alterna y pala eléctrica 4100XPC.

ABSTRACT

TITLE: ELECTRIC MOTOR IN C.A AND ELECTRIC SHOVEL 4100XPC IN THE MINERA CERRO VERDE - AREQUIPA

AUTHOR: Carrión Campos Daniel Alcides

The research responds to the problem How does the CA motor affect the 4100XPC Electric Shovel in the Cerro Verde mine - Arequipa? as its objective is to determine the influence of the AC electric motor in the 4100XPC Electric Shovel in the Cerro Verde mine - Arequipa and as a hypothesis it is assumed that the AC motor positively influences the 4100XPC Electric Shovel in the Cerro Verde - Arequipa mine. The design was the descriptive correlational, in the sample of the results of the operation of the 4100XPC electric shovel by means of the electric motor in CA, to whom the experimentation was applied, based on the criticality analysis that allowed to improve the operational reliability of the equipment in the mining Green Hill . Concluding that the procedure of the AC motor positively influences the 4100XPC Electric Shovel in the Cerro Verde - Arequipa mine which allows to obtain safe levels of operation and productivity within each work area of the 4100XPC electric shovel, the correlational study also allowed Confirm a positive influence between the AC motor and the 4100XPC electric shovel at the Cerro Verde Arequipa mine, which indicates that better performance of the alternating current better performance of the 4100XPC electric shovel.

Keywords: Squirrel cage motor, alternating current and 4100XPC electric shovel.

INTRODUCCIÓN

La investigación realizada Motor eléctrico en C.A y Pala eléctrica 4100 XPC en la minera Cerro Verde – Arequipa, enfoca el problema que se ha advertido en la minera relacionado con la producción de mineral, donde se encontraron en ellas falencias debidas al desconocimiento del modo de funcionamiento por un lado y por el otro haber potenciado una CA y/o CC s no acordes a sus necesidades de la Pala eléctrica y que lejos de ayudar en su funcionamiento adecuado asociados a otros factores repercute negativamente generando como consecuencia deficiencias en la producción de mineral

El objetivo general de la investigación fue Determinar la Influencia del motor eléctrico de CA en la Pala Eléctrica 4100XPC en la mina Cerro Verde – Arequipa. El presente trabajo se justifica no simplemente a razones académicas sino a una problemática que se presenta en los estudiantes universitarios, llegando a ser un indicador de la realidad local como nacional, una problemática que se presenta en distintos proyectos en la memoria de cálculo de sistemas de corriente alterna y continua., puesto que no hay un método estandarizado, solo se cuenta con recomendaciones de estándares internacionales llegando a ser un indicador de la realidad local como nacional, se trata de justificar con métodos y procedimientos relacionando con los estándares actuales y puntualizar un criterio de diseño optimo en el modelado de funcionamiento en CA y CC , para evitar que surja diferencia de productividad en ambos sistemas de corrientes.

Para realizar el presente trabajo se tomó como referencia estándares (std) internacionales ANSI/IEEE/NEC, Normas nacionales, software Etap, aspix, CYMGrd, hojas de cálculo y para la recolección o procesamiento de datos se utilizó el paquete estadístico SPSS V.22, empleando algunas técnicas estadísticas como porcentajes, cruces de variable como r de Pearson, chi cuadrada, medias que nos han permitido realizar el análisis pertinente. En tal sentido, el trabajo que se presenta tiene como estructura lo siguiente:

Capítulo I, se presenta el planteamiento del problema, se determina la formulación del problema, la importancia y los alcances de la investigación y sus limitaciones.

Capítulo II, trata del marco teórico, donde abarca los antecedentes internacionales, nacionales y regionales, asimismo, las bases teóricas de la investigación que comprenden temas relacionados a las variables Motor Eléctrico en CA y pala eléctrica 4100XCP. En las bases teóricas se desarrollaron temas relacionados a los motores eléctricos como: funcionamiento en corriente alterna y corriente continua, concepto y principios del motor eléctrico, el motor jaula de ardilla, su modelo, características, dimensiones y las definiciones del motor eléctrico en CA. Para la Pala eléctrica, se definió a través de los diversos conceptos de funcionamiento, y sus respectivas dimensiones, finalmente, se encuentra en este capítulo la definición de los términos básicos.

Capítulo III, se describe la metodología de la investigación, tipo y nivel de investigación, diseño de la investigación, población y muestra. Asimismo, la definición y operacionalización de las variables, los indicadores.

Capítulo IV, se describe los instrumentos de investigación y los resultados, donde se manifiesta la selección, validación y confiabilidad de los instrumentos. Asimismo, se encuentra los resultados estadísticos, la prueba de hipótesis y la discusión de resultados de la minera Cerro verde. Finalmente se presenta las conclusiones llegadas sobre nuestras hipótesis, en relación a nuestro problema y objetivos de investigación. También se presentan las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos respectivamente.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El Perú es una nación cuya larga tradición está dada en la explotación minera, desde culturas prehispánicas la extracción de recursos naturales, especialmente los minerales han jugado un rol predominante en la economía del imperio, colonial o república. Incluso llegando a ser objeto de competencia para el proceso de extracción; por empresas que llegan a tener gran rentabilidad. Comparado con la agricultura la minería genera alrededor de 20.000 millones de soles en generación de producto bruto interno y es una fuente de impuestos para el país.

El sector minero tiene un rol importante en la economía porque genera valores en divisas, impuestos, inversión y empleo. A nivel nacional, debido al panorama del alza evidente de precios internacionales de los productos minerales, la minería en sí se encuentra experimentando una suerte de dinamismo reflejado en la provisión de divisas a la economía, las regalías mineras e incluso los ingresos fiscales a causa de los impuestos; se traduce en el crecimiento potencial de la economía. (1)

En este sentido, después de entender que la minería es un sector fundamental; es importante mencionar que aunando a esta premisa encontramos que la minera en el desarrollo de sus funciones consume más energía que todos los hogares del país (2), es el segundo sector en consumir energía eléctrica analizada en proporción con las horas de trabajo, es decir gran gasto eléctrico;

ahora bien de continuar con las políticas en cuanto a la promoción de este sector, la estimación al 2020 advierte que toda la energía eléctrica que se sumara terminará en la extracción minera. Actualmente la minería ya consume más energía eléctrica que todos los hogares del Perú. (3).

Por todo lo expuesto líneas arriba, y, debido a las evidentes consecuencias del exceso de consumo de energía eléctrica por la minería (se podría llegar a importar energía, búsqueda de otras fuentes, reactivación de proyectos hidroeléctricos a gran escala, con efectos adversos a nivel social, ambiental, territorial y económico) se hace necesario la búsqueda de nuevas propuestas de ahorro energético en la industria de la minería.

Ahora bien, a nivel de la compañía minera Cerro Verde empresa polimetálica productores de Zinc, Plomo, Cobre y Plata; la misma que extrae minerales de labores a tajo abierto siendo una mina mecanizada con el principal recurso humano que labora en los distintos niveles usando equipos de perforación, acarreo, carguío; usando explosivos y servicios generales como bombeo de agua, ventilación de la mina con un adecuado nivel de oxígeno como mínimo 19.5% siendo necesario ventiladores para extracción e inyección de aire fresco desde y hasta superficie. Esto determina que debe haber un flujo constante de energía eléctrica para que la maquinaria funcione, y esto también implica su funcionamiento en hora punta, donde el costo de la energía eléctrica es más alto, además de que se presenta una situación problemática en el momento de la carga del mineral a los respectivos camiones mineros. Para reducir el tiempo de carga es indispensable considerar otro medio de carga por lo que se recurre al gran equipo eléctrico mecánico de la Pala Eléctrica quien genera consumo de energía eléctrica en hora punta, primero se debe de revertir el problema de control de arranques y paradas para preservar la vida útil de la maquinaria.

A lo largo del proceso minero en esta estación, se tienen diferentes formas de poner en funcionamiento la Pala Eléctrica como con corriente continua y corriente alterna, se ha visto por conveniente el funcionamiento por esta última

debido a que la empresa dispone de equipos (Pala eléctrica) en corriente continua y las cuales no pueden ser modificados de algún modo por su importancia en la sostenibilidad del proyecto o por razones técnicas en los motores de altos HP por ello es conveniente optar por el funcionamiento en corriente alterna. Sin embargo, dentro de este proceso, el motor sufre algunas alteraciones beneficiosas para la pala eléctrica en el proceso de extracción de minerales lo cual nos permitirá incrementar su transporte en menor tiempo posible, del mineral por ende la disminución de los costos de producción.

Entonces podemos indicar que el buen funcionamiento del motor de la Pala Eléctrica, está en función del tipo de corriente, alterna y/o continua en la minera Cerro Verde – Arequipa. Por estas consideraciones nuestra pregunta de investigación se ha formulada de la siguiente manera.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema General

¿Cómo Influye el motor de CA en la Pala Eléctrica 4100XPC en la mina Cerro Verde - Arequipa?

Sub Preguntas:

¿Cómo es el funcionamiento de la pala eléctrica 4100XPC con el motor eléctrico en CA en la mina Cerro Verde – Arequipa?

¿Cómo es el funcionamiento de la pala eléctrica 4100XPC con el motor eléctrico en CC en la mina Cerro Verde – Arequipa?

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la Influencia del motor eléctrico de CA en la Pala Eléctrica 4100XPC en la mina Cerro Verde – Arequipa.

Objetivos Específicos

- a) Estimar la carga de mineral promedio de la pala eléctrica 4100XPC con motor eléctrico en CA en la mina Cerro Verde por día.
- b) Estimar la carga de mineral promedio de la pala eléctrica 4100XPC con motor eléctrico en CC en la mina Cerro Verde por día.
- c) Comparar la carga de mineral de la pala eléctrica bajo el funcionamiento en CA y CC en la mina cerro verde – Arequipa.

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Justificación Social

La presente investigación permitirá al lector o académico fortalecer sus conocimientos en el aspecto productivo en la minera, en lo cual permitirá conocer como es el comportamiento que esta tiene en el ámbito local en el uso de energía en C.A y la C.C en el motor de la Pala Eléctrica en la minera Cerro Verde - Arequipa.

Justificación Técnica

La investigación de tesis tiene como fin contribuir a las empresas mineras que buscan mejorar la extracción de mineral mediante la Pala Eléctrica para su mejor producción, minimizando el tiempo de operación, el costo de extracción y transporte en la mina y su puesta de funcionamiento mediante corriente alterna y corriente continua.

En cuanto a equipos, como forma de funcionamiento es importante utilizar energías adecuadas al sistema que ayuden a mantener la vida

útil de estos y evitar efectos por variaciones de tensión eléctricas de diversos orígenes, que ocasionan falsas lecturas mal funcionamiento, deterioro inmediato, y para la sustitución de algún equipo electrónico deteriorado o defectuoso, ocasionado por diferentes errores en el voltaje o potencial, se tiene que detener parte del proceso o toda la parada de los motores, generando pérdidas económicas; para evitar todo lo descrito anteriormente se tiene que realizar un buen sistema de funcionamiento en CA y/o CC, estas son, entre otras, las razones de la necesidad de un buen funcionamiento en los motores de la Pala eléctrica en la minera Cerro verde de Arequipa.

Justificación Económica

La presente investigación contribuirá de manera significativa a la Minera Cerro Verde la cual busca una mejora en su sistema de carga de mineral, permitiendo que el proceso de carga del mineral se realizase en menor tiempo mediante el buen funcionamiento de los motores de la pala eléctrica, esto le permitirá reducir las paradas de mantenimiento, tiempo de remolque como también del personal, todo esto refleja en reducción de costos.

Sin embargo, con frecuencia los circuitos industriales se encuentran contaminados, severamente con perturbaciones eléctricas producidas por descargas tanto de máquinas eléctricas estáticas, motores de potencia industrial, y por descargas atmosféricas en la CA del sistema que ocasionan la apertura de circuitos y la paralización inesperada de equipos eléctricos como la Pala eléctrica.

IMPORTANCIA

La importancia de esta investigación de tesis radica situaciones de actualidad reportadas por el ministerio de energía y minas quienes manifiestan que actualmente existe una saturación de máquinas eléctricas que traen consigo

deficiencia en la extracción del mineral, así como también una vida útil corta invirtiendo millonarias cantidades de dinero para obtener una baja producción. Con esta investigación se pretende revertir la problemática actual e invertir a futuro, debido a que estos equipos como la pala eléctrica tendrán que tener la capacidad de izar a grandes toneladas de mineral en menor tiempo llevando consigo mayores resultados de productividad. De ahí que esta investigación está enfocada a lograr la mayor extracción de mineral, disminuir los tiempos de parada, programar los mantenimientos preventivos y supervisar los parámetros de funcionalidad óptima de la pala eléctrica, así como la producción en tiempo real, a través de la implementación de funcionamiento de este equipo en corriente alterna y corriente continua.

Ahora bien, existen investigaciones respecto a motores en CA sin embargo no existen estudios sobre el funcionamiento de motores de CA en equipos eléctricos como la Pala eléctrica, y frente a la problemática descrita líneas arriba es importante abordar el tema, es decir establecer si existen o no diferencias entre los motores de CA y CC en la Pala eléctrica.

HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

Hipótesis General

El motor de CA Influye positivamente en la Pala Eléctrica 4100XPC en la mina Cerro Verde - Arequipa

Hipótesis Específicas.

- a. La carga de mineral promedio de la pala eléctrica 4100XPC con motor eléctrico en CA en la mina Cerro Verde, es superior a 10 700 ton.
- b. La carga de mineral promedio de la pala eléctrica 4100XPC con motor eléctrico en CC en la mina Cerro Verde, es inferior a 10 700 ton.

- c. A mayor funcionalidad del motor en CA en la Pala eléctrica la productividad de mineral en la minera Cerro Verde Arequipa es mayor a 4 Ton/hora efectiva

DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

Variable independiente (x):

- Motor eléctrico en CA

Variable dependiente (y):

- Pala eléctrica 4100XPC

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTO
Motor eléctrico en CA	. El motor de corriente alterna trifásica de jaula de ardilla es el motor eléctrico industrial por excelencia. Fuerte, robusto y sencillo, se usa en un gran número de máquinas con un mantenimiento mínimo. Vamos a tratar de entender su principio de funcionamiento y las posibilidades de modificación de su consumo de potencia en el arranque y de su velocidad de giro Joy Globa, 2016).	Giro	Tiempo de giro en cargado Tiempo de giro vacío	Grados geométricos.
		Levante	Posición encogida	Tiempo de carga de la pala
		Velocidad	Tiempo de excavación	El tipo de balde
		Avance	Pasada de balde Llenado del camión	Producción de la mina
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTO

Pala eléctrica modelo P&H 4100XPC	El modelo P&H 4100XPC es la pala de clase ultra preferida por las minas de alta producción en todo el mundo, que proporciona una capacidad nominal de 108,9 ton. métricas (120 ton.) para camiones que cargan hasta 363 ton. métricas (400 ton.), así como para sistemas transportadores de trituración en el pozo (Joy Global, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad física 	Tiempo de operación	Pala S06 y Pala S07 Horas de operación
		<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de ciclo 	Extracción y cargados del balde al camion	Levantar en el banco para cargar el balde. Girar un balde lleno hacia el camion. Descargar en el camion. Retomar con un balde vacío a la posición encogida para comensar el siguiente ciclo.
		<ul style="list-style-type: none"> Requerimientos de mantenimiento preventivo 	Tiempos muertos	Horas/ hombre
		<ul style="list-style-type: none"> Costos de partes por hora 	Toneladas metricas	Sistema PreVail
		<ul style="list-style-type: none"> Productividad total 	Carga útil	Baldes de 55 m3

CAPITULO II

MARCO TEORCO

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

Se revisó diferentes tesis de páginas webs acerca de nuestro tema, para así obtener mayor información y ver los diferentes puntos de vista de distintas personas, a nivel nacional e internacional.

Nacional.

Costa, Marcos, (2010) – Pontificia Universidad Católica del Perú; publicó la Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico, "Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción", la cual consistió en evaluar una serie de motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción con el fin de analizar el comportamiento de los tiempos entre fallas y mejorar la confiabilidad operacional

Peralta, Diego., (2009) – Pontificia Universidad Católica del Perú; publicó un artículo de investigación titulado "Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Operacional de Perforadoras y Palas Eléctricas Bucyrus, en una mina a tajo abierto", el cual consistió en proponer mejoras basadas en la implementación de un sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad operacional de perforadoras y palas eléctricas Bucyrus; cuyo alcance a mediano plazo asegure un cambio profundo en la cultura organizacional de la empresa y el uso de adecuadas y modernas herramientas de gestión.

VERASCHIN (8), realiza una investigación sobre "El caso económico para el equipo de minería eléctrica y consideraciones técnicas relacionadas con su Implementación"; con el objetivo de presentar el potencial económico de la implementación del equipo, así como delinear los insumos clave que son necesarios para respaldar una evaluación y

proporcionar un modelo y un enfoque que pueda ser utilizado por otros si el relevante la información está disponible y se pueden hacer suposiciones aceptables. Motivado porque la minería subterránea de hardrock puede ser muy intensiva en energía y en gran parte esto se puede atribuir al consumo de energía de los sistemas de ventilación subterránea. Esta tesis considera los equipos de minería eléctrica como un medio para reducir la intensidad y el costo del consumo de energía en las minas subterráneas de roca dura. Potencialmente, el equipo eléctrico podría reducir en gran medida el volumen de aire necesario para ventilar toda una mina, así como los encabezados individuales porque no emiten muchos de los contaminantes que se encuentran en el escape del diesel y porque las regulaciones no conectan los volúmenes de aire a los motores eléctricos.

Como los costos de calefacción y refrigeración también están directamente relacionados con los volúmenes de aire, el costo y la intensidad energética de calentar y enfriar el aire también se reducirían significativamente. Otro incentivo es que alimentar equipos de la red es sustancialmente más económico que alimentarlos con diesel y también producir menos GEI. Por lo tanto, al eliminar el diesel del subsuelo, los trabajadores disfrutarán de condiciones de trabajo más seguras y los operadores y la sociedad en general obtendrán un menor impacto en el medioambiente. En consecuencia, una buena parte de esta tesis revisa consideraciones técnicas relacionadas con el uso de equipos de minería eléctrica, especialmente aquellos que impactan la economía de su implementación. (8)

LAGOS (10), realizó una investigación sobre la automatización de un sistema de calibración para anómetros, aplicando la teoría de control a dos motores acoplados, siendo que uno de ellos es utilizado para el control fino de la velocidad de un ventilador, mientras que el otro motor provee la mayor parte de potencia suficiente para generar el flujo; motivo por el cual para el diseño se necesitó las partes del montaje, los acoplamientos asociados a los motores y un sistema de control que contiene un decodificador óptico con el circuito asociado a la medición

de la velocidad. En tal sentido, se construyó el circuito capaz de medir velocidad angular utilizando un decodificador óptico, así como se realizó la Completa Caracterización Y Mecaniza Del Sistema. (10)

Internacional.

Joy Global 2012, incorporó a sus operaciones un nuevo Taller de Reparaciones, denominado “Centro de Servicios Mineros Joy Global (CSM), ubicado en el sector de La Negra, Antofagasta” cuya inversión superó los 30 MUS\$, permitiendo mejorar la capacidad de reparación de componentes estructurales, mecánicos y eléctricos de toda su línea de “productos para la minería”. Entre sus soluciones, “Joy Global” se especializa en proveer “equipos para Minería de superficie”, entre ellos “palas eléctricas de cable”, “cargadores frontales de gran tamaño”, “Corres transportadoras” y “Perforadoras”, destacado la “perforadora eléctrica P&H modelo 320XPC”, solución idónea para perforaciones de tronadura en aplicaciones mineras de roca dura y de alta producción.

Fuente especificada no válida., es la primera contratista minera en utilizar equipos eléctricos para la explotación de minas a tajo abierto, tales como palas y perforadoras eléctricas, originando una operación más rentable para nuestros clientes y amigable con el medio ambiente. Utilizamos un software especializado en la planificación del minado y diseño de voladura. Trabajamos con sistemas especializados de monitoreo y dirección de la producción.

(3) Promelsa , presentó innovadoras tecnologías eléctricas en la reciente edición de Perumin 2017. Se tratan de un Centro Control de Motores (CCM) y un aceite dieléctrico vegetal para transformadores, ambas soluciones evitan accidentes por corto circuito y/o fallas eléctricas. Promelsa diseñó el Centro de Control de Motores (CCM), solución eléctrica utilizada para el funcionamiento de perforadoras, chancadoras, fajas transportadoras y toda maquinaria minera que necesita de un motor, cuenta con una capacidad de hasta los 100kA, máxima corriente

que resiste un equipo sin que se malogre, se derritan las barras internas o deje de funcionar.

(5) Olazabal, El sistema Minestar tiene su fundamento en disminuir los tiempos de espera, tanto la máquina perforadora, afectando directamente a la productividad efectiva de la mina, ya que los equipos trabajan más eficientemente. En función que se entienda que el sistema trabaja básicamente para disminuir las esperas de los equipos como producto de una buena asignación dinámica en los diferentes equipos de perforación, entonces será evidente la importancia de mantener corriendo óptimamente todos los elementos que compartan este sistema como parte de una tecnología de control de procesos. La mejora de la performance del Sistema Minestar y la gestión adecuada del sistema tiene su base en la sustentación teórica que conlleva a entender como esta tecnología logra aumentar la productividad efectiva de la perforación, cuando la plataforma tecnológica funciona eficientemente.

CONCEPTOS BÁSICOS

Motor Eléctrico De Ca

Gutiérrez (2000) señala que "el motor se distingue del transformador normal sólo por la existencia de un devanado repartido en el estator y en el rotor y la existencia de un entrehierro (espacio de aire) La máquina asíncrona está sometida al principio de reciprocidad y puede funcionar en régimen de motor y en régimen de generador".

Manzano (2010) menciona que "como en cualquier máquina, en los motores de corriente alterna, parte de la energía eléctrica que absorben se transforma en calor, que al no poder aprovecharse se consideran pérdidas.

Jiménez (2008), afirma que "el motor de corriente alterna es la maquina eléctrica más utilizada en todos los sectores de la vida cotidiana y en la industria. Su versatilidad en potencia, en velocidad y su adaptación al

sistema eléctrico lo convierten en una maquina impresindible para la industria actual.”

Alcalde (2013), señala que “el motor asíncrono trifásico de CA funciona gracias a los fenómenos de inducción electromagnética. Son los más utilizados en la industria por su sencillez, robustez”.

Pala Eléctrica 4100xpc

Cosapi (2010) este autor señala que es la primera contratista minera en utilizar equipos eléctricos para la explotación de minas a tajo abierto, tales como palas y perforadoras eléctricas, originando una operación más rentable para nuestros clientes y amigable con el medio ambiente. Utilizamos un software especializado en la planificación del minado y diseño de voladura. Trabajamos con sistemas especializados de monitoreo y dirección de la producción.

Joy Global, (2016) este autor señala que El modelo P&H 4100XPC es la pala de clase ultra preferida por las minas de alta producción en todo el mundo, que proporciona una capacidad nominal de 108,9 ton. Métricas (120 ton.) para camiones que cargan hasta 363 ton. métricas (400 ton.), así como para sistemas transportadores de trituración en el pozo

BASES TEÓRICAS.

Motor Eléctrico En C.A

Las máquinas eléctricas como el motor eléctrico son el resultado de una aplicación inteligente de los principios del electromagnetismo y en particular la ley de Faraday. Es decir, es un dispositivo que convierte la energía mecánica en energía eléctrica o viceversa.

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 (27).

Ahora bien, conociendo la importancia de los motores, muchos electricistas, se han preocupado de su estudio, empezando por su definición, seguido del análisis de sus componentes, de sus dimensiones e incluso se ha llegado a elaborar diferentes tipos de escalas para su medición; instrumento muy valioso que permite el conocimiento del motor eléctrico en C.A en forma colectiva, con respecto a un acontecimiento social o en general a cualquier objeto de movimiento.

Existen muchas definiciones de actitudes, sin embargo, pocas son las diferencias entre unas y otras como lo veremos. Para Gutiérrez (2000) " el motor se distingue del transformador normal sólo por la existencia de un devanado repartido en el estator y en el rotor y la existencia de un entrehierro (espacio de aire) La máquina asíncrona está sometida al principio de reciprocidad y puede funcionar en régimen de motor y en régimen de generador". (Pág.349).

Jiménez (2008,) definen al motor de corriente alterna es la maquina eléctrica más utilizada en todos los sectores de la vida cotidiana y en la industria. Su versatilidad en potencia, en velocidad y su adaptación al sistema eléctrico lo convierten en una maquina imprescindible para la industria actual. Por su parte Manzano (2010) considera que la como en cualquier máquina, en los motores de corriente alterna, parte de la energía eléctrica que absorben se transforma en calor, que al no poder aprovecharse se consideran perdidas. Finalmente, Alcalde (2013), dice que: " el motor asíncrono trifásico de CA funciona gracias a los fenómenos de inducción electromagnética. Son los más utilizados en la industria por su sencillez, robustez. Como referimos en líneas anteriores, las definiciones sobre el motor eléctrico difieren poco entre sí e incluso se pueden identificar elementos y características que poseen la mayoría de éstas. Así tenemos:

El Motor Asincrono Trifasico

Los motores asíncronos trifásicos de jaula se encuentran entre los más utilizados para el accionamiento de máquinas. El uso de estos motores se impone en la mayoría de aplicaciones debido a las ventajas que conllevan: Robustez, sencillez de mantenimiento, facilidad de instalación, bajo costo.

El principio de funcionamiento de un motor asíncrono se basa en la reacción inducida en un conductor cuando estén corta las líneas de fuerza de un campo magnético, de dónde proviene el nombre “motor de inducción”.

Composición

Un motor asíncrono trifásico consta de dos partes principales:

Un inductor, o estator

Un inducido, rotor.

El Estator

Es la parte fija del motor o una carcasa de metal fundido o de aleación ligera encima una corona de chapas delgadas (0,5 mm de espesor) de acero al silicio, las chapas quedan aisladas entre sí por oxidación o por barniz aislante. La “foliación” del circuito magnético reduce las pérdidas por histéresis y por corriente de Foucault.

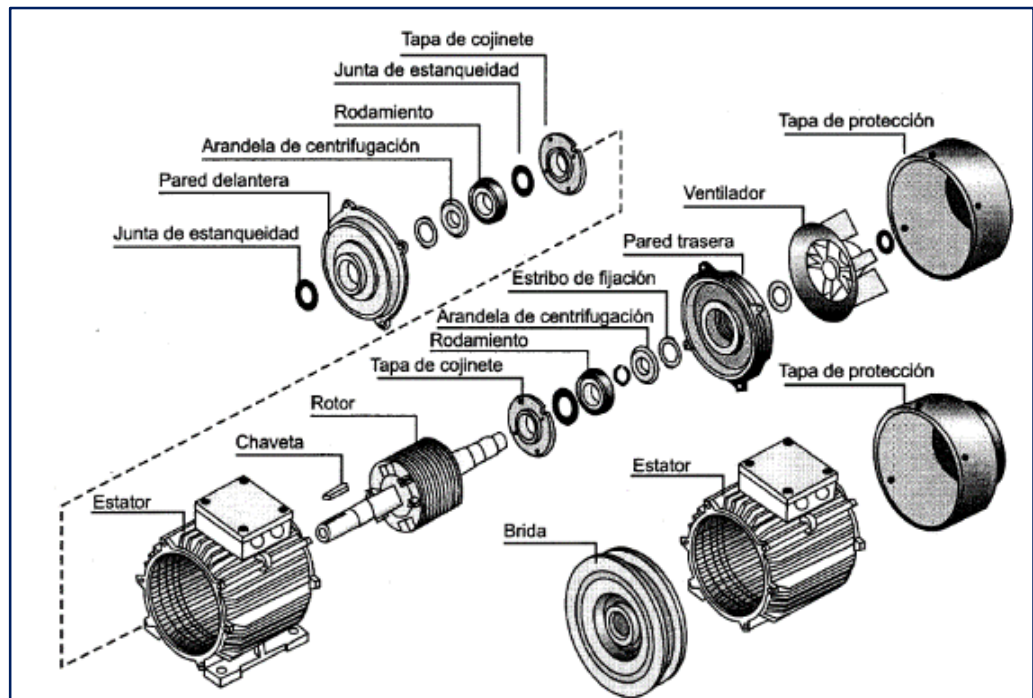


GRAFICO 1: Partes del estator

Fuente: Manzano (2010)

Las chapas disponen de ranuras en las que se sitúan los devanados estatuticos que produce en el campo giratorio (tres devanados en el caso de un motor trifásico). Cada devanado se compone de varias bobinas. El modo de acoplamiento de las bobinas entre sí determina el número de pares de polos del motor, y por tanto, la velocidad de rotación.

El Rotor

Es la parte móvil del rotor. Al igual que el circuito magnético del estator, se compone de un apilamiento de chapas delgadas aisladas entre sí que forman un cilindro encaletados sobre el eje del motor.

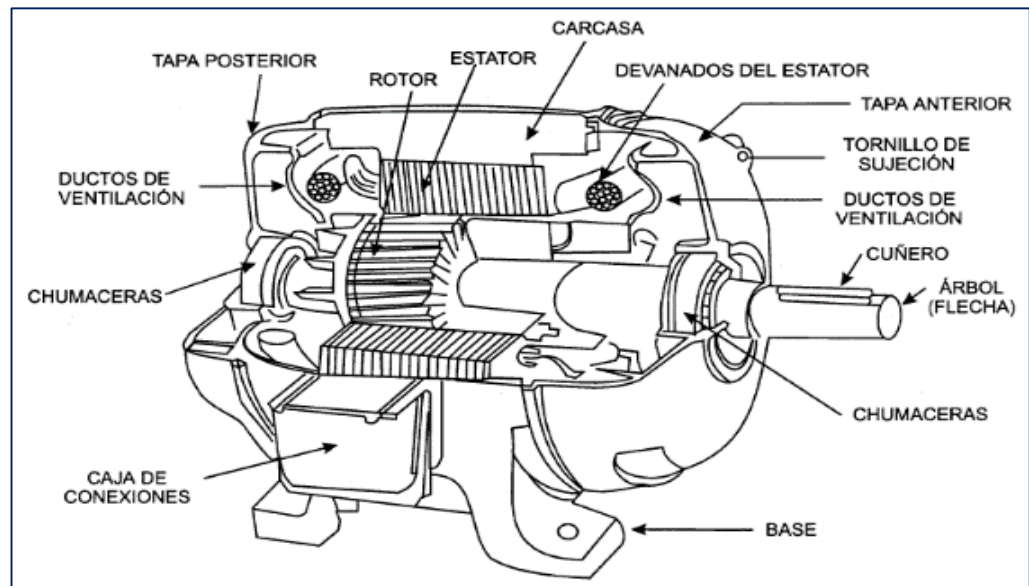


GRAFICO 2: Partes del estator

Fuente: Manzano (2010)

Unos taladros o ranuras ubicados hacia el exterior del cilindro en las que se sitúan los conductores conectados a cada extremidad por medio de una corona metálica y sobre los que se aplica el par motor que genera el campo giratorio. Los conductores se inclinan ligeramente con respecto al eje del motor para que el par sea regular. El conjunto tiene el aspecto de una jaula, lo que implica el nombre de este tipo de rotor.

En motores pequeños: No está totalmente moldeada.

Normalmente se utiliza aluminio inyectado a presión. Las aletas de refrigeración, caladas durante la misma operación, hacen masa con el rotor.

DEFINICIONES DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS

(Vargas Machuca, 1990) Los generadores y motores eléctricos convencionales, llamados "máquinas eléctricas", convierten energía mediante un movimiento rotatorio.

Los motores eléctricos se construyen en tamaños desde una pequeña fracción de caballo de potencia, hasta miles de caballos de potencia.

Las máquinas eléctricas rotativas consisten de un circuito magnético, uno o más circuitos eléctricos y soportes mecánicos, con, por lo menos, un embobinado.

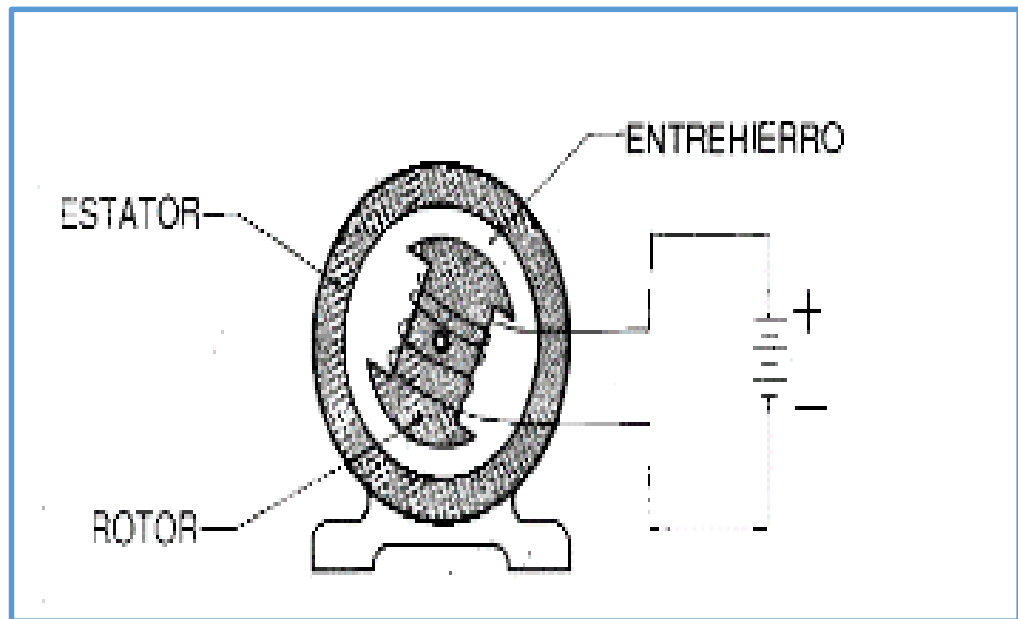


GRAFICO 3: Constitución de una máquina eléctrica rotativa

Fuente: Saldarriaga, Federico Vargas-Machuca. MAQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS.

(Javier, 2002) Las máquinas eléctricas tienen por finalidad transformar la energía mecánica en energía eléctrica y viceversa. Cuando la conversión es de energía mecánica en energía eléctrica se dice que la máquina está funcionando como generador y en el caso contrario opera como motor.

Todos sabemos que el motor eléctrico es una máquina que transforma energía eléctrica recibida de la red en energía mecánica rotacional en el eje. De esta forma se puede accionar cualquier tipo de carga mecánica, siempre y cuando tengamos disponibilidad de una red eléctrica.

También sabemos que dentro del universo del motor eléctrico, el motor de inducción es el más común y prácticamente todas las aplicaciones industriales pueden realizarse con este motor, generalmente el tipo Jaula de Ardilla, o con rotor en cortocircuito.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Potencia

En física, potencia (símbolo P) es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo.

$$P = W/\Delta t$$

Ecuación. 1. $P=W/\Delta t$

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 o watt (W).

Cuando una corriente eléctrica fluye en cualquier circuito, puede transferir energía al hacer un trabajo mecánico o termodinámico. Los dispositivos convierten la energía eléctrica de muchas maneras útiles, como calor, luz (lámpara incandescente), movimiento (motor eléctrico), sonido (altavoz) o procesos químicos. 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.

$$P = V \cdot I$$

Ecuación. 2. $P=V \cdot I$

Torque

El par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia o, dicho de otro modo, la tendencia de una fuerza para girar un objeto alrededor de un eje, punto de apoyo, o de

pivote. La potencia desarrollada por el par motor es proporcional a la velocidad angular del eje de transmisión, viniendo dada por:

$$P = M.\omega$$

Ecuación. 3. $P=M.\omega$

Dónde:

P es la potencia en (W)

M es el par motor (en N.m)

ω es la velocidad angular (en rad/s)

Velocidad

(2013) Los motores síncronos son un tipo de motor de corriente alterna en el que la rotación del eje está sincronizada con la frecuencia de la corriente de alimentación; el período de rotación es exactamente igual a un número entero de ciclos de CA. Su velocidad de giro es constante y depende de la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté conectado y por el número de pares de polos del motor, siendo conocida esa velocidad como "velocidad de sincronismo". Este tipo de motor contiene electro magnetos en el estator del motor que crean un campo magnético que rota en el tiempo a esta velocidad de sincronismo.

La expresión matemática que relaciona la velocidad de la máquina con los parámetros mencionados es:

$$n = 60 \cdot \frac{f}{p} = \frac{120 \cdot f}{p}$$

Ecuación. 4. $n=60.f/P=(120.f)/p$

Rendimiento

(Machuca, 1990) El rendimiento de un generador síncrono se determina como la relación entre la potencia útil P o potencia activa entregada por

el generador a la red y la potencia mecánica P_{mec} recibida por el generador de parte del motor primo:

$$n = \frac{P}{P_{mec}} = \frac{P}{P + P_{per}}$$

Ecuación. 5. $n=P/P_{mec}=P/(P+P_{per})$

Circuitos Lineales

En circuitos lineales, donde las corrientes y tensiones son perfectamente senoidales, se tiene:

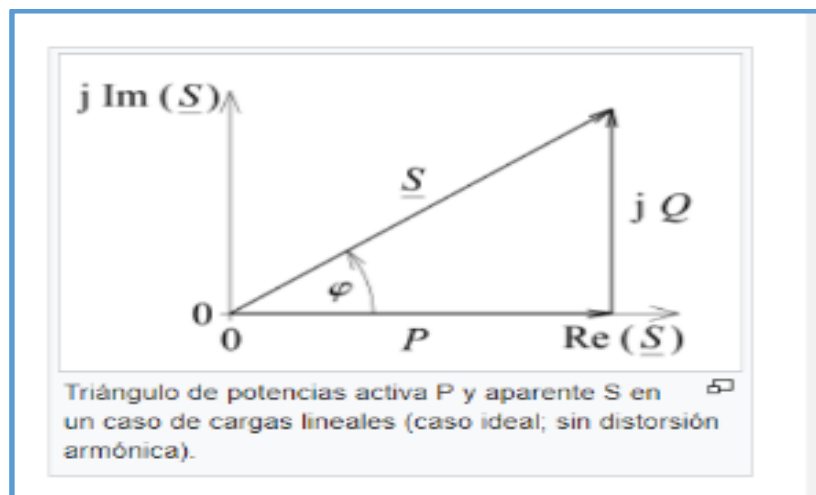


GRAFICO 4: Circuitos lineales

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Potencia_el%C3%A9ctrica#Eqnref_1.

Factor De Potencia

Se define el factor de potencia como la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S)

$$f.d.p = \frac{P}{S}$$

Ecuación. 6. $f.d.p=P/S$

Es importante distinguir la diferencia entre los términos factor de potencia (f.d.p) y $\cos\phi$, ya que no son exactamente lo mismo. En cargas lineales,

ambos valores coinciden. Sin embargo, en cargas no lineales estos son distintos.

Se dice que:

- Un factor de potencia adelantado significa que la corriente se adelanta con respecto a la tensión, lo que implica carga capacitiva. Potencia reactiva negativa.
- Un factor de potencia atrasado significa que la corriente se retrasa con respecto a la tensión, lo que implica carga inductiva. Potencia reactiva positiva.

Circuitos No Lineales

En circuitos no lineales la forma de la onda no es perfectamente senoidal. Las cargas no lineales crean corrientes armónicas, que pueden ser representadas por la tasa de distorsión armónica (THD). En este caso la potencia aparente S no estaría únicamente compuesta por P y Q , sino que aparecería una tercera componente suma de todas las potencias que genera la distorsión. A esta componente de distorsión se le denomina D .

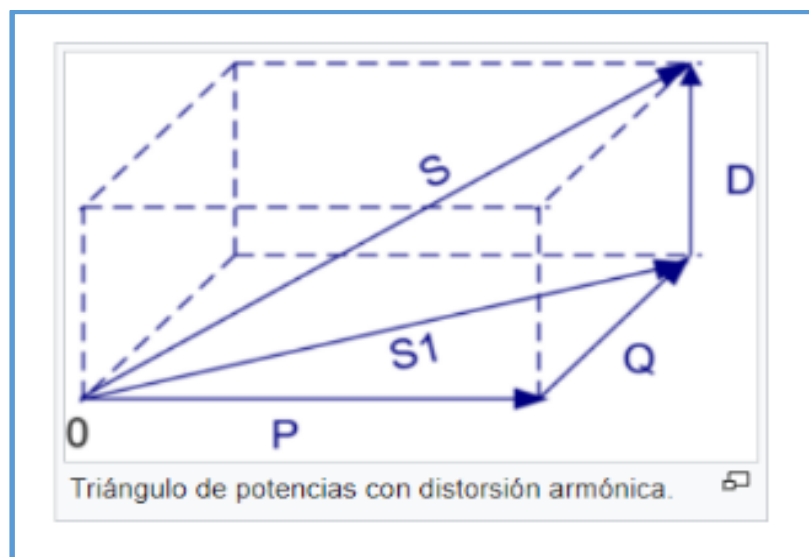


GRAFICO 5: Circuitos no lineales

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Potencia_el%C3%A9ctrica#Eqnref_1.

$$f.d.p = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2+D^2}}$$

Ecuación. 7. $f.d.p=P/S=P/\sqrt{(P^2+Q^2+D^2)}$

Mientras que el $\cos\phi$ se calcula tan solo con las componentes fundamentales (sin armónicos):

$$f.d.p = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Ecuación. 8. $f.d.p=P/S=P/\sqrt{(P^2+Q^2)}$

Tipos De Motores

(006) Debido a que son muchos y variados los tipos de motores eléctricos, existen numerosas formas de catalogarlos. A continuación se muestran algunas de las formas más usuales.

Clasificación por su alimentación eléctrica:

Corriente Directa – La corriente no varía con el tiempo

Corriente Alterna – La corriente varía con respecto al tiempo

Universal – son de velocidades variables

Motores De Corriente Alterna

En la actualidad, el motor de corriente alterna es el que más se utiliza para la mayor parte de las aplicaciones, debido fundamentalmente a que consiguen un buen rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez, en su construcción, sobre todo en los motores asíncronos.

Partes básicas de un motor de corriente alterna:

- **Carcasa:** caja que envuelve las partes eléctricas del motor, es la parte externa.
- **Estator:** consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado estatórico, que es una parte fija y unida a la carcasa.
- **Rotor:** consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado rotórico, que constituye la parte móvil del motor y resulta ser la salida o eje del motor.

Clasificación por el número de fases en su alimentación

- Monofásico
- Bifásico
- Trifásico

a) **Motor Monofásico**

Este tipo de motor es muy utilizado en electrodomésticos porque pueden funcionar con redes monofásicas algo que ocurre con nuestras viviendas. En los motores monofásicos no resulta sencillo iniciar el campo giratorio, por lo cual, se tiene que usar algún elemento auxiliar.

b) **Motor Bifásico**

Son los que pueden funcionar con corriente alterna o continua, se usan mucho en electrodomésticos. Son los motores con colector.

c) **Motores Trifásicos**

Los motores trifásicos usualmente son más utilizados en la industria, ya que en el sistema trifásico se genera un campo magnético rotatorio en tres fases, además de que el sentido de la rotación del campo en un motor trifásico puede cambiarse invirtiendo dos puntas cuales quiera del estator, lo cual desplaza las fases, de manera que el campo magnético gira en dirección opuesta.

CLASE DE DISEÑO DEL ROTOR

Rotor De Jaula De Ardilla Simple

Este tipo de rotor es el usado para motores pequeños y grandes, en cuyo arranque la intensidad nominal supera de 6 o 8 veces a la intensidad nominal del motor. Soporta mal los picos de cargas. Está siendo sustituido por los rotores de jaula de ardilla doble en motores de potencia media. Su par de arranque no supera el 140% del normal.

Tiene un par de arranque bajo, mientras que la corriente de arranque es muy superior a la nominal. El deslizamiento es pequeño a par nominal. Su utilización en la industria se enmarca dentro de las medianas potencias con la finalidad de mejorar el rendimiento de ventiladores y bombas. También podemos encontrarnos motores asíncronos de gran potencia que utilizan este tipo de rotor. Los motores suelen estar controlador por convertidores de frecuencia variable.

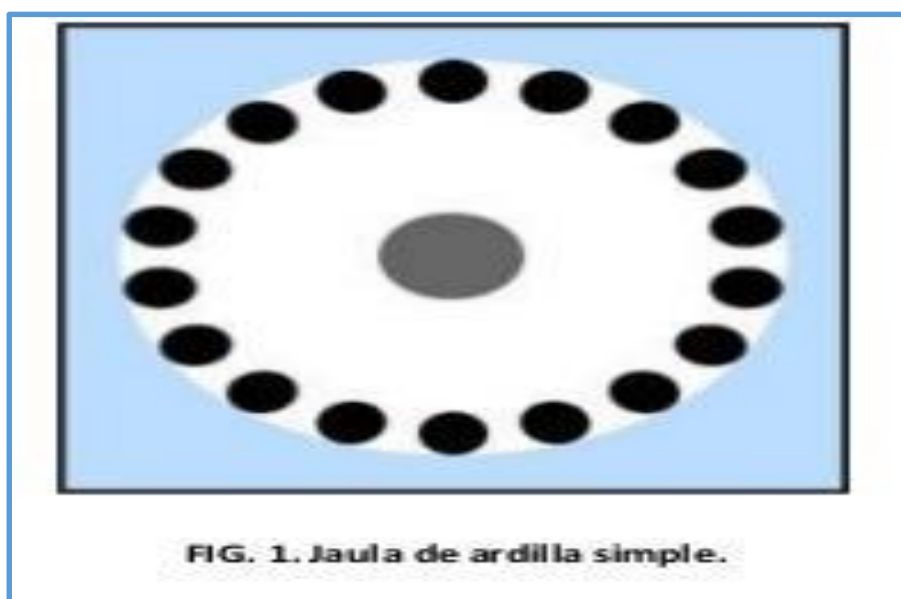


GRAFICO 6: Jaula de ardilla simple

Fuente: http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs/APUNTES_MAQUINAS_ELECTRICAS-_U_3_v1.1

Motor Con Rotor De Doble Jaula De Ardilla.

El rotor en estos motores está constituido por dos jaulas, una externa, de menor sección y material de alta resistividad, y otra interna de sección

mayor y material de baja resistividad. Ambas jaulas están separadas entre sí en cada ranura por medio de una delgada rendija que aumenta el flujo de dispersión en la jaula inferior. De este modo se consigue una jaula exterior de alta resistencia y baja reactancia y una jaula interior de baja resistencia y baja reactancia.

En el arranque (la reactancia predomina sobre la resistencia, pues f es grande) la corriente fluye en su mayor parte por la jaula exterior (menor reactancia).

A la velocidad nominal (las resistencia predomina sobre la reactancia, f es muy pequeña) la corriente fluye en su mayor parte por la jaula interior (menor resistencia).

Con todo esto se consigue que en el arranque la resistencia se alta, lo que implica alto par de arranque y baja intensidad, y a la velocidad nominal, como la resistencia es baja, se tiene buen rendimiento.

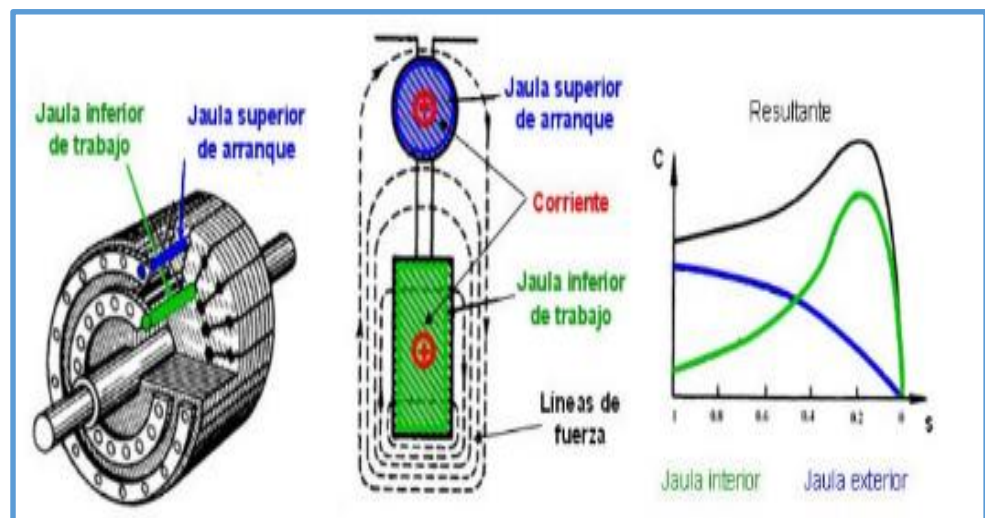


GRAFICO 7: Jaula de ardilla doble

Fuente: http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs/APUNTES_MAQUINAS_ELECTRICAS-_U_3_v1.1

Motor Con Rotor De Ranuras Profunda.

Un efecto análogo al anterior se obtiene mediante un rotor de ranuras profundas, ocupadas por barras altas y profundas, donde debido al

efecto auto inductivo y de Foucault, la corriente se distribuye de forma diferente en el arranque y en el funcionamiento de trabajo.

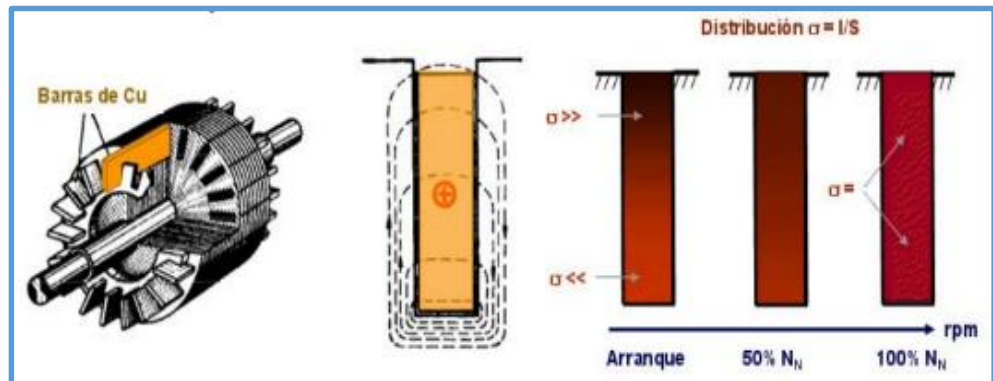


GRAFICO 8: Jaula de ardilla ranuras profundas

Fuente: http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs/APUNTES_MAQUINAS_ELECTRICAS-_U_3_v1.1

Motor De Rotor De Anillos Rozantes.

Son motores asíncronos con un devanado trifásico de cobre dispuesto en las ranuras de rotor, que va conectado a tres anillos metálicos por uno de sus extremos, en tanto que, por el otro lado se conectan en estrella. De este modo se puede controlar desde el exterior la resistencia total del circuito rotórico, facilitando un control de la velocidad y corriente de arranque con un elevado par de arranque y un mejor factor de potencia que con el rotor en jaula de ardilla.

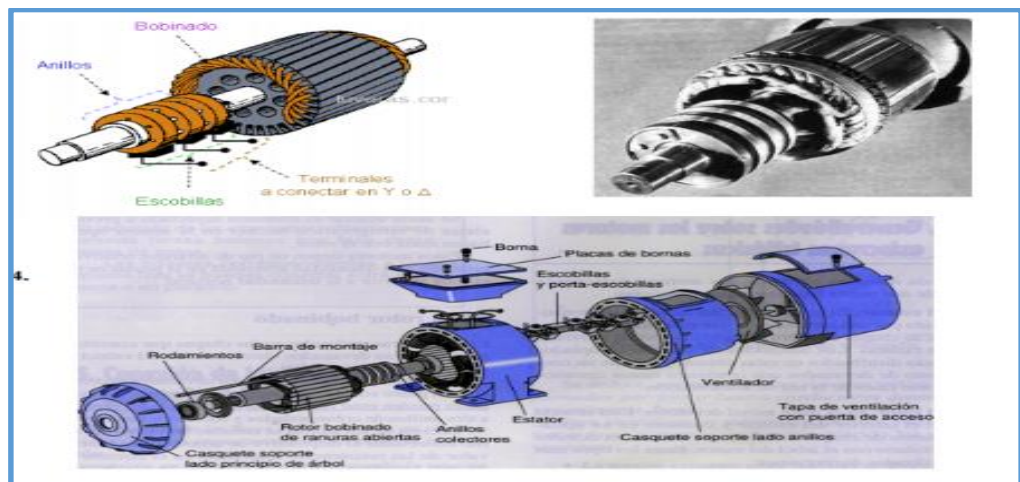


GRAFICO 9: Motor de rotor de anillos rozantes

Fuente: http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs/APUNTES_MAQUINAS_ELECTRICAS-_U_3_v1.1

Clasificación De Los Motores Según Las Normas Iec Y Nema

El instituto encargado de preparar, revisar y analizar las normas técnicas en la fabricación de motores eléctricos a nivel internacional es la Comisión Electrotécnica Internacional (I.E.C.), con sede en Suiza, y en los Estados Unidos de Norte América lo hace la Asociación Nacional de Fabricantes de equipos Eléctricos (NEMA).

A nivel mundial los fabricantes de motores adoptan las normas de marcación de terminales de acuerdo con la normalización vigente en su respectivo país, derivadas principalmente de las normativas I.E.C. y NEMA.

Destacándose que en los motores fabricados bajo norma NEMA sus cables de conexión son marcados con números desde el 1 al 12 y los fabricados bajo norma IEC tienen una marcación que combina las letras U, V, W y los números desde el 1 hasta el 6

Por ejemplo.

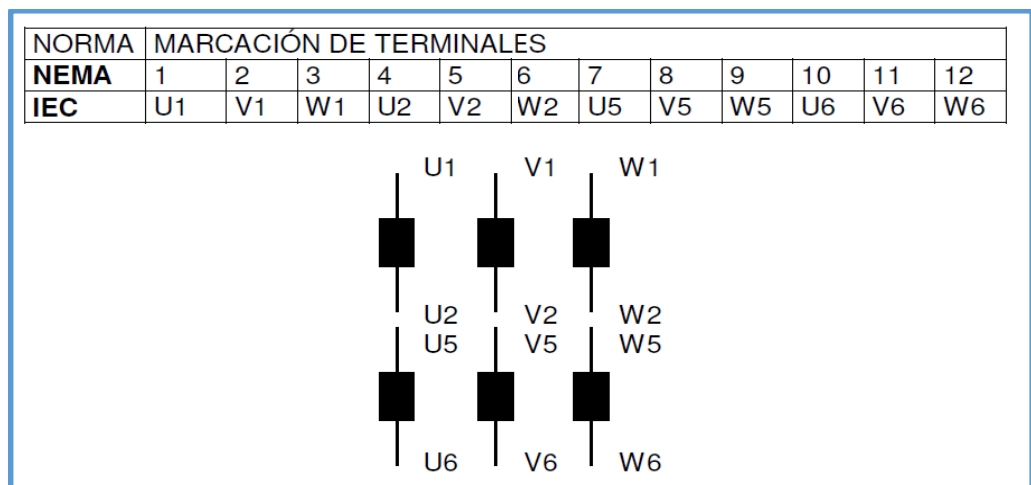


GRAFICO 10: Clasificación de los motores según las normas iec y nema

Fuente: Javier, Sanz. *Máquinas Eléctricas*

Los diseños incluyen las tensiones a las cuales podrán ser energizados y cada norma en particular realiza su marcación de terminales de conexión. La gran mayoría de fabricantes diseñan los motores con bobinados para operar a dos (2) tensiones de servicio, destacándose que los Motores NEMA tienen una relación de conexionado de 1:2, es

decir que una tensión es el doble de la otra. Ej. 230/460 V y en los Motores IEC se presenta un diseño con una relación de 1:1,732, Ej. 220/380 V.

Existen diseños en los cuales esto no se cumple y se fabrican motores para operar a un sólo voltaje y con una sola conexión

Clasificación De Motores Según La Norma Nema

Según las normas NEMA los motores se pueden clasificar de la siguiente manera:

Según El Esfuerzo Que Va A Realizar El Motor.

a. Motor De Diseño Nema A

Torque alto, deslizamiento nominal bajo y corriente de arranque alta. Es un motor de inducción con rotor tipo jaula de ardilla, diseñado con características de torque y corriente de arranque que exceden los valores correspondientes al diseño NEMA B, son usados para aplicaciones especiales donde se requiere un torque máximo mayor que el normal, para satisfacer los requerimientos de sobrecargas de corta duración. Estos motores también son aplicados a cargas que requieren deslizamientos nominales muy bajos y del orden del 1% o menos (velocidades casi constantes).

b. Motor De Diseño Nema B

Torque normal, corriente de arranque normal y deslizamiento nominal normal. Son motores con rotor tipo jaula de ardilla diseñados con características de torque y corriente de arranque normales, así como un bajo deslizamiento de carga de aproximadamente 4% como máximo. En general es el motor típico dentro del rango de 1 a 125 HP. El deslizamiento a plena carga es de aproximadamente 3%. Este tipo de motor proporcionará un arranque y una aceleración suave para la mayoría

de las cargas y también puede resistir temporalmente picos elevados de carga sin detenerse.

c. Motor De Diseño Nema C

Torque alto, deslizamiento nominal normal, corriente de arranque normal. Son motores de inducción con rotor de doble jaula de ardilla, que desarrollan un alto torque de arranque y por ello son utilizados para cargas de arranque pesado.

Estos motores tienen un deslizamiento nominal menor que el 5%.

d. Motor De Diseño Nema D

Torque alto, alto deslizamiento nominal, baja corriente de arranque. Este motor combina un alto torque de arranque con un alto deslizamiento nominal. En la siguiente tabla se puede apreciar una mejor descripción de los diferentes diseños NEMA y otros diseños adicionales. (Allan h. robins, 2013)

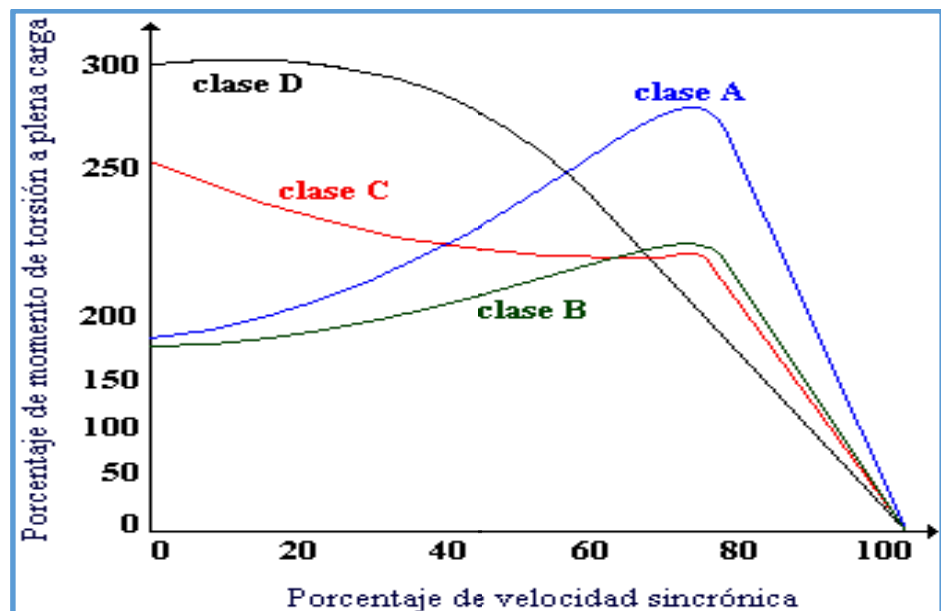


GRAFICO 11: Motor de diseño nema D
Fuente: Javier, Sanz. *Máquinas Eléctricas*

Según Aislamiento Térmico

Respecto al aislamiento térmico las clases definidas para la temperatura de operación máxima permitida para un motor en operación segura y continua a carga completa es:

TABLA 1: Aislamiento Térmico

Clase	Temperatura máxima de operación		Aumento de temperatura permitida a carga completa	
			SF=1.0	SF=1.15
A	105°C	221°F	69°C	70°C
B	130°C	266°F	80°C	90°C
E	120°C	248°F	75°C	-
F	155°C	311°F	105°C	110°C
H	180°C	356°F	125°C	-

Fuente: Javier, Sanz. *Máquinas Eléctricas*

Según Los Kva

En el instante que un motor empieza a funcionar, su velocidad es cero RPM y la corriente producida es igual a la RLA (amperios de arranque). La siguiente tabla de grupos de motores depende de la LRA expresado en kilovolt-amper, donde una sola letra es usada para definir los dos valores de voltaje en corriente de arranque en motores con voltajes duales.

TABLA 2: Valores de voltaje en corriente de arranque

NEMA Code Letter	KVA/HP (with locked rotor)	Mid-Range
A	0-3.14	1.6
B	3.15-3.55	3.3
C	3.55-3.99	3.8
D	4.0-4.49	4.3
E	4.5-4.99	4.7
F	5.0-5.59	5.3
G	5.6-6.29	5.9
H	6.3-7.09	6.7
J	7.1-7.99	7.5
K	8.0-8.99	8.5
L	9.0-9.99	9.5
M	10.0-11.19	10.6
N	11.2-12.49	11.8
P	12.5-13.99	13.2
R	14.0-15.99	15.0
S	16.0-17.99	17.0
T	18.0-19.99	19.0
U	20.0-22.39	21.2
V	22.4-and up	23.6

Fuente: Javier, Sanz. *Máquinas Eléctricas*

Según La Protección De Ingreso (Ip)

Que especifica el nivel de protección ambiental que provee la carcasa es:

TABLA 3: Nivel de protección ambiental

1º Dígito	
Dígito	Indicación
0	Sin protección
1	Protección contra la entrada de cuerpos extraños de dimensiones superiores a 50 mm
2	Protección contra la entrada de cuerpos extraños de dimensiones superiores a 12 mm
3	Protección contra la entrada de cuerpos extraños de dimensiones superiores a 2,5 mm
4	Protección contra la entrada de cuerpos extraños de dimensiones superiores a 1,0 mm
5	Protección contra la acumulación de polvos perjudiciales al motor
6	Totalmente protegido contra el polvo

2º Dígito	
Dígito	Indicación
0	Sin protección
1	Protección contra gotas de agua en la vertical
2	Protección contra gotas de agua hasta la inclinación de 15° en relación a vertical
3	Protección contra agua de lluvia hasta la inclinación de 60° en relación a vertical
4	Protección contra salpicaduras provenientes de todas direcciones
5	Protección contra chorros de agua provenientes de todas las direcciones
6	Protección contra olas de agua
7	Inmersión temporaria
8	Inmersión permanente

Fuente: Javier, Sanz. *Máquinas Eléctricas*

Placa De Identificación

W22 High Eff. IE2 - 93.2 +5

26 → 03FEV10 000000000 → 31

3 kW(HP) 37(50) 11 FRAME 225S/M-6

V 380/660 → 3 Hz 50 → 10

A 70.1/40.4 → 13 SF 1.00 → 16

min-1 1475 → 12 P.F. 0.86 → 14

DUTY S1 → 4 AMB. 40°C → 15

INS. CL. F → 8 Δt 80 K → 9 CAT → 27 IP55W-7

Alt 1000 m.a.s.l. → 17 WEIGHT 362 kg → 18

22 → W2 L2 W2 L2 W2 L2 W2 L2
380 V L1 L2 L3 660 V L1 L2 L3

19 → 6314-C3(27g) → 29 POLYREX EM-ESSO → 21
6314-C3(27g) → 30 14000 h → 24

MADE IN BRAZIL 1198877

1 – Código del motor
2 – Numero de fases
3 – Tensión nominal de operación
4 – Régimen de servicio
5 – Eficiencia
6 – Tamaño de carcasa
7 – Grado de protección
8 – Clase de Aislamiento
9 – Temperatura de la Clase de Aislamiento
10 – Frecuencia
11 – Potencia nominal del motor
12 – Velocidad nominal del motor en RPM
13 – Corriente nominal de operación
14 – Factor de potencia
15 – Temperatura ambiente máxima
16 – Factor de servicio
17 – Altitud
18 – Peso del motor
19 – Especificación del rodamiento delantero
20 – Especificación del rodamiento trasero
21 – Tipo de grasa de los rodamientos
22 – Diagrama de conexión para tensión nominal
23 – Diagrama de conexión para tensión de arranque
24 – Intervalo de lubricación en horas
25 – Certificaciones
26 – Fecha de fabricación
27 – Categoría de par
28 – Numero de serie
29 – Cantidad de grasa en el rodamiento delantero
30 – Cantidad de grasa en el rodamiento trasero

GRAFICO 12: Placa de identificación

Fuente: <https://www.roydisa.es/cuales-los-criterios-mas-utilizados-seleccionar-un-motor-electrico-asincronico/>

Diseños Tipo Nema Características Y Aplicaciones

TABLA 4: Diseño Tipo Nema

Diseño NEMA	Características Polifásicas	Torque de arranque	Torque de aceleración	Torque de frenado	Corriente de arranque	Deslizamiento	Aplicaciones típicas	Eficiencia relativa
		Porcentaje de torque de carga	Porcentaje de torque de carga	Porcentaje de torque de carga	Porcentaje de torque de carga	%		
A	Alto torque arranque y alta corriente de arranque	70-275	65-190	175-300	No definido	0.5 - 5	Ventiladores, sopladores, bombas centrífugas juego motor-generador donde el torque inicial es relativamente bajo	Media o alta
B	Normal torque de arranque y normal corriente de arranque	70-275	65-190	175-300	600-700	0.5 - 5	Ventiladores, sopladores, bombas centrífugas juego motor-generador donde el torque inicial es relativamente bajo	Medio o alto
C	Alto torque de arranque y normal corriente de arranque	200-285	140-195	190-225	600-700	1-5	Cintas transportadoras, trituradoras, motores de agitación, bombas recíprocas y compresores, etc. donde el inicio con carga es requerido	medio
D	Alto torque de arranque y alto deslizamiento	275	NA	275	600-700	5 - 8	Cargas con picos altos con o sin volante tales como prensas, tijeras, elevadores, extractores, tornos, montacargas, bombas petroleras	bajo
N	Motor pequeño	-	N/A	-	-	N/A	Cargas centrífugas donde el torque inicial requerido es relativamente bajo	bajo
O	Motor pequeño	-	N/A	-	-	N/A		
L	Motor pequeño	-	100%	-	-	N/A	Ventiladores, sopladores, bombas centrífugas juego motor-generador donde el torque inicial es relativamente bajo	Medio o bajo
M	Motor pequeño	-	100%	-	-	N/A	Ventiladores, sopladores, bombas centrífugas juego motor-generador donde el torque inicial es relativamente bajo	Medio o alto

Fuente: Javier, Sanz. *Máquinas Eléctricas*

Tamaño De Motores Nema (Frame)

En Estados Unidos, la mayor institución nacional en estándares eléctricos es la National Electrical Manufacturers Association (NEMA), cuyo objetivo principal es facilitar la cooperación entre fabricantes y usuarios de equipos eléctricos. Todos los grandes fabricantes de equipos eléctricos en EE.UU. son miembros de esta asociación.

Las publicaciones de NEMA son bastante más detalladas que las de IEC y sus estándares son más estrictos. Entre sus publicaciones, la MG1 puede ser considerada como una guía para el diseño de motores estándares que cumplan con requerimientos NEMA.

Frame

Tamaño de carcasas, Nema define las dimensiones físicas del motor, usualmente son 4 caracteres alfanuméricos, este código de las medidas que debe tener el motor en ciertos lugares, por ejemplo, la distancia de la base al eje o a la distancia entre los pernos de agarre con la base. Existen al menos 3 tipos de códigos nema, porque a lo largo del tiempo se han cambiado los códigos, antes de 1952 no llevaban ninguna letra, de 1952 a 1964 una U al final 364U y de 1964 a la fecha tienen la letra T al final del código (ejemplo 364T).

Otros sufijos que podemos encontrar son la letra Y (ejemplo 364TY no cumple dimensiones igual a 364T) el sufijo Z cumple con todas las dimensiones según estándar a excepción del largo del eje.

Sufijo	Explicación
T	Última revisión de Nema (1964)
U	Revisión Nema (1952-1964)
Z	Eje especial, consultar con fabricante
S	Eje más corto
C	Montaje con cara C

D	Para montaje con Flanger
V	Montaje Vertical
J JM y JP	Para aplicaciones en Bombas, eje más largo.
Y	Montaje no estándar

Los primeros 2 números divididos entre 4 nos proporciona la medida de altura del suelo al eje del motor en pulgadas (ejemplo: 364T sería $36/4=9$ ") si tenemos el 364T y el 365T el tercer número que es 4 y 5 respectivamente nos dice que la base de montaje 364T tiene agujeros más cercanos que la base del 365T.

En caso de los motores norma IEC (ejemplo 132L) nos dice que la altura del suelo al eje es de 132mm y la L puede variar con S o M, que nos indica que la base de montaje tiene un largo S pequeño, M mediano o L largo.

Designación De Los Frames

La designación del número de frame para motores IEC es directa, ya que corresponde a la distancia en milímetros que existe entre las patas y el punto medio del eje del motor. Sin embargo, esto no están directo para los motores NEMA.

Tamaño Normalizado De Motores Eléctricos. Nema

NEMA clasifica y estandariza los motores de acuerdo al tamaño, osea a las dimensiones físicas de los motores (FRAME), de esta manera el ingeniero podrá distribuir adecuadamente el espacio con el que cuenta para construir tan solo conociendo el código de tamaño del motor a usar.

Nema clasifica los motores con un numero natural y le adiciona una T o una U luego del número (por ejemplo: 143T), la T significa que el motor cumple con el estándar de la normatividad vigente NEMA, la

U significa que cumple con el estándar NEMA que se dio entre los años 1952 a 1964.

LA CODIFICACIÓN NEMA

Codificación Para Un Motor 143t

- 14: Dan la serie al agregarle un cero en este caso la serie es 140, además la altura del eje desde la base del motor, se logra en pulgadas al dividir por 4 ($14/4 =$ tres pulgadas y media)
- 3: Distancia entre ejes de los hoyos de la base para fijar el motor, se obtiene mirando la serie y luego este número, en este caso serie 140 numero 3, da cuatro pulgadas.
- De la anterior explicación se puede comprender de manera más sencilla con las características mostradas en la siguiente figura, determinadas por el código NEMA.

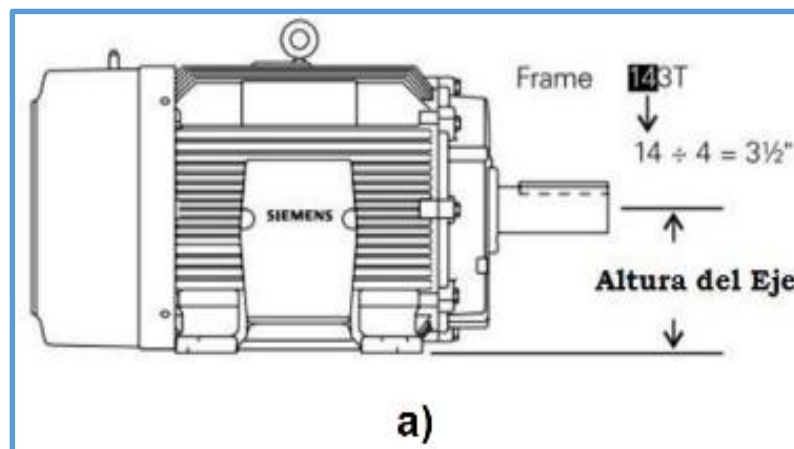


GRAFICO 13: Codificación Nema

Fuente: Javier, Sanz. *Máquinas Eléctricas*

Además NEMA ofrece otras dimensiones según el FRAME del motor (ej. 143T) y permite conocer de manera precisa la mayoría de dimensiones físicas del motor eléctrico. Un ejemplo de estas medidas se presenta en la siguiente figura

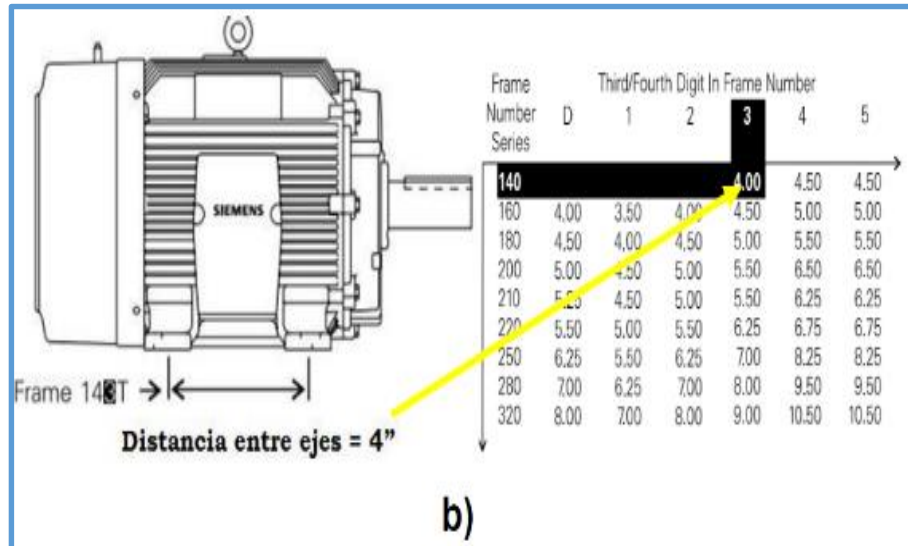


GRAFICO 14: Dimensiones según el FRAME

Fuente: Javier, Sanz. Máquinas Eléctricas

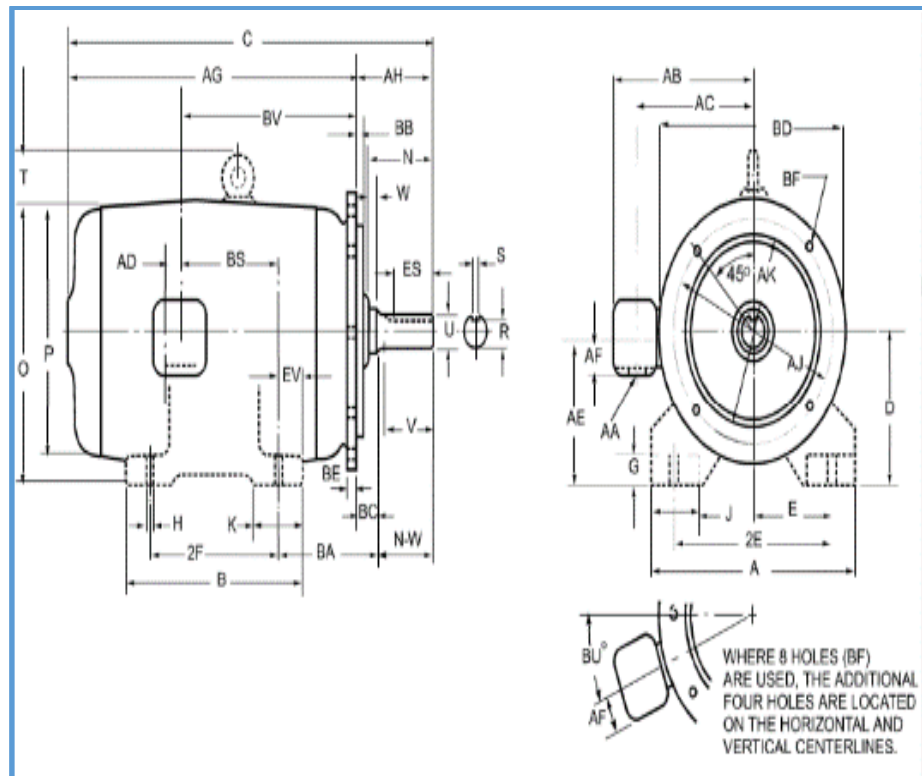


GRAFICO 15: Dimensiones según el FRAME

Fuente: Javier, Sanz. Máquinas Eléctricas

TAMAÑO DE MOTORES DE DIFERENTES MARCAS

Motores Weg

El tipo de carcasa es un dato fundamental en la elección del motor eléctrico, ya que permite identificar gran parte de sus dimensiones mecánicas.

El tamaño de la carcasa es definido por la potencia y rotación del motor y es identificado por la letra H, que va desde la base de soporte del motor hasta el centro del eje, medida en mm. La altura H es exactamente igual al modelo de la carcasa del motor, tratándose de motores IEC.

La línea de motores W22 posee cuatro diseños diferentes para cada rango de carcasa, definidas según las figuras en la continuidad.

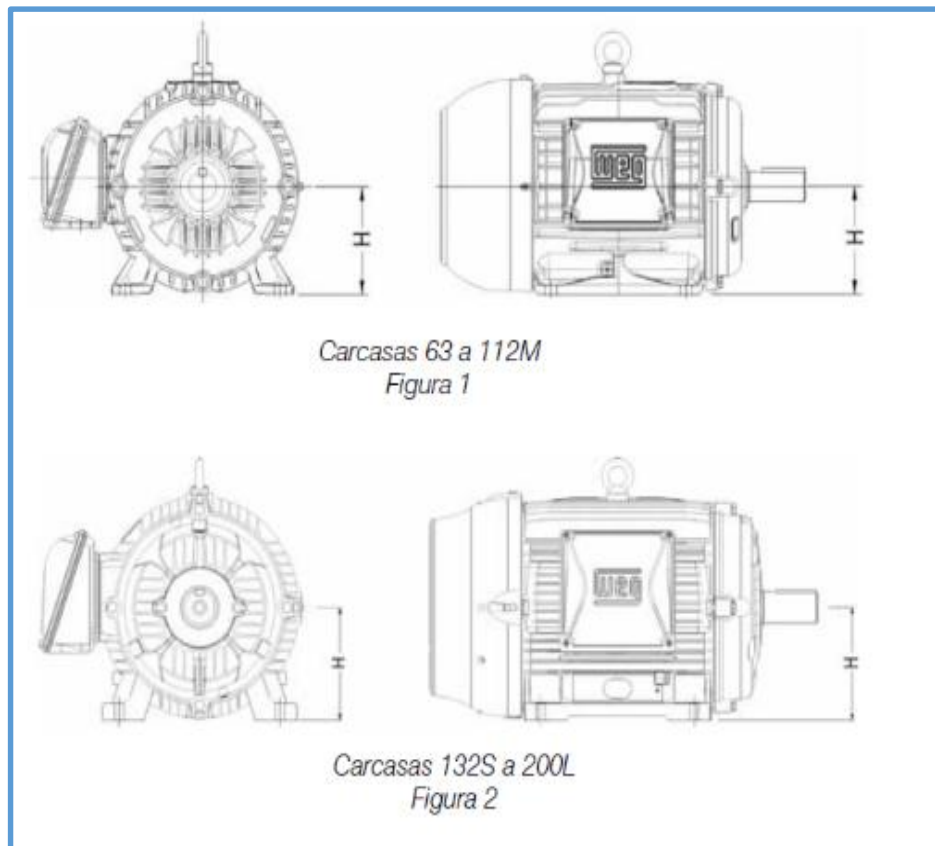


GRAFICO 16: Línea de motores W22

Fuente: <http://www.weg.net>

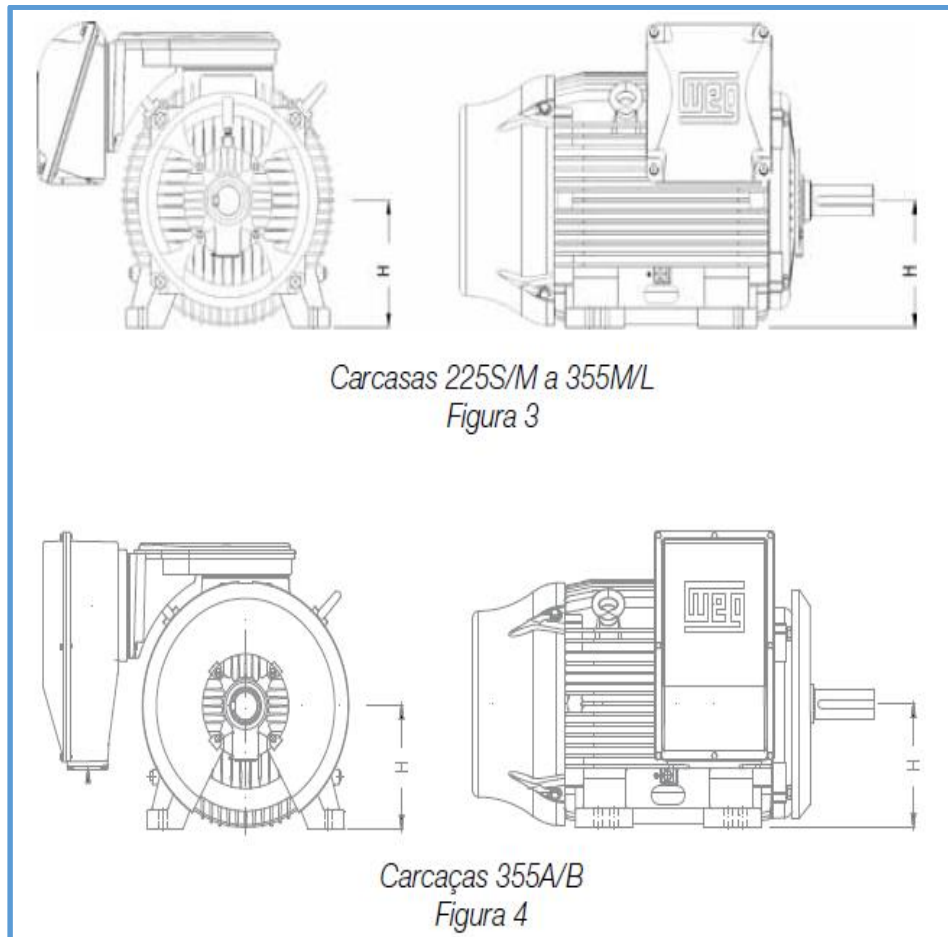


GRAFICO 17: Línea de motores W22

Fuente: <http://www.weg.net>

a. Formas Constructivas

Las formas constructivas definen cómo el motor va a ser fijado y acoplado a la carga. Los motores son normalmente suministrados en la forma constructiva B3D, (montaje en la posición horizontal, motor con patas, eje a la derecha mirando hacia la caja de conexión) Las demás formas constructivas pueden ser observadas en la tabla siguiente.

Forma Constructiva	Configuración																	
	Referencia	B3R(E)	B3L(D)	B3T	B5R(E)	B5L(D)	B5T	B35R(E)	B35L(D)	B35T	B14R(E)							
Detalles	Carcasa	Con patas	Con patas	Sin patas	Sin patas	Con patas	Con patas	Sin patas	Sin patas	Sin patas	Sin patas							
	Punta del eje	A la izquierda	A la derecha	A la izquierda	A la derecha	A la izquierda	A la derecha	A la izquierda	A la derecha	A la izquierda	A la izquierda							
	Fijación	Base o carriles	Base o carriles	Brida FF	Brida FF	Base o brida FF	Base o brida FF	Base o brida FF	Base o brida FF	Brida FC	Brida FC							
Forma Constructiva	Configuración																	
	Referencia	B14L(D)	B14T	B34R(E)	B34L(D)	B34T	V5L(D)	V5R(E)	V5T	V6L(D)	V6R(E)	V6T	V1	V3				
Detalles	Carcasa	Sin patas	Con patas	Con patas	Con patas	Con patas	Con patas	Con patas	Con patas	Sin patas	Sin patas	Sin patas	Sin patas	Sin patas				
	Punta del eje	A la derecha	A la izquierda	A la derecha	A la derecha	Abajo	Abajo	Arriba	Arriba	Abajo	Abajo	Arriba	Arriba	Arriba				
	Fijación	Brida FC	Base o brida FC	Base o brida FC	Base o brida FC	Pared	Pared	Pared	Pared	Brida FF	Brida FF	Brida FF	Brida FF	Brida FF				
Forma Constructiva	Configuración																	
	Referencia	V15L(D)	V15R(E)	V15T	V36L(D)	V36R(E)	V36T	V18	V19	B6L(D)	B6R(E)	B6T	B7L(D)	B7R(E)	B7T	B8L(D)	B8R(E)	B8T
Detalles	Carcasa	Con patas	Con patas	Con patas	Sin patas	Sin patas	Sin patas	Sin patas	Sin patas	Con patas	Con patas	Con patas	Con patas	Con patas	Con patas	Con patas	Con patas	Con patas
	Punta del eje	Abajo	Arriba	Arriba	Abajo	Abajo	Arriba	Arriba	Arriba	Para frente	Para frente	Para frente	Para frente	Para frente	Para frente	Para frente	Para frente	Para frente
	Fijación	Pared o brida FF	Pared o brida FF	Pared o brida FF	Brida C	Brida C	Brida C	Brida C	Brida C	Pared	Pared	Pared	Pared	Pared	Pared	Pared	Pared	Techo

GRAFICO 18: Forma constructiva

Fuente: <http://www.weg.net>

DESARROLLO ARGUMENTATIVO DEL TEMA

Criterios Para La Selección De Motores De Inducción

La selección adecuada de los motores eléctricos en general juega un papel fundamental, ya que de esto depende en gran medida el correcto funcionamiento y durabilidad de los mismos, al ser utilizados correctamente se reducen los tiempos de mantenimiento y por lo tanto se asegura su funcionamiento con periodos de interrupción mínimos. La mayoría del equipo para desarrollo de potencia mecánica tiene incorporado un motor eléctrico, por ejemplo: un compresor de aire, un taladro, una fresadora etc., el motor eléctrico se encuentra instalado como parte del equipo;

Cuando por alguna razón es necesario reemplazar el motor de un equipo se reemplaza por uno de las mismas características; para esto basta con verificar la placa de características del motor a sustituir, en estos casos no es necesario conocer mucho de motores ni de su selección. Pero la mayoría de los problemas que se presentan en la práctica no son tan simples como esto. Cualquier máquina eléctrica rotatoria tiene como aspecto importante su tamaño expresado en términos de su potencia, la velocidad a que debe operar, el ciclo de trabajo que debe desarrollar, el tipo de montaje de la base y algunos otros factores que en ocasiones no se relacionan con la selección de motores. Los fabricantes de equipos motorizados especifican los tipos de motores que utilizan. Estos motores por lo general los seleccionan los ingenieros de aplicación de la compañía fabricante. Existen varios criterios para la selección adecuada de los motores, en general se tienen los siguientes:

- ✓ Potencia en la entrada o la salida, expresada en HP o kilowatts
- ✓ Características de la carga por accionar.
- ✓ Velocidad nominal en RPM

- ✓ Tamaño de la carcasa.
- ✓ Clasificación por velocidad.
- ✓ Efecto del ciclo de trabajo.
- ✓ Temperatura ambiente.
- ✓ Elevación de temperatura en la máquina.
- ✓ Voltaje nominal.
- ✓ Tipo de carcasa y condiciones ambientales.
- ✓ Requerimientos de mantenimiento y accesibilidad.
- ✓ Frecuencia del sistema del cual se va a alimentar.
- ✓ Número de fases.
- ✓ Por el tipo de arranque.

MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA

Principio De Motores Y Generadores Dc

El devanado inducido o Armadura de un Generador o Motor de Corriente continua está situado en el rotor tomándose la corriente de él a través de escobillas de carbón. El devanado inductor o Campo está en el estator y se excita con corriente continua. La figura (1.1) representa esquemáticamente un generador elemental de dos polos.

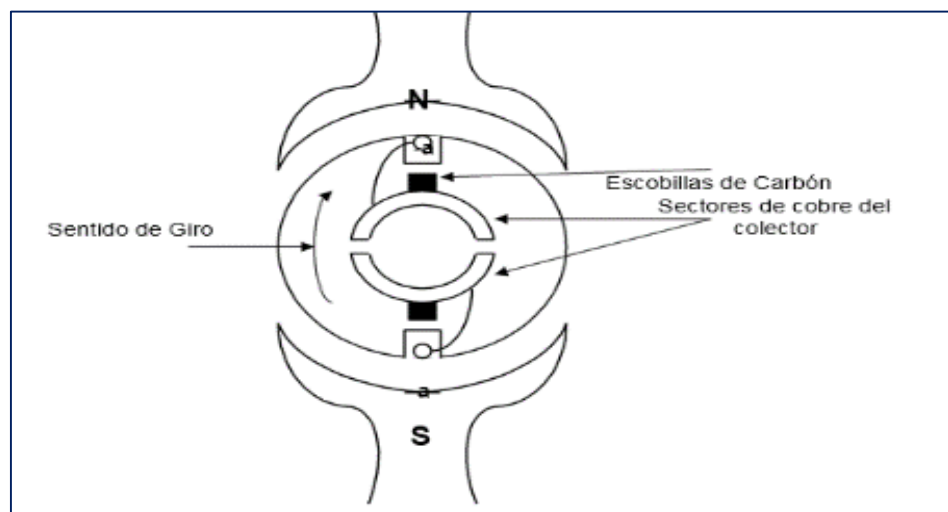


Figura 1-1: Máquina de corriente continua elemental con colector.

Definiciones

Los motores DC que son usados en Palas P&H con Electro torque, tienen 2 fuentes de alimentación independientes. Una fuente es para la corriente de Armadura, la otra suministra la corriente de Campo. Por esta razón, estos motores son llamados Motores DC de excitación separada. La Figura (1.2) muestra un diagrama de la excitación.

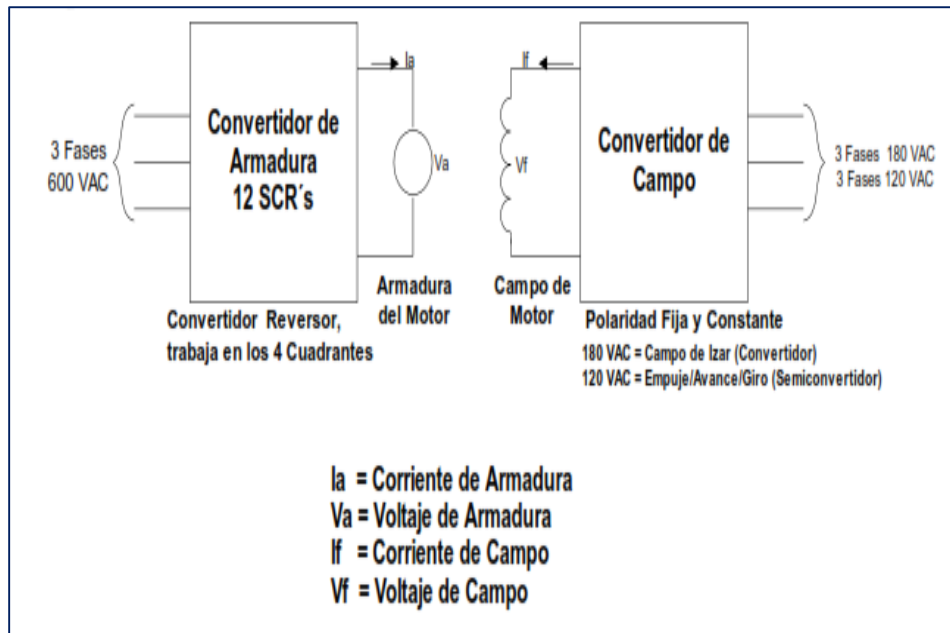


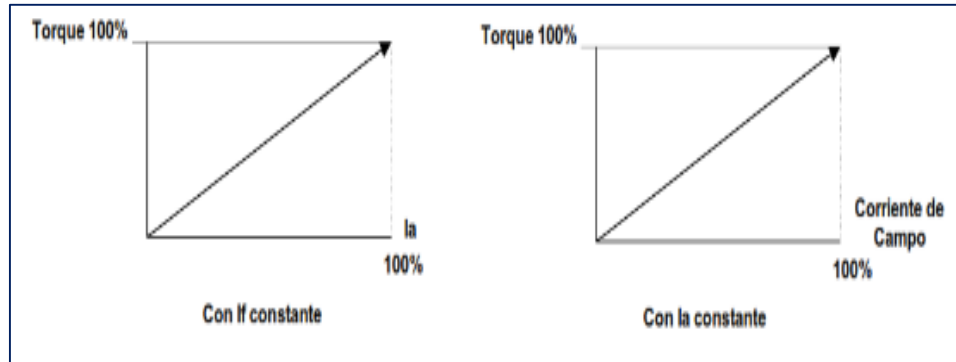
Figura 1-2: Diagrama de alimentación de un motor DC de excitación separada.

La corriente fluye a través de las bobinas de Campo y genera un campo magnético, la fuerza de este campo magnético es proporcional a la corriente de campo " I_f " y al número de vueltas de las bobinas de campo.

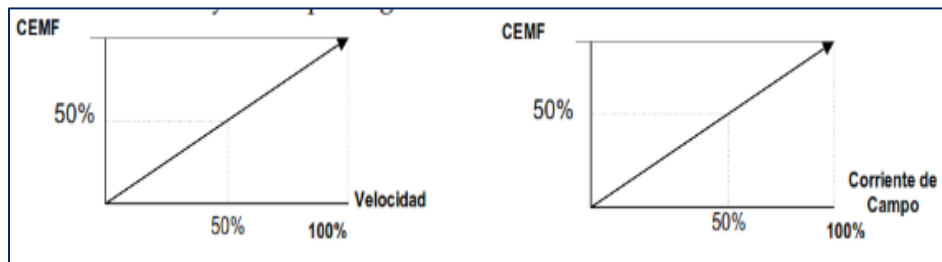
La corriente de Armadura fluye a través de las escobillas de carbón y el conmutador hasta las bobinas de armadura del motor. Esta corriente también produce un campo magnético. La interacción de estos dos campos magnéticos crea un efecto rotacional llamado

Torque.

El Torque es proporcional a la Corriente de Armadura y a la corriente de Campo. Las dos curvas que se muestran a continuación ilustran este principio.



Cuando la armadura del motor comienza a girar, las bobinas de la armadura cortan el capo magnético generado por la corriente de campo; esto origina que un voltaje sea inducido en la armadura. Este voltaje es llamado “Fuerza Contra electromotriz” (CEMF). La fuerza contra electromotriz es proporcional a la velocidad del motor y al campo magnético.



Se puede invertir el sentido de giro de un motor DC invirtiendo la Corriente de ARMADURA o la Corriente de CAMPO, invirtiendo una de estas corrientes, se invierte el Torque del Motor el cual inicialmente lo frena y luego acelera en la dirección opuesta.

El término “Resistencia de Armadura” está referida a la resistencia óhmica de las bobinas de la armadura; esta es usualmente muy pequeña, un valor típico puede ser:

0.04 Ohmios

Curvas De Trabajo

La curva característica de trabajo del motor depende del tipo de fuente de alimentación.



Cuando un sistema de control es adicionado, el voltaje de Armadura puede ser variado y se pueden tener algunas características de movimiento deseadas.

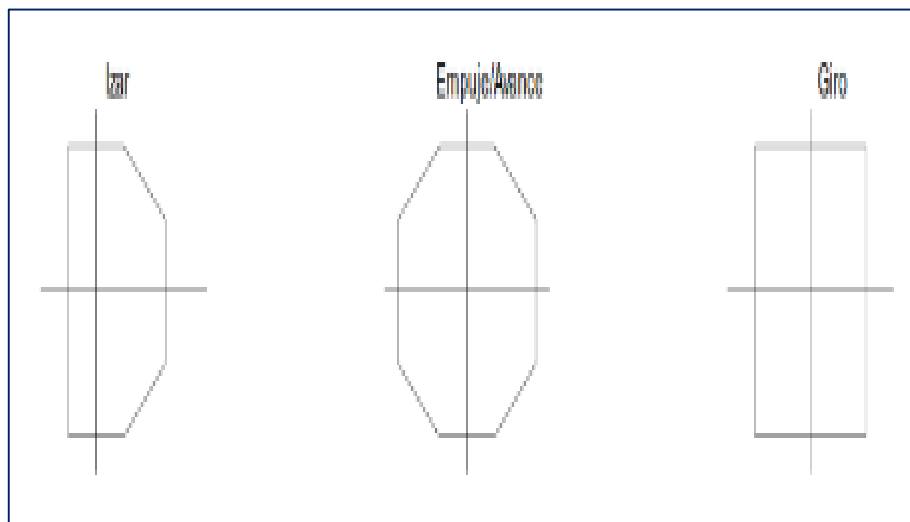


Figura 1-3: Diagrama del sistema eléctrico de empuje.

Debilitamiento De Campo

El Debilitamiento de Campo es usado en el movimiento de Izar, solo cuando el cucharón vacío está descendiendo. El Debilitamiento de campo solo es permitido cuando el sistema ha entrado a operar en el Cuarto Cuadrante. La Figura (1.4) muestra cómo trabaja este proceso.

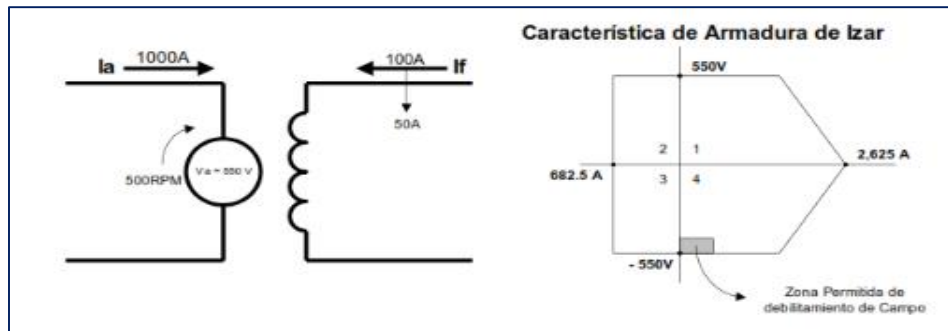


Figura 1-4: Diagrama del proceso de debilitamiento de Campo.

- Ventaja: Si la corriente de campo disminuye, el campo magnético también disminuirá; como resultado la Fuerza Contraelectromotriz disminuirá y la corriente de armadura aumentará. Entonces, habrá más torque y la velocidad del motor aumentará.

Conclusión: El debilitamiento de la corriente de Campo, permite que el motor incremente su velocidad.

- Desventaja: En muchas aplicaciones la corriente de armadura está limitada a un valor máximo para proteger al motor. De esta manera, el máximo Torque que puede entregar el motor depende del campo magnético. Si la corriente de campo disminuye, el máximo Toque disponible es también disminuye.

Conclusión: el arranque o parada de un motor cargado requiere máximo Torque, en esta condición no puede aplicarse el debilitamiento de campo.

Características De Armadura

Cuando algún control es adicionado a la excitación de la armadura de un motor DC, se obtiene una curva característica de respuesta que corresponde al comportamiento deseado del sistema.

En la pala 4100A, el control electrónico Electro torque, adiciona determinada característica para determinado tipo de movimiento. Esta característica limita o la velocidad o el Torque del Motor DC de acuerdo a las necesidades del trabajo.

- **Movimiento De Izar:** La Figura 1.5 muestra la curva característica de las Armaduras de los motores de Izar, la cual corresponde a un control de Velocidad con límite de Torque.

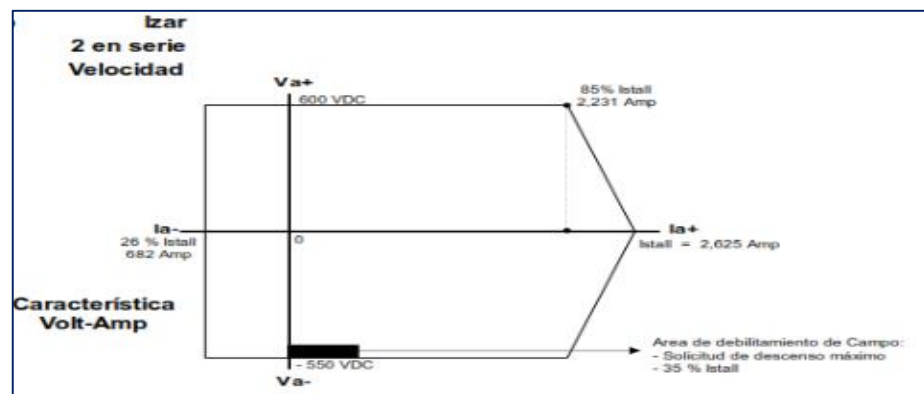


Figura 1-5: Diagrama del proceso de debilitamiento de Campo.

La forma como están conectadas las dos armaduras, es mostrada en la figura 1.6. el lector debe notar que el contactor que aparece en esta figura es el que permite conmutar el convertidor de Izar #1 para el motor de avance #1.

Nótese también que para poder obtener 2 fuentes DC independientes, se usan los dos secundarios del transformador principal, esto también permite balancear la carga en ambos.

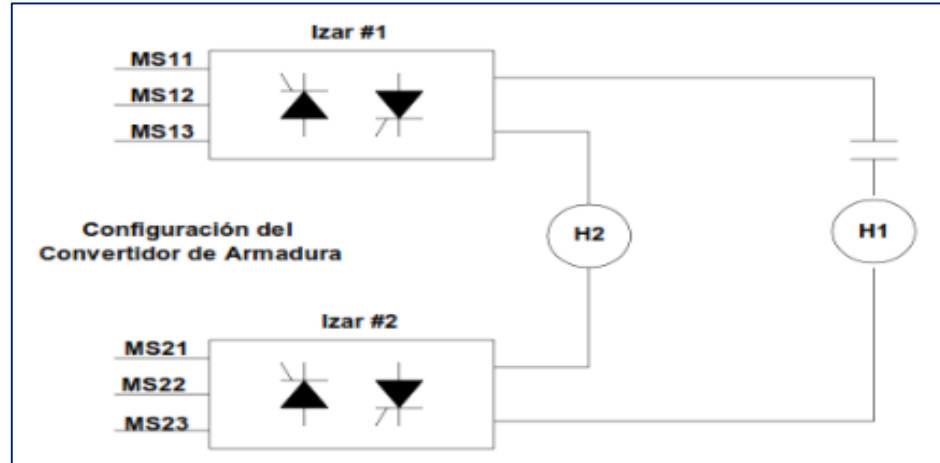


Figura 1-6: Configuración de los convertidores y armaduras de Izar, se usan 24 SCR's; 12 para cada convertidor.

- **Movimiento De Giro:** La figura 1.7 muestra la curva característica de las Armaduras de los motores de Giro, la cual corresponde a un control de Torque con límite de velocidad.

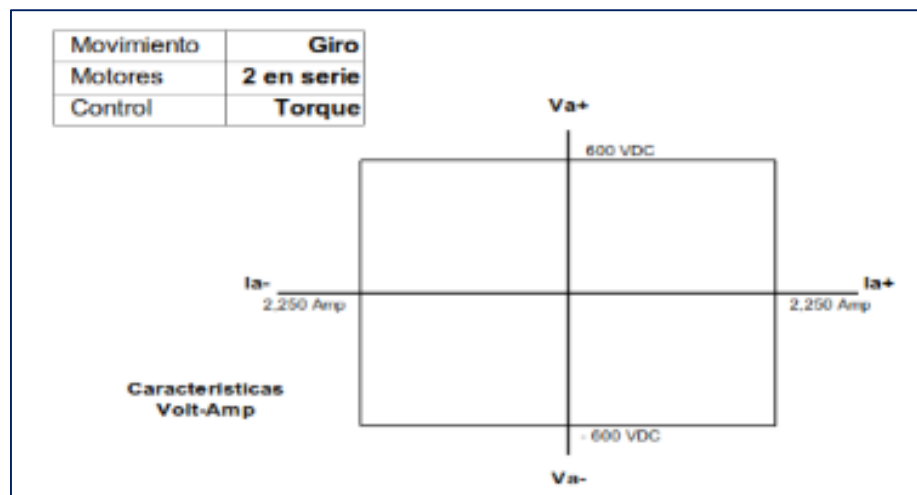


Figura 1-7: Curva característica de respuesta del Control de la Armadura de Giro.

La forma como están conectadas las dos armaduras, es mostrada en la Figura 1.8 Nótese que solo se usa un convertidor para alimentar a las 2 armaduras de los motores conectadas en serie.

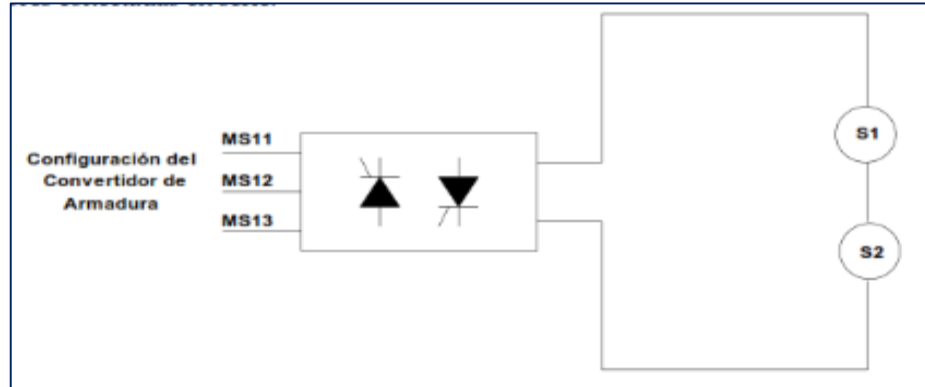


Figura 1-8: Configuración del convertidor y las armaduras de Giro, se usan solo 12 SCR's y un solo convertidor.

➤ **Movimiento De Empuje:** La figura 1.9 muestra la curva característica de la Armadura del motor de Empuje, la cual corresponde a un control de Velocidad con límite de Torque.

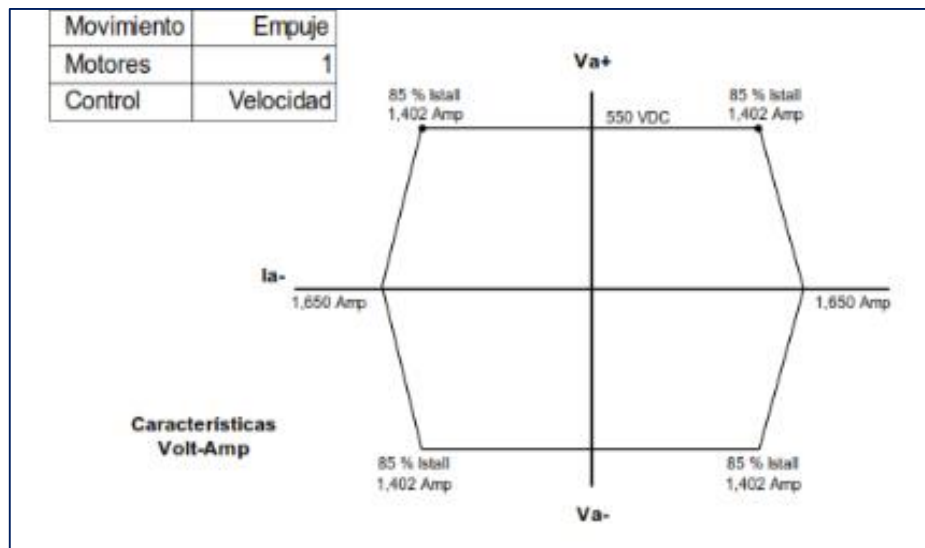


Figura 1-9: Curva característica de respuesta del Control de la Armadura de Empuje.

La forma como está conectada la armadura con el convertidor, es mostrada en la figura 1.10. Nótese que se usa un contactor para permitir el uso de este convertidor con el motor de Avance #2.

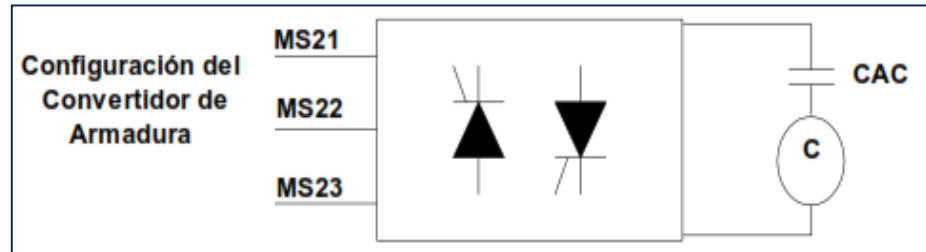


Figura 1-10: Configuración del convertidor y la armadura de Empuje.

- **Movimiento de Avance:** La figura 1.11 muestra la curva característica de las Armaduras de los motores de Empuje, la cual corresponde a un control de Velocidad con límite de Torque. En este circuito, el motor de avance #1 está orientado al convertidor de Izar #1, en el caso de Izar cuando el controller se aplica adelante, el cucharón baja y el motor de Avance #1 avanza siendo el convertidor que trabaja el reverso.

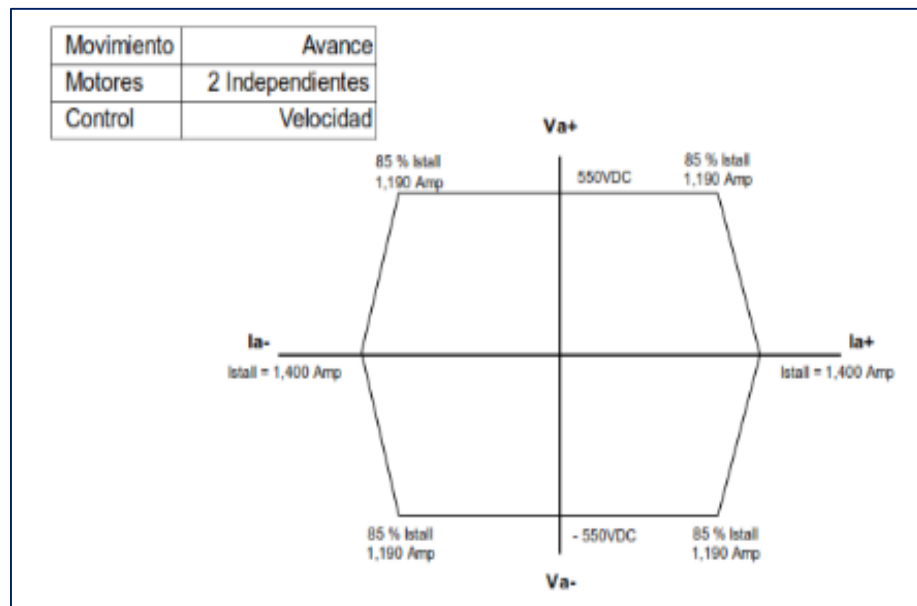


Figura 1-11: Característica de Armadura de los Motores de Avance.

De la misma manera, el motor de Avance #2 está orientado al convertidor de Empuje. La figura 1.12 muestra el diagrama de conexión de los Motores de Avance y los convertidores con los que trabajan.

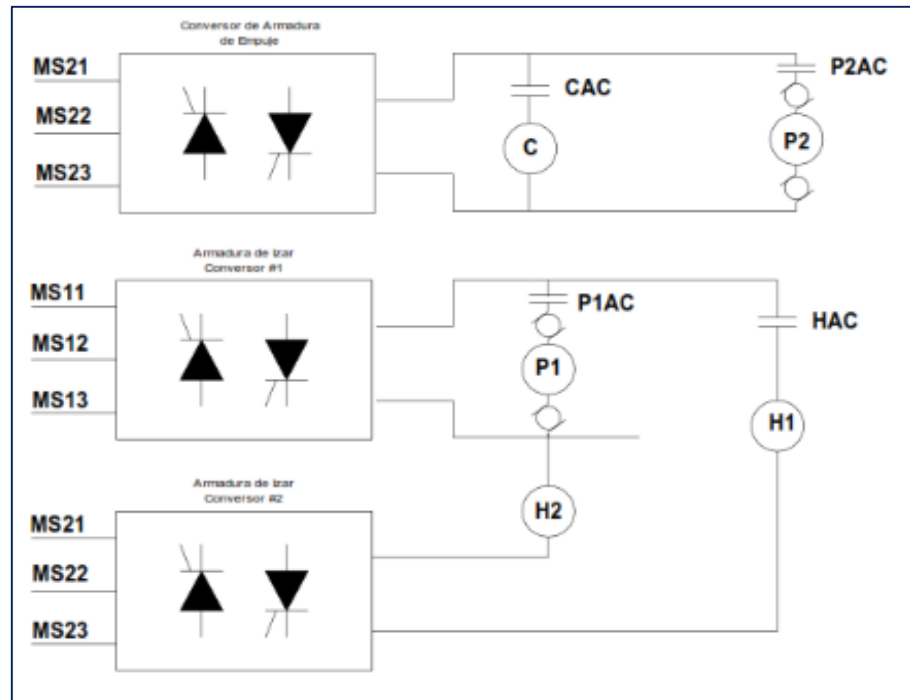


Figura 1-12: Configuración de los convertidores de Izar y Empuje con las armaduras de los motores de Avance.

Características De Campo

Tan importante como la curva de respuesta de armadura, es también la característica de respuesta de Campo para cualquier motor; más aún cuando existe la opción de debilitamiento de campo.

Todos los motores DC de la Pala 4100A usan Semiconvertidores para alimentar sus campos, con excepción de los Motores de Izar que usan un Convertidor para alimentar sus campos.

APLICACIONES DE LA PALAS ELÉCTRICAS

Las palas eléctricas se usan principalmente como cargadoras de camiones volquete, dúmper, en las minas a cielo abierto. En el pasado eran utilizadas en obras civiles de gran envergadura como construcciones de presas o canales, y también como dragas.

GRÁFICOS DE LA PALA ELÉCTRICA DE CORRIENTE CONTINUA

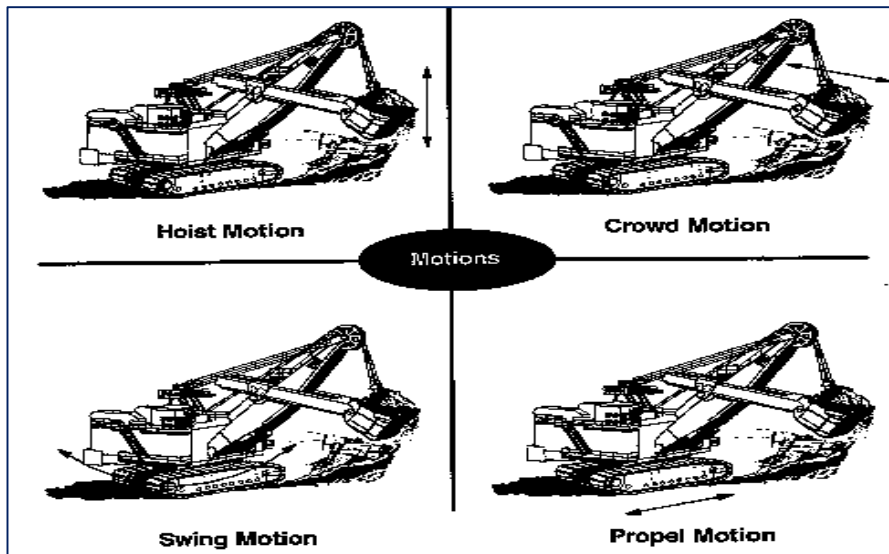


Figura 1-13: Movimientos de la Pala Eléctrica.

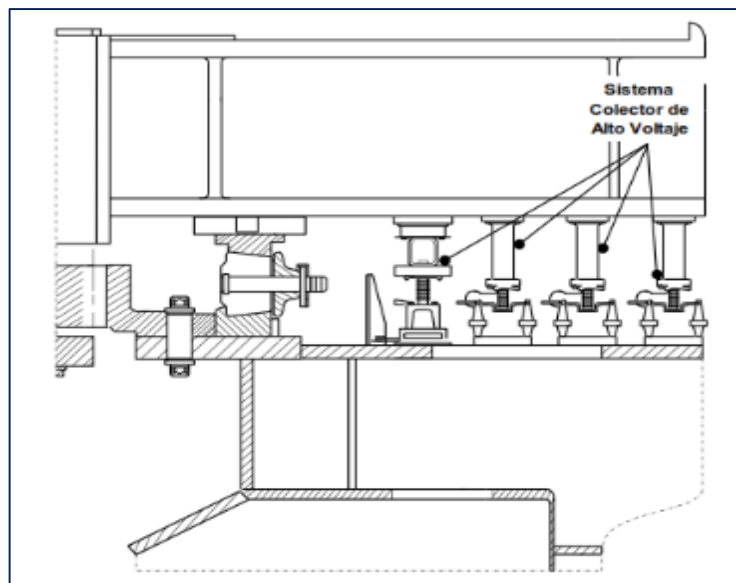


Figura 1-14: Sistema Colector de Alto Voltaje.

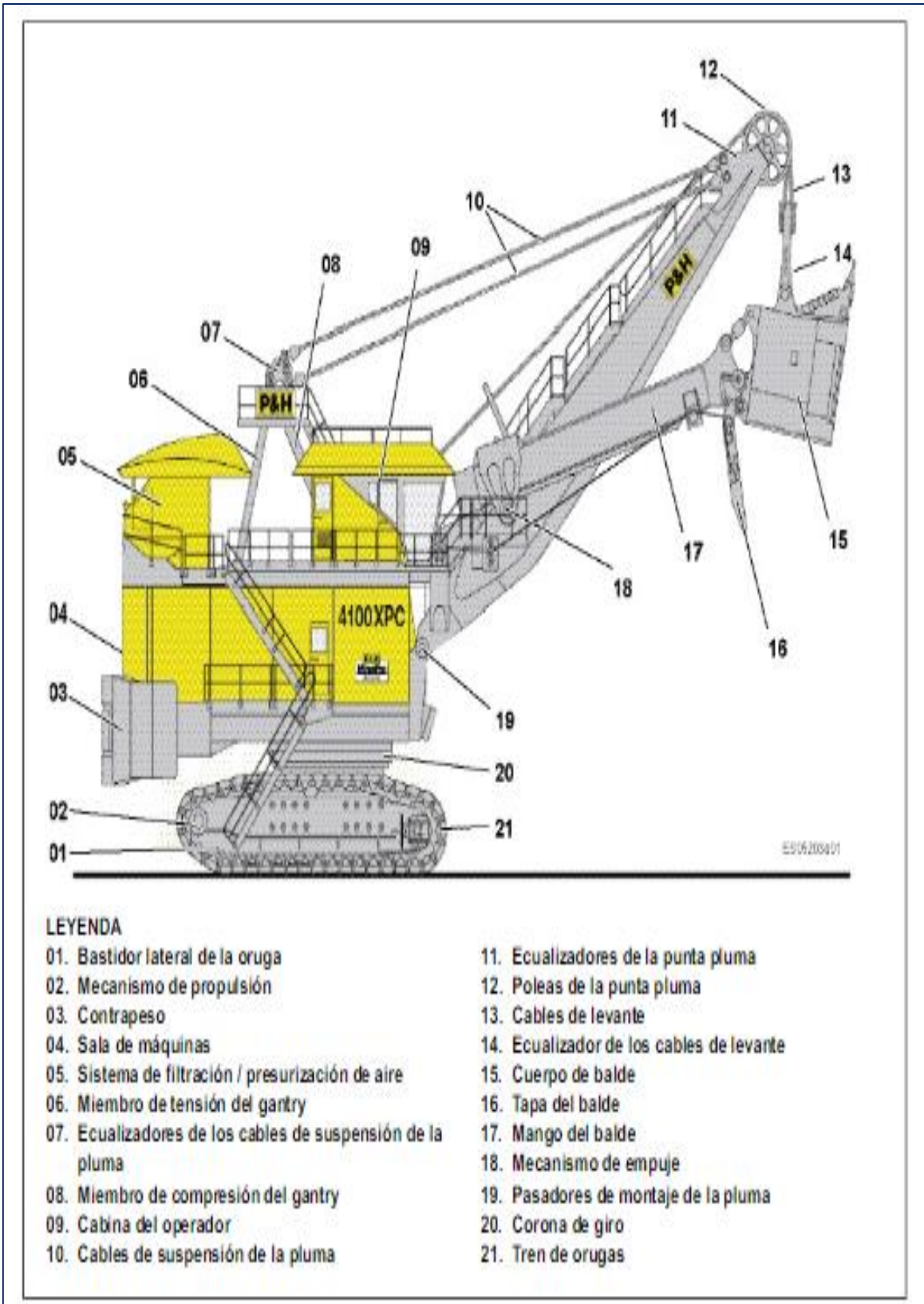


Figura 1-15: Vista exterior de la Pala.

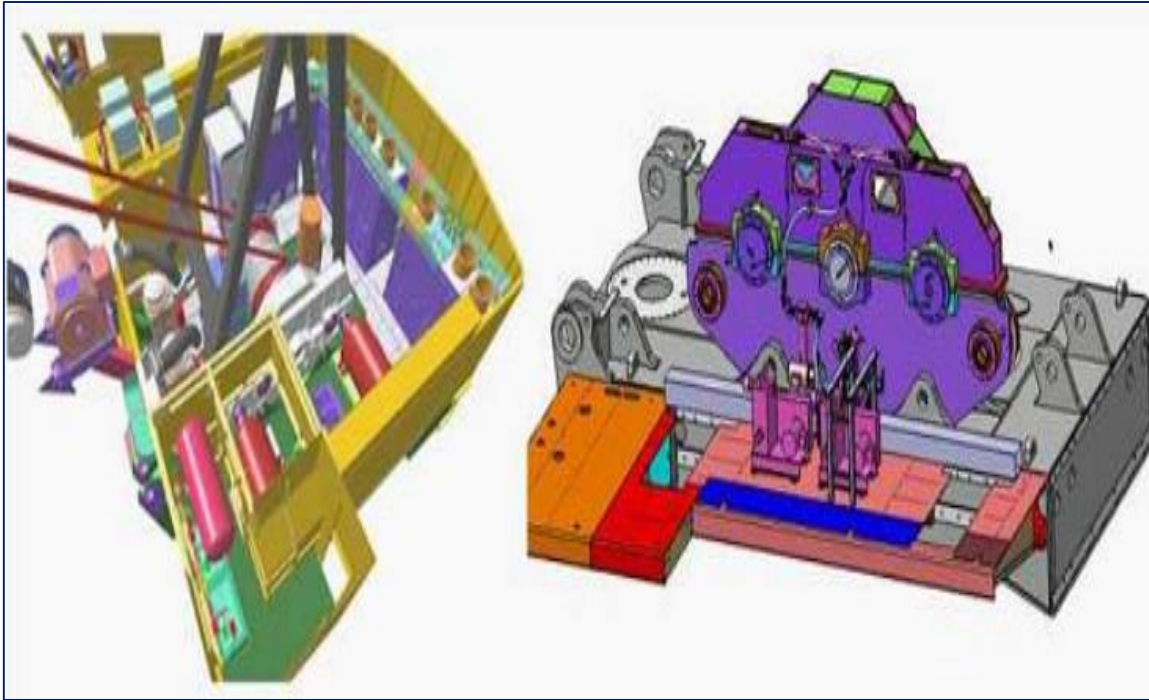


Figura 1-16: Sistema de levante pala P & H 4100.

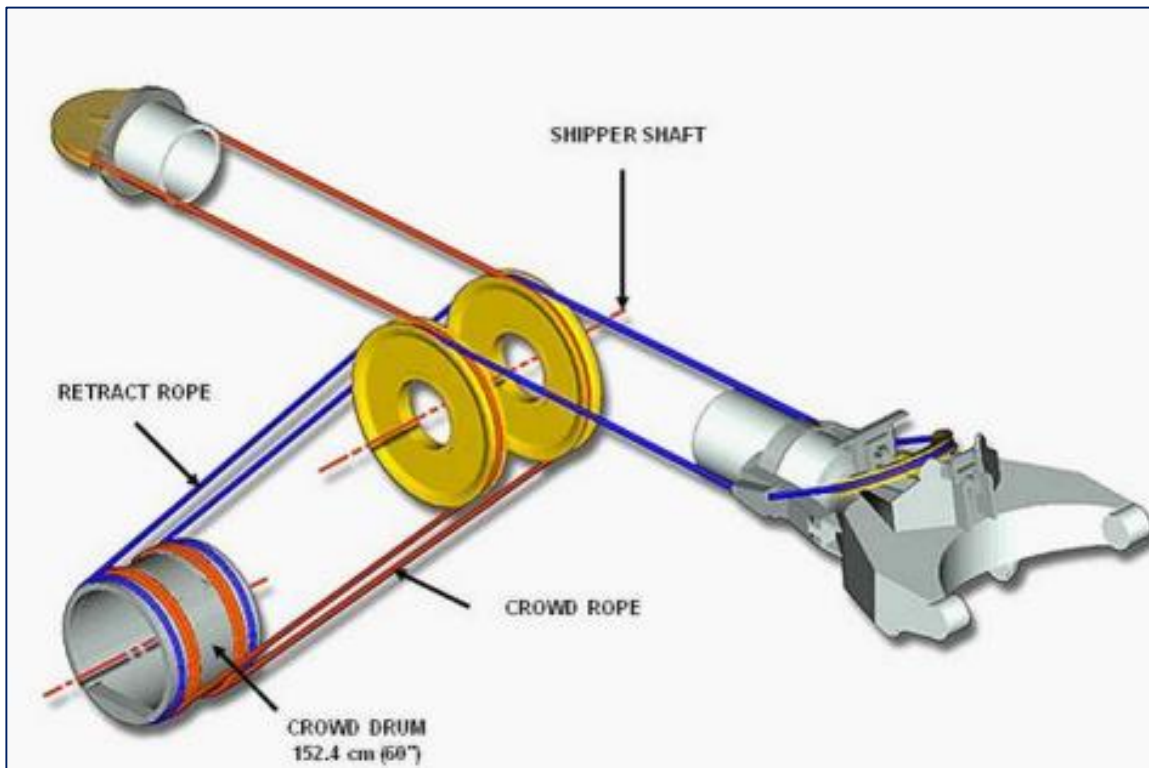


Figura 1-17: Mecanismo de empuje y recogida de la Pala.

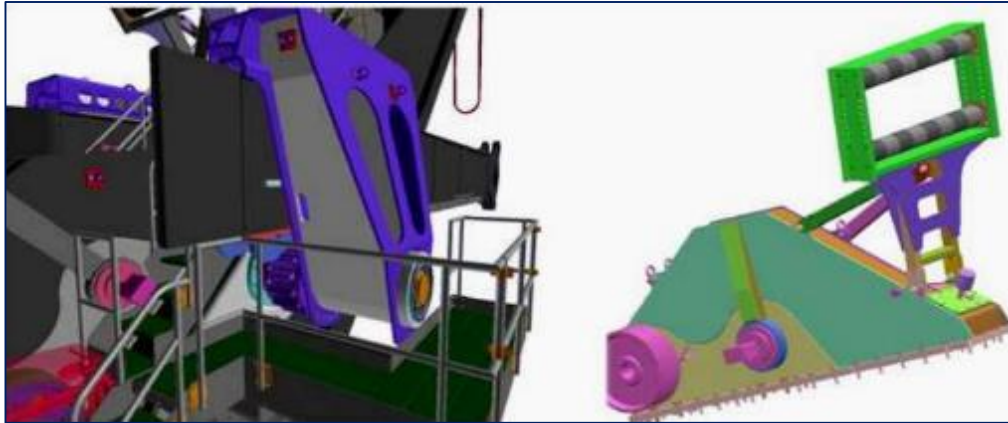


Figura 1-18: Sistema de empuje de la Pala P & H 4100.



Figura 1-19: Sistema de giro de la Pala P & H 4100.

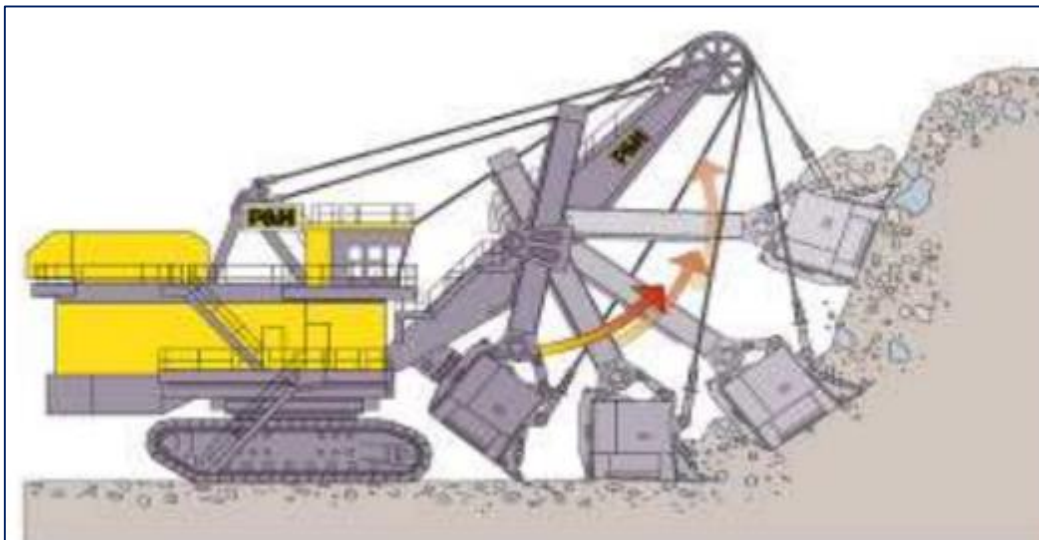


Figura 1-20: Aplicación de la Pala P & H 4100.

TEORÍA DE OPERACIÓN ELÉCTRICA

Sistema Centurión

El sistema de control eléctrico Centurión es el proceso de control de la potencia de CA para conducir los motores de los movimientos de levante, empuje, propulsión y giro. En Figura 2-1 se muestra un diagrama de bloque básico del sistema.

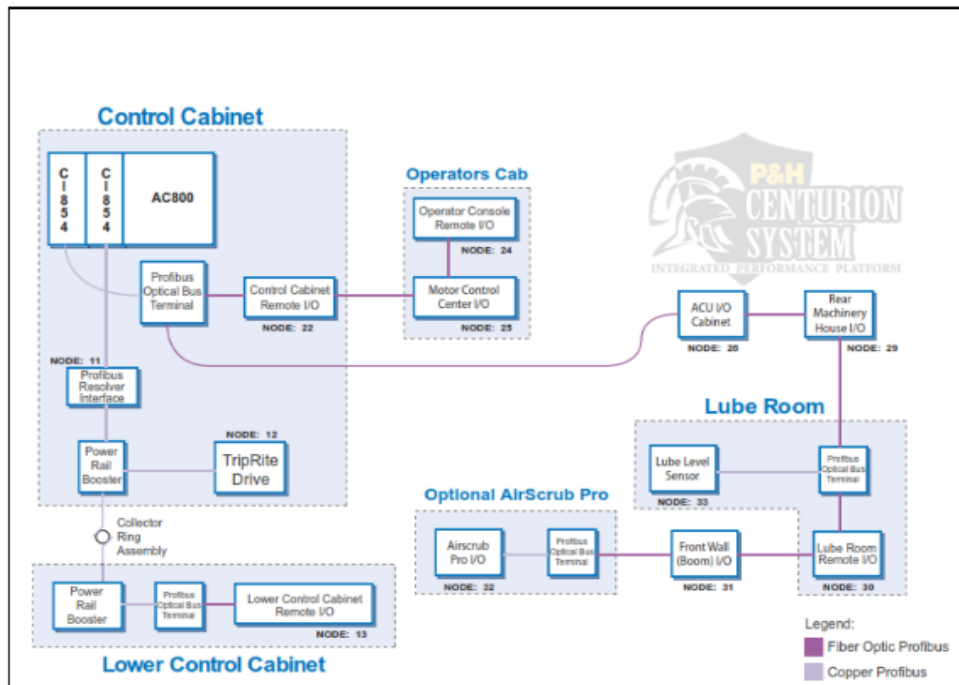


Figura 2-1: Diagrama de bloque del sistema de control Centurión.

El diseño del sistema Centurión se centra en el tipo de motores de CA usados en todos los movimientos de la pala eléctrica de minería P&H.

Unidad De Suministro IGBT

La pala CA consta de 10 unidades de suministro IGBT (ISU, por sus siglas en inglés). Las unidades de suministro IGBT incluyen:

- módulo de suministro IGBT

- filtro de línea (filtro LCL)
- fusibles y dispositivos opcionales

El módulo de suministro IGBT rectifica la corriente trifásica CA a corriente continua para el enlace intermedio de CC del drive. Además, el módulo de suministro de IGBT es un convertidor de modo interruptor de cuatro cuadrantes. El flujo de potencia a través del convertidor es reversible.

Consulte Figura 2-2, para ver un diagrama de la unidad de suministro IGBT.

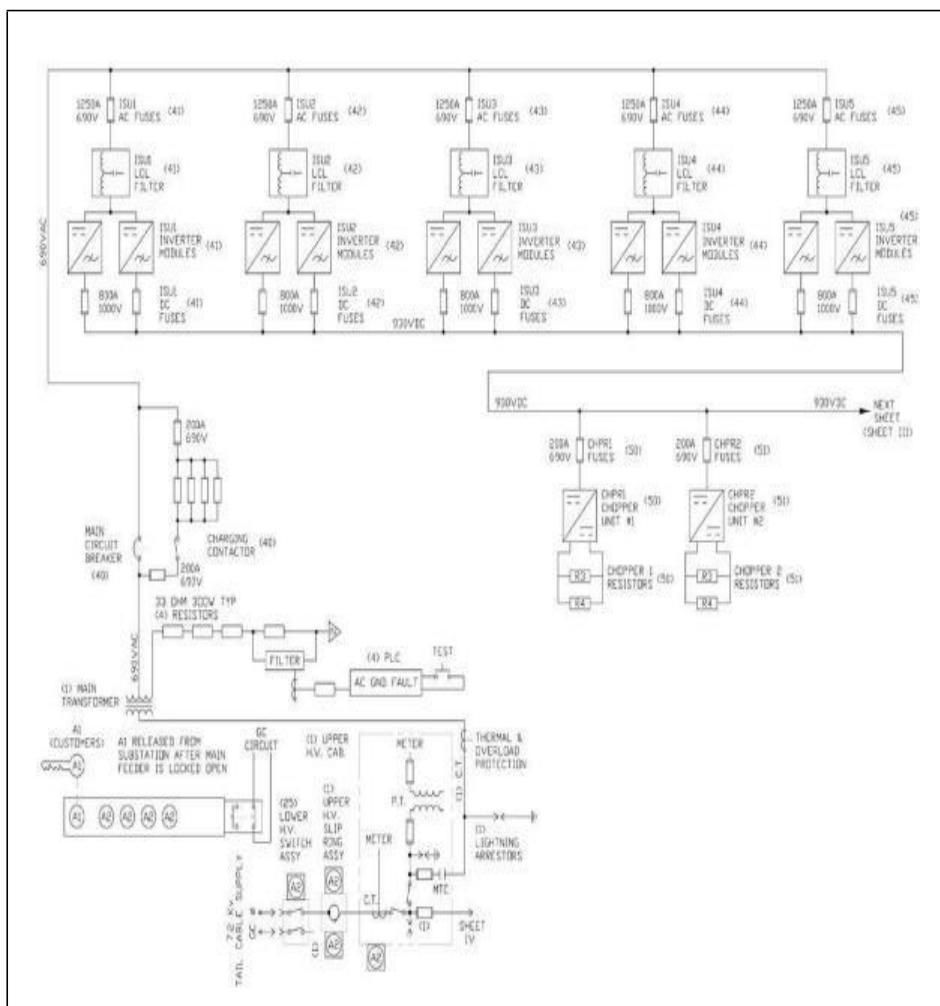


Figura 2-2: Diagrama de la unidad de suministro IGBT

Unidades Inversoras

Una unidad inversora contiene los componentes requeridos para controlar el motor, incluidos uno o más módulos inversores conectados en paralelo, y el equipo auxiliar necesario.

Redundancia (Capacidad Reducida De Funcionamiento)

Si debe quitarse uno de los módulos conectados en paralelo de la cabina para mantenimiento, los módulos restantes pueden continuar utilizándose con potencia reducida.

Sistema De Levante

El sistema eléctrico para el movimiento de levante consta de los siguientes componentes eléctricos principales:

- Ocho unidades inversoras
- Dos motores CA

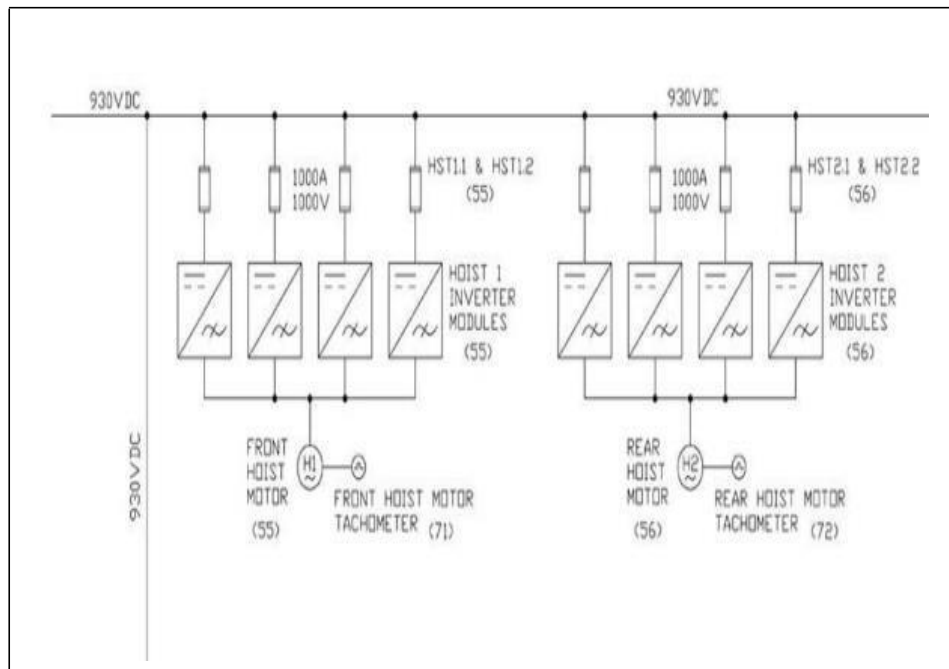


Figura 2-3: Diagrama unilineal del sistema eléctrico de levante.

Sistema De Empuje

El sistema eléctrico para el movimiento de empuje consta de los siguientes componentes eléctricos principales:

- Dos unidades inversoras
- UN MOTOR CA

Consulte Figura 2-4 para ver el diagrama unilineal del sistema eléctrico de empuje.

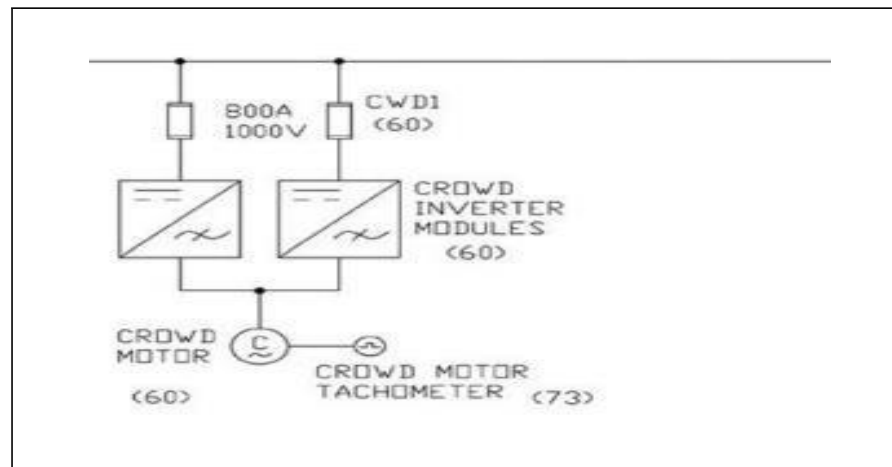


Figura 2-4: Diagrama unilineal del sistema eléctrico de empuje.

Sistema De Giro

El sistema de giro de la pala eléctrica contiene los siguientes componentes eléctricos principales:

- Cuatro unidades inversoras
- Dos motores CA (para una pala 4100XPC CA, hay tres motores CA).

Consulte Figura 2-5 para ver el diagrama unilineal del sistema eléctrico de giro.

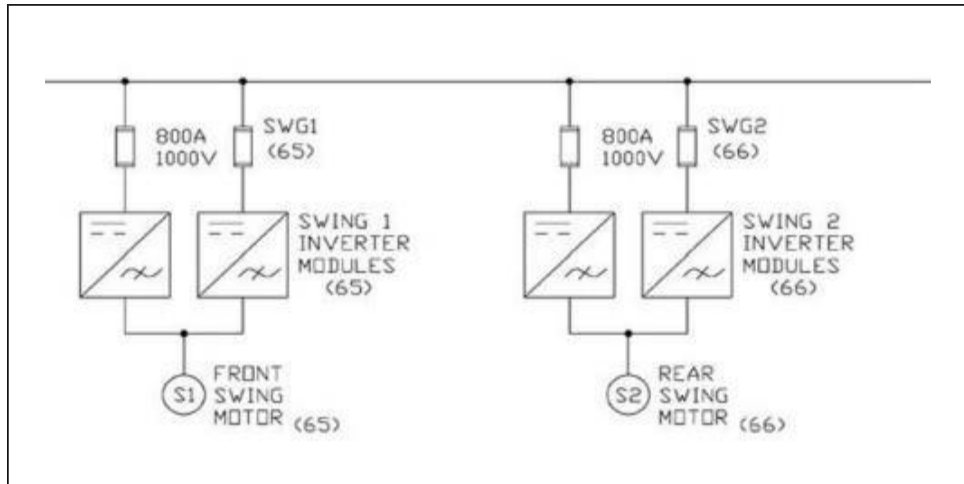


Figura 2-5: Diagrama unilineal del sistema eléctrico de giro (típico en una pala 4100C BOSS CA)

Sistema De Propulsión

El sistema eléctrico para el movimiento de propulsión consta de los siguientes componentes eléctricos principales:

- Cuatro unidades inversoras
- Dos motores CA

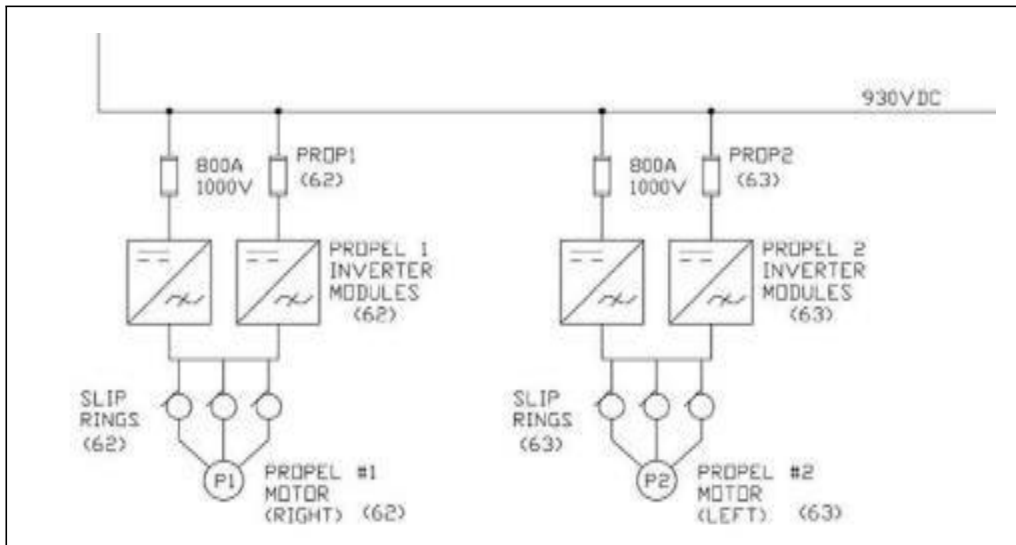


Figura 2-6: Diagrama unilineal del sistema eléctrico de propulsión.

SISTEMAS DE POTENCIA

Sistema De Potencia

Esta sección detalla la distribución de la potencia eléctrica en la pala eléctrica Centurión. La pala convierte la energía eléctrica de entrada en energía mecánica de salida en los motores de CA de los distintos movimientos para mover los componentes y conjuntos mecánicos de la pala en el proceso de carga.

Operación Del Sistema De Potencia

La primera conexión eléctrica y dispositivo de aislamiento en la pala es el interruptor de desconexión neumática con tierra. Éste se encuentra en la parte trasera del conjunto del chasis inferior de la pala. Este conjunto recibe la alimentación de alto voltaje de corriente alterna (CA) proveniente de una sub-estación conectada a la red de distribución eléctrica de la mina.

El chasis inferior de la pala se mantiene estacionario o fijo durante el ciclo de excavación mientras que el chasis superior de la tornamesa gira sobre el pin central y el tren de polines de giro. La unidad de suministro IGBT (ISU) que dan energía eléctrica a los motores de movimiento se encuentran ubicados en el chasis superior; por lo tanto, la energía eléctrica debe ser transferida desde la parte inferior a la superior a través de un conjunto de anillos colectores.

Un sistema de enclavamiento eléctrico de llave Kirk limita la exposición a la energía eléctrica de alta potencia presente en los conjuntos y cabinas de alto voltaje.

La cabina de alto voltaje proporciona la conexión y aislación eléctrica en el chasis superior giratorio. Esta cabina también contiene dispositivos y fusibles de protección contra rayos o descargas

eléctricas. El equipo opcional incluye transformadores de realimentación de corriente y voltaje y un medidor de suministro eléctrico de alto voltaje.

Un transformador principal trifásico, tipo seco, enfriado por aire, conexión delta-a-estrella proporciona el voltaje de alimentación a la alineación CA mediante la reducción de la alimentación de voltaje a 690VCA.

Un transformador auxiliar trifásico, tipo seco, enfriado por aire, conexión delta-a-estrella suministra los distintos voltajes de entrada mediante la reducción del alto voltaje a 480VCA, 240VCA y 208VCA.

Refiérase a la Figura 3-1 sobre un diagrama de bloque que detalla los componentes asociados a esta sección. El área sombreada identifica a todos los componentes que se encuentran en el chasis inferior fijo. Todos los demás dispositivos representados por bloques se encuentran en el chasis superior giratorio.

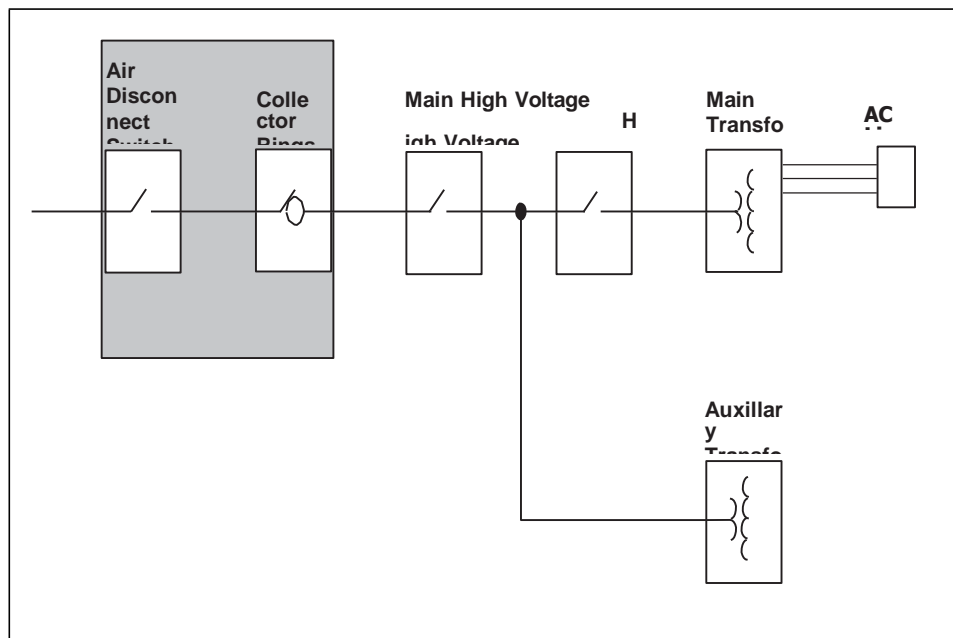


Figura 3-1: Diagrama de bloque de la distribución de potencia

La Figura 3-2 muestra el diagrama unilíneal de la distribución de potencia eléctrica.

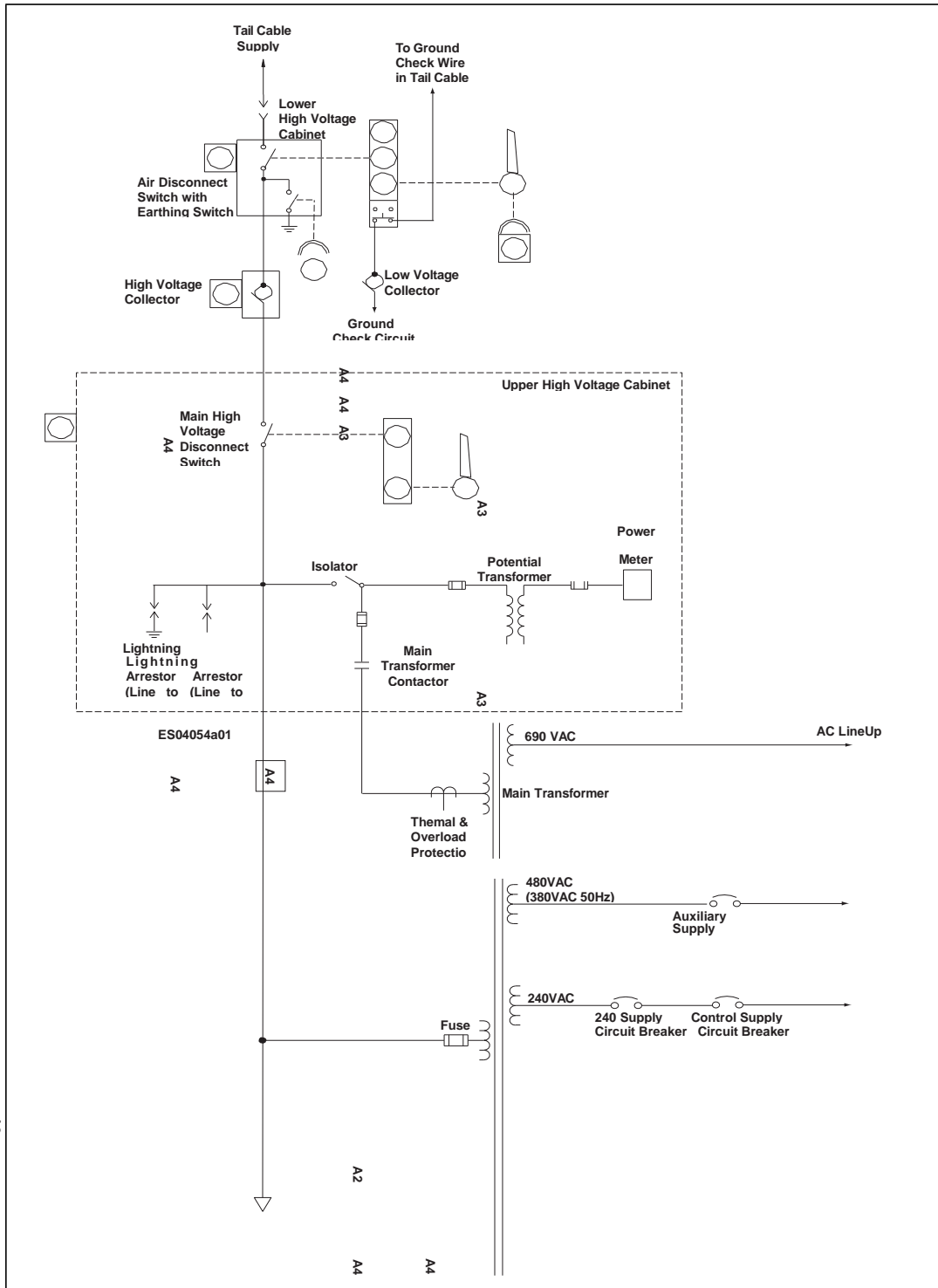


Figura 3-2: Diagrama unilíneal de la distribución de potencia eléctrica.

Interruptor De Desconexión Neumática Con Tierra

Este conjunto proporciona una conexión permanente y capacidad de aislación total al suministro de alto voltaje de la pala. Un cable de cuatro conductores porta el voltaje trifásico y la tierra ingresa a esta cabina para la distribución inicial a todos los conjuntos de la pala. La incorporación de un mecanismo de bloqueo con llave Kirk, asegura la aislación eléctrica cuando es necesario realizar algún servicio. Refiérase al Tema 2.5 para conocer detalles sobre el funcionamiento del sistema de enclavamiento con llave.

Las funciones de la conexión a tierra habilita la aplicación de la tierra a través del conjunto de anillos colectores, cuando los contactos de alto voltaje del interruptor de desconexión neumático están abiertos.

UBICACIÓN Y OPERACIÓN

Este conjunto se conecta directamente al carbody en la parte posterior derecha del chasis inferior. El motor de propulsión derecho y la transmisión de propulsión derecha se encuentran directamente al frente de esta cabina.

El cable cola que porta la alimentación de alto voltaje, la tierra y los cables de comprobación del circuito de tierra, ingresa a esta cabina a través de una abrazadera de cable y un conector para cable blindado, situado al frente de la puerta de la cabina. Un forro del cable en la conexión a tierra reduce la degradación de la aislación debido a los efectos de la corona de alto voltaje. Ver Figura 3-3.

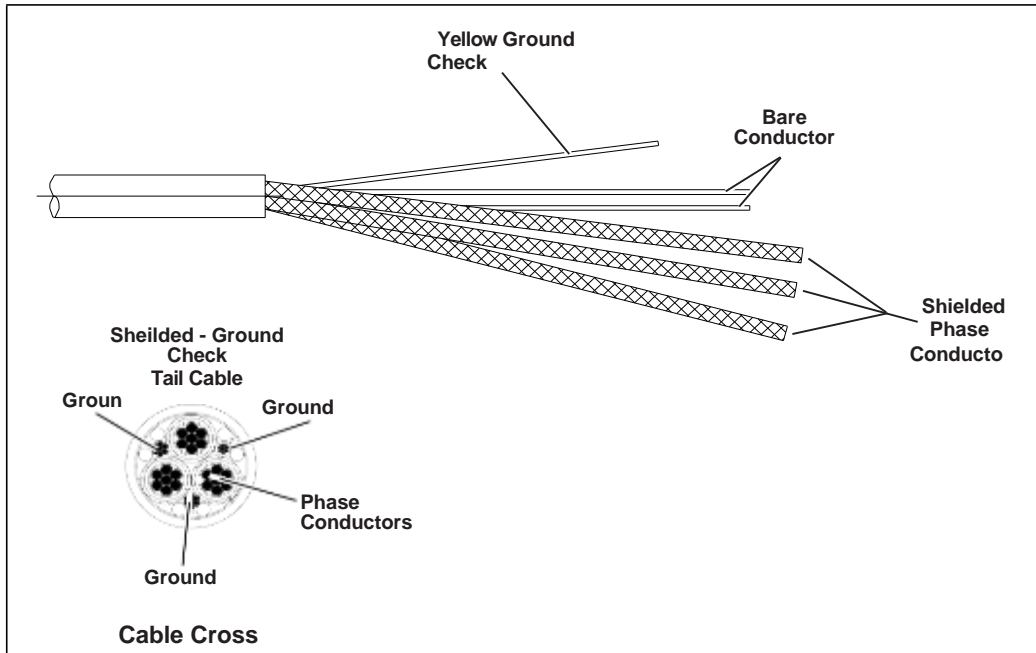


Figura 3-3: Cable cola

Cada conductor de fase blindado del cable cola se conecta a una barra colectora apertada a la parte superior del interruptor de desconexión neumático. Ver Figura 3-4.



Figura 3-4: Interruptor de desconexión neumático con tierra

Conjunto De Anillos Colectores 4100c Boss Ca/4100xpc Ca

Este conjunto proporciona conexiones eléctricas continuas, permitiendo al chasis inferior y al chasis superior rotatorio girar y mantener la continuidad eléctrica en toda la rotación de 360° durante el ciclo de excavación. Este conjunto se puede dividir en tres secciones:

- Comunicación - Conexión bidireccional de datos vía Profibus se usa en el sistema PLC I/O remoto.
- Bajo voltaje - Conexión para la distribución de 480VCA, el control de 120VCA y el voltaje de alimentación de los frenos desde el chasis superior al inferior.
- Alto voltaje - Conexión para la distribución del suministro trifásico de alto voltaje desde el chasis inferior al chasis superior.

Ubicación

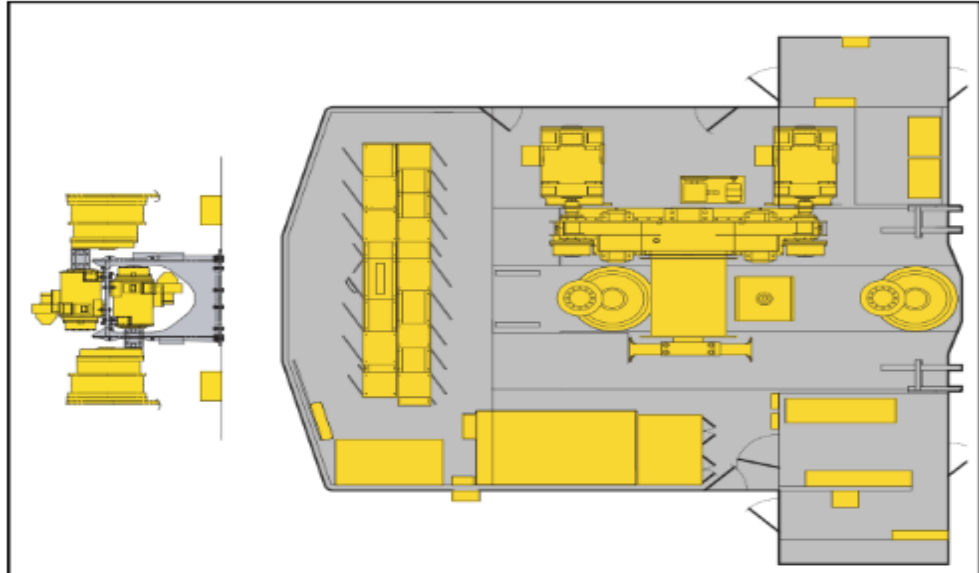


Figura 3-5: El conjunto de anillos colectores tiene un gabinete metálico protector que lo rodea. Una puerta interior con visor Plexiglás permite realizar inspecciones durante la operación de la pala.

Operación

Las tres secciones del Conjunto de anillos colectores se muestran en Figura 3-6.

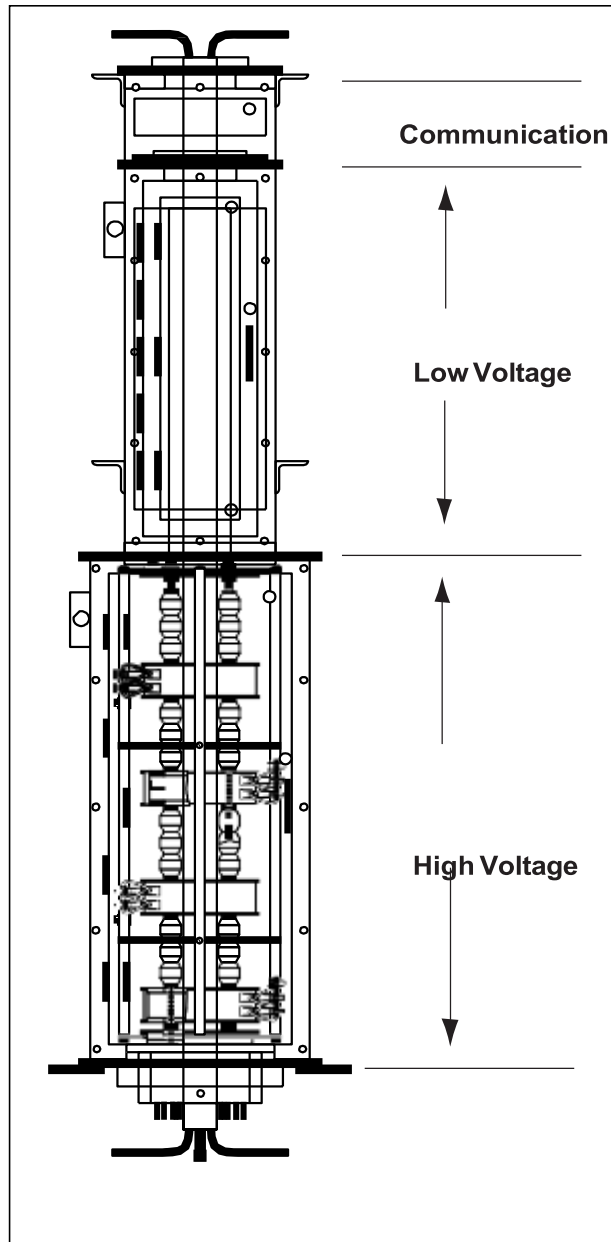


Figura 3-6: Secciones del conjunto de anillos colectores

La sección de alto voltaje contiene las cuatro (4) conexiones de anillo-escobillas de alto voltaje que portan la alimentación trifásica de alto voltaje y la tierra. Ver Figura 3-7

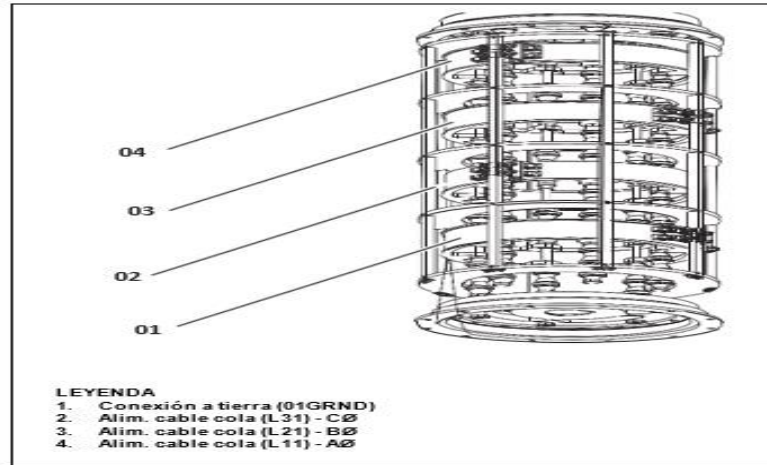


Figura 3-7: Conjunto de anillos colectores - Sección de alto voltaje

La sección de bajo voltaje del conjunto de anillos colectores contiene las conexiones para la alimentación de la armadura de propulsión, 460VCA ó 480VCA, 120VCA, el voltaje de alimentación de frenos y el monitor de tierra, que son utilizados por los conjuntos y componentes ubicados en el chasis inferior. Ve Figura 3-8

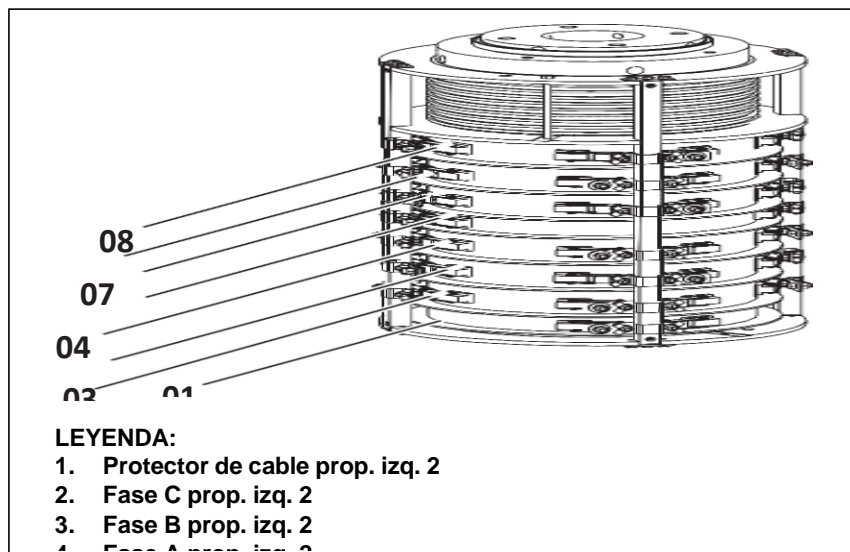


Figura 3-8: Conjunto de anillos colectores - Sección de bajo voltaje

Los ocho conectores de anillo-escobillas que se encuentran en la parte superior de la sección de bajo voltaje portan voltajes y señales con valores de corriente inferiores a la parte inferior de la sección de bajo voltaje, de allí que su tamaño sea menor. Ver Figura 3-9.

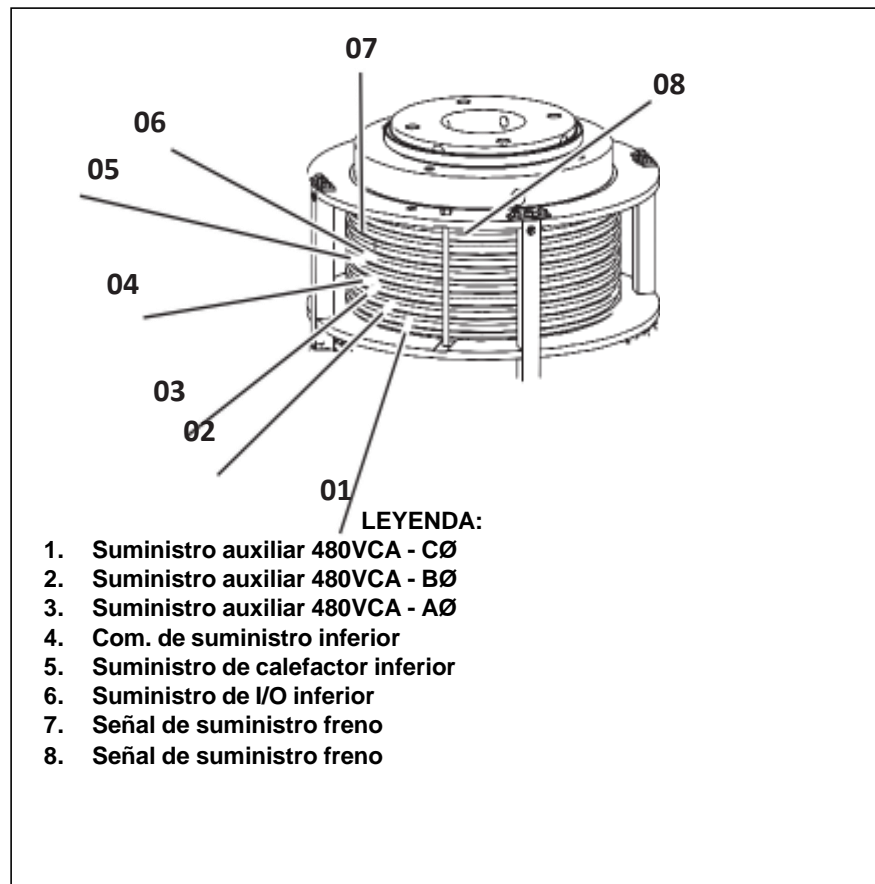


Figura 3-9: Conjunto de anillos colectores - Parte superior de la sección de bajo voltaje

La sección de Comunicación, ubicada en la parte superior del anillo colector, contiene tres conexiones de carbón/ conmutador que portan los datos de entrada-salida remotos asociados con el sistema hacia y desde los conjuntos de la cabina de control inferior. Ver Figura 3-10.

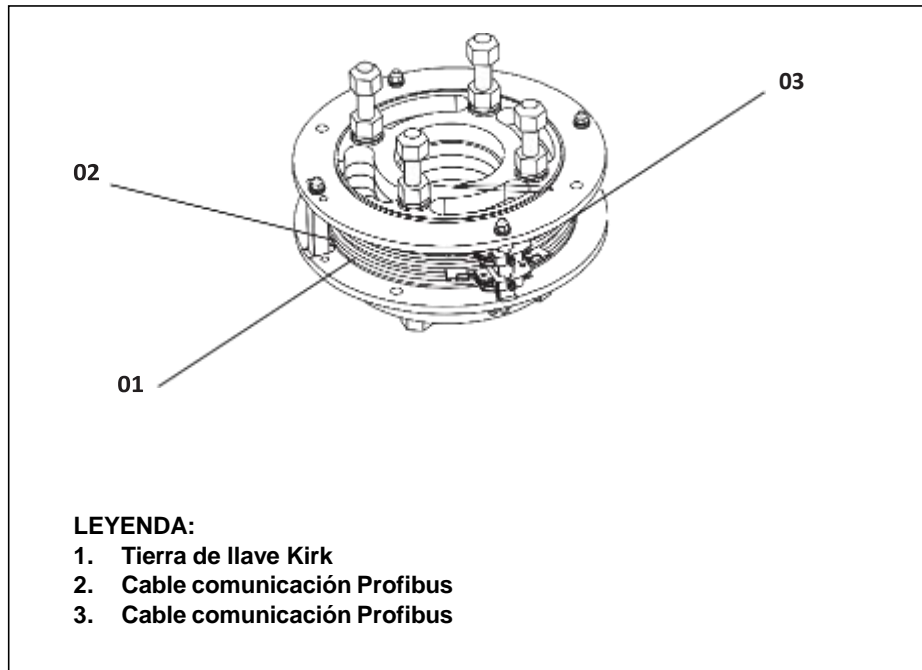


Figura 3-10: Conjunto de anillos colectores - Sección comunicación

Operación De Alto Voltaje

La cabina de alto voltaje proporciona los componentes y los circuitos requeridos para la distribución del suministro de alto voltaje proveniente desde el conjunto de anillos colectores hacia el transformador principal y el transformador auxiliar. Para la ubicación en detalle de esta cabina, vea la Sección 3, Teoría de operación del sistema Centurión.

Ubicación Y Operación

Los siguientes componentes se encuentran ubicados en la cabina de alto voltaje:

- Interruptor de desconexión principal de alto voltaje
- Interruptor aislador de alto voltaje del transformador principal
- Pararrayos
- Contactor del transformador principal

Medidor De Calidad De Potencia (Pqm) (Opcional)

El interruptor de desconexión de alto voltaje principal recibe la alimentación de alto voltaje desde el conjunto de anillos colectores. Al abrir el interruptor de desconexión de alto voltaje principal, se desenergiza y se aísla todo el chasis superior de la pala. El transformador de potencial proporciona al medidor de calidad de potencia las entradas de voltaje y la potencia de control.

El alto voltaje se aplica al primario del transformador principal a través del interruptor aislador de alto voltaje del transformador principal (H04X4) y directamente al devanado inductor del transformador auxiliar. Durante el servicio o mantención, el interruptor aislador de alto voltaje del transformador principal desconecta la energía al transformador principal y a los convertidores de armadura, lo que evita que la pala se mueva. Los fusibles en línea protegen el transformador principal contra la corriente de entrada excesiva. El contactor del transformador principal se energiza por medio de un módulo de salida de I/O remoto y del relé del contactor del transformador principal. Después de una adecuada secuencia de arranque de la máquina, éste permite aplicar la alimentación de alto voltaje al primario del transformador principal.

SISTEMA DE ENCLAVAMIENTO DE LLAVE

Lo siguiente aplica a un sistema de 7.5 KV estándar con los anillos colectores sobre la cubierta y el aislador de alto voltaje inferior con característica de puesta a tierra. Para ver los procedimientos detallados.

Operación

La pala eléctrica P&H está equipada con una serie de bloqueos especiales para evitar la entrada a áreas que podrían exponer al personal a peligro de electrocución. La Figura 3-11 es un diagrama

esquemático del sistema de enclavamiento con llave. Vea información detallada en el apéndice F, la cual tiene como propósito dar a conocer el sistema que permitirá al personal trabajar en cooperación con el sistema y con todas las regulaciones aplicables federales, estatales, locales y de seguridad específicas de la mina.

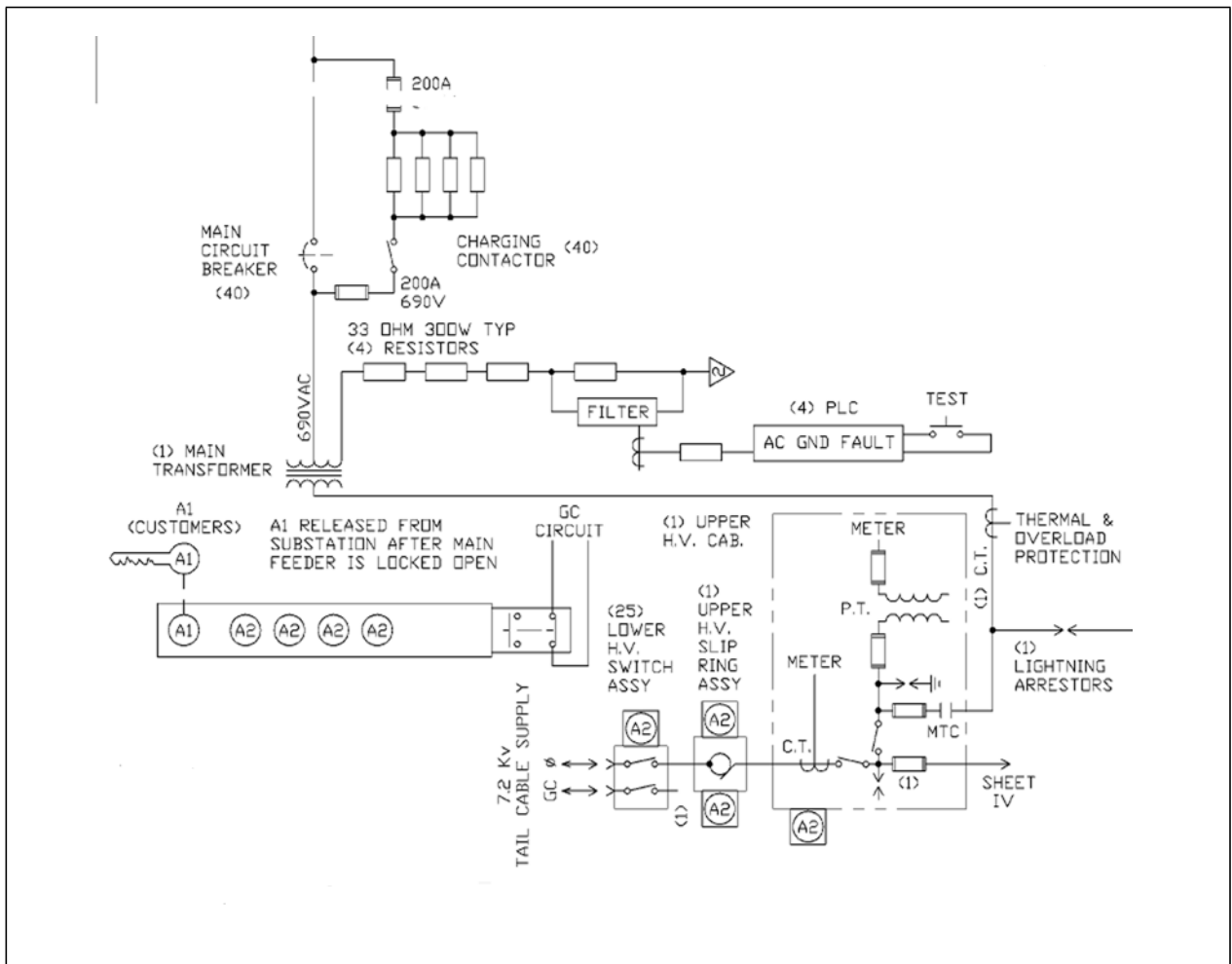


Figura 3-11: Sistema de enclavamiento de llave - Diagrama esquemático

Este sistema de enclavamiento por llave no debe ser rechazado y se debe mantener en la condición “según fue entregado”. Los candados suministrados son de acuerdo a conveniencia y no es su propósito reemplazar los procedimientos de bloqueo con candado y tarjeta.

Transformador Principal

El transformador principal recibe alimentación de alto voltaje trifásico desde los componentes de la cabina de alto voltaje. El voltaje alto es reducido a 690VCA.

UBICACIÓN Y OPERACIÓN

El primario devanado en delta de 4000KVA recibe la alimentación de alto voltaje desde los interruptores y contactores ubicados en la cabina de alto voltaje. Refiérase a la Figura 3-12 del diagrama de vectores del devanado primario del transformador principal.

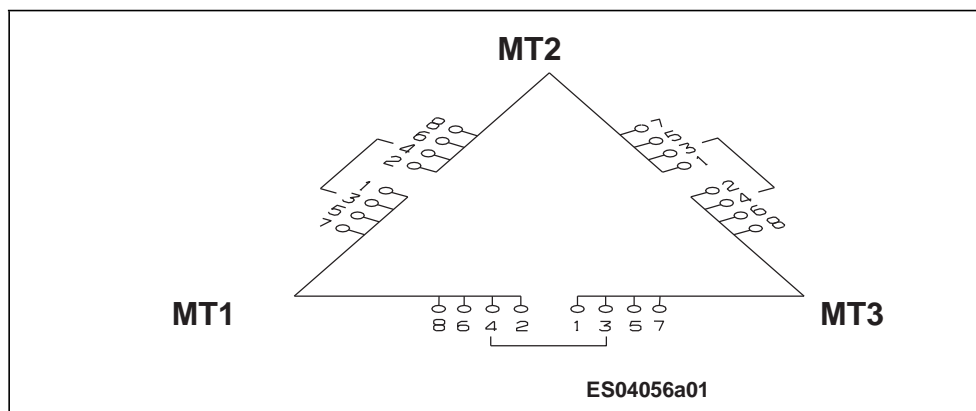


Figura 3-12: Primario del transformador principal - Diagrama vectorial

Cada devanado secundario en estrella 1550KVA tiene una salida de 690VCA. Ver Figura 3-13.

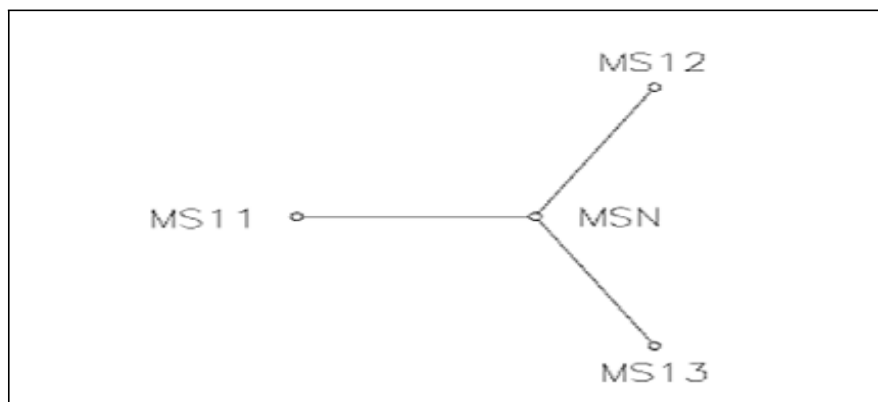


Figura 3-13: Secundarios del transformador principal - Diagrama vectorial

Cuando se aplica voltaje y la corriente fluye a través del primario, se generan líneas magnéticas de fuerza. Durante el tiempo en que la corriente aumenta en el primario, las líneas magnéticas de fuerza se expanden hacia afuera desde el primario y cortan el secundario. Se induce un voltaje a una bobina cuando las líneas magnéticas cortan a través de ésta. Por lo tanto, el voltaje a través del primario provoca la inducción de un voltaje a través del secundario.

El voltaje secundario de un transformador puede estar en fase o fuera de fase con el voltaje primario. Esto depende de la dirección a la cual se han devanado las bobinas y de la disposición de las conexiones del circuito externo. Esto significa que los dos voltajes podrían aumentar y disminuir juntos o uno puede aumentar mientras el otro disminuye.

El voltaje secundario del transformador principal está en fase con el primario y se le conoce como transformador de devanado equivalente. Los puntos que indican la fase se usan para señalar los puntos en un símbolo esquemático del transformador que tienen la misma polaridad. Refiérase a la Figura 3-14 sobre el diagrama esquemático del transformador principal.

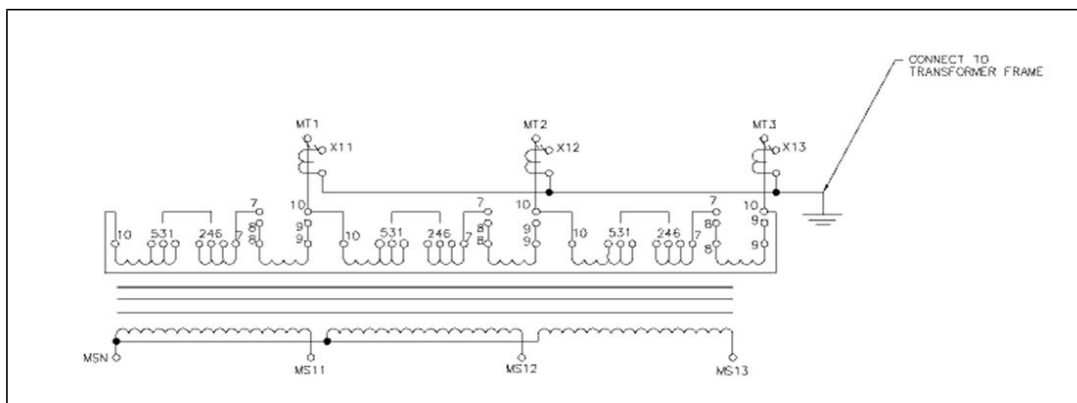


Figura 3-14: Transformador principal - Diagrama esquemático

El voltaje total inducido en el devanado secundario de un transformador se determina por medio de la proporción del número de vueltas en el primario con respecto al número de vueltas en el secundario y por la cantidad de voltaje aplicado al primario.

Sonda Térmica Del Transformador Principal

La sonda térmica del transformador principal proporciona protección térmica al transformador principal. Ver Figura 3-15.

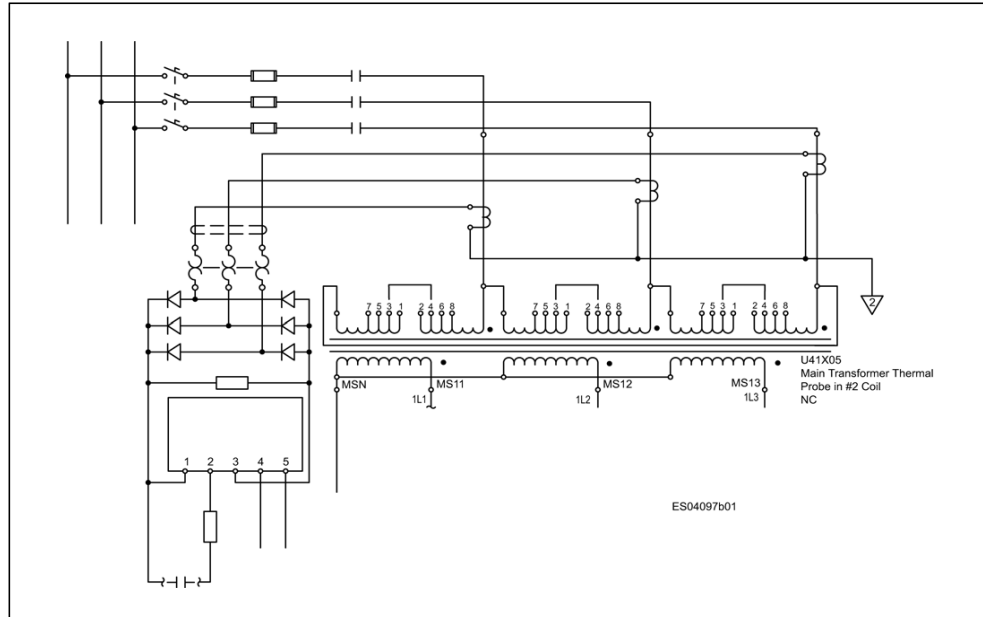


Figura 3-15: Sonda térmica del transformador principal

Un medidor que indica la temperatura del interior del transformador principal se ubica en el interior del transformador principal. Hay tres tipos de medidores que se pueden usar en el transformador principal.

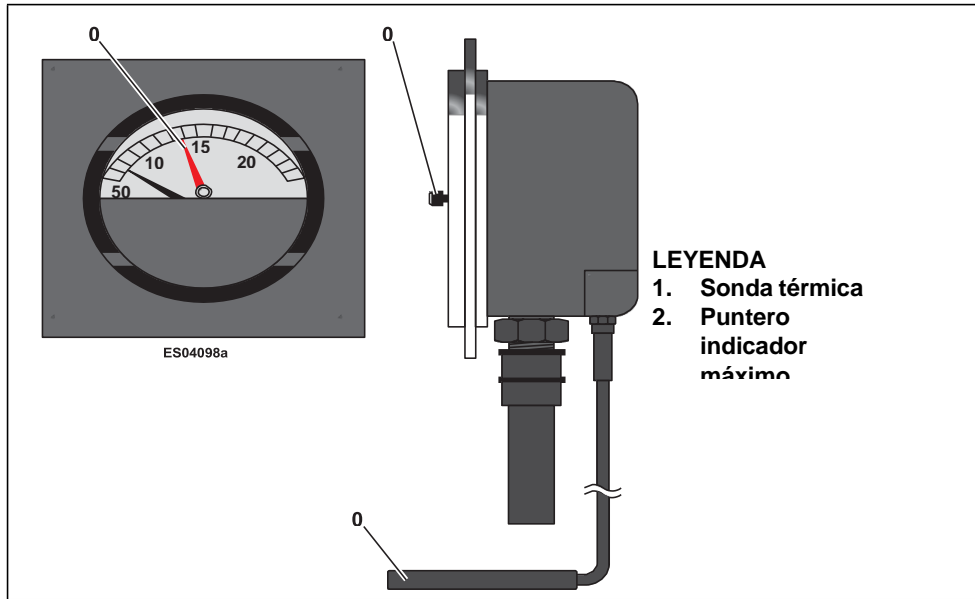


Figura 3-16: Sonda térmica e indicador de temperatura #1

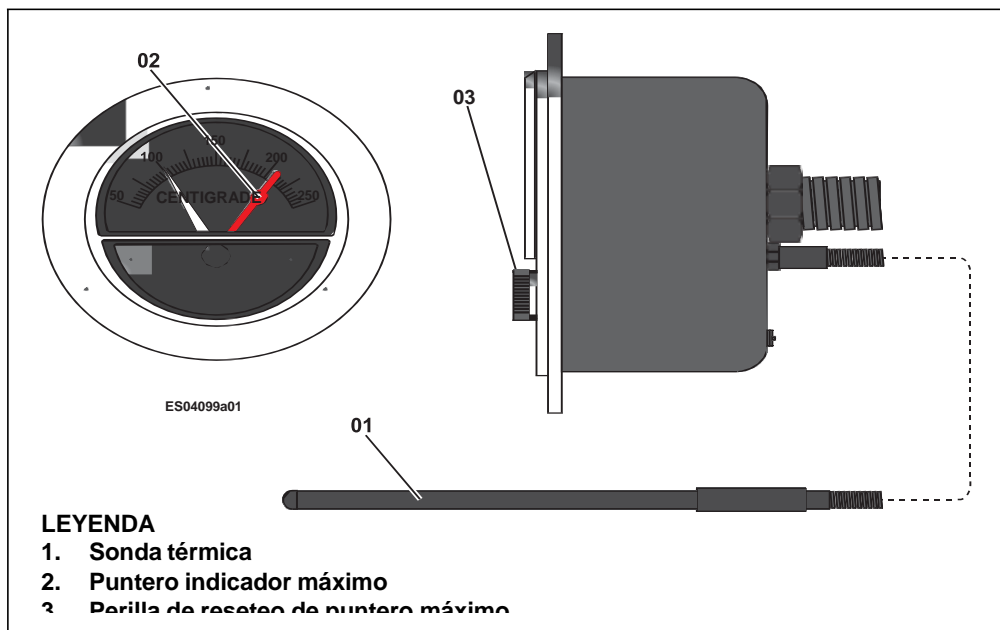


Figura 3-17: Sonda Térmica E Indicador De Temperatura #2

Se proporciona un contacto normalmente cerrado asociado con la sonda térmica y el indicador de temperatura como una entrada al módulo de señal de entrada digital de 16 puntos del sistema I/O remoto en el centro de control de motores.

Si la temperatura del transformador principal alcanza los 190°C, el contacto normalmente cerrado se abre provocando que el controlador AC800 inicie una parada de la pala con retardo de 30 segundos. Ver Figura 3-18.

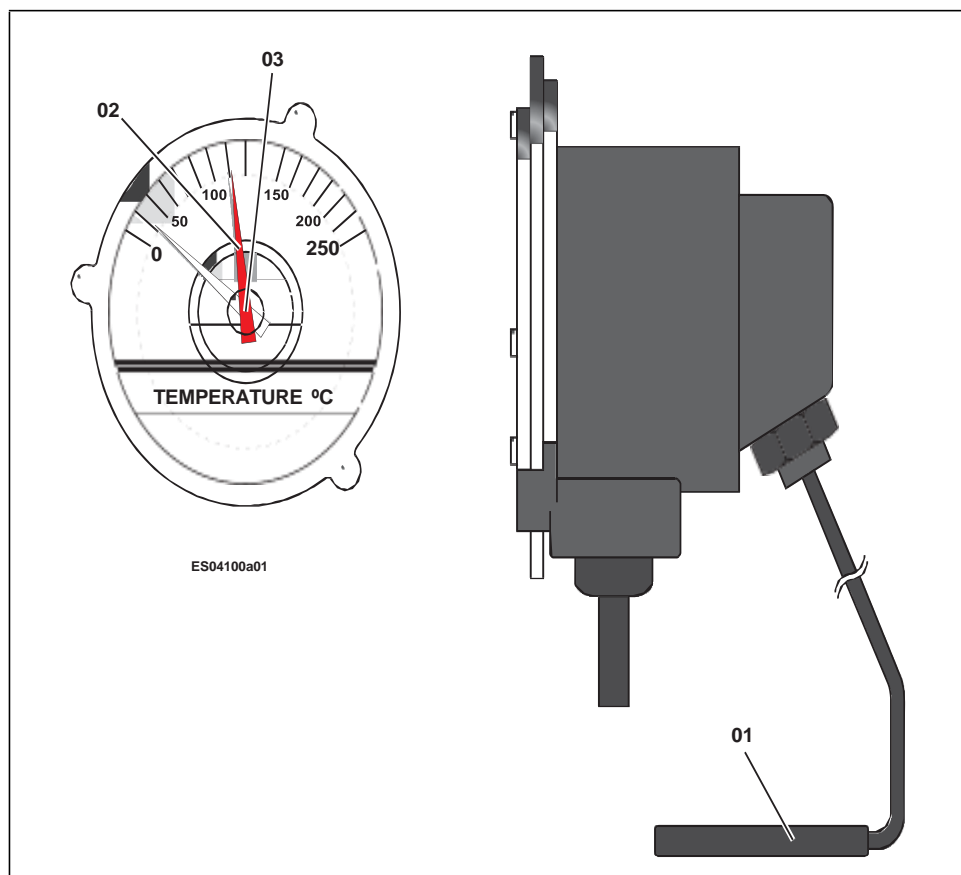


Figura 3-18: Sonda térmica e indicador de temperatura #3

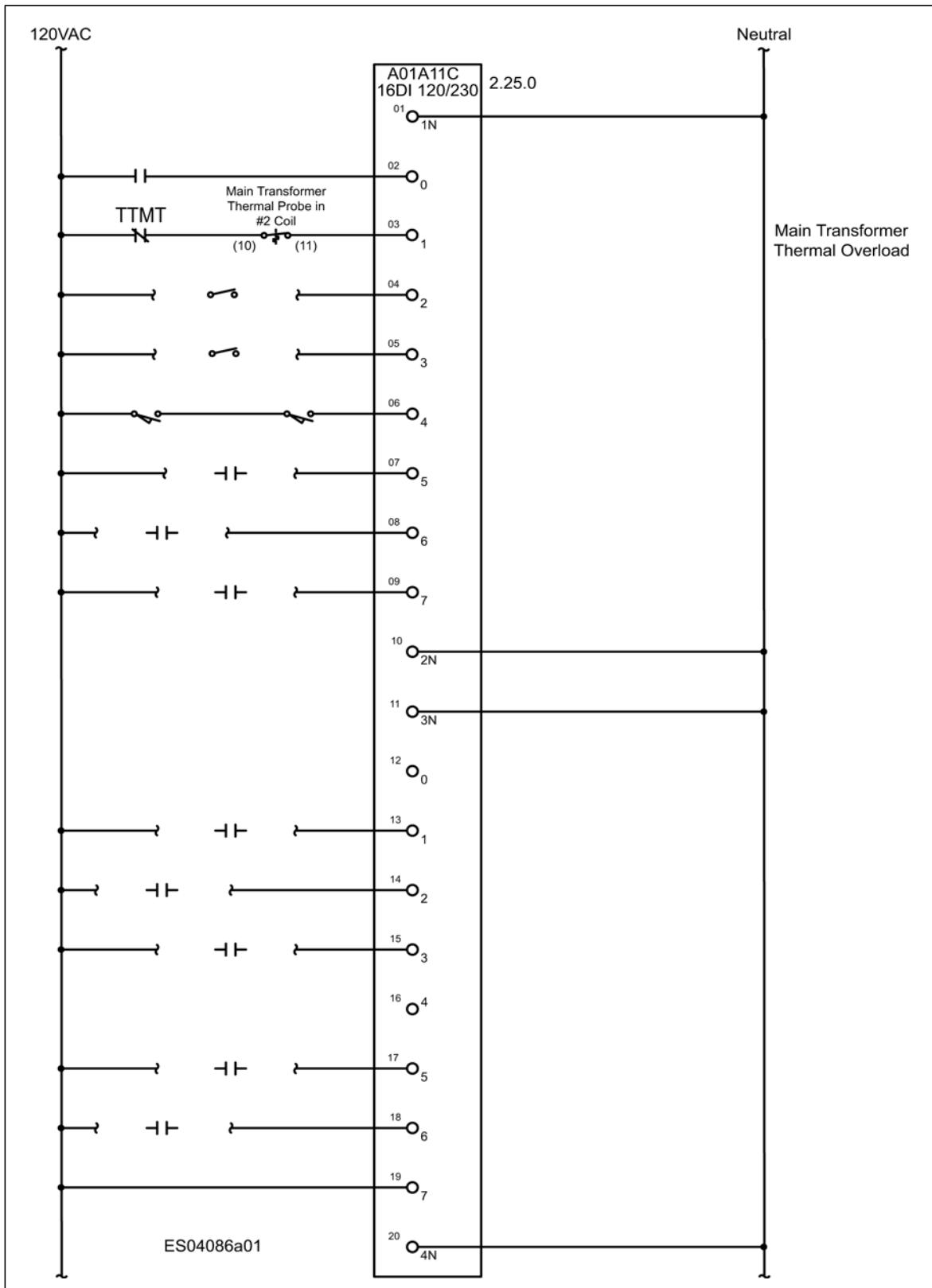


Figura 3-19: Entrada de sonda térmica e indicador de temperatura al sistema de I/O remoto

TRANSFORMADOR AUXILIAR

El transformador auxiliar recibe el suministro de alto voltaje desde los componentes de la Cabina de alto voltaje. Mediante la acción del transformador, convierte la entrada de alto voltaje en 480VCA, 240VCA y 208VCA. Estos voltajes son distribuidos a las cargas ubicadas en toda la pala.

Ubicación Y Operación

El transformador auxiliar se encuentra en la parte posterior derecha de la sala de máquinas. El primario devanado en delta de 400KVA recibe la alimentación de alto voltaje desde los interruptores y contactores ubicados en la cabina de alto voltaje. Ver Figura 3-20.

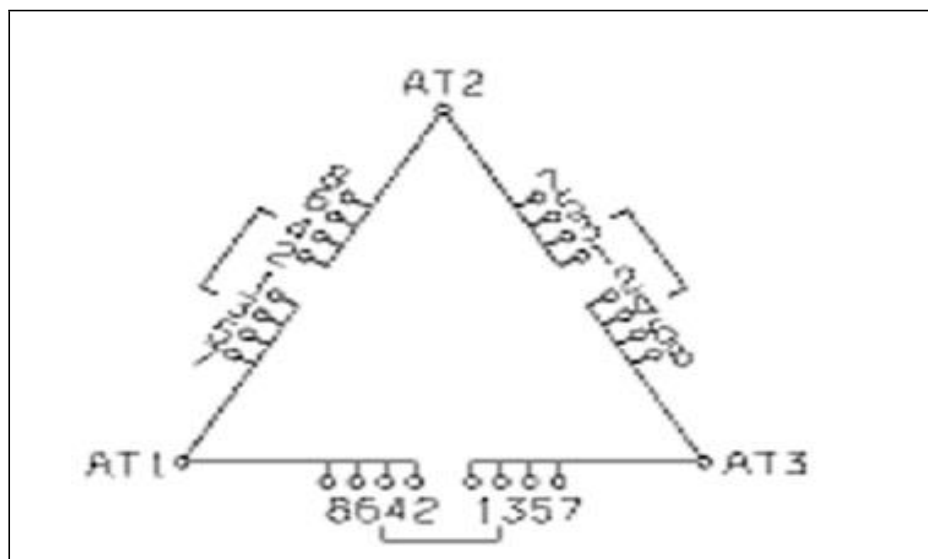


Figura 3-20: Primario del transformador auxiliar - Diagrama vectorial

La siguiente lista identifica las salidas que están asociadas al devanado secundario en estrella AS1, AS2 y AS3 del transformador auxiliar. Consulte los planos eléctricos sobre los voltajes específicos relacionados con esta pala. Consulte Figura 3-21 para ver el diagrama vectorial del secundario de control del transformador de auxiliar.

- **3Ø, 480VCA, 60Hz.**

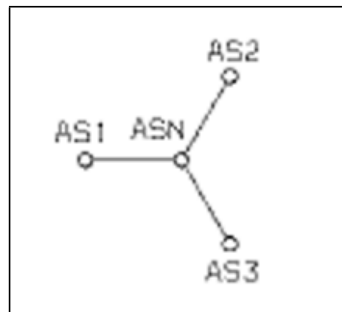


Figura 3-21: Secundario auxiliar del transformador auxiliar - Diagrama vectorial.

La siguiente lista identifica las salidas que están asociadas al devanado secundario en estrella CS1, CS2 y CS3 del transformador de auxiliar. Consulte los planos eléctricos sobre los voltajes específicos relacionados con esta pala. Consulte Figura 3-22 para ver un diagrama vectorial del suministro del transformador auxiliar.

- **3Ø, 240VAC, 60Hz.**

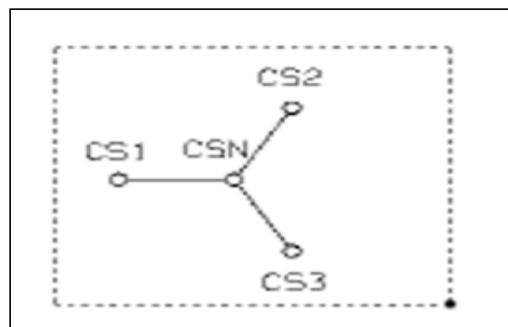


Figura 3-22: Secundario de control del transformador auxiliar - Diagrama vectorial.

Cuando se aplica voltaje y la corriente fluye a través del primario, se generan líneas magnéticas de fuerza. Durante el tiempo en que la corriente aumenta en el primario, las líneas magnéticas de fuerza se expanden hacia afuera desde el primario y cortan el secundario. Se induce un voltaje a una bobina cuando las líneas magnéticas cortan

a través de ésta. Por lo tanto, el voltaje a través del primario provoca la inducción de un voltaje a través del secundario.

El voltaje secundario de un transformador puede estar en fase o fuera de fase con el voltaje primario. Esto depende de la dirección a la cual se han devanado las bobinas y de la disposición de las conexiones del circuito externo. Esto significa que los dos voltajes podrían aumentar y disminuir juntos o uno puede aumentar mientras el otro disminuye.

Los voltajes del secundario del transformador auxiliar están en fase con el primario, y se le conoce como transformador de devanado equivalente. Los puntos que indican la fase se usan para señalar los puntos en un símbolo esquemático del transformador que tienen la misma polaridad. Consulte Figura 3-23 para ver el diagrama esquemático del transformador auxiliar.

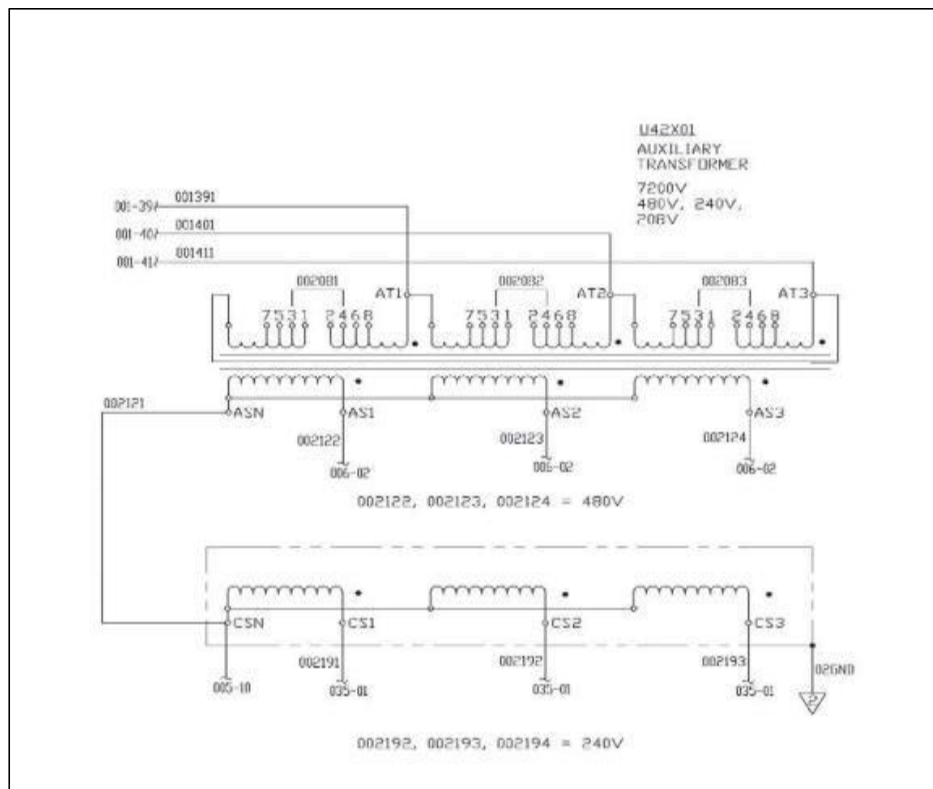


Figura 3-23: Transformador auxiliar - Diagrama esquemático.

El voltaje total inducido en la bobina secundaria de un transformador se determina por medio de la proporción del número de vueltas en el primario con respecto al número de vueltas en el secundario, y por la cantidad de voltaje aplicado al primario.

Operación De Falla A Tierra

La falla a tierra contiene los componentes sensores para la detección de las fallas a tierra que ocurren en ambos secundarios del transformador principal y en el secundario de suministro auxiliar, el secundario de suministro de control y el transformador auxiliar.

UBICACIÓN

Los interruptores de circuito del transformador principal están montados en el panel izquierdo de la cabina. Los indicadores de disparo de falla a tierra, los botones de prueba de corriente de retorno por tierra, el botón de prueba de continuidad y los botones de reseteo de falla o fuga a tierra se encuentran todos instalados en el interior del panel de la puerta delantera. Ver Figura 3-24. Se puede acceder a todos estos componentes desde el exterior de la cabina, cuando se requiere realizar una mantención o servicio por parte de personal calificado.



Figura 3-24: Puerta delantera de la cabina de falla a tierra

Los componentes internos se agrupan internamente en la cabina en uno de los grupos de componentes de falla a tierra. Los componentes de falla a tierra incluyen resistencias, relés, sensores de corriente, capacitores de filtrado y reactores (chokes) inductivos. Ver Figura 3-24.

Operación

El sistema de falla a tierra del transformador principal consta de resistencias limitadoras de corriente, las cuales están conectadas a tierra desde el terminal MSN del secundario del transformador y dos sistemas sensores, relé de falla a tierra - transformador principal (GFRM) P02M1, y relé de falla a tierra P02N2. Si hay una falla a tierra, la corriente fluirá en las resistencias en serie a tierra. Esta corriente produce una caída de voltaje a través de las resistencias en la cadena. Los circuitos de falla a tierra toman una muestra del voltaje originado a través de P02E1D.

Se usa un filtro para permitir que solamente el componente de CA de la corriente pase a través del sensor de corriente del GFRM, P02N1. La corriente es limitada a 2 amperios aproximadamente, con el sensor de GFRM ajustado para captar a 2 amperios. Este primer sistema sensor es sensible a las fallas a tierra del lado de la CA del sistema de potencia.

Las fallas a tierra en el lado CC producen una peculiar forma de onda de corriente. Se usa un filtro para atenuar los componentes de frecuencia de base. La salida del filtro produce un voltaje de CA, el cual es rectificado por el puente rectificador P02N4, y el nivel de voltaje de CC resultante es detectado por el relé de falla a tierra de CC, P02N2. El nivel del voltaje es proporcional a la corriente que pasa a través de la cadena de resistencias en serie, la cual es la corriente de falla.

Este sistema de filtros y los dispositivos sensores separados discrimina entre las fallas a tierra de CA y CC.

El GFRM es un monitor de resistencia con neutro a tierra. Mide la corriente en el neutro del transformador, voltaje neutro-a-tierra del transformador, y la continuidad de la resistencia con neutro a tierra. El GFRM coordina estas tres mediciones y proporciona un contacto de salida para la operación con subvoltaje en un circuito de disparo del interruptor principal. Los accionadores están asegurados e indicados con LED. Consulte Figura 3-25 para ver la configuración principal del relé de falla a tierra (Ground Fault Relay Main, GFRM), y Figura 3-26 para ver los esquemas de falla a tierra. Para obtener información adicional, consulte los esquemas de su máquina.

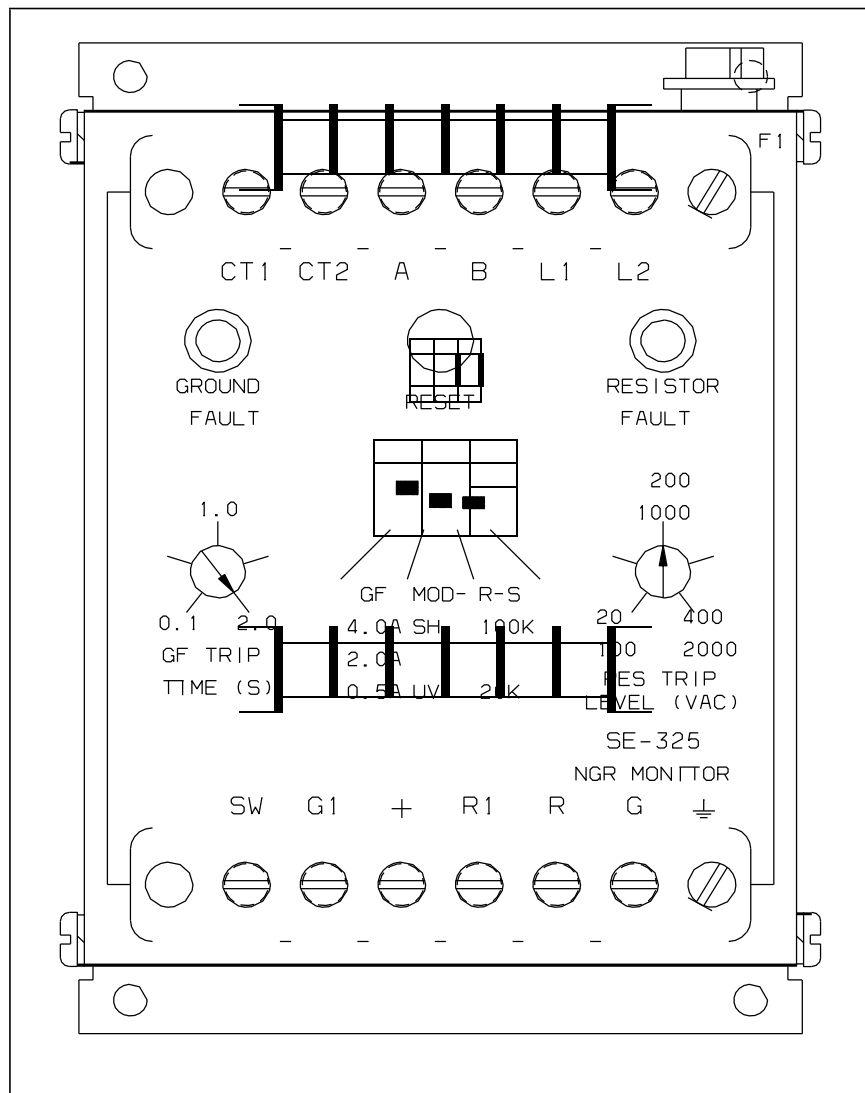


Figura 3-25: Configuraciones del relé de falla a tierra - transf. principal, GFRM

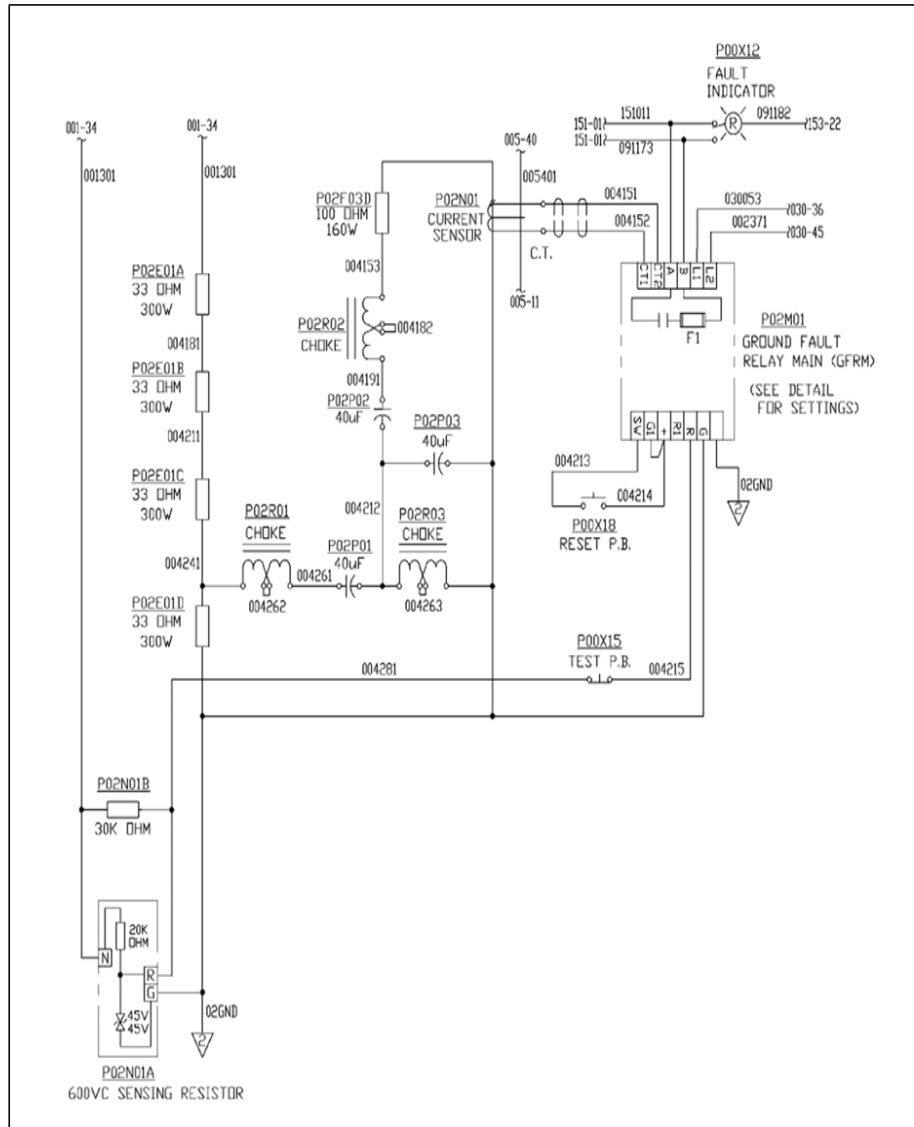


Figura 3-26: Diagrama esquemático del relé de falla a tierra - transf. principal, GFRM.

La corriente en el neutro del transformador es detectada por un transformador de corriente tipo ventana en serie con un secundario de 5A. Se puede seleccionar un nivel de disparo de 2A (aplicación 2800XPB) con un interruptor para usar con una resistencia de puesta a tierra de 5A, 15A ó 25A. Esto corresponde al 0.25%, 1.0% ó 2.0% de la capacidad nominal primaria del transformador de corriente. El tiempo de disparo se puede ajustar de 0.1 a 2.0 segundos.

El voltaje neutro-a-tierra y la continuidad de la resistencia neutro-puesto a tierra del transformador, son medidas continuamente a través de una resistencia sensora externa conectada al neutro del transformador. Se detectará una falla de la resistencia si el voltaje neutro-a-tierra sobrepasa el valor de ajuste del nivel de disparo o si la resistencia neutro-puesto a tierra sobrepasa la resistencia de disparo.

Operación De Relé De Falla A Tierra - Transf. Auxiliar (Gfra)

Refiérase a la Figura 3-27 para la configuración del relé de falla a tierra - transf. auxiliar (GFRA).

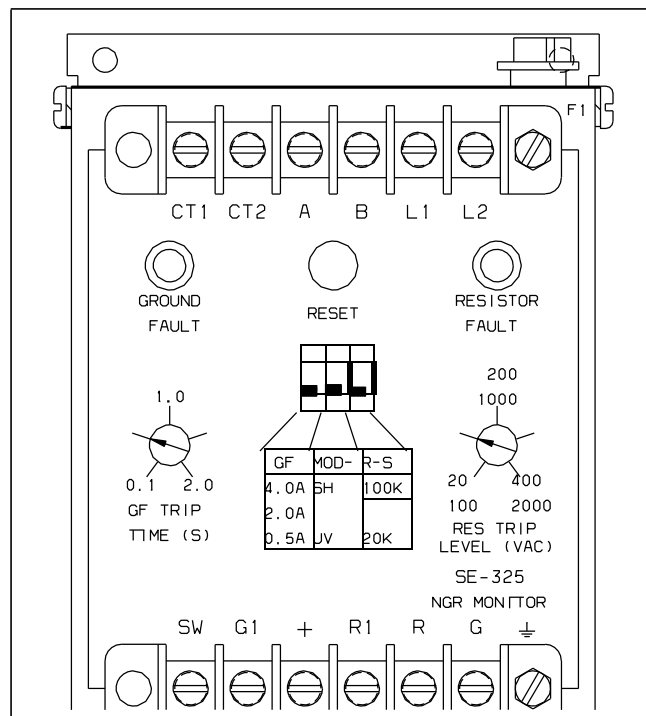


Figura 3-27: Configuraciones del relé de falla a tierra - transf. auxiliar, GFRA

El GFRA es un monitor de resistencia con neutro a tierra. Mide la corriente en el neutro del transformador, voltaje neutro-a-tierra del transformador, y la continuidad de la resistencia con neutro a tierra. El GFRA coordina estas tres mediciones y proporciona un contacto de salida para la operación con subvoltaje en un circuito de disparo

del interruptor principal. Los accionadores están asegurados e indicados con LED. Consulte Figura 3-28 para ver un esquema.

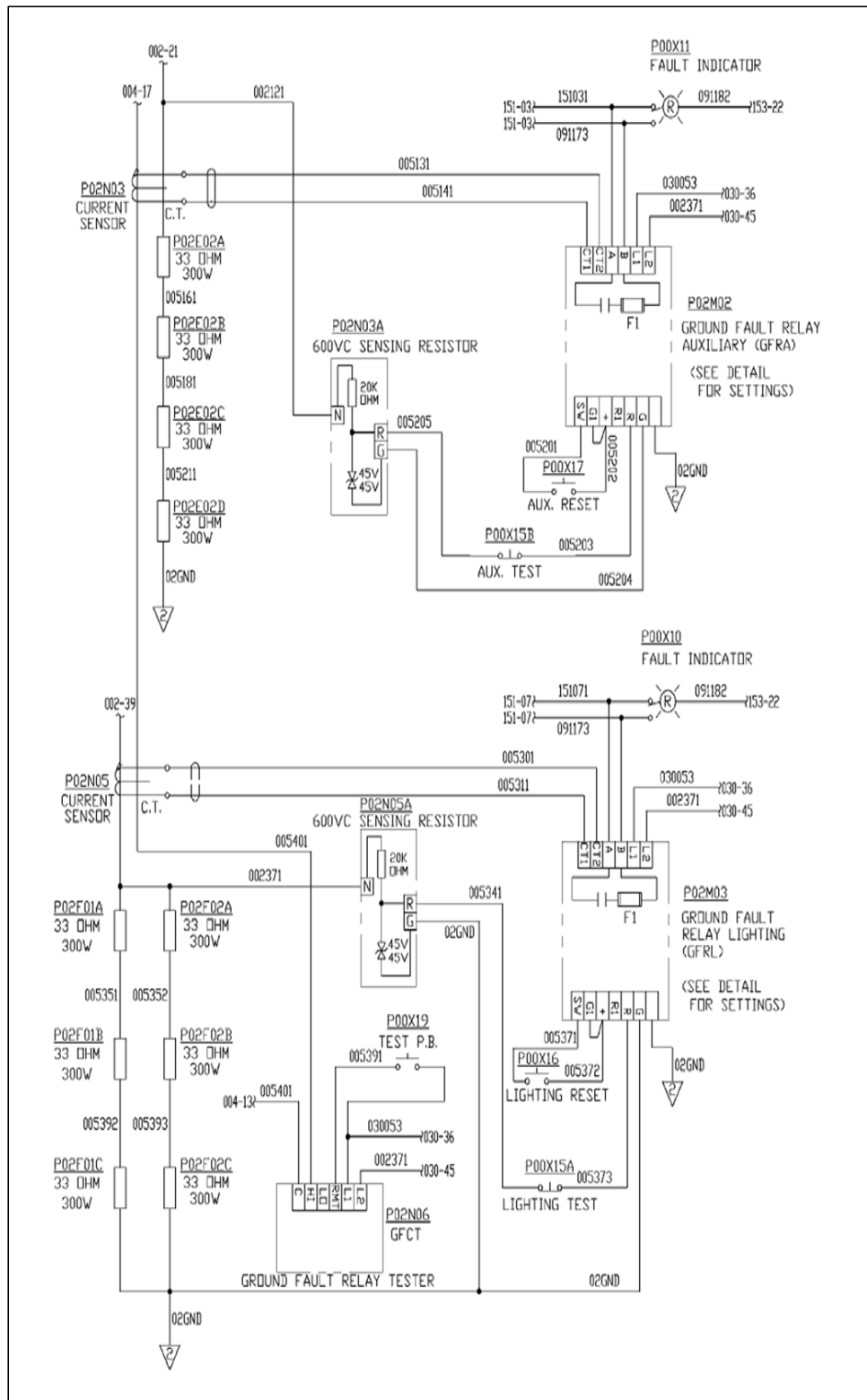


Figura 3-28: Diagrama esquemático del relé de falla a tierra - transf. auxiliar, GFRA.

La corriente en el neutro del transformador es detectada por un transformador de corriente tipo ventana en serie (P02N3) con un secundario de 5A. Se puede seleccionar un nivel de disparo de 0.5A (aplicación 2800XPB) con un interruptor para usar con una resistencia de puesta a tierra de 5A, 15A ó 25A. Esto corresponde al 0.25%, 1.0% ó 2.0% de la capacidad nominal primaria del transformador de corriente. El tiempo de disparo se puede ajustar desde 0.1 a 2.0 (0.5 para aplicación en 2800XPB) segundos.

El voltaje neutro-a-tierra y la continuidad de la resistencia neutro-puesto a tierra del transformador, son medidas continuamente a través de una resistencia sensora externa conectada al neutro del transformador. Se detectará una falla de la resistencia si el voltaje neutro-a-tierra sobrepasa el valor de ajuste del nivel de disparo o si la resistencia neutro-puesto a tierra sobrepasa la resistencia de disparo.

El sistema de falla a tierra del transformador auxiliar consta de resistencias limitadoras de corriente, P02E2A, E2B, E2C y E2D, las cuales están conectadas a tierra desde el terminal ASN del secundario del transformador y un sistema sensor, relé de falla a tierra - transf. auxiliar (GFRA) P02M2.

El sensor de corriente, P02N3, muestrea la corriente de falla a tierra. La señal es enviada al GFRA. Este relé está configurado para 0.5A. Cuando existe este nivel de corriente de falla a tierra, el GFRA lo detectará y se indicará una falla a tierra auxiliar.

OPERACIÓN DE ALINEACIÓN DE CA

Para ver información adicional sobre la operación de la alineación de CA, consulte los siguientes documentos ABB

3AFE68233810 Manual de hardware ACS 800, Unidad de suministro IGBT instalada en la cabina (R8i)

AFE68233453 Manual de hardware ACS800-107, Unidades inversoras integradas en la cabina (R-8i)

FE68392519 Manual de hardware ACS800-607, Unidad de freno (para ver información sobre la unidad de interruptor de freno [Break chopper]).

OPERACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

El Centro de control de motores cuenta con una protección de sobrecarga térmica para el transformador principal, el relé de recuperación inmediata de sobrecarga (QTTM), arrancadores de motor e interruptores de circuitos para los motores auxiliares, relés para los sistemas de calefacción e interruptor de circuito para abrir el balde, arrancador y contactor de motor.

UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE LA CABINA DE 4100 C BOSS CA

El panel superior izquierdo de la cabina auxiliar aloja el relé de enclavamiento del calefactor (HIR), el relé del calefactor de la sala de máquinas (MHHR) y el relé de sobrecarga instantánea (QTTM).

El panel superior derecho del Centro de control de motores aloja su sistema de I/O remoto específico y las sobrecargas del transformador principal (TTMT).

La sección inferior del Centro de control de motores aloja los arrancadores y contactores del motor. Consulte Figura 3-29 para ver la ubicación de los componentes en el Centro de control de motores

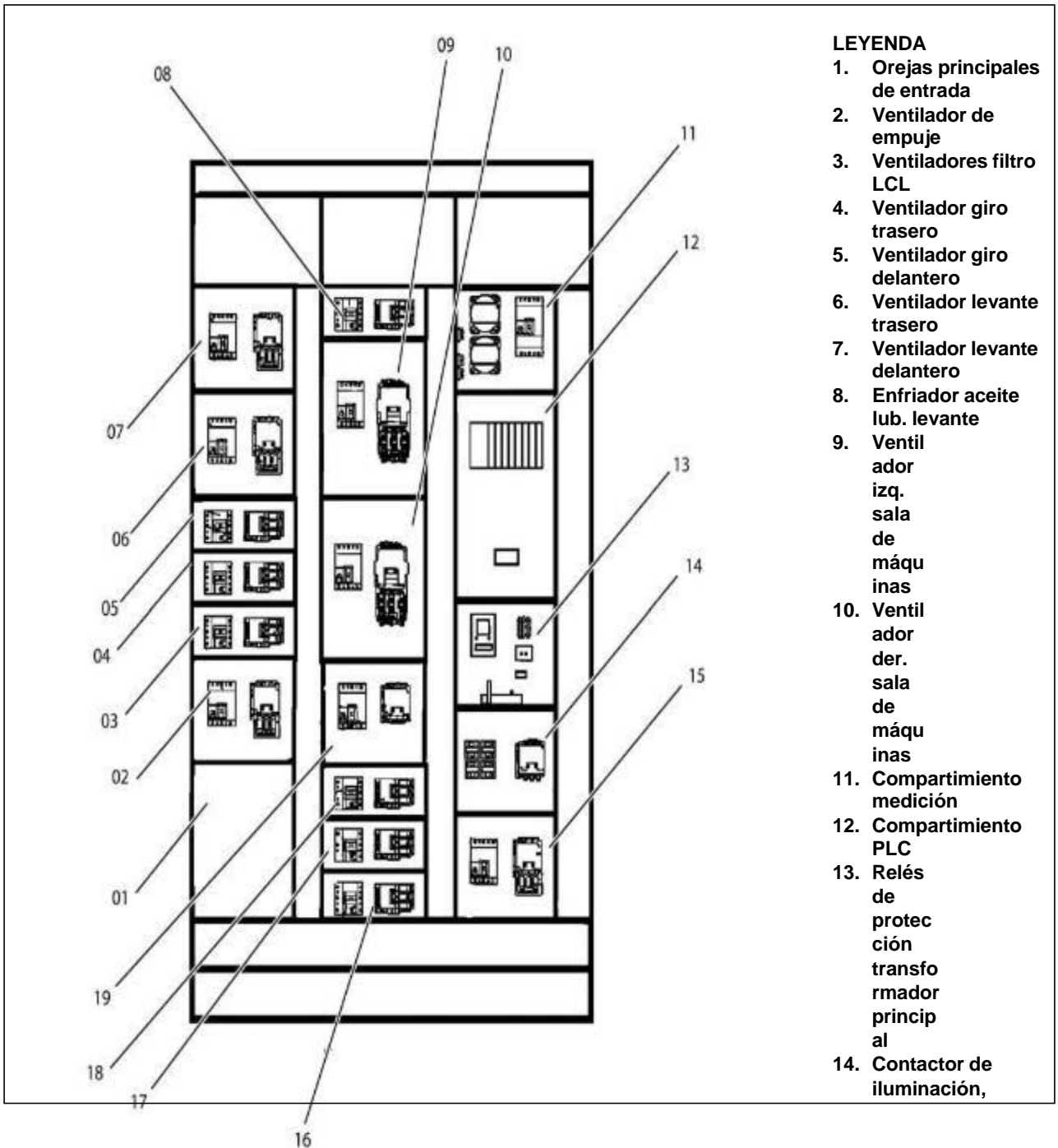


Figura 3-29: Centro de control de motores de una pala 4100 C BOSS CA

UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE LA CABINA DE 4100XPC CA

El panel superior izquierdo de la cabina auxiliar aloja el relé de enclavamiento del calefactor (HIR), el relé del calefactor de la sala de máquinas (MHHR) y el relé de sobrecarga instantánea (QTTM).

El panel superior derecho del Centro de control de motores aloja su sistema de I/O remoto específico y las sobrecargas del transformador principal (TTMT).

La sección inferior del Centro de control de motores aloja los arrancadores y contactores del motor. Consulte Figura 3-30 para ver la ubicación de los componentes en el Centro de control de motores.

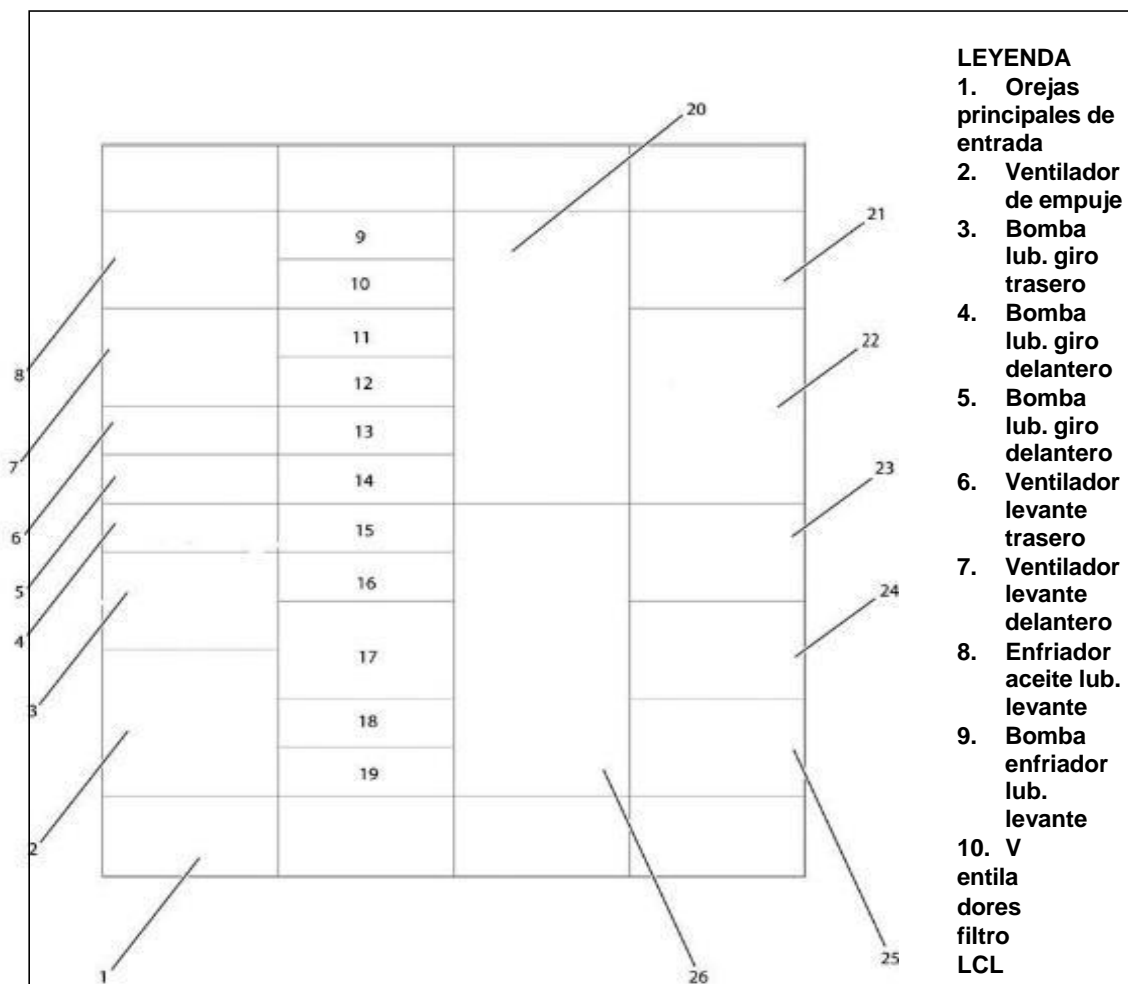


Figura 3-30: Cabina de control de motores (MCC) de una pala 4100XPC CA

OPERACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

Para información adicional, refiérase al Sección 6 para ver descripción detallada del sistema de I/O remoto.

Arrancadores De Motores

El panel inferior del Centro de control de motores contiene los arrancadores para todos los motores auxiliares.

Muchos de los arrancadores de motor constan de los mismos componentes básicos. La protección para un motor en particular se logra por el correcto ajuste del nivel de disparo en el interruptor y los elementos calefactores correctos para las sobrecargas térmicas.

PRECAUCIÓN

Al reemplazar los arrancadores, los ajustes de disparo y los elementos calefactores deben permanecer en el mismo valor original. Es posible que los motores y/o arrancadores se dañen, si se cambian los ajustes establecidos por el fabricante.

Los arrancadores del motor reciben 120VCA desde un módulo de señal de salida digital de 8 puntos en el sistema de I/O remoto del Centro de control de motores. Los 120VCA se aplican a la bobina del arrancador del motor, causando que el arrancador del motor se energice. Cuando el arrancador del motor se energiza, los contactos normalmente abiertos asociados al arrancador del motor se cierran, aplicando 3Ø VAC al motor auxiliar. Ver Figura 3-31.

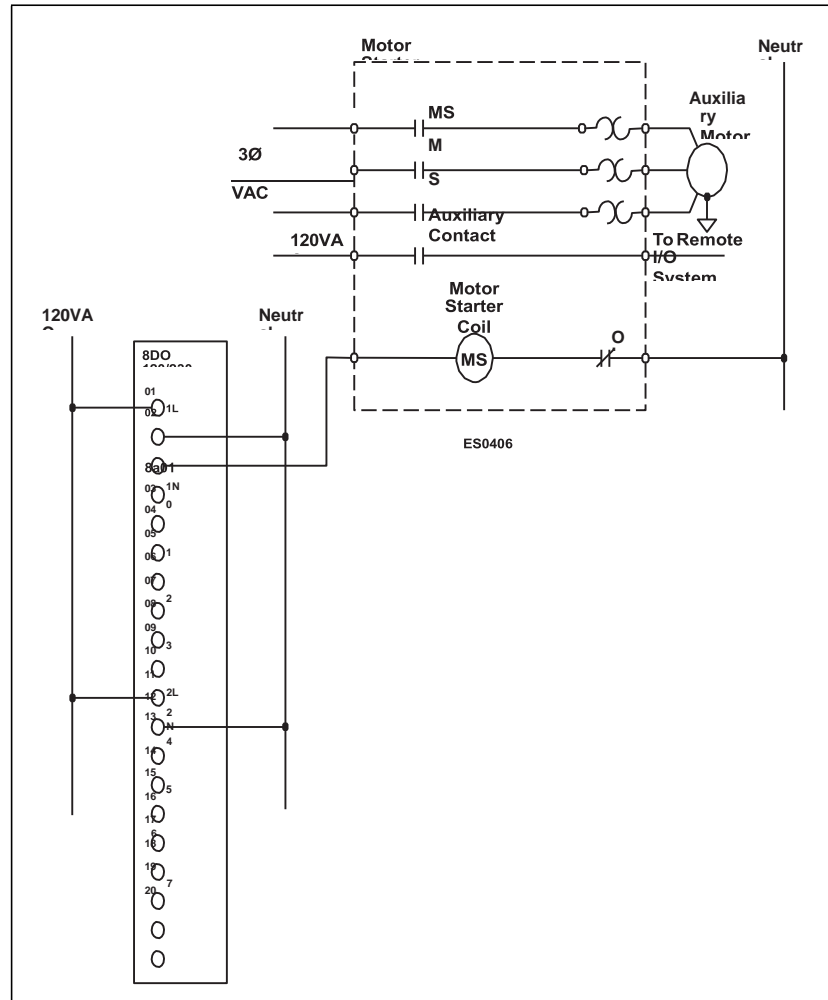


Figura 3-31: Operación del arrancador de motor – Típico

Hay un contacto auxiliar asociado a la bobina del arrancador del motor. Este contacto normalmente abierto se cierra cuando la bobina del arrancador es energizada, proporcionando una entrada a un módulo de señal de entrada digital de 16 puntos en el sistema de I/O remoto del Centro de control de motores. Esta entrada confirma con el controlador que la bobina del arrancador del motor está energizada.

Protección De Desequilibrio De Fase Y Pérdida De Fase

El circuito de pérdida de fase/desequilibrio de fase inicia un disparo dentro de tres segundos, si:

- Un desequilibrio de corriente del 25% o mayor está presente
- Una de las corrientes trifásicas no está presente

Los circuitos de pérdida de fase/desequilibrio de fase pueden detectar una pérdida de fase en el primario o en el secundario de un transformador estrella-delta o delta-estrella. La función de disparo por pérdida de fase/ desequilibrio de fase está completamente operativa en corrientes tan bajas como del 75% del ajuste mínimo marcado del dial en el dispositivo y proporciona protección para motores levemente cargados.

Indicadores Y Controles



NO use el LED de potencia aplicada (Power Applied) como un indicador del estado de desconexión de la energía de alimentación del motor o la energía de control.

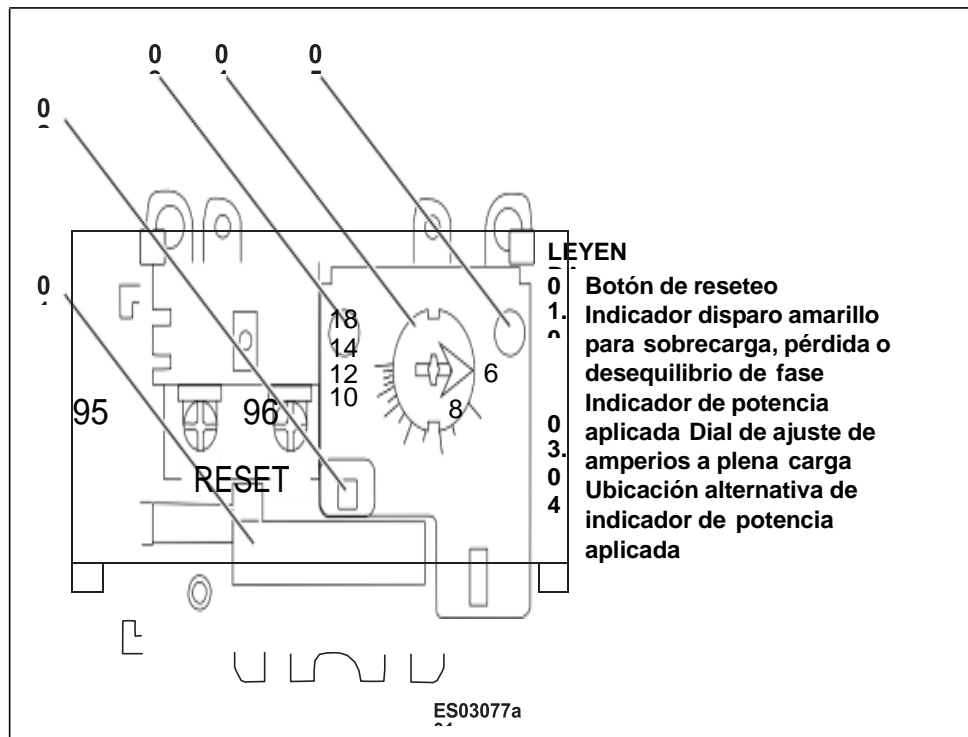


Figura 3-32: Indicador del relé de sobrecarga del arrancador del motor y ubicaciones de control

Relé De Enclavamiento De Calefactor, Hir

Durante la detención de la pala, el HIR se desenergizará. Los contactos normalmente cerrados asociados al HIR permanecerán cerrados. Con los contactos del HIR cerrados, el voltaje de alimentación está disponible para el contactor del calefactor del transformador (THC). Ver Figura 3-33.

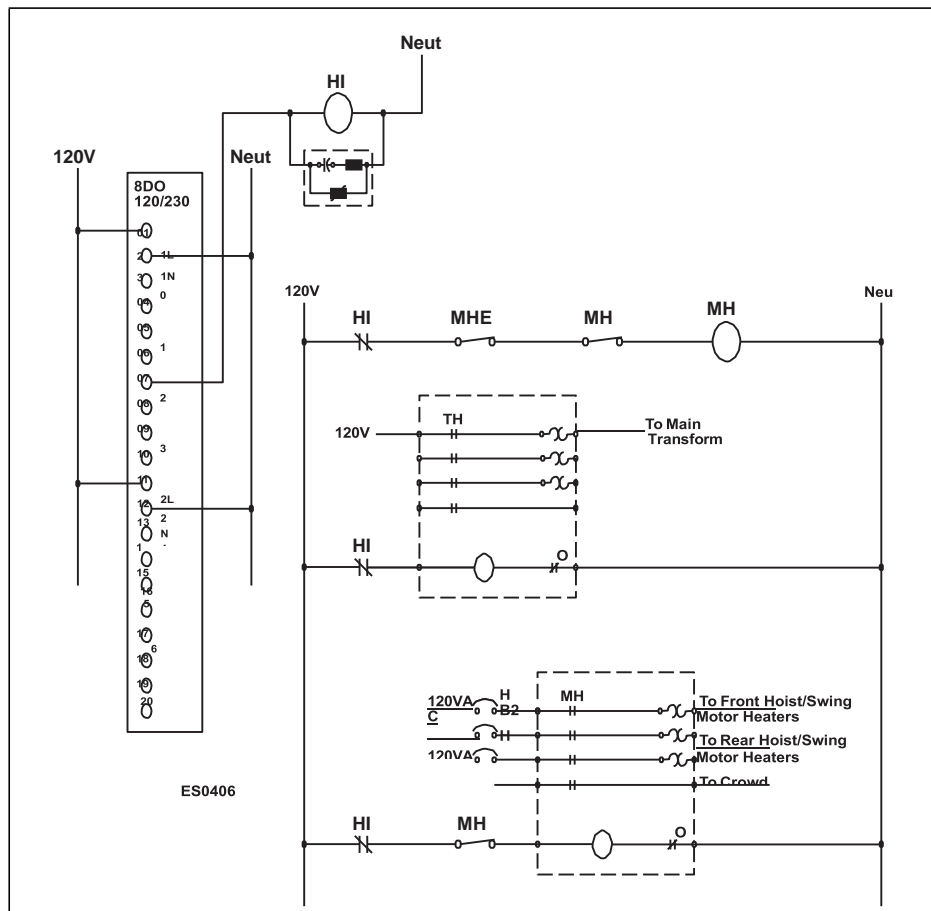


Figura 3-33: Relé de enclavamiento de calefactor (HIR)

Cuando el THC se energiza, suministra corriente a los calefactores del transformador principal para mantener el transformador principal a la temperatura de operación apropiada cuando se detiene la pala. Ver Figura 3-34.

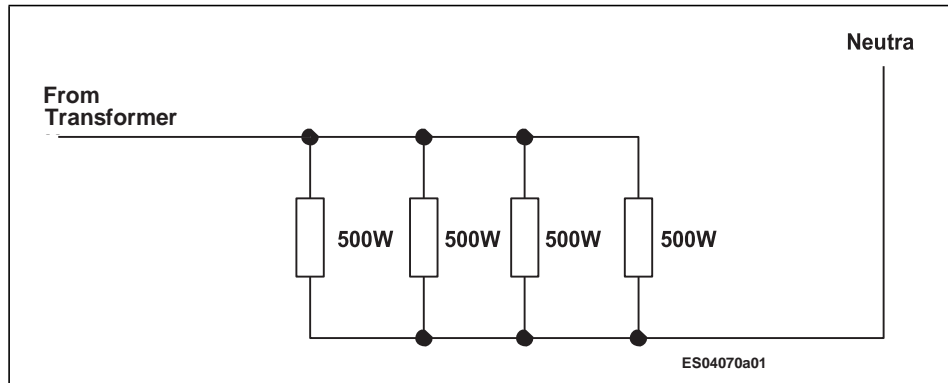


Figura 2-34: Calefactores del transformador principal

Durante la detención de la pala, los contactos normalmente cerrados asociados al HIR proporcionan voltaje de alimentación al interruptor del calefactor del motor (MHT1), consulte Figura 3-35, ubicado en la consola del operador a mano derecha. Ver Figura 3-36.

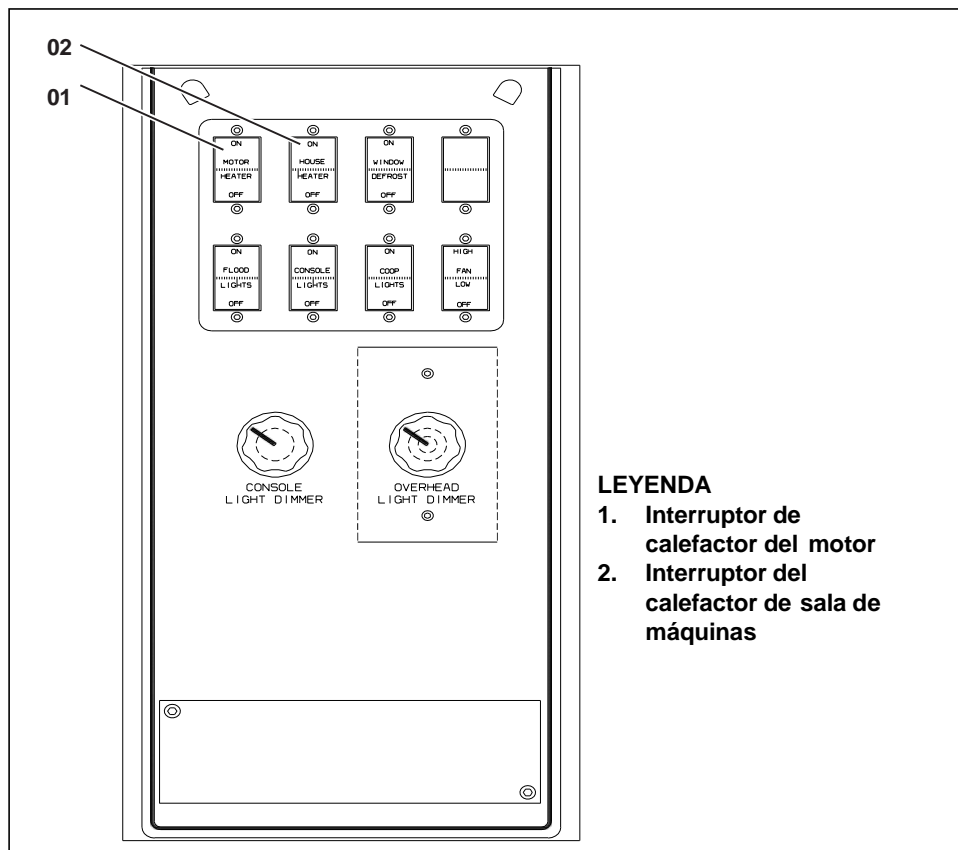


Figura 2-35: Consola del operador - Control a mano derecha

El MHT1 le proporciona al operador la opción de encender o apagar los calefactores del motor. Ver Figura 3-36.

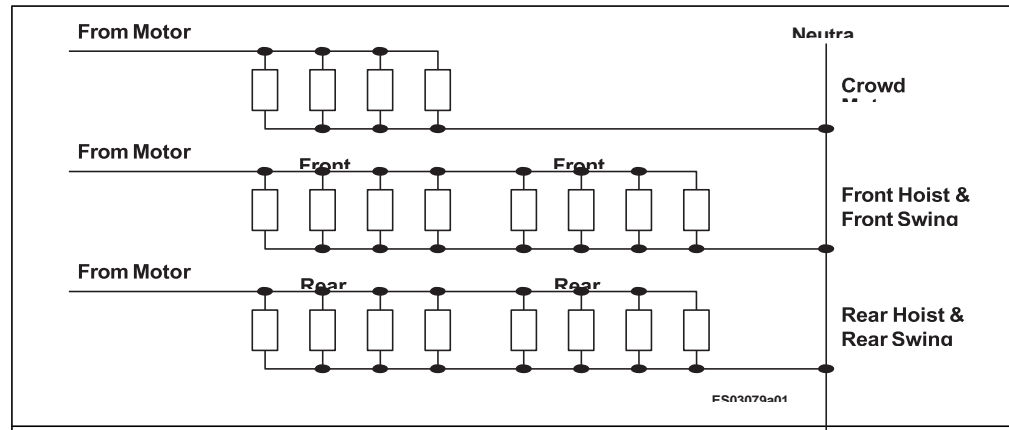


Figura 3-36: Calefactores de los motores de empuje, giro y levante

Durante la detención de la pala, los contactos normalmente cerrados asociados al HIR proporcionan voltaje de alimentación al interruptor de los calefactores de la sala de máquinas (MHES1), ver Figura 3-33, ubicado en la consola del operador a mano derecha. Ver Figura 3-35.

El interruptor del calefactor de sala de máquinas le proporciona al operador la opción de encender o apagar los calefactores de sala de máquinas. Cuando este interruptor se enciende, el relé del calefactor de la sala de máquinas (MHHR) se energiza. Los contactos normalmente abiertos asociados al MHHR se cierran, suministrando voltaje de alimentación a los calefactores de sala de máquinas. Refiérase al Subtema 2.10.3.8 para una descripción más detallada del MHHR.

Cuando la pala arranca, el HIR es energizado por un módulo de señal de salida digital de 8 puntos del sistema de I/O remoto en el Centro de control de motores. Ver Figura 3-33. Con el HIR energizado, los contactos normalmente cerrados asociados al HIR se abren. Esto

desactiva los calefactores del transformador principal, los calefactores de los motores de empuje, levante y giro y los calefactores de la sala de máquinas.

Operación Térmica

La operación térmica de disparo es del tipo estado sólido. El dispositivo de estado sólido, cuando se opera dentro de su rango de la temperatura de operación, no requiere compensación real de ambiente, tal como un elemento o lámina bi-metálica o del tipo de aleación fusible. Solamente el nivel de corriente arrastrada por el motor afecta el disparo del dispositivo. Se inicia un disparo, si las corrientes de fase sobrepasan el 125% del valor de disparo del dial de ajuste de la corriente en frente del relé de sobrecarga.

El tiempo para el disparo depende de lo siguiente:

- El nivel de las corrientes monitoreadas.
- La clase de disparo del dispositivo.
- El lapso de tiempo desde el último disparo.

La función de disparo es una función inversa de tiempo, el dispositivo se dispara más pronto a mayores niveles de corriente que a menores niveles. El relé de sobrecarga está diseñado para cumplir los estándares NEMA para un motor con factor de servicio de 1.15. Esto significa que el relé de sobrecarga no debe dispararse por corrientes que estén al 100% de su valor real establecido en el dial de ajuste de la corriente, y que debe dispararse por corrientes que estén al 125% de su valor real establecido en el dial de ajuste de la corriente.

Cargas Térmicas Del Transformador Principal (Ttmt)

Las sobrecargas térmicas del transformador principal (TTMT) son relés de sobrecarga térmicos del tipo aleación fusible, conectados al primario del transformador principal por medio de transformadores de corriente. Ver fig: 3-37.

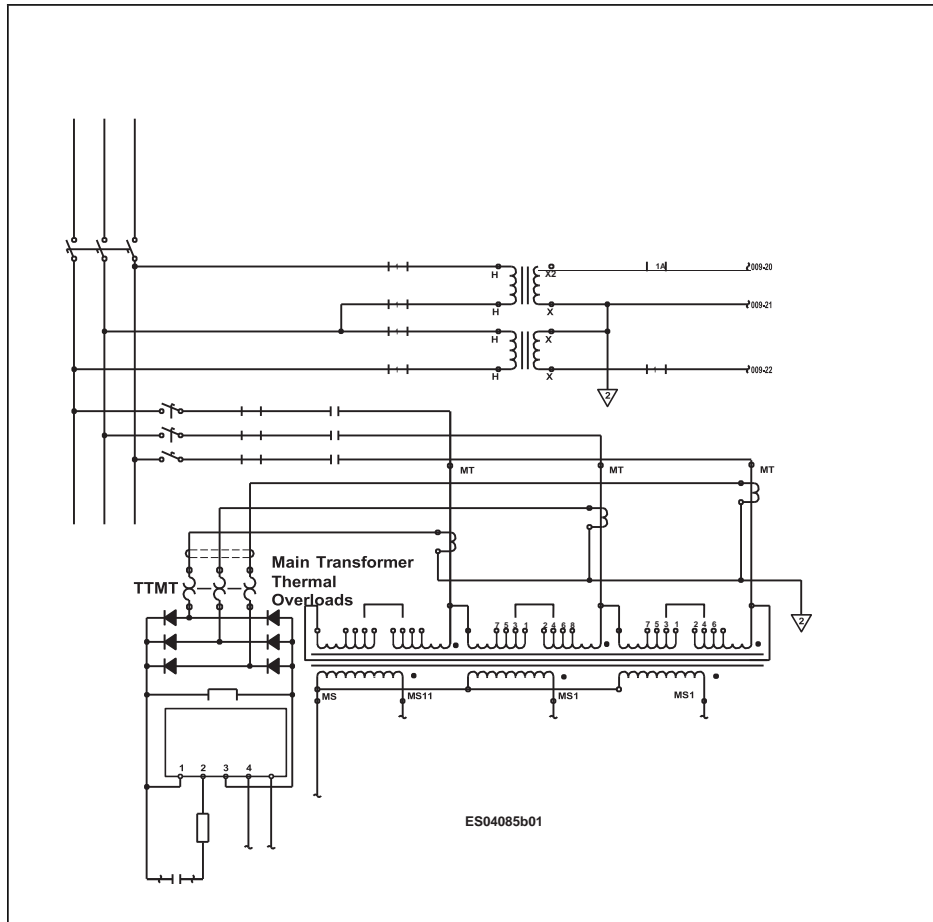


Figura 3-37: Sobrecargas térmicas del transformador principal

En los relés de sobrecarga térmica de aleación fusible, la corriente pasa a través de una pequeña bobina calefactora. Bajo condiciones de sobrecarga, el calor provoca que una soldadura especial se funda, permitiendo que una rueda de trinquete gire libre, abriendo de esta manera los contactos del circuito de control. Cuando esto ocurre, el relé se dispara. El crisol de la soldadura se funde a 125°C. La bobina del calefactor y el crisol de soldadura se combinan formando una unidad de una sola pieza. Ver Figura 3-38.

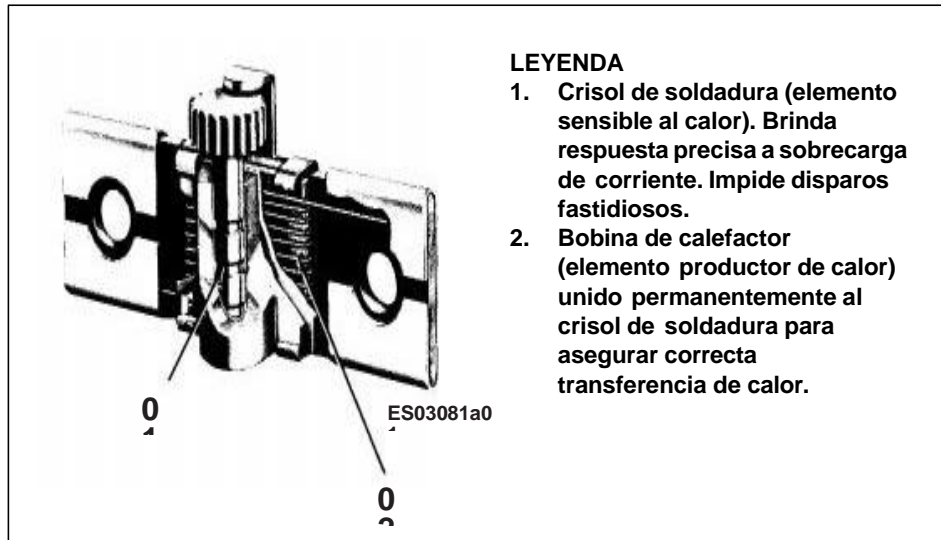


Figura 3-38: TTMT - Unidad térmica de aleación fusible

Los relés de sobrecarga térmica de aleación fusible deben ser reseteados por una operación manual deliberada después que se disparan. Un botón de reseteo está montado en la cubierta. Ver Figura 3-39.

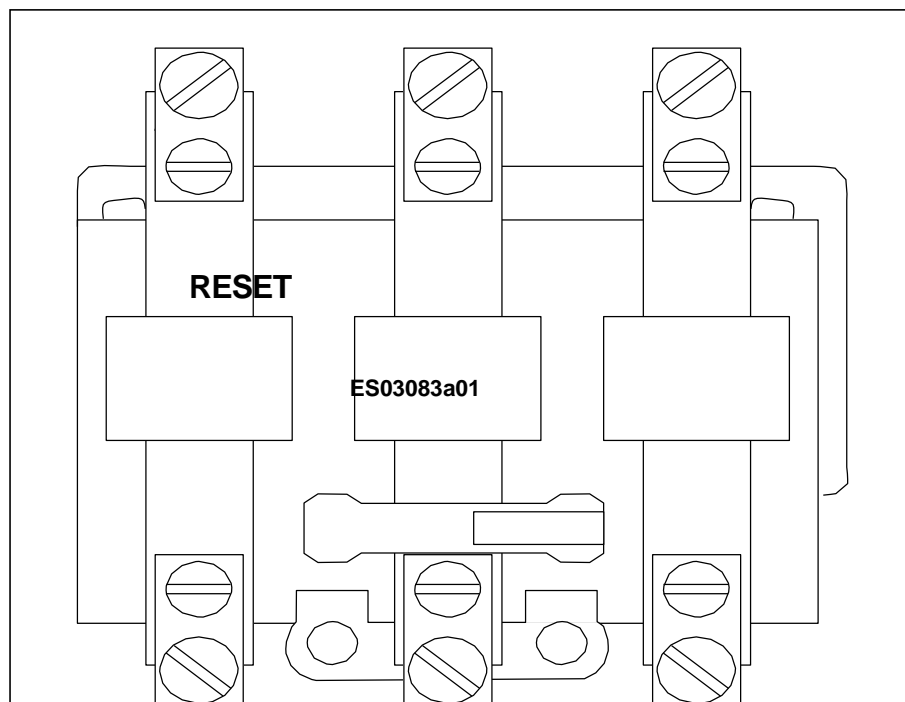


Figura 3-39: TTMT - Botón de reseteo

Los contactos normalmente cerrados asociados al TTMT proporcionan una entrada a un módulo de señal de entrada digital de 8 puntos del sistema de I/O remoto en el Centro de control de motores. Durante la operación normal, estos contactos permanecen cerrados proporcionando una entrada al módulo. Esta entrada confirma con el controlador que no hay ninguna condición de sobrecarga térmica.

Cuando existe una condición de sobrecarga térmica y los contactos se abren, la entrada al módulo se interrumpe. Esto causa que el controlador inicie una parada de la pala con 30 segundos de retardo. Ver Figura 3-40.

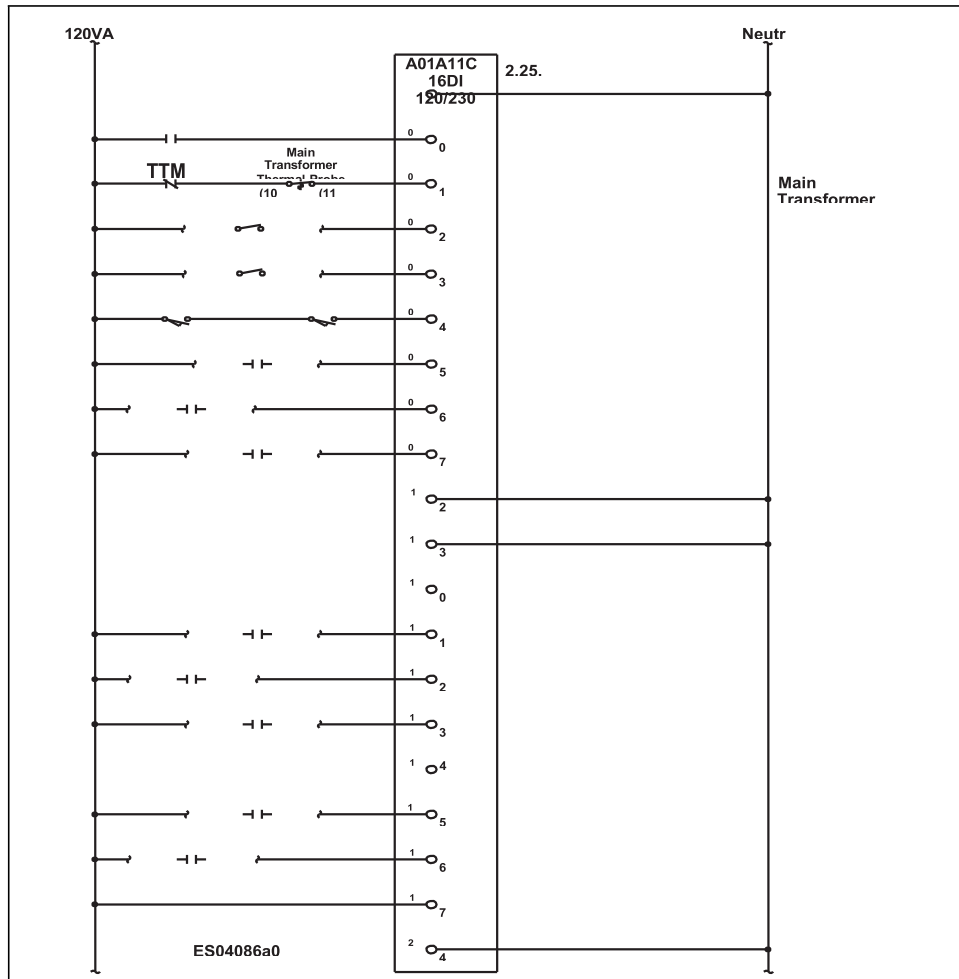


Figura 3-40: Sobrecargas térmicas del transformador principal (TTMT)

Relé De Sobrecarga Instantánea (Qttm)

El relé QTTM proporciona protección de sobrecorriente instantánea al transformador principal. Esto es activado por un circuito de monitoreo compuesto de CTs, un puente de diodo trifásico y una resistencia de precisión. Este valor de la resistencia varía dependiendo del transformador asociado a ésta. Ver Figura 3-41.

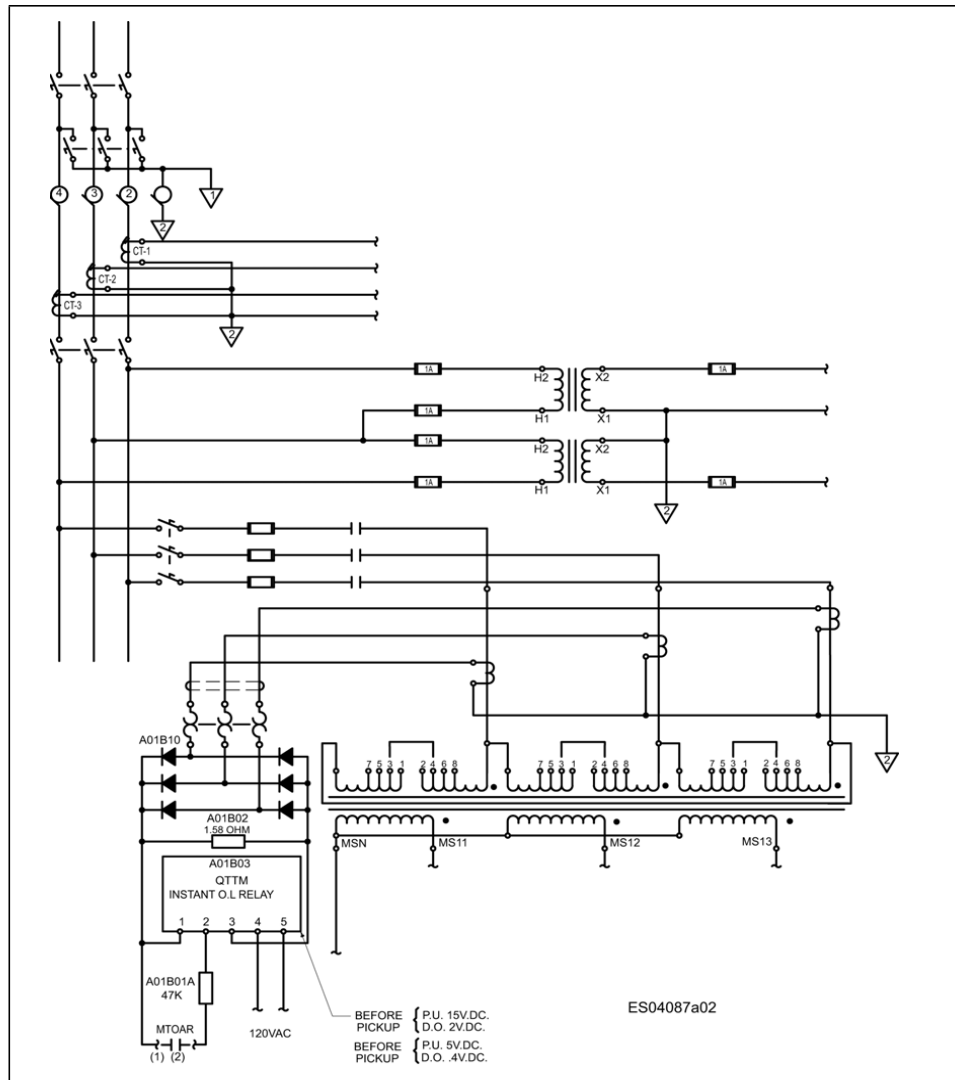


Figura 3-41: Relé de sobrecarga instantánea (QTTM)

Durante los 3 primeros segundos del arranque de la pala, refiérase a la Figura 3-42, el relé de ajuste de sobrecarga del transformador principal (MTOAR) es desenergizado. Los contactos normalmente

abiertos asociados al MTOAR permanecen abiertos. Con el MTOAR abierto, el relé de sobrecarga instantánea (QTTM) es condicionado por un voltaje de disparo de mayor nivel, para compensar mayores niveles de corriente de entrada a través del transformador principal al momento del arranque de la pala. El voltaje de captación del QTTM durante estos 3 primeros segundos es de 15VDC, lo cual representa aproximadamente un 450% de la sobrecorriente. El voltaje de desprendimiento del QTTM es 2VDC.

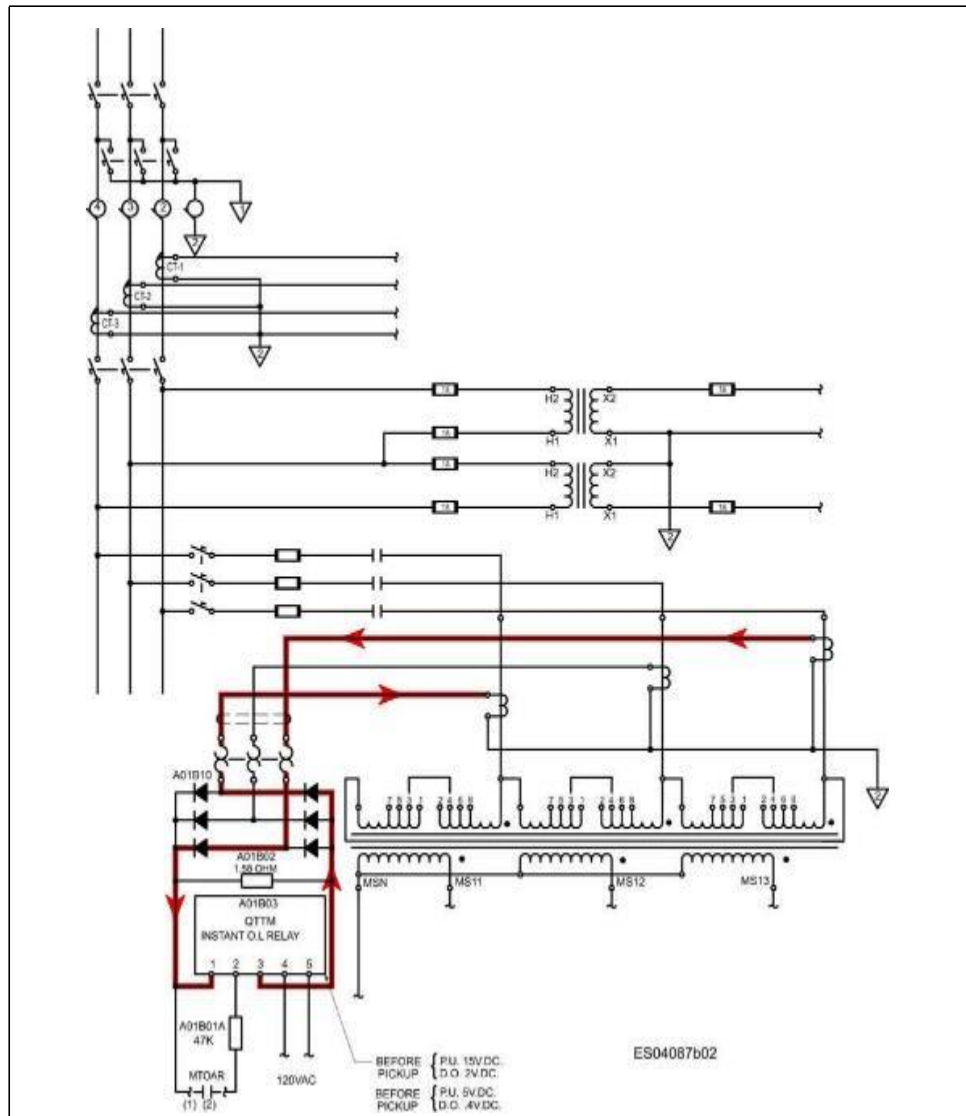


Figura 3-42: QTTM - Primeros 3 segundos del arranque de la pala

3 segundos después del arranque de la pala, refiérase a la Figura 3-43, el MTOAR se energiza. Con el MTOAR energizado, los contactos normalmente abiertos asociados al MTOAR se cierran. El MTOAR es una función de un módulo de 24VDC-120VDC de salida de 2 relés del sistema de I/O remoto en la cabina de control. Este aumenta la sensibilidad del QTTM para la operación normal, posterior a la corriente de irrupción inicial del arranque a través del transformador principal. El voltaje de captación del QTTM es reducido a 5VDC, lo cual representa aproximadamente el 150% de la sobrecorriente. El voltaje de desprendimiento del QTTM es reducido a 0.4VCC\

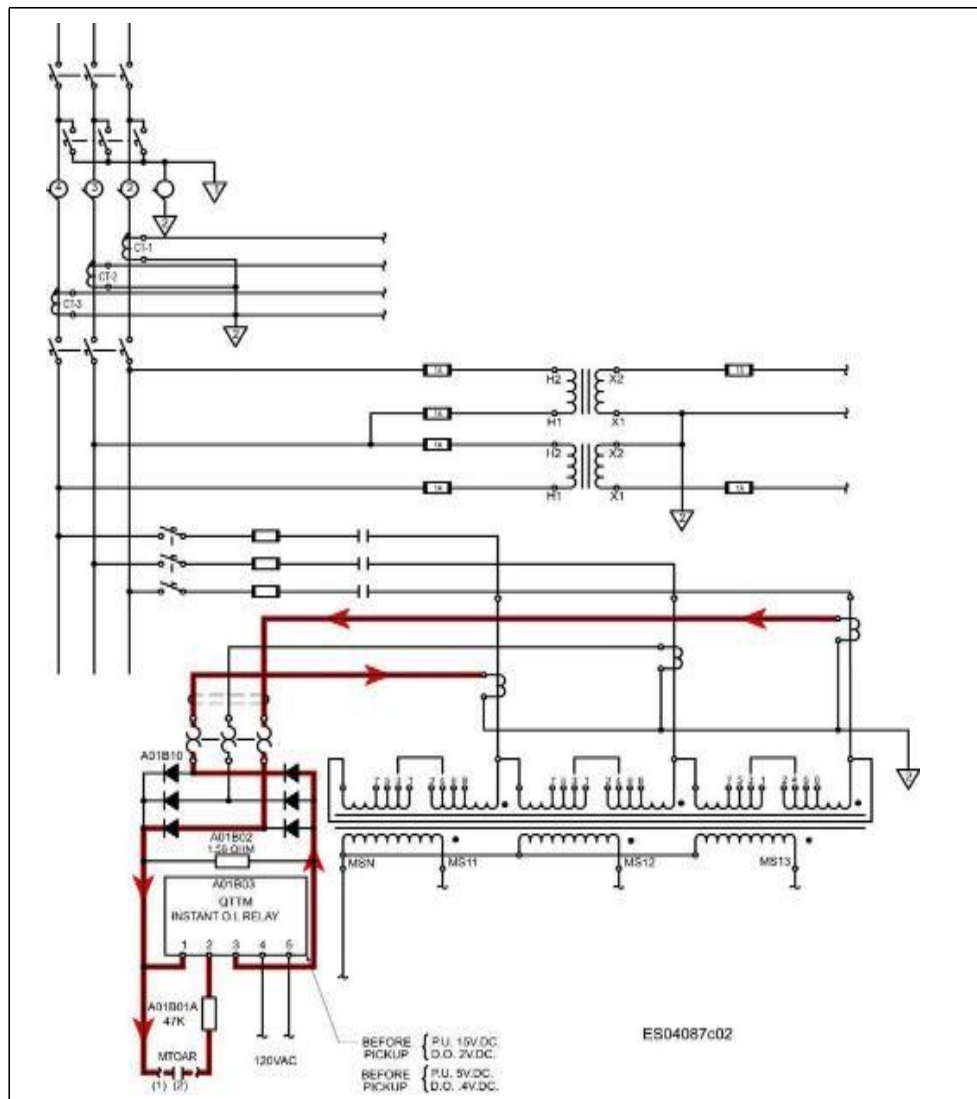


Figura 3-43: QTTM - 3 Segundos después del arranque de la pala

Los contactos del MTOAR son una función de un módulo de 24VDC-120VDC de salida de 2 relés del sistema de I/ O remoto en la cabina de control. Los contactos del MTOAR se cierran 3 segundos después del arranque de la pala. Ver Figura 3-44.

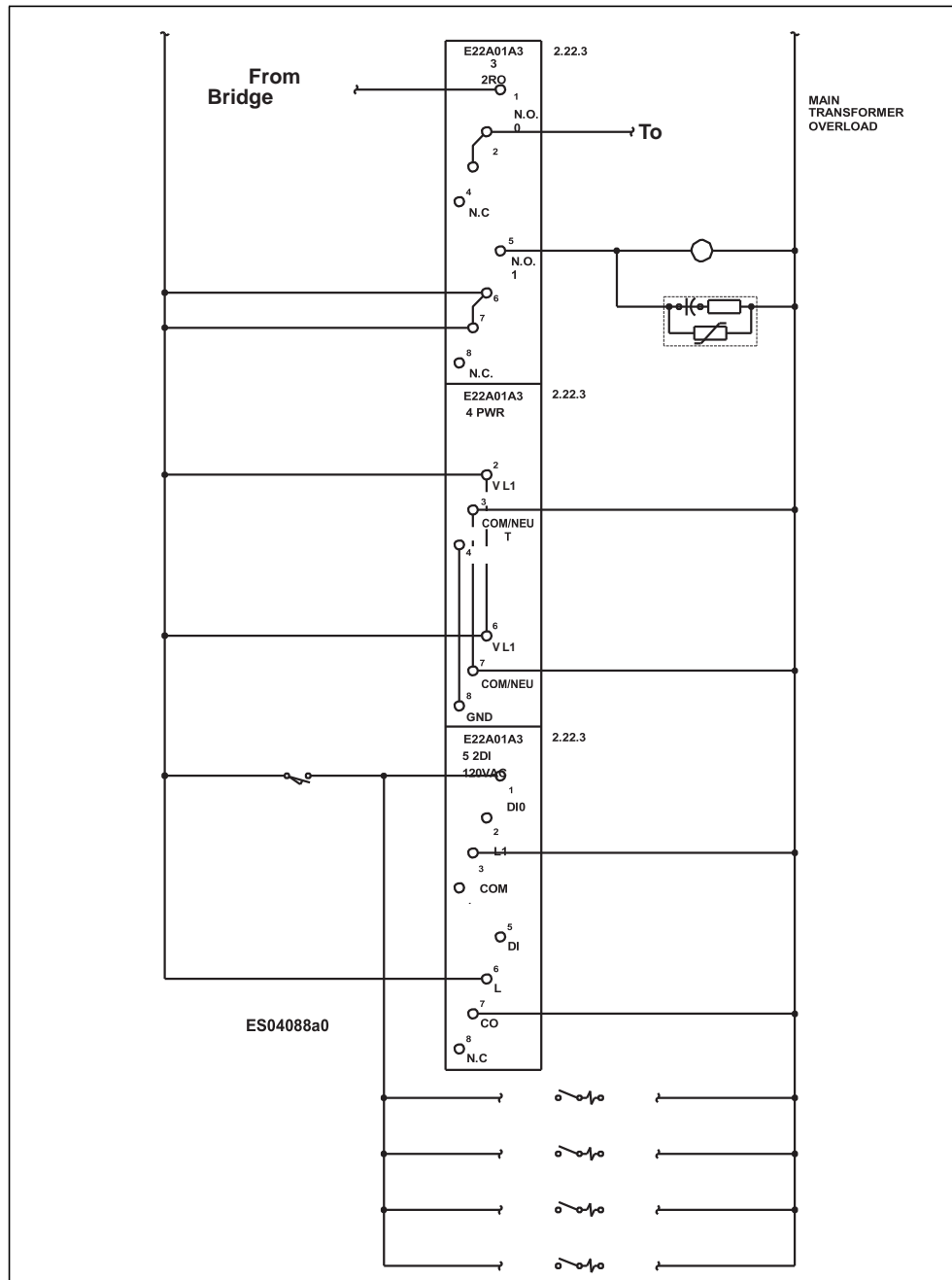


Figura 3-44: Relé de ajuste de sobrecarga del transformador principal (MTOAR)

Si el QTTM se activa, los contactos normalmente abiertos asociados al QTTM se cierran, proporcionando una entrada a un módulo de señal de entrada digital de 16 puntos del sistema de I/O remoto en el Centro de control de motores. Con esta entrada activa, el controlador iniciará una parada instantánea. Ver Figura 3-45.

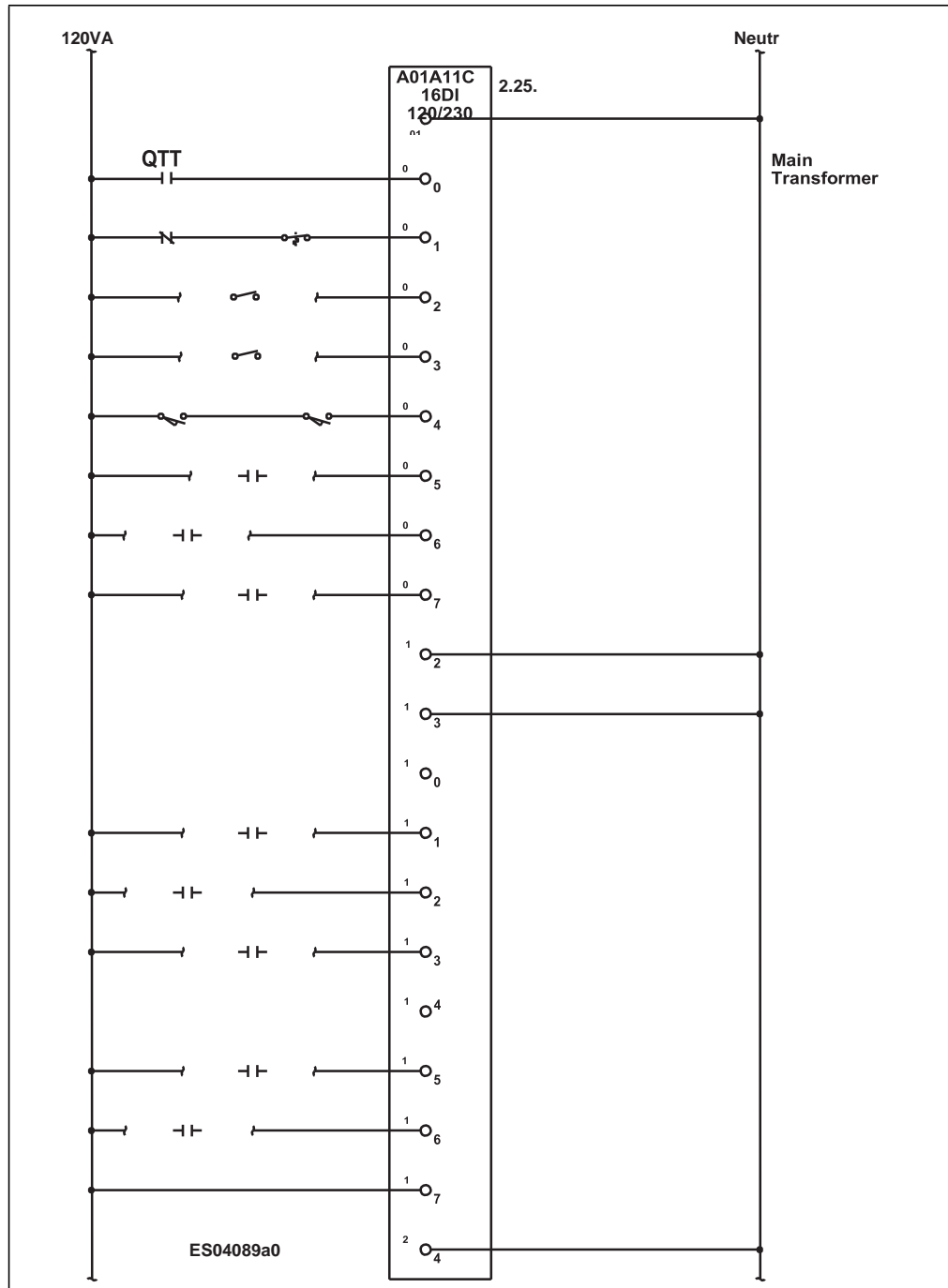


Figura 3-45: Relé de sobrecarga instantánea (QTTM)

Relé De Calefactores De La Sala De Máquinas (Mhr)

El relé de los calefactores de la sala de máquinas controla los calefactores de la sala de máquinas. El relé es controlado por un interruptor en la consola del operador. Ver Figura 3-33.

Durante una parada de la pala, los contactos normalmente cerrados asociados al relé de enclavamiento del calefactor (HIR), ver Subtema 2.10.3.5, proporcionan voltaje de alimentación al interruptor del calefactor de sala de máquinas, ver Figura 3-33, ubicado en la consola del operador a mano derecha, ver Figura 3-35.

El interruptor de calefactores de la sala de máquinas le proporciona al operador la opción de encender o apagar los calefactores de sala de máquinas. Cuando este interruptor de calefactores de la sala de máquinas se cierra, el relé de calefactores de la sala de máquinas (MHHR) se energiza. Los contactos normalmente abiertos asociados al MHHR se cierran, suministrando voltaje de alimentación a los calefactores de la sala de máquinas.

Ver Figura 3-46.

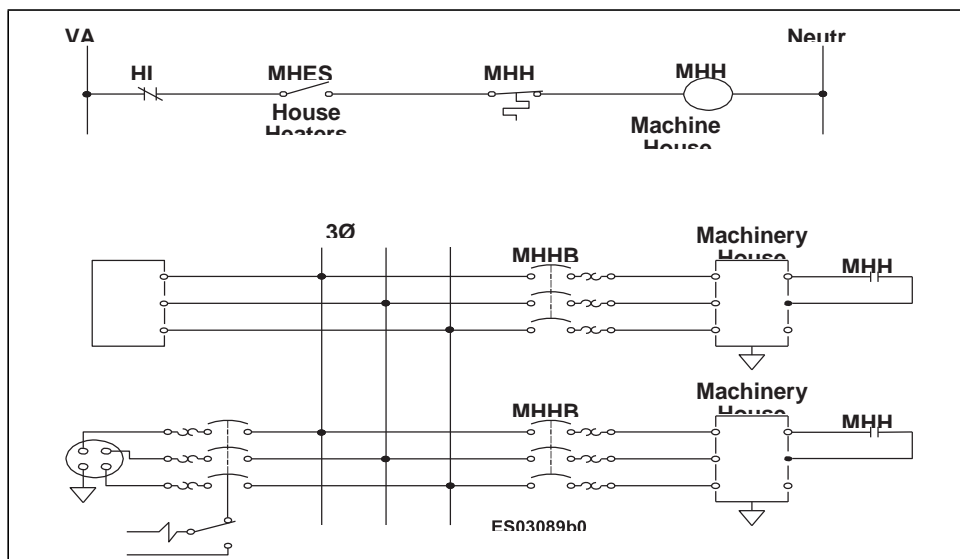


Figura 3-46: Relé de calefactores de la sala de máquinas (MHHR)

Cuando la pala arranca, el contacto normalmente cerrado asociado al HIR se abre, eliminando el voltaje de alimentación al interruptor de calefactores de la sala de máquinas. Esto desactiva los calefactores de la sala de máquinas mientras la pala arranca.

CALEFACTORES DE LOS MOTORES DE PROPULSIÓN

Los calefactores de los motores de propulsión y los circuitos del calefactor del motor se ubican en el chasis inferior de la pala eléctrica P&H.

Operación Del Calefactor De Los Motores De Propulsión

Los calefactores de los motores, control - chasis inferior (MHCL), son controlados por un módulo de 24VDC- 120VDC de salida de 2 relés del sistema de I/O remoto en la cabina de control inferior. La salida desde el módulo se activa cuando la pala se detiene. Esta salida activa es suministrada al MHCL causando que éste se energice. Cuando el MHCL está energizado, los contactos normalmente abiertos asociados al MHCL se cierran, suministrando 120VAC a los calefactores de los motores de propulsión. Los motores de propulsión permanecerán a una óptima temperatura de operación cuando la pala se detiene. Ver Figura 3-47.

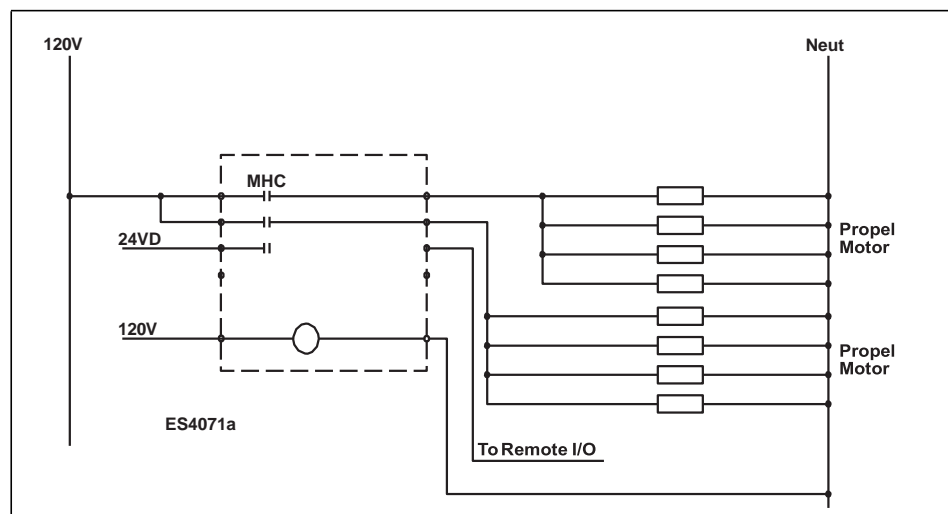


Figura 3-47: Calefactores de los motores de propulsión

Cuando la pala está en operación, la salida desde el módulo de 24VDC-120VDC de salida de 2 relés está inactiva. Esto elimina la entrada activa al MHCL causando que se desenergice. Los contactos normalmente abiertos asociados al MHCL se abren. Los calefactores de los motores de propulsión se desenergizan.

Cuando se aplica voltaje y la corriente fluye a través del primario, se generan líneas magnéticas de fuerza. Durante el tiempo en que la corriente aumenta en el primario, las líneas magnéticas de fuerza se expanden hacia afuera desde el primario y cortan el secundario. Se induce un voltaje a una bobina cuando las líneas magnéticas cortan a través de ésta. Por lo tanto, el voltaje a través del primario provoca la inducción de un voltaje a través del secundario.

El voltaje secundario de un transformador puede estar en fase o fuera de fase con el voltaje primario. Esto depende de la dirección a la cual se han devanado las bobinas y de la disposición de las conexiones del circuito externo. Esto significa que los dos voltajes podrían aumentar y disminuir juntos o uno puede aumentar mientras el otro disminuye.

Relé De Control Maestro

La Figura 3-48 muestra la ruta para energizar el relé de control maestro (MCR).

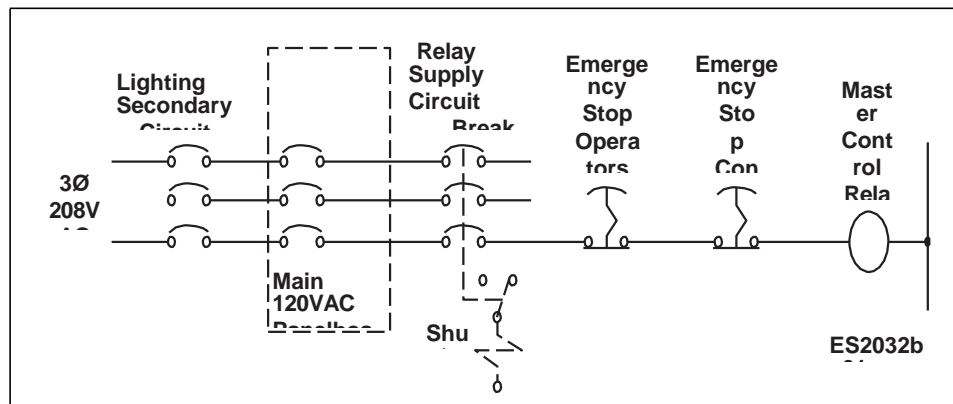


Figura 3-48: Diagrama unilineal del relé de control maestro

Cuando se interrumpe el suministro eléctrico, el relé de control maestro desactiva el suministro de potencia de 24VDC al sistema de filtración, la pared frontal, la sala de lubricación y los sistemas de I/O remoto de la sala de máquinas trasera. Los 120VAC se eliminan de los módulos de 24VDC-120VDC de salida de 2 relés (2.27.15, 2.27.16 y 2.27.17) en la cabina de transferencia. Los 120VAC se eliminan de los módulos de 24VDC-120VDC de salida de 2 relés (2.26.8, 2.26.9 y 2.26.10) en la cabina del convertidor. Ver Figura 3-49.

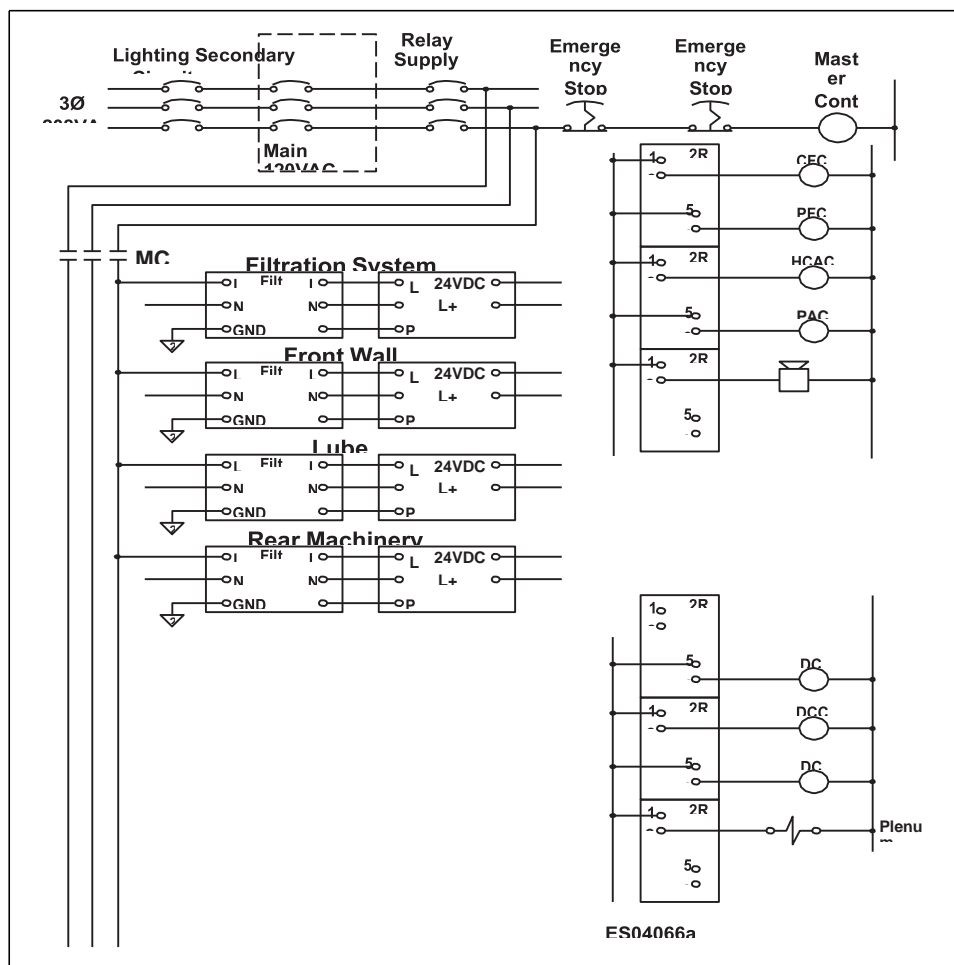


Figura 3-49: Ruta del circuito del relé del control maestro

El relé del control maestro se energiza antes que arranque la pala, siempre y cuando el interruptor de circuito del secundario de

iluminación, el interruptor de circuito de alimentación de voltaje de relé (RSB), el interruptor de circuito de alimentación de relé (RSCB), los botones de parada de emergencia de la consola del operador y de la cabina de control estén cerrados.

Cuando se energiza, los contactos que están normalmente abiertos asociados al MCR se cierran, aplicando 120VCA a los suministros de energía de 24VCC para el sistema de filtración, la pared delantera, la sala de lubricación y el sistema de I/O remoto de la sala de máquinas trasera. Los 120VAC también se aplican a los módulos de 24VDC-120VDC de salida de 2 relés (2.27.15, 2.27.16 y 2.27.17) en la cabina de transferencia y a los módulos de 24VDC-120VDC de salida de 2 relés (2.26.8, 2.26.9 y 2.26.10) en la cabina de convertidores. Ver Figura 3-49.

DIAGRAMAS DE TEORÍA DE OPERACIÓN ELÉCTRICA

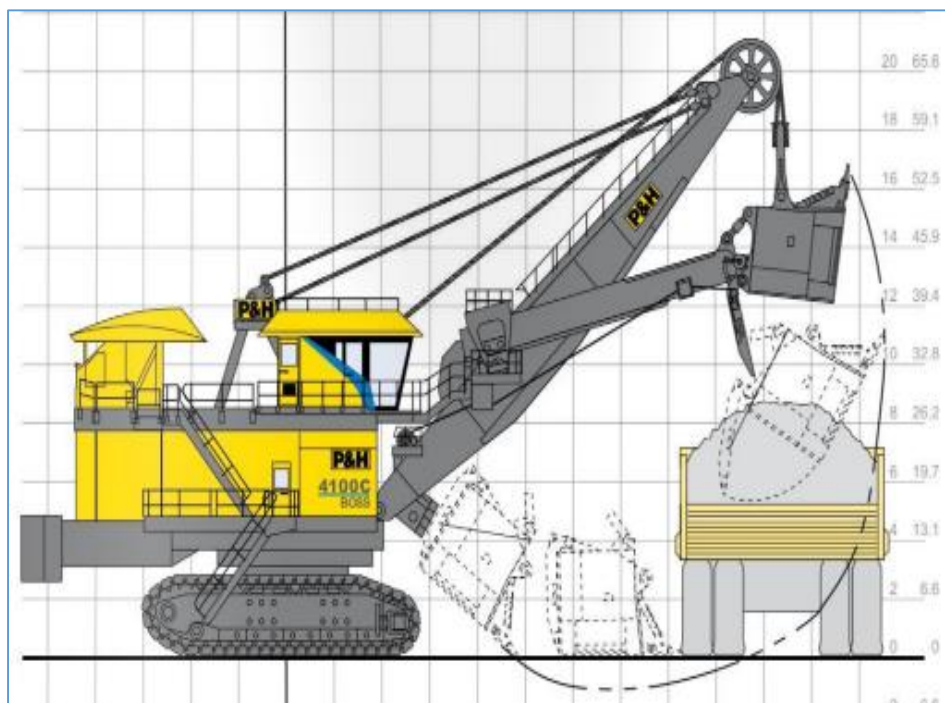


Figura 3-50: Diagrama de Pala Eléctrica AC

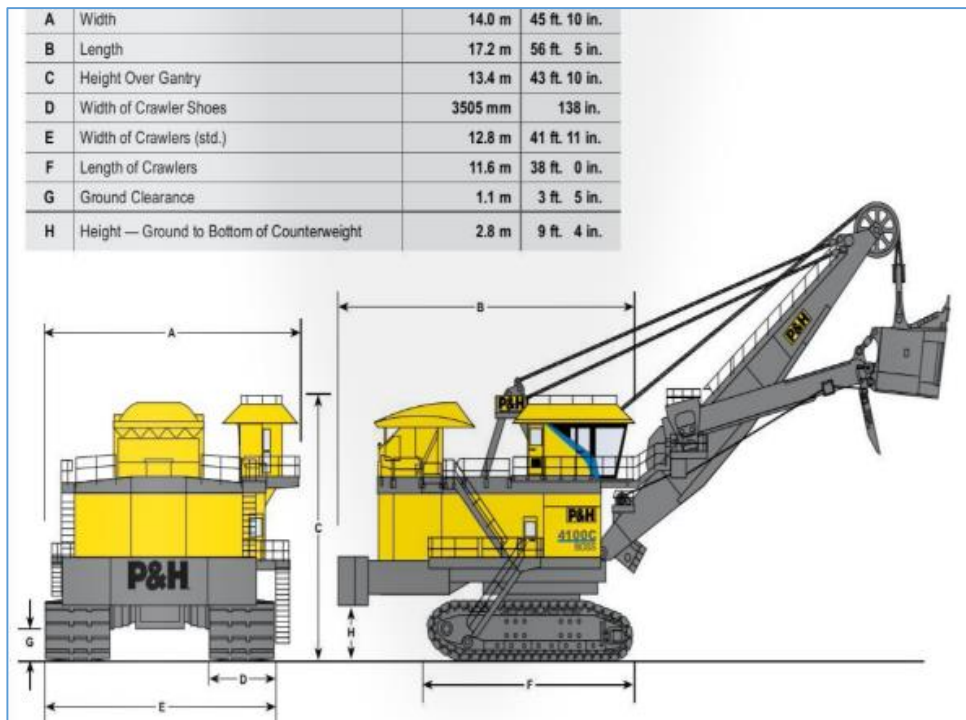


Figura 3-51: Diagrama de Dimensiones de la Pala.

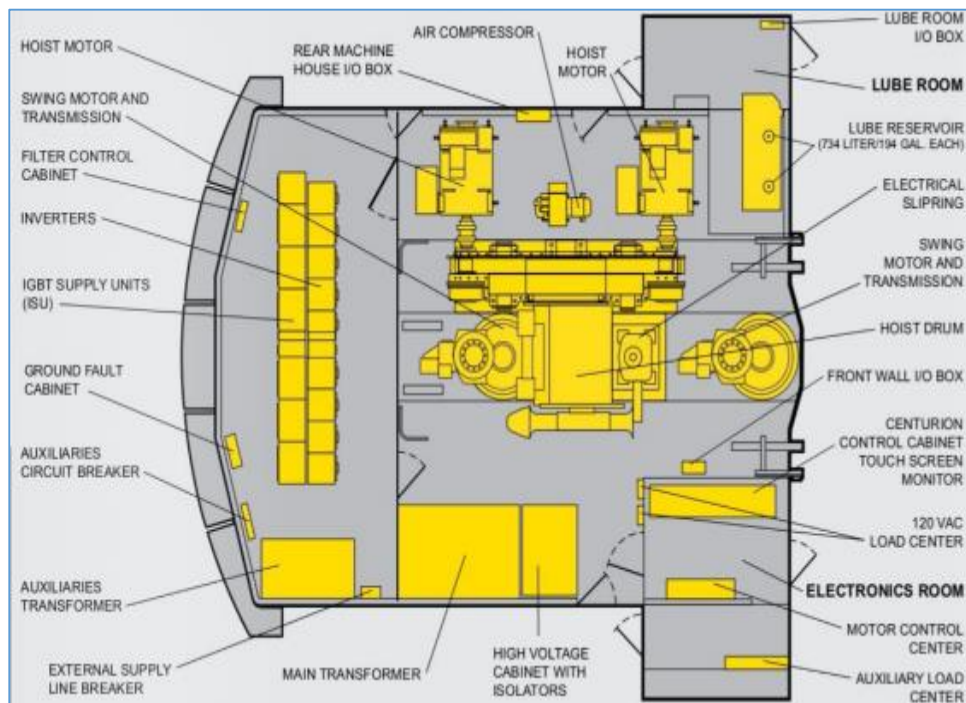


Figura 3-52: Diagrama de Plano de cubierta de la maquina



Figura 3-53: Vista en Campo



Figura 3-54: Ejecución de la pala Eléctrica

RENDIMIENTO DE LA PALA: AC VS. DC

Introducción

Comparar el rendimiento de la pala alimentada con corriente alterna (AC) con cables versus su pala alimentada con corriente continua (DC). La mina opera varias palas eléctricas P&H con cable.

Resultados

Los resultados mostraron que las palas AC presentaron una mayor disponibilidad que la pala DC durante un periodo similar. Además, resultados iniciales indican que el tiempo de ciclo de las palas AC es más rápido, dando como resultado una mayor productividad.

Los controles DC en las palas eléctricas P&H evolucionaron a partir de Ward-Leonard hasta el Electrotorque análogo en 1968, el Electrotorque Plus digital en 1997, y el Centurión en el 2004. La tecnología de adquisición de datos y control supervisor Centurión puso a P&H en posición para ofrecer accionamientos AC como una confiable alternativa a los accionamientos DC. Las primeras palas AC de la compañía entraron en servicio el 2007—dos años después de haber lanzado su proyecto de pala con accionamiento AC. Hoy en día, P&H ofrece palas tanto AC como DC ya que la demanda por estas últimas continúa en algunas regiones mineras, mientras que otras regiones estandarizan tecnología AC.

Cambios Desde La 4100xpc Dc A La 4100xpc Ac

Una serie de importantes mejoramientos que afectan la confiabilidad y/o productividad fueron incluidos en la pala 4100XPC AC:

- Cierre modular de la sala trasera hecho en fábrica para enrutamientos eléctricos simplificados, resultando en un menor

tiempo de instalación y una mayor eficiencia en la resolución de problemas, reduciendo así el tiempo muerto;

- Motores AC usados en giro y levante para mejorar estas velocidades, dando como resultado un mejoramiento en la productividad;
- Se hicieron modificaciones (por nombrar algunas) al polín delantero, al sistema de lubricación, a las dimensiones del rodillo, a las dimensiones de la tornamesa, al tren de polines, a la caja de engranajes de levante, a la pluma y al pie derecho para mejorar la confiabilidad;
- Accionamientos independientes para cada motor de avance, permitiendo “propulsión según se necesite” y eliminando el tiempo requerido para pasar del modo de excavación al modo de avance y viceversa, resultando en una mayor productividad porque hay más tiempo disponible para producción en lugar de demoras por avance; y
- Sala trasera con mejor temperatura del clima mejor y control de polvo.

Estas modernizaciones se hicieron para mejorar el rendimiento de la 4100XPC AC, y varias de ellas estaban destinadas para ser validadas durante el estudio.

El estudio comparó las palas 4100XPC DC y AC a partir de varios diferentes aspectos: disponibilidad física, tiempo de ciclo, requerimientos de mantención preventiva, costos de partes por hora y, finalmente, productividad total.

Disponibilidad

Exceptuando los primeros dos meses de operación para permitir un

periodo de rodaje en cada pala, encontramos excelentes resultados en las tres palas bajo estudio, siendo la disponibilidad física más baja un 92,52% en la Pala S06 4100XPC DC por los siguientes cuatro meses de operación. Las dos palas AC (durante un periodo de operación de tres meses para la Pala S07 y un mes para la Pala S08) tuvieron una disponibilidad física ponderada promedio de un 93.96%.

Cabe notar que, acumulada (a través de más de 16.000 horas de operación), la Pala B ha demostrado una disponibilidad física del 93,58%, un mejoramiento sobre los primeros meses de operación.

Si estos números se mantienen en el tiempo, y asumiendo una unidad completamente ocupada con camiones, se puede agregar una ventaja de disponibilidad de aproximadamente un 1,5% a la tasa de producción de la mina. Bajo condiciones de plena utilización, un mejoramiento de sólo un 1% en la disponibilidad puede agregar algo así como 250.000 m³ de material estéril removido a la producción total de la mina anualmente (incluso considerando la misma producción por hora).

En el diseño de la pala AC, P&H apuntó a un mejoramiento en la disponibilidad de entre un 1% y un 2% por sobre la versión DC del mismo modelo de pala. Los resultados sugieren que esto es exacto.

Tiempo De Ciclo

Uno de los componentes claves en la productividad de una pala es el tiempo que le tarda a la pala cargar un balde de material al camión (junto con la carga útil en cada balde lleno). En una pala eléctrica con cables, el tiempo de ciclo consta de los siguientes componentes:

- Levantar en el banco para cargar el balde;
- Girar un balde lleno hacia camión;

- Descargar en el camión; y
- Retornar con un balde vacío a la posición encogida para comenzar el siguiente ciclo.

En los estudios de tiempo realizados, a cada componente (excepto a la descarga) se le hizo seguimiento individualmente (la descarga se consideró como parte de los componentes de giro vacío y giro en retorno y se supone ser de 2 segundos—un segundo para cada uno de ellos). Los datos de PreVail mostraron un ángulo de giro promedio de aproximadamente 60°.

Tal como se aprecia a partir de datos del estudio de tiempos sobre los componentes del ciclo de vida (Ver Figura 1), la 4100XPC AC tiene un tiempo de ciclo promedio de algo así como 3,5 segundos más rápido que el de la 4100XPC DC. Esto representa una significativa reducción en los tiempos de carga de la pala. Una porción menor de los ahorros en el tiempo de ciclo estuvo en el componente giro cargado (0,4 segundos) pero la inmensa mayoría de los ahorros en el tiempo de ciclo está en el tiempo requerido para levantar el balde a través del banco. Tiempos de levante más rápidos como los demostrados aquí son una de las ventajas inherentes de un accionamiento AC por sobre un accionamiento DC en una pala eléctrica con cables. Algunos de los ahorros de tiempo pueden atribuirse al balde que se está usando actualmente en las palas AC. P&H ratifica que estos baldes reducen el tiempo de excavación en la superficie de ataque.

P&H apuntaba a un mejoramiento en el tiempo de ciclo de 1 a 2 segundos por sobre la 4100XPC DC al diseñar la pala AC. El estudio indica que el número fijado como meta actualmente se está cumpliendo.

COSTOS DE PARTES POR HORA

Principalmente debido a la menor frecuencia de mantención que involucran los motores AC, P&H proyecta una reducción total del 4% en el costo de partes por hora con la 4100XPC AC versus la unidad DC (basado en 6.000 horas horómetro al año).

Anualmente, los ahorros varían de un 2,7% a un 5,4%, ocurriendo las variaciones más altas en los dos periodos más tempranos. Combinado con las mayores productividades experimentadas en la pala AC, el costo por BCM continúa reduciéndose significativamente.

Productividad Total

La producción total esperada entre una P&H 4100XPC DC y una 4100XPC AC basada en carguío por dos lados de los camiones y algunos de los otros parámetros observados durante los estudios de tiempo realizados a ambas palas. Se usará una eficiencia operacional del 83% (50 minutos-hora) y se asume una capacidad de camión de 290 tm para este cálculo (con una carga de 3 pasadas).

De acuerdo a lo proyectado por P&H durante la fase de diseño de la pala 4100XPC AC, y según lo valida este estudio, la pala con accionamiento AC ofrece algunas importantes ventajas en costo y productividad por sobre la pala DC. La pala AC está logrando entre un 1% a un 2% de mejor disponibilidad (durante el mismo periodo); un tiempo de ciclo más rápido igualando a una mayor productividad; y, menores costos operacionales proyectados. Considerando todos estos factores, se espera que la 4100XPC AC tenga un impacto positivo en el largo plazo tanto en la producción como en el costo por tonelada/BCM movilizado en la mina.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo

La investigación científica en el presente trabajo es de tipo *aplicado*, utilizando el enfoque *cuantitativo*, pues considera conocimientos existentes sobre las características físicas del Motor eléctrico en CA y pala eléctrica 4100 XPC en la minera Cerro verde Arequipa; entonces se está utilizando resultados de investigación para buscar nuevos conocimientos para aplicaciones prácticas que permitan plantear alternativas de remediación en el proceso de excavación y extracción del mineral.(12)

Nivel

El nivel de investigación en el presente trabajo de investigación es descriptivo - correlacional, pues parte de las características del Motor eléctrico en CA y pala eléctrica 4100 XPC en la minera Cerro verde Arequipa. Es una investigación asociativa que trata de hallar correspondencia entre el Motor eléctrico en CA y pala eléctrica 4100 XPC en la minera Cerro verde Arequipa.(14)

Método

Método General

El método de investigación fue el científico, pues se inicia por la identificación de las partes que caracterizan una realidad y a partir de ello se establece la relación entre los elementos que componen

el objeto de investigación. En este caso se identificaron y caracterizaron el Motor eléctrico en CA, para establecer su influencia en la pala eléctrica 4100 XPC en la minera Cerro verde Arequipa.(14)

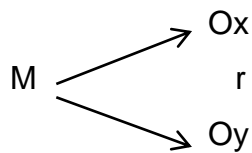
Método Específico

Como método específico se eligió el método descriptivo, hipotético y estadístico porque consiste en analizar e interpretar sistemáticamente un conjunto de hechos o fenómenos y sus variables que les caracterizan en su estado actual.(12)

DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño utilizado fue el descriptivo correlacional, en la medida que los resultados obtenidos en la medición de las variables han sido tratados, para determinar el grado de influencia que existe entre las variables estudiadas.(16)

Los datos cuantitativos y las observaciones de muestreo del Motor eléctrico en CA y pala eléctrica 4100 XPC en la minera Cerro verde Arequipa, responde al siguiente modelo



M, Muestra.

O, representa a las observaciones y/o mediciones realizadas.

X, representa la variable.

Y, representa a la variable.

r, representa la relación hipotética de las variables.

POBLACIÓN, MUESTRA Y TÉCNICA DE MUESTREO

Población

La población está constituida por los equipos de extracción minera en la compañía minera Cerro verde - Arequipa, en sus zonas de vida, ubicados en diferentes frentes y con diferentes características de operación

Muestra

La muestra estuvo constituida por el motor eléctrico en CA instaurado en la pala eléctrica 4100 XPC en la minera Cerro verde Arequipa,

Se identificó el equipo de carga de minerales a quien se le realizó el estudio de funcionamiento con el motor de corriente alterna, también se colectó una muestra de producción de la pala eléctrica en funcionamiento con corriente continua.

Tipo De Muestreo

Se realizó muestreo no probabilístico por conveniencia debido a que las unidades muestrales no se seleccionaron al azar, sino que fue elegida por el investigador por encontrarse a mayor alcance. Esto se evidencia al elegir el equipo denominado Pala Eléctrica4100XPC a quien se hizo una comparación de su funcionamiento con el motor de CA y CC.

TÉCNICA E INSTRUMENTO DE ACOPIO DE DATOS

A. Técnica De Fichaje

Esta técnica se utilizó con el fin de recoger información teórica tanto al momento de realizar el diseño como el informe final y dentro de ella tenemos:

- Ficha bibliográfica. Se utilizó al momento de elaborar las referencias bibliográficas.
- Ficha de resumen. Se utilizó para elaborar las bases teóricas.
- ficha documental. Esta técnica se utilizó al momento de revisar Los avances lineales de extracción mineral.

B. Técnica De Registros

Se aplicó esta técnica debido a que la información sobre el fenómeno y/o objeto de estudio, solo es posible obtenerla a través de archivos o registros dentro del trabajo diario de la mina en determinadas instituciones, para ello en la investigación se utilizaron frecuentemente las hojas de reporte de producción de mineral por día por mes.

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

La tabulación de los datos estadísticos se realizó a través de cuadros unidimensionales y bidimensionales según se indicó.

Se utilizaron estadísticos descriptivos como la media aritmética y desviación estándar.

Para la contratación de la hipótesis se empleó la prueba de r_s de Spearman para probar independencia de variables.

Todas las pruebas estadísticas de significación tuvieron el 95% de confiabilidad.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para el presente capítulo se describe el funcionamiento de la pala Eléctrica 4100XPC mediante el motor eléctrico en CA en la minera Cerro Verde Arequipa, para ello se han estudiado los parámetros de operación, producción diaria y cargado del mineral a fin de entender el cambio creado gracias a la operación de la pala eléctrica mediante los dos tipos de corriente CD-CA, para ello primero se realiza un análisis descriptivo acerca de la extracción con los motores de DC y seguidamente mediante CA, luego se pasarán a mostrar los resultados finalmente la contrastación estadística acerca de las hipótesis general y específica.

SISTEMA DE CARGADO EN TONELADAS CON LA PALA EN DC

Considerando que en la Mina Cerro verde se realizaba la extracción y cargado de mineral con las palas eléctricas en DC, trabajando en el turno de día y noche en el periodo de abril del 2018. Esta extracción de mineral es realizada con 5 trabajadores con mano de obra directa, siendo 8 horas efectivas por guardia de trabajo, de los 10.5 horas programadas por guardia, trabajándose con dos guardias por día; entonces tendremos una producción de 10, 682,580 toneladas de mineral por día

Tabla 5: Minera cerro verde - Toneladas cargadas por día con la Pala DC

Fecha	Toneladas cargadas por día	Productividad promedio TM/Hora Efectiva	Tiempo de carguío promedio en minutos	Cobertura Pala DC en (%)
01/05/2018	333.228	3.091	1,5	60.4%
02/05/2018	298.536	2.951	1,7	64.6%
03/05/2018	295.557	3.071	1,5	64.1%
04/05/2018	291.600	3.259	1,5	67.3%
05/05/2018	420.780	3.343	1,5	66.9%
06/05/2018	408.900	3.639	1,5	72.2%
07/05/2018	370.497	3.753	1,5	70.7%
08/05/2018	403.680	3.618	1,4	65.5%
09/05/2018	386.457	3.349	1,4	63.4%
10/05/2018	356.547	3.438	1,6	68.4%
11/05/2018	356.187	3.033	1,6	63.1%
12/05/2018	340.200	3.438	1,7	72.6%
13/05/2018	318.420	3.057	1,6	59.0%
14/05/2018	365.760	3.447	1,5	66.9%
15/05/2018	322.020	3.305	1,5	69.0%
16/05/2018	312.120	2.968	1,6	62.1%
17/05/2018	326.811	3.189	1,6	64.7%
18/05/2018	357.480	3.543	1,5	69.9%
19/05/2018	341.460	3.395	1,5	60.9%
20/05/2018	362.820	3.321	1,5	58.5%
21/05/2018	398.340	3.135	1,6	59.0%
22/05/2018	390.720	3.300	1,5	62.9%
23/05/2018	402.480	3.499	1,4	61.3%
24/05/2018	398.700	3.056	1,5	55.6%
25/05/2018	444.900	3.705	1,5	72.2%
26/05/2018	346.800	3.226	1,5	63.1%
27/05/2018	358.740	3.123	1,5	58.7%
28/05/2018	320.640	2.980	1,5	56.0%
29/05/2018	362.400	2.899	1,6	59.4%
30/05/2018	384.060	3.126	1,5	61.1%
TOTAL	10,682,580	3.272	1,5	63.8%

Fuente: Elaboración propia

SISTEMA DE CARGADO EN TONELADAS CON LA PALA EN AC

Considerando que en la Mina Cerro verde se realizaba la extracción y cargado de mineral con las palas eléctricas en AC, trabajando en el turno de día y noche según en el periodo de abril del 2018. Esta extracción de mineral es realizada con 5 trabajadores con mano de obra directa, siendo 8 horas efectivas por guardia de trabajo, de los 10.5 horas programadas por guardia, trabajándose con dos guardias por día; entonces tendremos una producción de 10.776.840 toneladas de mineral por día.

Tabla 6: Minera Buenaventura - Toneladas cargadas por día con la Pala AC

Fecha	Toneladas cargadas por día	Productividad promedio TM/Hora Efectiva	Tiempo de carguío promedio en minutos	Cobertura Pala AC en (%)
01/05/2018	433,980	5,038	0.9	69.4%
02/05/2018	432,240	4,898	0.9	66.9%
03/05/2018	372,420	4,467	1.1	68.9%
04/05/2018	376,380	4,614	1.0	67.8%
05/05/2018	351,300	4,749	1.0	69.3%
06/05/2018	287,220	5,159	1.0	72.2%
07/05/2018	312,240	4,458	1.0	65.5%
08/05/2018	293,640	4,385	1.0	69.4%
09/05/2018	324,540	4,674	0.9	71.6%
10/05/2018	373,680	4,483	0.9	71.5%
11/05/2018	379,680	5,405	0.9	73.9%
12/05/2018	391,260	5,515	0.9	75.5%
13/05/2018	407,640	4,952	1.0	66.5%
14/05/2018	297,900	4,804	1.0	70.8%
15/05/2018	401,400	4,992	1.0	68.0%
16/05/2018	402,540	4,902	0.9	69.4%%
17/05/2018	377,160	4,917	0.9	69.5%
18/05/2018	330,180	4,731	1.0	67.7%
19/05/2018	418,080	5,084	0.9	70.4%
20/05/2018	369,660	4,474	1.0	65.7%
21/05/2018	332,100	4,070	1.0	59.4%
22/05/2018	350,160	4,331	0.9	62.1%
23/05/2018	337,680	3,947	1.0	55.1%
24/05/2018	318,240	4,163	1.0	59.4%

25/05/2018	233,520	3,929	1.0	61.2%
26/05/2018	304,140	4,308	1.0	63.1%
27/05/2018	374,280	4,633	1.0	65.7%
28/05/2018	368,940	4,524	0.9	62.2%
29/05/2018	368,700	4,258	1.0	59.5%
30/05/2018	361,680	4,397	0.9	58.5%
TOTAL	10.776.840	4,637	1.0	66.4%

Fuente: Elaboración propia

Distribución Porcentual Toneladas Cargadas

Tabla 7: Distribución porcentual de la muestra Según toneladas cargadas

	TM	%
Pala eléctrica en DC	10,682,580	49.8
Pala eléctrica en AC	10.776.840	50.2
Total	21,459,420	100

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7, podemos observar que el 49.8% (10, 682,580 TM) representa las toneladas cargadas por parte de la Pala eléctrica en DC en la mina Cerro verde Arequipa, mientras que 50.2% (10.776.840 TM) son las toneladas cargadas por la pala eléctrica en AC, durante el mes de abril del 2018.

Distribución Porcentual De La Productividad Promedio En Tm/Hora Efectiva

Tabla 8: Distribución porcentual de la productividad promedio en TM/hora efectiva

□	TM/hora efectiva.☒	%☒
Pala eléctrica en DC ☒	3.272☒	85☒
Pala eléctrica en AC☒	4.637☒	121☒
☒	☒	☒
Promedio total☒	3,834☒	100☒

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8, podemos observar que el promedio efectivo de extracción de mineral es de 3.834 TM el cual representa un 100%, como se observa la pala eléctrica en DC tiene una extracción de 3.272 TM/por hora efectiva representando un 85% es decir 15% de déficit, mientras que la pala eléctrica en AC tiene una producción de 4.637 TM/hora efectiva representando un 121% es decir con 21% de efectividad en la compañía minera Cerro Verde Arequipa en el mes de abril del 2018.

Distribución Porcentual De La Muestra Según Tiempo De Carguío Promedio En Minutos.

Tabla 9: Distribución porcentual de la muestra según tiempo de carguío promedio en minutos.

□	Tiempo de carguío promedio en minutos☒	%☒
Pala eléctrica en DC ¶☒	1.5☒	115☒
Pala eléctrica en AC¶☒	1.0☒	76☒
☒	☒	☒
Total☒	1.3☒	100☒

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9, podemos observar que el tiempo de carguío promedio en minutos es de 1.3 el cual representa el 100%, respecto a la pala

eléctrica en DC el tiempo de carguío es de 1.5 minutos representando un 115%, lo que nos indica que existe un tiempo excesivo de un 15% de más, por otro lado, la pala eléctrica de AC demora un 1 minuto representando un 76% es decir un 14% menor del promedio total en la mina Cerro Verde Arequipa en el mes de abril del 2018.

Distribución Porcentual Respecto A La Cobertura De La Pala En (%)

Tabla 10: Distribución porcentual de la muestra según la cobertura de la pala en (%)

Cobertura de la pala en (%)	
Pala eléctrica en DC	63.8%
Pala eléctrica en AC	66.4%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 10, podemos observar que, la cobertura de la pala eléctrica en DC es de 63.8% es decir la cantidad de utilización por parte de la minera, mientras que la pala en AC representa una cobertura de 66.4% representando el número de veces que es utilizado en la minera Cerro verde Arequipa el mes de abril del 2018.

PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hipótesis General

Para la prueba de nuestra hipótesis general, se sometió a una prueba estadística denominada Coeficiente de correlación (“ r_s ” de Spearman), con la finalidad de determinar la influencia del motor de CA en la Pala eléctrica 4100XP en la compañía minera Cerro Verde – Arequipa A través de los datos generales

Tabla 11: Minera Cerro Verde - Productividad

	TM/Hora efectiva	Disponibilidad mecánica	Utilización
Productividad de la pala eléctrica en AC	4,637	92.72%	87.52%
Productividad de la pala eléctrica en DC	3.272	87.11%	86.28%

Fuente: Minera Cerro Verde Arequipa – Productividad

Estadístico De La Rho Spearman

Para obtener este estadístico se eligió el programa SPSS con el enlace de Estadísticas > Tablas > Tabulación cruzada y Rho Spearman.

Se utilizó la rho de Spearman para evaluar la asociación entre dos variables que tienen categorías ordinales, estas categorías ordinales tienen un orden natural, El coeficiente puede variar de -1 a +1. Mientras mayor sea el valor absoluto del coeficiente, más fuerte será la relación entre las variables y por lo tanto una influirá en la otra. Un valor absoluto de 1 indica una relación perfecta y un valor de cero indica ausencia de una relación ordinal. El hecho de que un valor intermedio se interprete como débil, moderado o fuerte depende de sus metas y requisitos.

Consideraciones Importantes Sobre La Rho De Spearman.

Recuerde que la correlación implica causalidad por lo tanto influencia, por ello se utilizó el Coeficiente de correlación de Spearman, este estadístico ρ (rho), es una medida de la correlación

(la asociación o dependencia) entre dos variables aleatorias continuas. Para calcular ρ , los datos son ordenados y reemplazados por su respectivo orden.

El estadístico ρ viene dado por la expresión:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

r_s = coeficiente de correlación de Spearman

d = Diferencia entre los rangos

n = Numero de datos.

La interpretación de coeficiente de Spearman depende del su resultado que estará en la oscilación entre -1 y +1, indicándonos asociaciones negativas o positivas respectivamente, 0 cero, significa no correlación con independencia.

Usos Del Coeficiente De Correlación De Spearman.

A partir de un conjunto de n puntuaciones, la fórmula que permite el cálculo de la correlación entre dos variables X e Y , medidas al menos en escala ordinal, es la siguiente:

$P \neq 0$ no hay correlación con dependencia

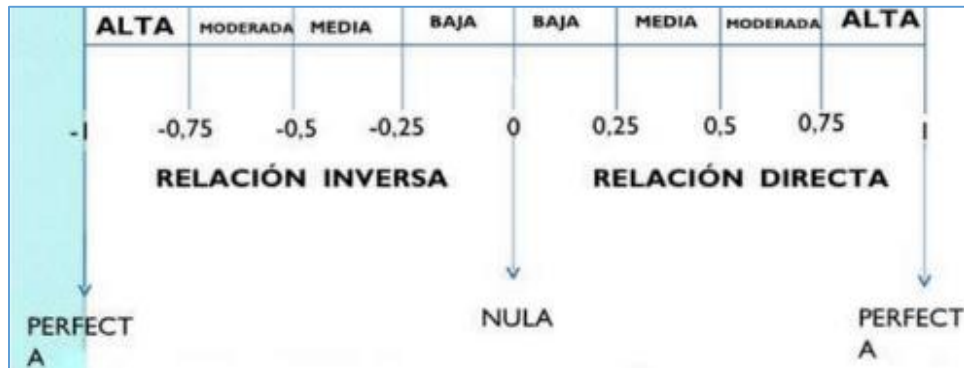
$P = 0$ hay correlación con dependencia

Ventajas De Spearman

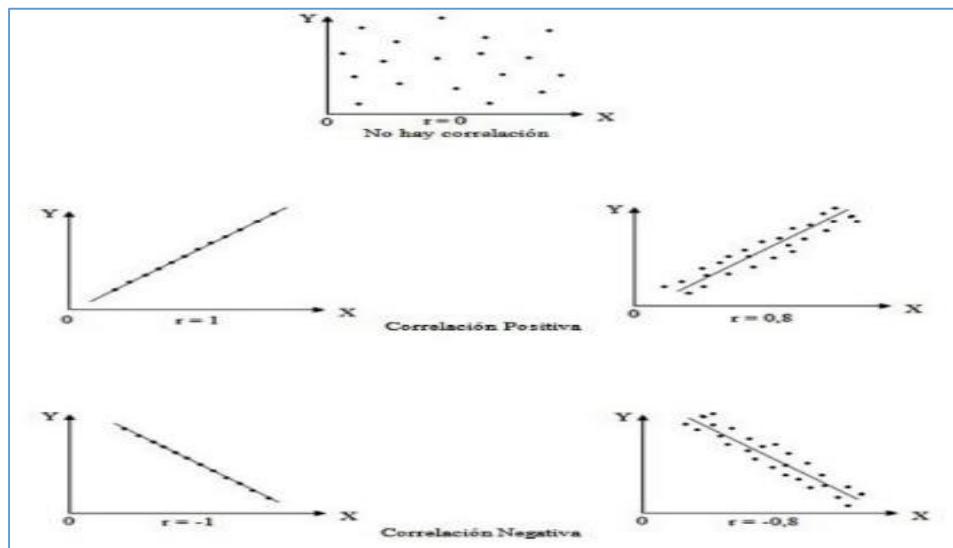
Al ser una técnica no paramétrica, es libre de distribución probabilística. Para aplicar el coeficiente de correlación de Spearman se requirió que las variables estén medidas al menos en escala ordinal, es decir; de forma que las puntuaciones que la representan puedan ser colocadas en dos series ordenadas.

Propiedades Del Coeficiente De Spearman.

El Coeficiente de Correlación de Spearman se encuentra siempre comprendido entre los valores -1 y 1. Es decir, $-1 < r_s < 1$. Cuando todos los sujetos se sitúan en el mismo puesto para la variable X y para la variable Y, el valor de r_s es 1. Si ocupan valores opuestos, es decir; al primer sujeto en X le corresponde el último lugar en Y, al segundo en X le corresponde el penúltimo en Y, etc. Entonces el valor de r_s es -1.



Grafica De Correlación



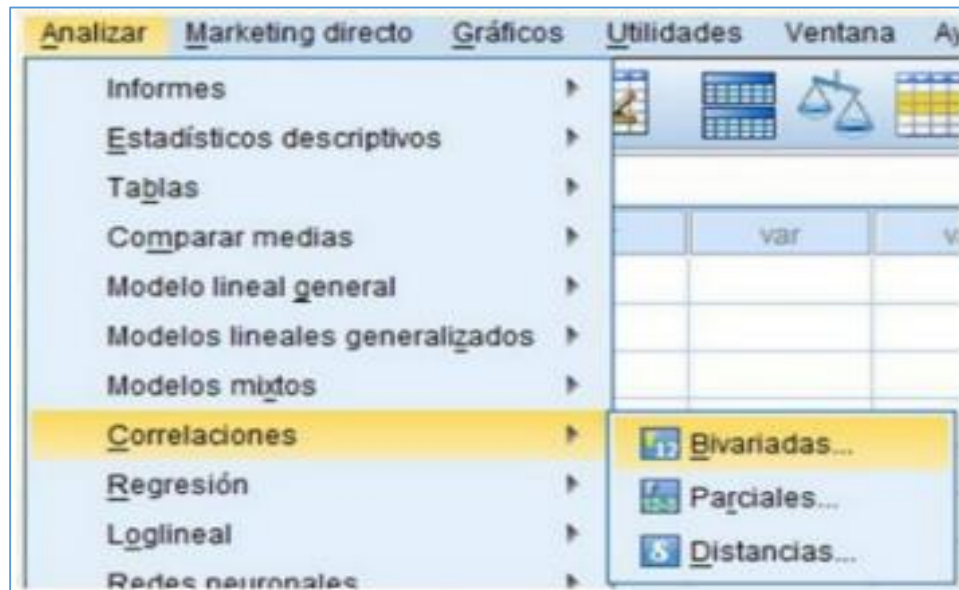
Coeficiente De Spearman

La función de la correlación de Spearman es determinar si existe una relación lineal entre dos variables a nivel ordinal y que esta relación no sea debida al azar; es decir, que la relación sea estadísticamente

significativa. Si una de las variables es intervalar y la otra ordinal también se utiliza Spearman.

Spearman En Spss

El coeficiente de asociación Spearman se realizó en el paquete estadístico SPSS, el cual se encuentra en el menú Analizar / Correlaciones / Bivariadas.



Correlaciones			Automatización	Optimización
Rho de Spearman	Motor eléctrico en CA	Coefficiente de correlación	1.000	.255**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	371	371
	Disponibilidad (Optimización)	Coefficiente de correlación	.255**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	371	371

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Correlaciones			Automatización	Confiabilidad
Rho de Spearman	Pala eléctrica 4100XP	Coefficiente de correlación	1.000	.880**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	371	371
	Utilización (Confiabilidad)	Coefficiente de correlación	.880**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	371	371

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La matriz de correlación presenta por pares de variables el coeficiente de Spearman y el nivel de significancia obtenido, además del número de casos (ver datos en la parte de color verde), la correlación entre cada pareja de variables se repite dos veces, se pueden tomar los resultados de cualquiera de las dos. En el presente ejemplo, el nivel de significancia (0.000) es menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, entonces: existe relación lineal y por lo tanto dependencia entre la optimización y la confiabilidad hacia el motor de corriente alterna, en la minera. Además, la correlación es moderada (está en el rango entre 0.2 y 0.8) y directamente proporcional (tiene signo positivo).

Planteamiento de Hipótesis General:

Hipótesis Nula:

H₀: El motor de CA no influye positivamente en la Pala Eléctrica 4100XPC en la mina Cerro Verde - Arequipa

Hipótesis Alternativa:

H₁: El motor de CA influye positivamente en la Pala Eléctrica 4100XPC en la mina Cerro Verde - Arequipa

a. Análisis estadístico

Al tratar de correlacionar los valores del cambio hacia el funcionamiento de la Pala Eléctrica a través del motor de CA, se decide hacer uso del estadístico Rho-Spearman, el cual calcula que tan correlacionados están estos dos tipos de variables la cual generara dependencia. Así se puede apreciar en el cuadro de correlaciones que el coeficiente de correlación Rho de Spearman tiene un valor de 0.88 para el caso de la confiabilidad y para el caso de la optimización es de 0.255, donde ambos tienen una significancia al 5% y un p-valor de esta prueba igual a 0.

			Automatización	Optimización
Rho de Spearman	Motor eléctrico en CA	Coefficiente de correlación	1.000	.255**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	371	371
Disponibilidad (Optimización)	Disponibilidad (Optimización)	Coefficiente de correlación	.255**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	371	371

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Correlaciones			Automatización	Confiabilidad
Rho de Spearman	Pala eléctrica 4100XP	Coeficiente de correlación	1.000	.880**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	371	371
	Utilización (Confiabilidad)	Coeficiente de correlación	.880**	1.000
		Sig. (bilateral)	.000	.
		N	371	371

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Para la validación de la hipótesis general consideramos un nivel de confiabilidad 95%, siendo la significancia 5% (0.05), entonces para aceptar la hipótesis alterna el valor de p (sigma) debe ser menor de 0.05 ($p < 0.05$). Teniendo de esta manera que el valor de $p = 0.000 < 0.05$, aceptando la hipótesis alterna. Del mismo modo determino el nivel de relación entre las variables teniendo un valor de Rho de Spearman de 0.862; es decir sí existe una relación alta y directa entre las variables optimización y confiabilidad con un nivel de relación de 88% y 25.5% respectivamente, es decir la carga de mineral de la Pala eléctrica a través del motor eléctrico de CA.

b. Conclusión Estadística:

Se concluye que el motor de CA influye positivamente en la pala Eléctrica 4100XPC en la mina Cerro Verde- Arequipa.

Hipótesis Específicas

a. Hipótesis Específica 1:

Ho: La carga de mineral promedio de la pala eléctrica 4100XPC con motor eléctrico en CA en la mina Cerro Verde, no es superior a 10 700 ton.

Hi: La carga de mineral promedio de la pala eléctrica 4100XPC con motor eléctrico en CA en la mina Cerro Verde, es superior a 10 700 ton.

Tabla 12: Carga de mineral en el mes de abril del 2018.

	TM	%
la eléctrica en DC	10,682, 580	49.8
la eléctrica en AC	10.776. 840	50.2
Total	21,459, 420	100

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 12, podemos observar que, en la minera de Cerro Verde Arequipa, respecto a la carga de mineral en el mes de abril en el periodo del 2018, un 50.2% (10 776,840Ton), representa a la pala eléctrica en AC, mientras que 49.8%(10 682,580 Ton) es la carga que realizo la pala eléctrica en DC.

De acuerdo a los datos encontrados, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y aceptamos la hipótesis alterna (Hi); la cual menciona que La carga de mineral promedio de la pala eléctrica 4100XPC con motor eléctrico en CA en la mina Cerro Verde, es superior a 10 700 ton.

b. Hipótesis Específica

Ho: La carga de mineral promedio de la pala eléctrica 4100XPC con motor eléctrico en CC en la mina Cerro Verde, no es inferior a 10 700 ton.

Hi: La carga de mineral promedio de la pala eléctrica 4100XPC con motor eléctrico en CC en la mina Cerro Verde, es inferior a 10 700 ton.

Tabla 2: Carga de mineral en el mes de abril del 2018.

	TM	%
la eléctrica en DC	10,682,580	49.8
la eléctrica en AC	10.776.840	50.2
Total	21,459,420	100

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 13, podemos observar que, en la minera Cerro verde en Arequipa, respecto a la carga de mineral, un 49, 8% (10 682, 580 ton) representa a la carga de mineral por parte de la Pala eléctrica en funcionamiento con DC, mientras que un 50.2 %(10 776,840) es lo realizado por la Pala eléctrica con los motores en CA.

De acuerdo a los datos encontrados, se rechaza la hipótesis nula H_0 , y se acepta la hipótesis alterna H_1 ; la cual nos dice que La carga de mineral promedio de la pala eléctrica 4100XPC con motor eléctrico en CC en la mina Cerro Verde, es inferior a 10 700 ton.

c. Hipótesis Específica 3:

H_0 : A mayor funcionalidad del motor en CA en la Pala eléctrica la productividad de mineral en la minera Cerro Verde Arequipa no es mayor a 4 Ton/hora efectiva

H_1 : A mayor funcionalidad del motor en CA en la Pala eléctrica la productividad de mineral en la minera Cerro Verde Arequipa es mayor a 4 Ton/hora efectiva

Tabla14: Productividad de la pala eléctrica con motor en CA y DC

	TM/hora efectiva.	%
Pala eléctrica en DC	3.272	85
Pala eléctrica en AC	4.637	121
Promedio total	3,834	100

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 14, De acuerdo a los datos encontrados, podemos observar que el promedio efectivo de extracción de mineral es de 3. 834 TM el cual representa un 100%, como se observa la pala eléctrica en DC tiene una extracción de 3.272 TM/por hora efectiva representando un 85% es decir 15% de déficit, mientras que la pala eléctrica en AC tiene una producción de 4.637 TM/hora efectiva representando un 121% es decir con 21% de efectividad en la compañía minera Cerro Verde Arequipa en el mes de abril del 2018. Por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 ; y se acepta la hipótesis alterna H_1 la cual menciona; que **A** mayor funcionalidad del motor en CA en la Pala eléctrica la productividad de mineral en la minera Cerro Verde Arequipa es mayor a 4 Ton/hora efectiva

CONCLUSIONES

- Se concluye que a partir de la r - Sperman permitió confirmar una influencia positiva del motor de CA en la mina Cerro Verde - Arequipa.
- Del mismo modo se concluye que el motor de CA mejora el proceso de trabajo en la compañía minera Cerro Verde, lo que nos indica que el diagnóstico de sistema arranque en DC o AC permitió reflejar resultados similares al encontrado en el análisis global; pues los resultados estadísticos permiten aseverar (muestra total) un incremento en la producción, como consta en la tabla 30, donde antes de la puesta en marcha de la pala eléctrica en DC se tenía una producción de 10,682,580 TM y una vez implementado el modo de trabajo de la pala eléctrica con el motor de CA se tuvo una producción de 10.776.840 TM, de ello se desprende que el Motor eléctrico de CA permite una eficiencia en el funcionamiento permitiendo una producción por encima del promedio.
- Se concluye que el promedio efectivo de extracción de mineral es de 3. 834 TM el cual representa un 100%, y que la pala eléctrica en DC tiene una extracción de 3.272 TM/por hora efectiva representando un 85% es decir 15% de déficit, mientras que la pala eléctrica en AC tiene una producción de 4.637 TM/hora efectiva representando un 121% es decir con 21% de efectividad en la compañía minera Cerro Verde Arequipa en el mes de abril del 2018.
- Se concluye que el tiempo de carguío promedio en minutos es de 1.3 el cual representa el 100%, respecto a la pala eléctrica en DC el tiempo de carguío es de 1.5 minutos representando un 115%, lo que nos indica que existe un tiempo excesivo de un 15% de más, por otro lado la pala eléctrica de AC demora un 1 minuto representando un 76% es decir un 14% menor del promedio total en la mina Cerro Verde
- Se concluye que, la cobertura de la pala eléctrica en DC es de 63.8% es decir la cantidad de utilización por parte de la minera, mientras que la pala

en AC representa una cobertura de 66.4% representando el número de veces que es utilizado en la minera Cerro verde.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SEMINARIO, KERRY ZERPA. *Evaluación de la eficiencia energética y diseño óptimo de una línea de distribución en media tensión-10KV. piura* : Universidad de Piura, 2013.
2. WILBER RENE, Q. C. *Diseño y ejecución de una puesta a tierra de baja resistencia. lima* : San Marcos, 2005.
3. ECHEVERRIA PECHE, Erasmo Amador. *Modelado y análisis de la respuesta Transitoria de puestas a tierra no extensas. Lima-Peru* : UNI, 2012.
4. NORIEGA, JHON JARA. *Optimización de la protección eléctrica de la subestación tierra colorada. Piura* : Universidad de Piura, 2015.
5. YANQUE TOMASEVICH, Mirko Mashenko. *Diseño de redes de puesta a tierra en subestaciones de corriente alterna. Lima - Peru* : s.n., 2006.
6. QQUESHUAYLLO CANCHA, Wilbert René. *Diseño y Ejecución de una puesta a tierra de baja resistencia. Lima – Perú* : s.n., 2005.
7. HOLGUIN, Marcos y GÓMEZ COELLO, David. *Análisis de calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador* : Facultad de ingeniería eléctrica - Universidad Politécnica Saleciana, 2010.
8. VÉLEZ OSORIO, Oscar Javier y PELÁEZ DELGADO, Dayana. *Evaluación de la calidad de energía en la Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira* : Facultad de Ingenierías Programa de Ingeniería Eléctrica - Universidad Tecnológica de Pereira, 2008.
9. PECHE ERASMO, AMADOR ECHEVERRIA. *Modelado y análisis de la respuesta Transitoria de puestas a tierra no extensas. Lima* : s.n., 2012.
10. ALVAREZ ANTONIO, Humberto Alberto. *Estudio de armónicos en rectificadores estáticos de potencia con el método modificado de los coeficientes de Fourier. Lima* : Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica - Universidad Nacional de Ingeniería, 2000.
11. PONCE DE LEÓN CÓRDOVA, Jean Paúl. *Metodología para la separación y cuantificación de las contribuciones armónicas en un punto de acoplamiento común (PAC). Lima* : Universidad Nacional de Ingeniería. Programa Cybertesis PERÚ, 2007.
12. PROAÑO PÉREZ, Noé Fernando y VELASQUEZ ZHARATE, Victor Adolfo. *Estudio de efectos y métodos de minimización de distorsiones armónicas en equipos de distribución eléctrica comercial e industrial. Guayaquil* : Facultad de Ingenierías - Universidad Politécnica Saleciana, 2010.

13. LÓPEZ ATI, Darwin Abraham. *Distorsión armónica producida por variadores de frecuencia para mejorar el desempeño de motores eléctricos trifásicos en el laboratorio de automatización de la facultad de ingeniería civil y mecánica*. Ecuador : Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica - Universidad Técnica de Ambato, 2013.
14. Jara Noriega, Jhon . *OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN ELECTRICA DE LA SUBESTACION TIERRA COLORADA*. Piura : Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura, 2015.
15. VILCA CHOQUE, MIGUEL ANGEL y QUISIYUPANQUI CUSIQUISPE, JHON EDGAR . *"ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN LA SUBESTACION DE DOLORESPATA ACORDE A LANUEVA TOPOLOGIA EN ALTA Y MEDIA TENSION PARA EL AÑO 2018"*. CUSCO : CONSEJO DE INVESTIGACION DE LA UNSAAC, 2015.
16. ABB. *Fusibles limitadores de corriente, CEF. Fusibles para aplicaciones de protección de motores*. Madrid : taurus, 2006.
17. Bticino. *Guía técnica transformadores en resina*. Madrid : Bticino, 2012.
18. Calipsa, Juan Carlos y Iza, Elva Elizabeth. *Estudio del cambio de Voltaje en la subestacion 17 de 6.3 kV a 23 kV para mejorar el servicio en el area noroccidental de Quito*. Quito : s.n., 2002.
19. Ceper. *Ceper Cables*. Madrid : s.n., 2014.
20. Coes. *Diagrama unifilar SEIN*. Lima : s.n., 2017.
21. Elecin. *ubestaciones electricas de transformacion de media tension para usuarios finales*. Madrid : Persons, 2015.
22. s.f, Elecin Peru. *Subestaciones Electricas de Distribucion*. Lima : person, 2016.
23. Espinoza, Ciro. *Metodología de investigación tecnológica*. Huancayo : Ciro Espinoza Montes, 2014. 978-612-00-0222-3.
24. Garcia Trasancos, Jose. *Instalaciones electricas en baja y media tension*. Madrid : Mc. Graw Hill, 2008. 978-1-4562-2396-0.
25. IEEE. *Recommended practice for grounding of industrial and comercial power systems*. USA : persons, 2007. 0-7381-5639-6 SH95700.
26. Medina, Darwin y Ttito, Angel. *Planteamiento de metodologia e integracion de soluciones para mejora de la calidad de tension en los sistemas electricos de distribucion*. Lima : s.n., 2012.

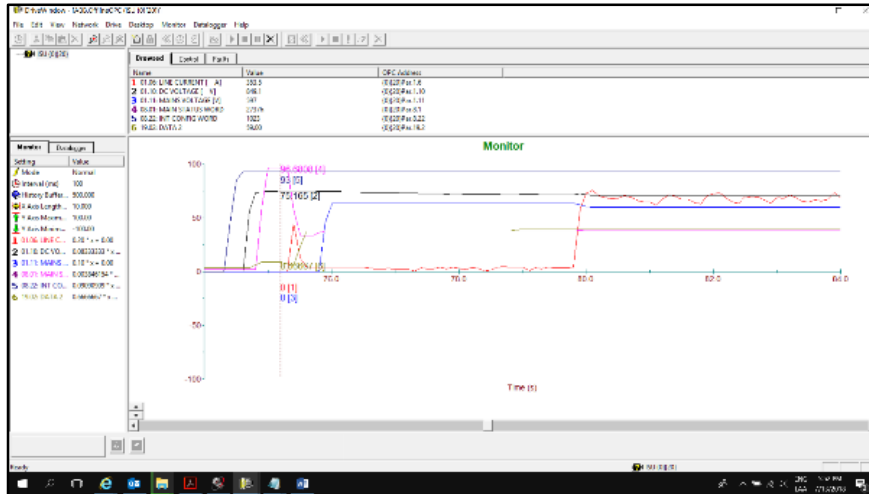
27. MINEM. *Código Nacional Eléctrico - Suministro. Ley N° 25962*. Lima : El Peruano, 2011. 020-97-EM.
28. Neri, Maribel Carolina. *Estudio de la planificación a corto y mediano plazo de las subestaciones Guaira y Casino*. Venezuela : Universidad Simón Bolívar, 2006.
29. Ñaupás, Humberto, y otros. *Metodología de la investigación*. Colombia : Ediciones de la U, 2014. 978-958-762-188-4.
30. GART, OSINERGMIN-. *Fijación de los costos de conexión a la red de distribución eléctrica*. Lima : Persons, 2007.
31. Osinergmin. *Supervisión de la norma técnica urbana NTCSE*. Lima : persons, 2016.
32. Yebra Morón, Juan Antonio. *Sistemas eléctricos de distribución*. Barcelona : Reverté, 2009. 978-84-291-3029-4.
33. Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, María del Pilar. *Metodología de la investigación*. Colombia : Mc. Graw Hill, 2010. 978-1-4562-2396-0.
34. Jara Noriega, Jhon. *OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN ELÉCTRICA DE LA SUBESTACIÓN TIERRA COLORADA*. Piura : s.n., 2015.
35. YANQUE TOMASEVICH, Mirko Mashenko. *Diseño de redes de puesta a tierra en subestaciones de corriente alterna*. Lima-Perú : Tesis de Grado, 2006.
36. CHIRIBOGA GUARAS, Raúl Alejandro. *Proyecto de un sistema de puesta a tierra normalizada para centros de transformación en el sector del nuevo aeropuerto de Quito parroquia de Tababela*. Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2008.
37. ASTUDILLO OCHOA, Crísthian Rodrigo. *Cálculo de sistemas de puesta a tierra aplicación de la norma IEEE 80-2000, tesis obtención título, Ecuador*. Ecuador : Universidad de Cuenca, 2012.
38. ABC. *ABC de los sistemas de puesta a tierra y pararrayos*. s.l. : MASS@TIERRA. www.tierrafisica.com.
39. Hileman, Andrew R. *Insulation Coordination for Power Systems*. USA : Persons, 1999.
40. ERASMO AMADOR, E. P. *Modelado y análisis de la respuesta transitoria de puestas a tierra no extensas*. LIMA : UNI, 2012.

ANEXOS

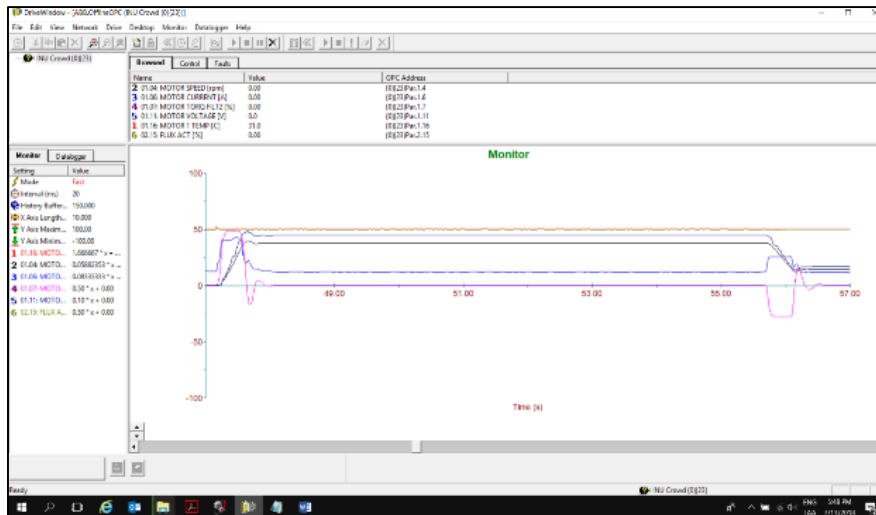
ANEXO 01

ID-RUM

Muestra el cálculo que el sistema realiza bajo la impedancia de la misma bonina del motor más la impedancia del conductor (cable), para el caso de las palas eléctricas cada vez que se realice el cambio de motores se debe realizar nuevamente el proceso de ID-RUM para que sistema recalculé la impedancia del motor.



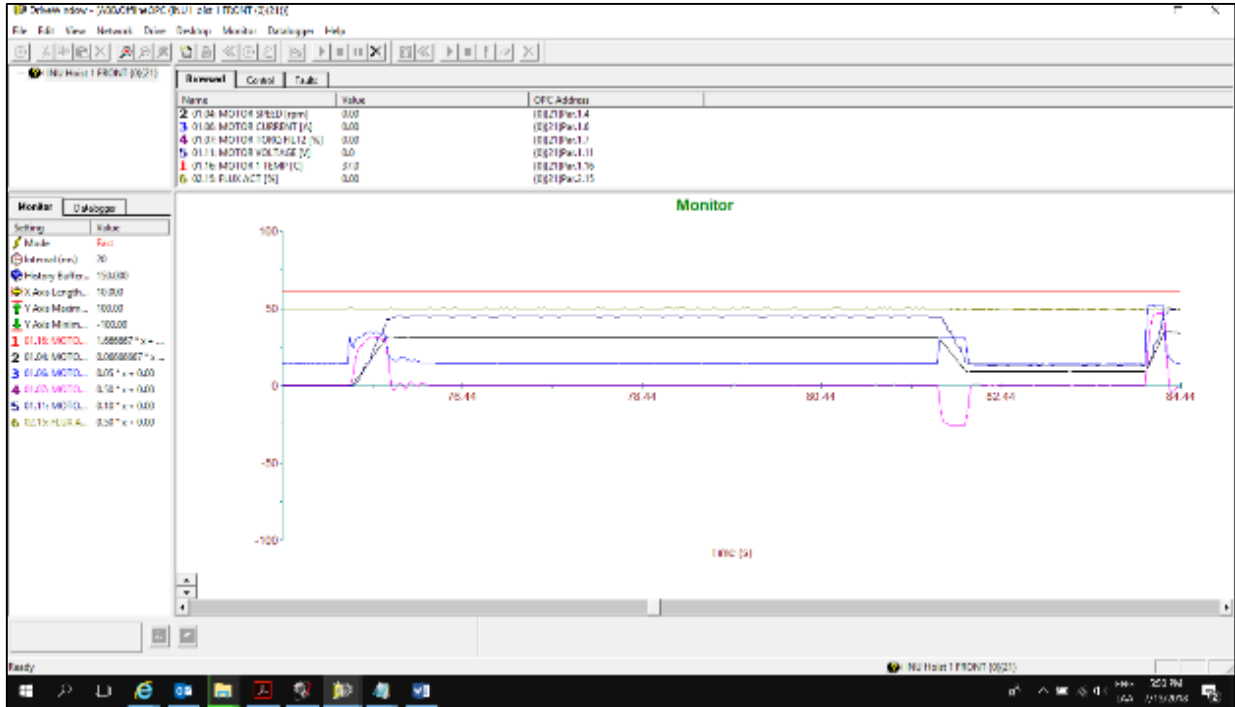
Graficas de Pruebas de Motores – Calculo de ID-RUM Voltaje de Precarga



ANEXO 02

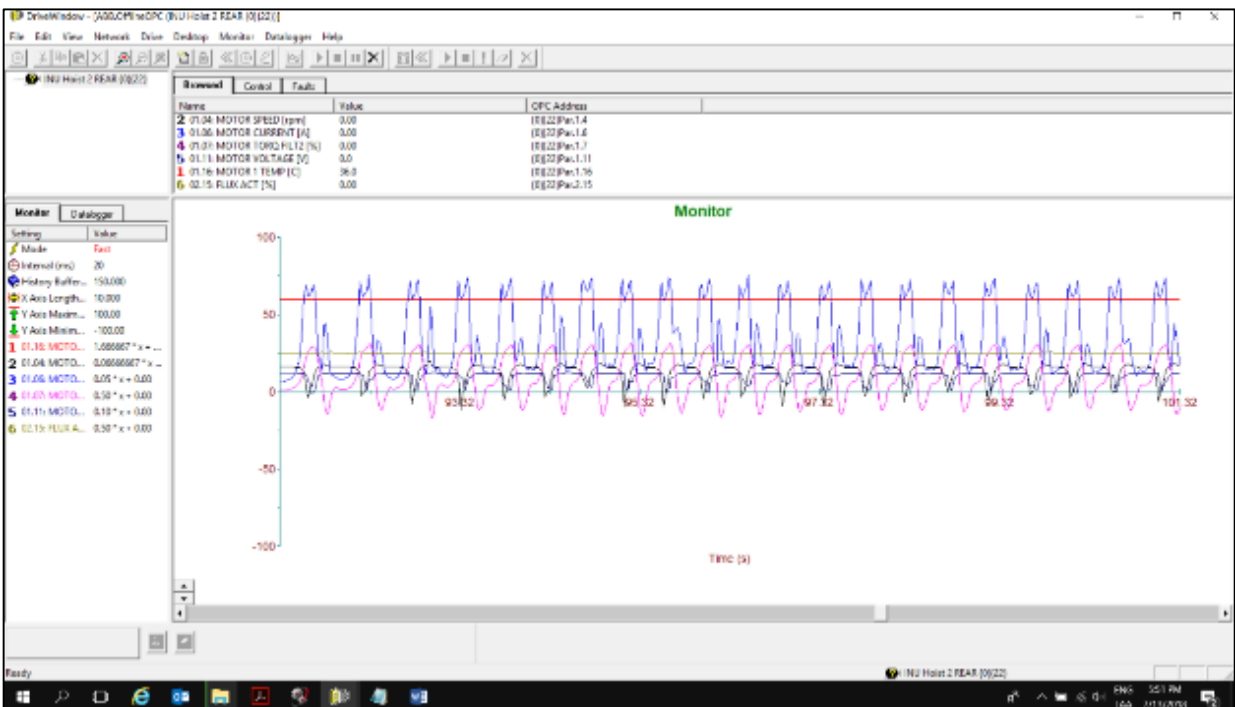
ID-RUM Motor de Crowd

ANEXO 03



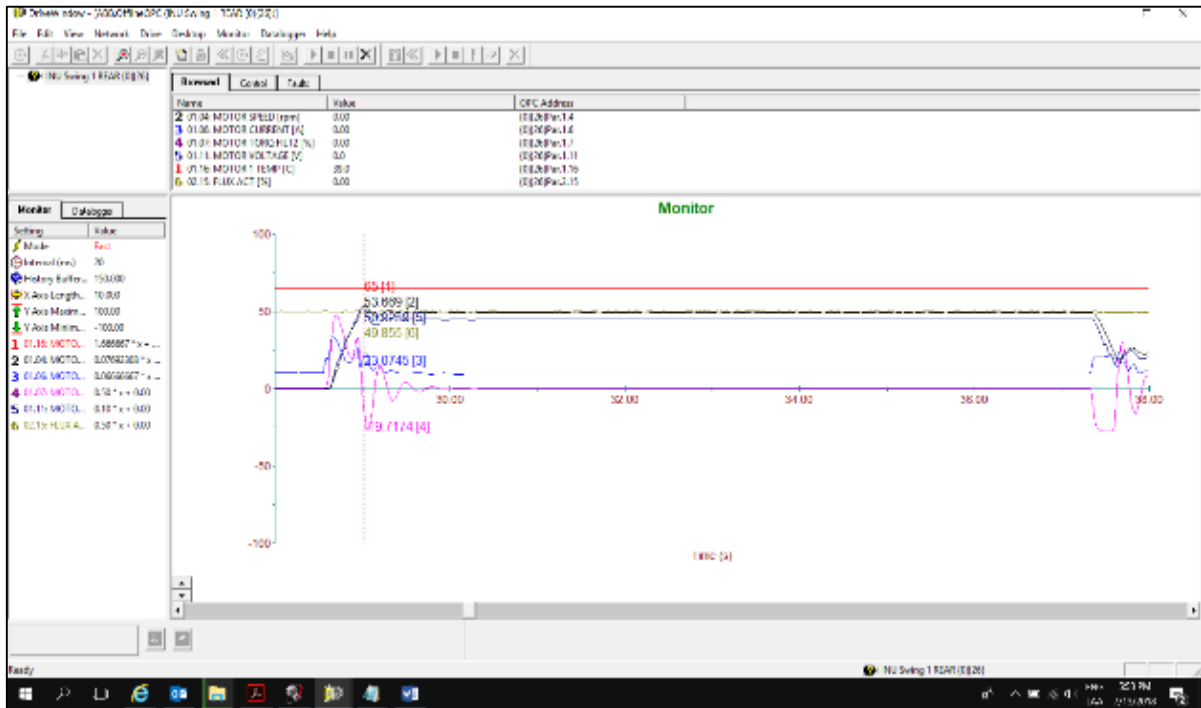
ID-RUM Motor de Hoist

ANEXO 04



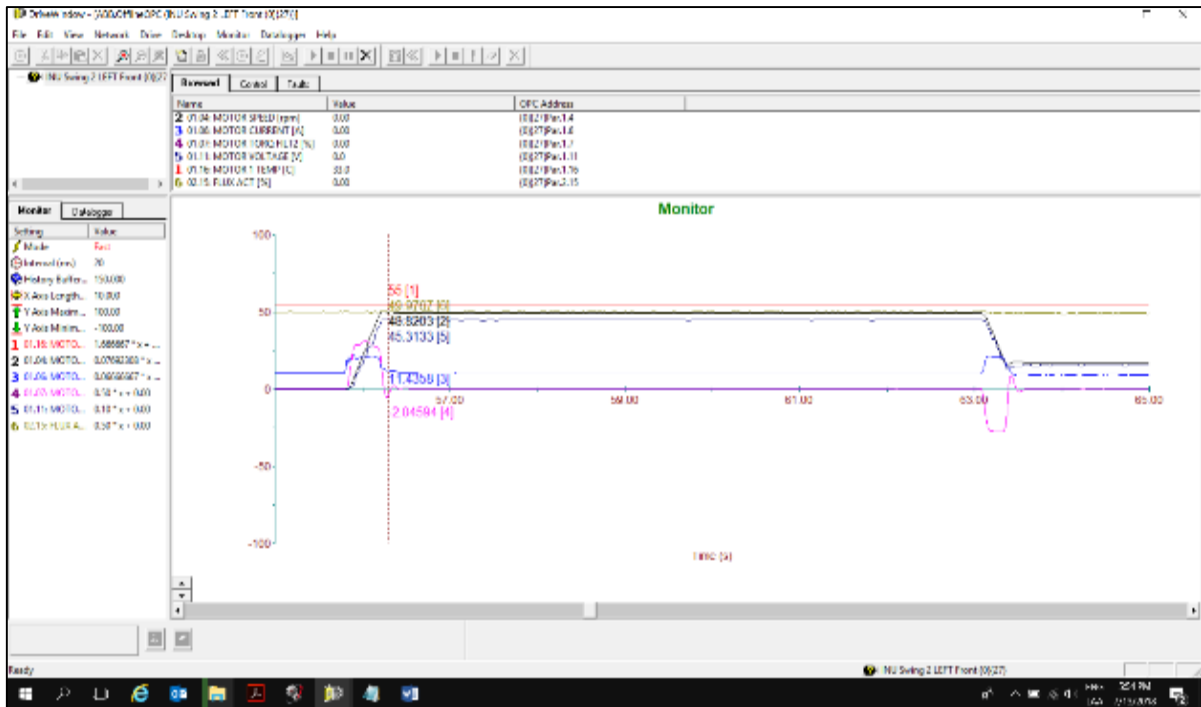
ID-RUM Motor de Hoist 2

ANEXO 05



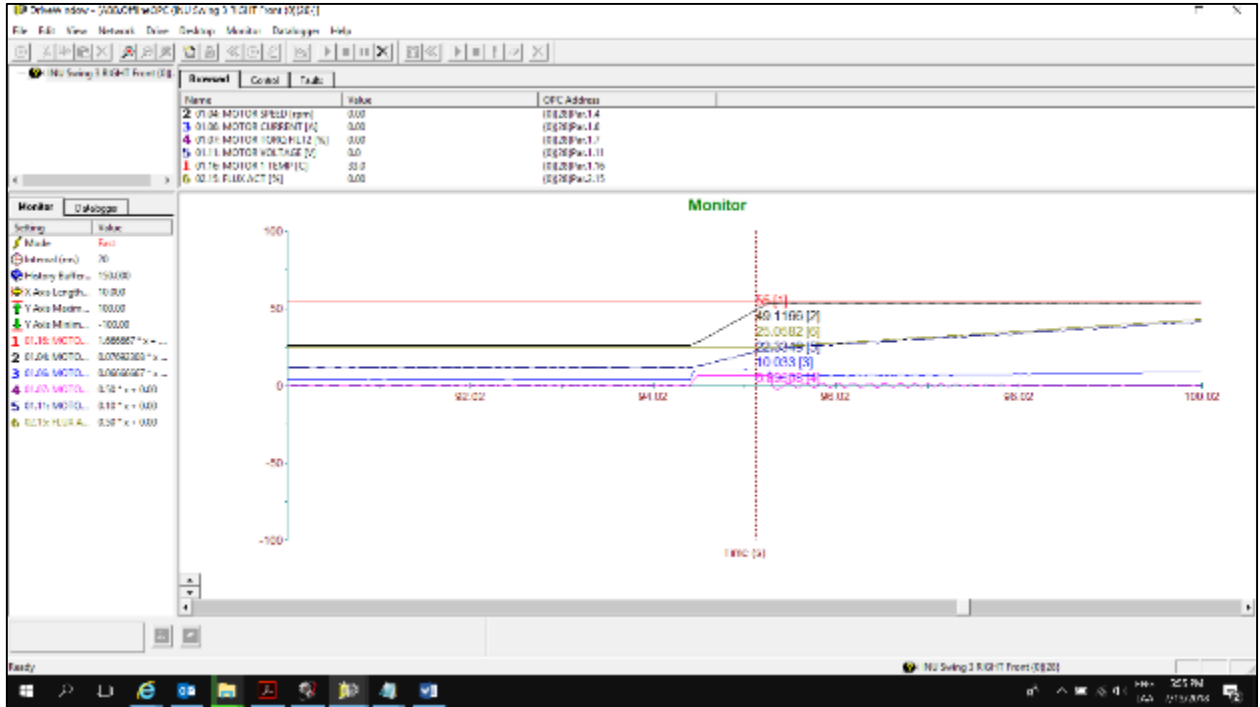
ID-RUM Motor de Swing 1

ANEXO 06



ID-RUM Motor de Swing 2

ANEXO 07

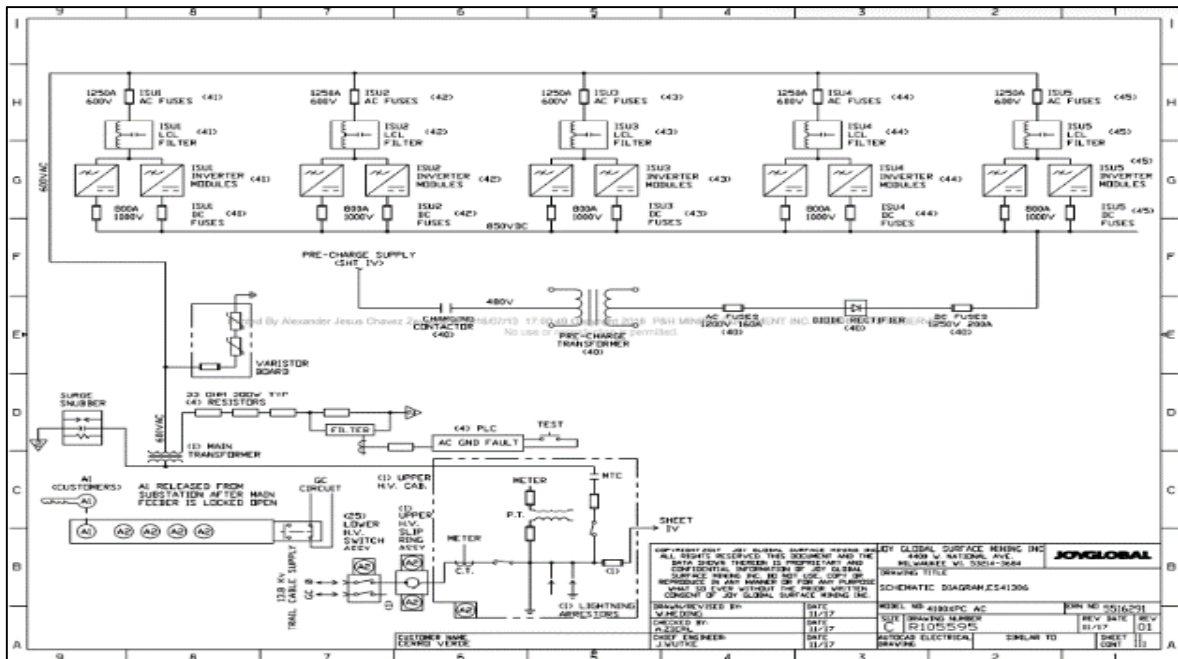


ID-RUM Motor de Swing 3

ANEXO 08

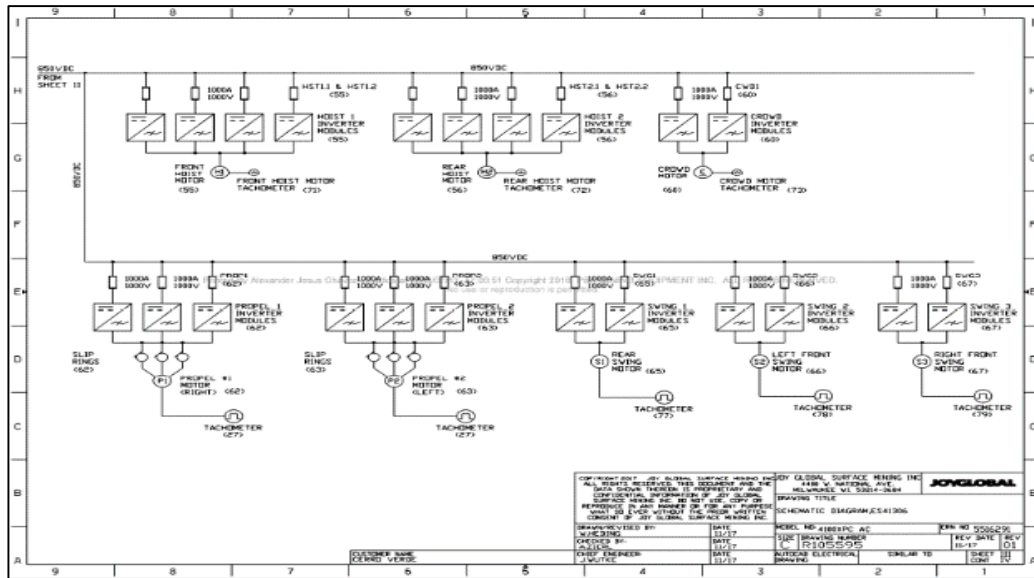
Esquemático 1

Diagrama unifilar que muestra el Sistema precarga, que inicia el arranque de 6 segundos en el arranque de la pala para la alimentación de los ISUS del 1 al 5. También muestra el sistema de protección de falla a tierra y el sistema kirck key



Esquemático 2

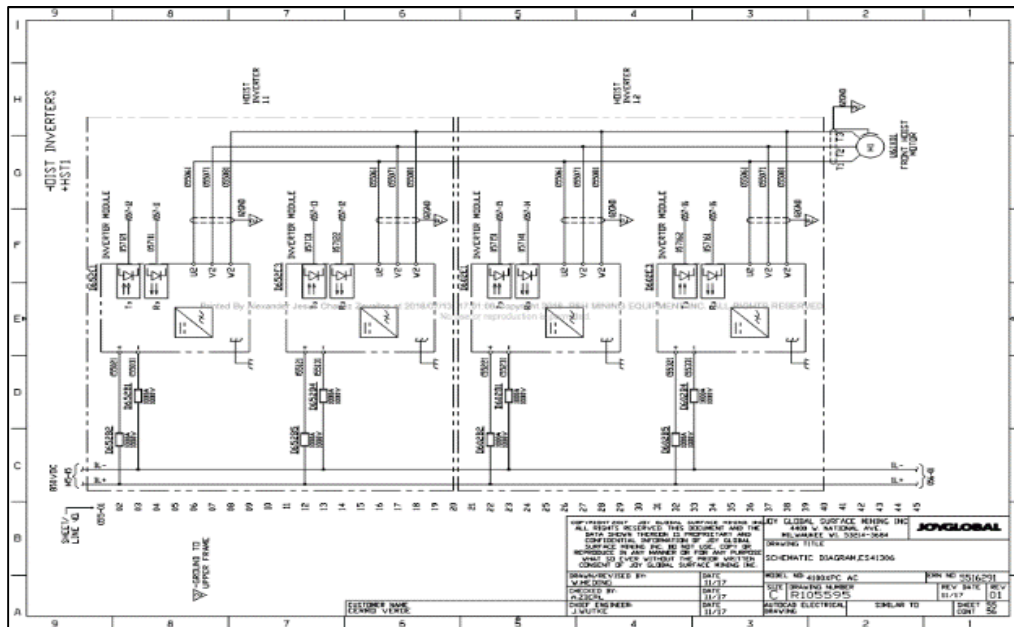
Este esquemático muestra el Sistema de potencia para el arranque de los motores principales.



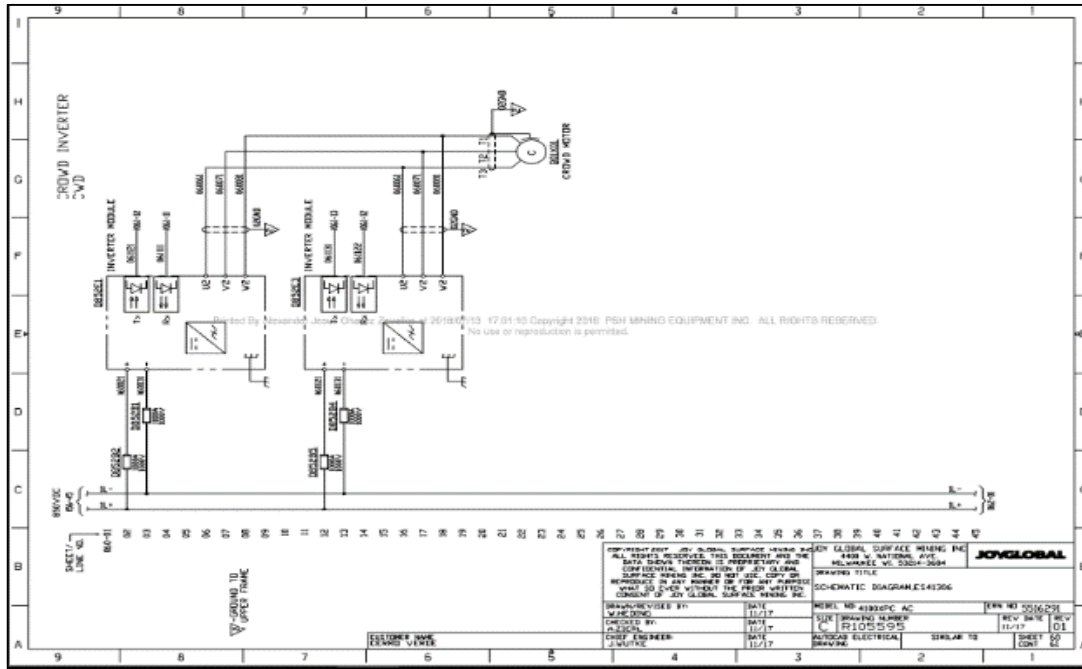
Esquemático 3

Se muestra el filtro LCL y 2 inversores, todo este conjunto representa 1 ISU completo.

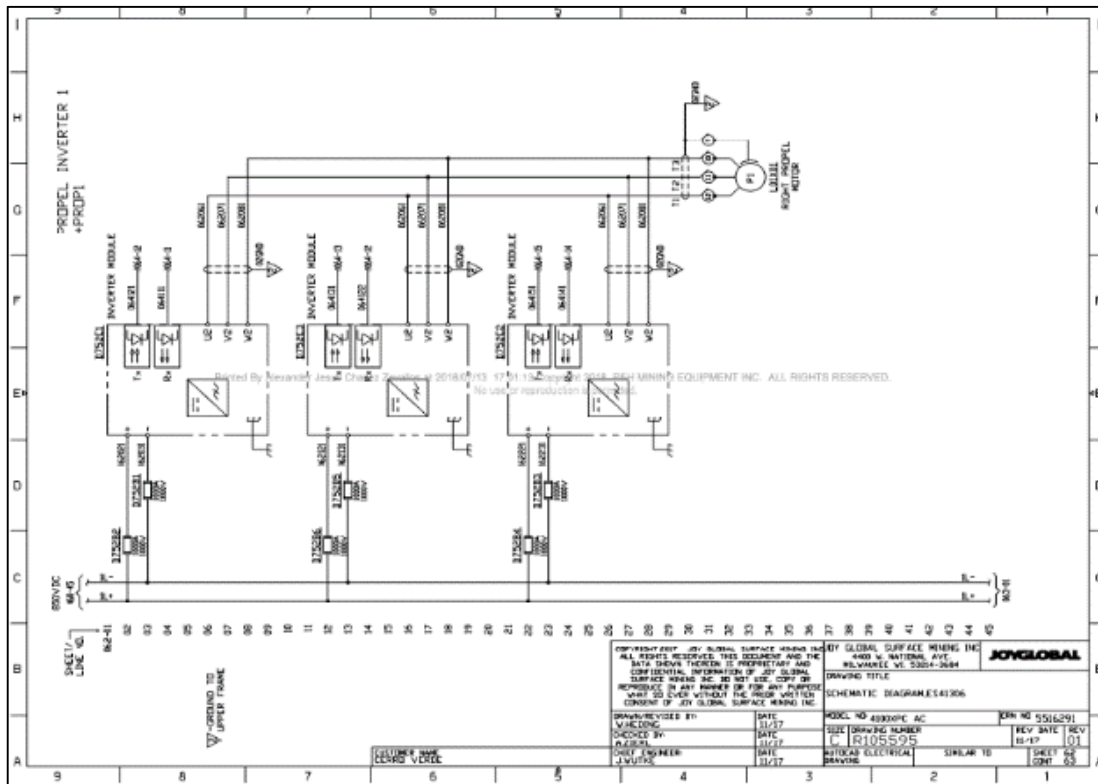
ISU 1



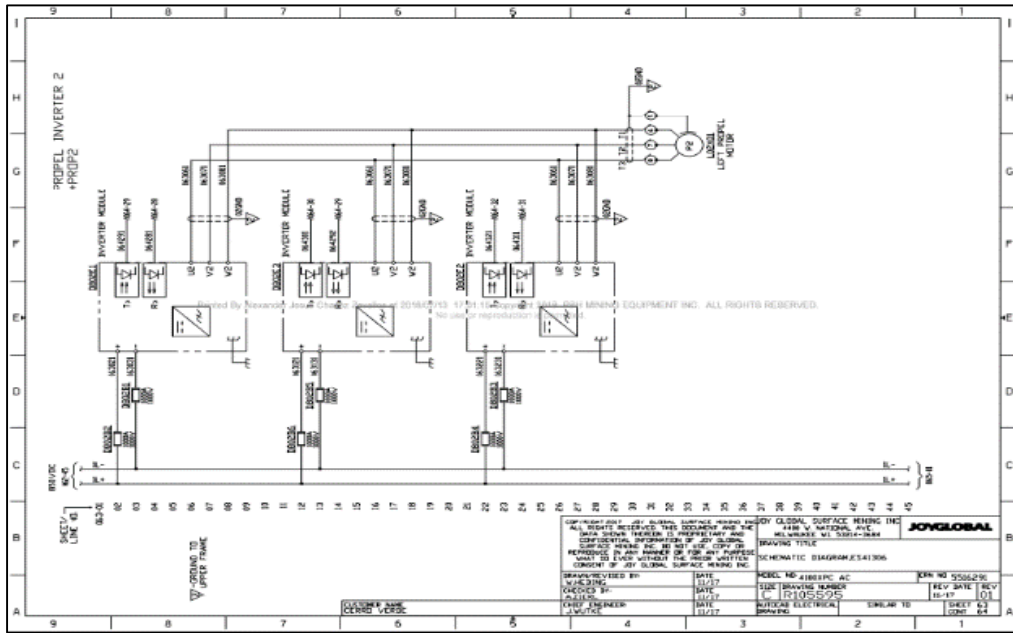
ISU 2



ISU3



ISU4



ISU5

