

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de
Ingeniería Eléctrica

**Diseño del sistema eléctrico de fuerza
(Power Pack) del equipo de perforación
M-Drill en la Compañía Minera
Buenaventura (U.M. Julcani)
Huancavelica**

Hipólito Ricardo Mantari Ortiz

Huancayo, 2018

Tesis 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 LOZANO MIRANDA

AGRADECIMIENTO

A todos los ingenieros de la Facultad por inculcarme sus conocimientos para lograr que sea un buen profesional en mi trabajo.

A mi esposa e hijos por el gran apoyo
constante en mis estudios y en mi trabajo.

ÍNDICE

	Pág.
Portada	i
Asesor	ii
Agradecimiento	iii
Dedicatoria	iv
Índice	v
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Resumen	xiii
Abstract	xiv
Introducción	xv
CAPÍTULO I.....	17
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	17
1.1. Planteamiento y formulación del problema	17
1.1.1. Formulación del problema	18
1.1.1.1. Problema general.....	18
1.1.1.2. Problemas específicos.....	18
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo general	19
1.2.2. Objetivos específicos.....	19
1.3. Justificación e importancia.....	19
1.3.1. Justificación social	19
1.3.2. Justificación técnica	20
1.3.3. Justificación económica.....	20
1.3.4. Importancia.....	20
1.4. Hipótesis y descripción de variables	21
1.4.1. Hipótesis general	21
1.4.2. Hipótesis específicas.....	21
1.4.3 Descripción de variables	22
1.4.4 Operacionalización de las variables	22
CAPÍTULO II.....	23

MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes del problema	23
2.1.1. Nacional	23
2.1.2. Internacional.....	24
2.2. Bases teóricas	25
2.2.1. Equipo de perforación M-Drill.....	25
2.2.2. Datos técnicos	26
2.2.3. Dimensiones.....	27
2.2.4. Componentes principales	27
2.2.5. Sistema de seguridad.....	33
2.2.6. Símbolos obligatorios	34
2.2.7. Símbolos de prohibición	35
2.2.8. Símbolos de advertencia	35
2.2.9. Zonas de riesgo en la máquina	37
2.2.10. Normas de seguridad	38
2.2.11. Ámbitos de utilización de la máquina	40
2.2.12. Control de rutina.....	41
2.2.13. Punto de control.....	42
2.2.14. Sistema de engrase	43
2.2.15. Controles de rutina	43
2.2.16. Posicionamiento y perforación.....	45
2.2.17. Conexión de red del agua en el interior de la mina	46
2.2.18. Consideraciones para la perforación	47
2.3. Máquina perforadora jackleg	49
2.3.1. Rotación por barra estriada	51
2.3.2. Rotación por rueda trinquete	51
2.3.3. Mantenimiento periódico	53
2.3.4. Tipos de perforadoras convencionales neumáticas	55
2.3.5. Accesorios y herramientas	56
2.3.6. Partes principales de una máquina	57
2.3.7. La perforadora.....	58
2.3.8. Cuadro de las características de la máquina jackleg	60
2.4. Diseño del sistema eléctrico power pack	60
2.4.1. El fundamento del diseño del equipo	60

2.4.2. Especificaciones de diseño y partes de un tablero de distribución	61
2.4.3. Componentes electricos del sistema power pack	66
2.4.4. Circuito del sistema eléctrico de fuerza power pack.....	67
2.4.5. Diseño del circuito del sistema eléctrico de mando power pack	68
2.5. Componentes del diseño eléctrico power pack:	72
2.5.1. El contactor electromagnético.....	72
2.5.2. Elección de un contactor	77
2.5.3. Tabla de elección del fabricante.....	79
2.5.4. Protección contra cortocircuitos.....	79
2.5.5. El motor asíncrono trifásico	91
2.5.6. Selección de materiales para las instalaciones de motores eléctricos trifásicos de inducción, en arranque directo	95
2.6. Instalación de tableros eléctricos industriales	99
2.6.1. Contaminación por ruido generado por los motores asíncronos.....	101
2.6.2. Seguridad industrial en el uso de materiales, herramientas e instrumentos	106
2.6.3. Cálculo del número de polos del motor de inducción trifásico.....	108
2.6.4. Arranque en secuencia forzada automática de motores de inducción trifásicos ..	112
2.6.5. Conexión en caja de bornes en motor de inducción trifásico jaula de ardilla	115
2.6.6. Precauciones de seguridad en el montaje y desmontaje de un contactor	119
2.6.7. Métodos de inversión de giro de motores de inducción trifásicos	122
2.7. Circuito de potencia	123
2.7.1. Clasificación de los motores de inducción trifásicos, jaula de ardilla	126
2.7.2. Precauciones de seguridad en el enclavamiento por contacto auxiliares	128
2.7.3. Precauciones de seguridad en el enclavamiento por pulsadores	128
2.7.4. Esquema de arranque estrella – triángulo	130
2.7.5. Arranque estrella - triángulo del motor de inducción trifásico	134
2.7.6. Construcción del arranque estrella – triángulo.....	136
2.7.7. Elaborar esquema de arranque estrella-triángulo con inversión de giro	145
2.8. Terminologías.....	150
CAPÍTULO III	151
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	151
3.1. Método, tipo y nivel de la investigación	151
3.1.1. Tipo.....	151
3.1.2. Nivel.....	151

3.1.3. Método	152
3.2. Diseño y esquema de la investigación	152
3.3. Población, muestra y técnica de muestreo	153
3.3.1. Población	153
3.3.2. Muestra	153
3.4. Técnica e instrumento de acopio de datos.....	153
3.5. Técnicas de procesamiento de datos	154
CAPÍTULO IV	155
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	155
4.1. Análisis e interpretación de resultados.....	155
4.2. Sistema de extracción tradicional.....	155
4.3. Sistema de extracción automatizado	157
4.3.1. Distribución porcentual de la muestra de avance lineal	158
4.3.2. Distribución % del tiempo de perforación por taladro de 10 pies/min.....	158
4.3.3. Distribución % de la muestra según avance por frente disparados / m lineales..	159
4.3.4. Distribución % de la muestra según precio por frente disparado en dólares.....	159
4.4. Descripción de resultados con respecto a ganancias y pérdidas	160
4.4.1. Dimensión de ganancia total por el mes de enero de 2017	160
4.4.2. Dimensión gastos por metros lineales en dólares	160
4.4.3. Dimensión ganancia neta.....	161
4.5. Prueba de hipótesis.....	161
4.5.1. Hipótesis general	161
4.5.2. Hipótesis específicas.....	168
Hipótesis específica 1:	168
Hipótesis específica 2:	169
Hipótesis específica 3:	170
DISCUSIÓN.....	172
CONCLUSIONES.....	174
BIBLIOGRAFÍA	176
ANEXO 1	181

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes principales de la perforadora	29
Tabla 2. Componentes de la viga telescópica.....	29
Tabla 3. Componentes del Boom	30
Tabla 4. Componentes de sistema de control de perforación	31
Tabla 5. Componentes del carrier.....	32
Tabla 6. Componentes del sistema de agua y aire	33
Tabla 7. Descripción de las zonas de riesgo en la máquina	38
Tabla 8. Verificación del Boom.	44
Tabla 9. Limpieza del filtro cedazo del agua.....	46
Tabla 10. Características técnicas de la perforadora	56
Tabla 11. Características técnicas de jackleg	60
Tabla 12. Sistema power pack.....	66
Tabla 13. Elección del fabricante	79
Tabla 14. Protección de sobreintensidad	81
Tabla 15. Materiales – operaciones	108
Tabla 16. Número de polos y velocidad de rotación	108
Tabla 17. Equivalencia de sistemas normalizados para bobinas de motores trifásicos	115
Tabla 18. Inversión de giro con enclavamiento.....	120
Tabla 19. Inversión de giro por medio de pulsadores.....	125
Tabla 20. Sistema de arranque estrella – triángulo.....	129
Tabla 21. Operaciones y materiales.....	144
Tabla 22. Minera Buenaventura S.A.A. - avance lineal mensual tradicional.....	156
Tabla 23. Minera Buenaventura - avance lineal mensual automatizado	157
Tabla 24. Distribución porcentual de la muestra según avance lineal.....	158
Tabla 25. Distribución porcentual del tiempo de perforación por taladro pies/min.....	158
Tabla 26. Distribución porcentual de la muestra según avance por frente disparados / metros lineales	159
Tabla 27. Distribución porcentual de la muestra según precio por frente disparado en dólares	159
Tabla 28. Distribución porcentual según la dimensión de ganancia total por el mes de enero 2017.....	160
Tabla 29. Distribución de gastos por metros lineales en dólares.....	160
Tabla 30. Distribución según la dimensión de ganancia neta.....	161
Tabla 31. Minera Buenaventura S.A.A. - Producción del mineral.....	162
Tabla 33. Rho de Spearman.....	166
Tabla 32. Correlaciones Rho de Spearman	167
Tabla 34. Distribución porcentual de la muestra según avance por frente disparado / metros lineales	169
Tabla 35. Distribución porcentual de la muestra según la cantidad de frente de disparos	170
Tabla 36. Distribución porcentual de la muestra según el tiempo de perforación por frente en minutos.....	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dimensiones generales del equipo	27
Figura 2. Ángulo de giro del equipo.....	27
Figura 3. Componentes lado izquierdo.....	28
Figura 4. Componentes principales lado derecho.....	28
Figura 5. Componentes principales de la perforadora	28
Figura 6. Componentes de la viga telescópica	29
Figura 7. Componentes del Boom	30
Figura 8. Componentes del sistema de control de perforación.....	30
Figura 9. Componentes del carrier	31
Figura 10. Componentes del carrier delantero.....	31
Figura 11. Componentes del carrier posterior	32
Figura 12. Componentes del sistema de agua y aire.....	33
Figura 13. Símbolos obligatorios	34
Figura 14. Símbolos de prohibición	35
Figura 15. Símbolos de riesgo	36
Figura 16. Zonas de riesgo en la máquina	37
Figura 17. Estacionamiento de la máquina.....	41
Figura 18. Estacionamiento de la máquina para la perforación	41
Figura 19. Normas generales de seguridad.....	42
Figura 20. Ubicación de la válvula progresiva y punto principal.....	43
Figura 21. Verificación del Boom	44
Figura 22. Posicionamiento y perforación.....	45
Figura 23. Estacionamiento de la máquina.....	46
Figura 24. Limpieza del filtro cedazo del agua	46
Figura 25. Acoplo de perforadora jackleg	52
Figura 26. Partes principales de la máquina jackleg	58
Figura 27. La perforadora.....	59
Figura 28. Tablero general de arranque	62
Figura 29. Tablero del sistema power pack.....	63
Figura 30. Circuito eléctrico del tablero	64
Figura 31. Sistema de protección	65

Figura 32. Sistema eléctrico de fuerza del power pack	67
Figura 33. Diagrama eléctrico del sistema de mando del power pack	68
Figura 34. Módulo Vigui	69
Figura 35. Interruptor principal	69
Figura 36. Transformador de corriente de línea principal	70
Figura 37. Contactor estrella triángulo	70
Figura 38. Relay térmico	71
Figura 39. Relay secuencia de fase.....	71
Figura 40. Guarda motor	72
Figura 41. Contactor electromagnético	72
Figura 42. Contactor electromagnético	73
Figura 43. Estructura del contactor.....	75
Figura 44. Simbología del contacto auxiliar.....	76
Figura 45. Características principales del disyuntor.....	83
Figura 46. Disyuntor partes y accesorios	84
Figura 47. Simbología del disyuntor	85
Figura 48. Partes del relé térmico	88
Figura 49. Principios de compensación de temperatura de ambiente.....	89
Figura 50. Principios de temperatura de ambiente.....	89
Figura 51. Característica de disparo del relé térmico	90
Figura 52. El estator	92
Figura 53. El rotor	93
Figura 54. Motores eléctricos trifásicos de inducción.....	95
Figura 55. Balizas luminosas.....	99
Figura 56. Aplicación de los contactores.....	103
Figura 57. Seguridad industrial de materiales	107
Figura 58. Comparación de simbologías	111
Figura 59. Secuencia forzada automática	112
Figura 60. Secuencia automática de motores	112
Figura 61. Cotizador "al trabajo" on delay	113
Figura 62. Cotizador "al trabajo" off delay	114
Figura 63. Conexión a triángulo	116
Figura 64. Motor de nueve terminales.....	117
Figura 65. Tipos de conexiones de motores	117

Figura 66. Conexión interna para el motor.....	118
Figura 67. Bornes de conexión para el motor.....	118
Figura 68. Motor de trece terminales.....	119
Figura 69. Inversión de giro con enclavamiento	121
Figura 70. Inversión de giro de motor trifásico	122
Figura 71. Circuito de potencia	123
Figura 72. Inversión de giro de enclavamiento	126
Figura 73. Curva de par/velocidad de los destinos de rotores de jaula	127
Figura 74. Diagrama esquemático de arranque estrella - triángulo	129
Figura 75. Circuito de potencia	130
Figura 76. Diagrama circuito de potencia	131
Figura 77. Proceso de ejecución 1.....	132
Figura 78. Proceso de ejecución 2.....	133
Figura 79. Conexión estrella.....	134
Figura 80. Conexión triángulo.....	135
Figura 81. Curva característica de arranque estrella.....	136
Figura 82. Diagrama circuito de potencia	137
Figura 83. Diagrama circuito de control.....	138
Figura 84. Motor de inducción trifásico	139
Figura 85. Operaciones y materiales	144
Figura 86. Esquema de circuito de potencia.....	145
Figura 87. Esquema de circuito de control	146
Figura 88. Diagrama esquemático de motor de inducción	149
Figura 89. Propiedades del coeficiente de Spearman.....	164
Figura 90. Gráfica de correlación.....	164
Figura 91. Spearman en SPSS.....	165

RESUMEN

La presente investigación titulada “Diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) del equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U. M. Julcani)-Huancavelica” responde al problema ¿Cómo influye el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) en el equipo de perforación *M-Drill* de la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica?, como objetivo pretende, Determinar la influencia del diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) en el equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica y como hipótesis se asume que el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) influye positivamente en el equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica. El diseño fue descriptivo correlacional, en la muestra del equipo de perforación *M-Drill* de la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica, a quien se le aplicó el diseño del sistema de fuerza (*power pack*), basado en el análisis de optimización y confiabilidad que permitió mejorar la operación del equipo de perforación *M-Drill*. Concluyendo que el avance por frente de disparo por metro con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica es mayor, la cual permite obtener mayores frentes de disparo y disminuye el tiempo de perforación en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica.

Palabras clave: sistema eléctrico (*power pack*), equipo de perforación

ABSTRACT

The present research entitled "Design of the electrical power system (*power pack*) of the drilling equipment *M-Drill* in the mining company Buenaventura (UM Julcani) - Huancavelica" answers the problem How does the design of the electric power system influence (*Power pack*) in the *M-Drill* drilling equipment of the mining company Buenaventura (UM Julcani) - Huancavelica ?, as objective, Determine the influence of the design of the electric power system (*Power pack*) on the *M-Drill* drilling equipment in the mining company Buenaventura (UM Julcani) - Huancavelica and as a hypothesis it is assumed that the design of the electric power system (*Power pack*) positively influences the *M-Drill* drilling equipment in the mining company Buenaventura (UM Julcani) - Huancavelica. The design was descriptive correlational, in the sample of the drilling team *M-Drill* of the mining company Buenaventura (UM Julcani) - Huancavelica, to whom the design of the force system (*Power pack*) was applied, based on the Analysis of optimization and reliability that allowed to improve the operation of the *M-Drill* drilling equipment. Concluding that the advance by front of shot by meter with the design of the electrical system of force (*Power pack*) to the drilling team *M-Drill* in the mining company Buenaventura (UM Julcani) - Huancavelica, is greater which allows to obtain greater fronts of shot and reduced the time of drilling in the mining company Buenaventura (UM Julcani) - Huancavelica.

Keywords: electrical system (*power pack*), drilling equipment.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación es un estudio del efecto de un sistema eléctrico en el Jumbo M- Drill que actualmente está trabajando en la Unidad Minera de Julcani – Buenaventura, contratado por la empresa Contratista, (Constructores de Piques y Servicios Mineros E.I.R.L – Copsem), que fue aceptado exitosamente en la Unidad Minera debido al avance en la perforación y la no exposición del personal en el frente de alto riesgo, al utilizar este equipo en dicha Unidad Minera se convierte de una mina convencional a una mina *trackles*, lo cual nos ayuda en mayor perforación en metros lineales en mineral o desmonte como lo indica el área de planeamiento.

La tesis partió de la interrogante formulada del siguiente modo: ¿Cómo influye el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica?

Para lo cual el objetivo general es: Determinar la influencia del diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) en el equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica.

Para analizar las variables se utilizó la estadística descriptiva e inferencial y para validar la hipótesis la prueba T. La recolección de las informaciones y datos para el diseño del sistema eléctrico del *power pack* del equipo, se encontró en los manuales de otros equipos de perforación que actualmente está trabajando en minerías con sistemas *trackles*.

También se utilizó estadísticas del SPSS V.22, empleando técnicas estadísticas como porcentajes, cruces de variable como χ^2 de Sperman.

La investigación se desarrolló en cuatro capítulos y es como sigue:

El capítulo I trata sobre los aspectos generales de la investigación, como el planteamiento y formulación del problema, los objetivos, la justificación e importancia y la hipótesis y descripción de variables.

El capítulo II trata sobre el marco teórico, donde abarca los antecedentes internacionales y nacionales, asimismo, las bases teóricas de la investigación que comprenden temas relacionados a las variables Sistema eléctrico (*power pack*) y el equipo de perforación *M-Drill*. En las bases teóricas se desarrollaron temas relacionados al diseño de sistemas eléctricos de fuerza (*power pack*) como: teorías de sistemas eléctricos, concepto y principios de sistemas de fuerza. Para el equipo de perforación *M-Drill* se definió a través de los diversos conceptos de funcionalidad y sus respectivas dimensiones, finalmente, se encuentra en este capítulo las terminologías.

El capítulo III describe la metodología de la investigación, tipo y nivel de investigación, diseño de la investigación, población y muestra. La presente investigación nace como consecuencia de buscar nuevos conocimientos para aplicaciones prácticas que permitan plantear alternativas de solución en el proceso de excavación. Asimismo, encontramos la definición, operacionalización de variables y los indicadores.

En capítulo IV describen los instrumentos de investigación y los resultados, donde se manifiesta la selección, validación y confiabilidad de los instrumentos. Así mismo, se encuentran los resultados estadísticos, la prueba de hipótesis y la discusión de resultados de la minera Buenaventura.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y los anexos.

El autor

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

La presente investigación surge de un análisis ocurrido en las últimas décadas en la gran mayoría de las minerías, en las cuales han surgido inconvenientes con las perforaciones y las máquinas perforadoras convencionales (*jackleg*). Actualmente continúan utilizando estas perforadoras debido a que los equipos *Jumbo* que se tienen en el mercado son de gran tamaño y en consecuencia no ingresan a las labores de secciones 2x2, 2.5x2.5 m.

El problema que se tiene en distintos centros mineros es con respecto a la producción y el avance lineal de la perforación. Con las máquinas *jackleg* es muy lento el avance de la perforación, y para enfrentar este problema se diseñó este nuevo equipo *Jumbo M-Drill* que, debido a su menor tamaño, se disminuyen las dificultades para el ingreso de perforación en labores de 2x2 metros, lo cual mejorará el avance de los metros lineales, y por ende habrá mayor producción a menor costo.

Para poder rediseñar el sistema eléctrico del *power pack* del equipo *M-Drill* se han tenido distintos criterios como son: la capacidad del motor eléctrico, la capacidad de la

bomba hidráulica, alimentación de la red principal en VCA y VCD, sistema de protección y el tamaño del tablero eléctrico de menor tamaño. (1)

Entonces, podemos indicar que el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*), es una función de la producción y avance lineal en el momento de la extracción de minerales, con la finalidad de conocer el efecto causante de este nuevo diseño en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica se planteó este estudio. Por estas consideraciones **nuestra pregunta de investigación** se ha formulado de la siguiente manera:

1.1.1. Formulación del problema

1.1.1.1 Problema general

¿Cómo influye el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica?

1.1.1.2. Problemas específicos:

- a. ¿Cuáles son los requerimientos técnicos para el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica?
- b. ¿Cómo es el rendimiento del equipo de perforación *M-Drill* al implementar el nuevo sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica?
- c. ¿De qué manera el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) para el equipo de perforación *M-Drill* afectará con la reducción del tamaño de la máquina en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia del diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) en el equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica.

1.2.2. Objetivos específicos

- a. Identificar el avance por frente de disparo por metro con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica.
- b. Identificar la cantidad de frente de disparos con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica.
- c. Identificar el tiempo de perforación por frente con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social

El presente proyecto de investigación busca mejorar la calidad de entendimiento acerca de los procesos de perforación del equipo *M-Drill* a través del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*); por ello, la justificación social deriva de la aplicación de este sistema para reducir las posibles fallas y peligros a los trabajadores de la minera. Esto es necesario, enmarcado en el actual régimen de salud y seguridad ocupacional, con el cual se protege con mayor amplitud a los integrantes de este sector, sobre todo cuando la inversión para este diseño mejora los ingresos, alineando los intereses pecuniarios de la empresa con la seguridad para sus trabajadores. (2)

1.3.2. Justificación técnica

De acuerdo a los hallazgos, se puede establecer que la investigación propone un rango adicional de productividad y menor tasa de paradas a partir del diseño del sistema eléctrico de fuerza de una parte en el equipo de perforación *M-Drill*; por tanto, esto sirve como una referencia técnica para otras empresas mineras que tengan un problema similar y deseen entender los principios contra los cuales tengan que lidiar. De esta manera, se pueden entender los beneficios de hacer uso del diseño del sistema eléctrico de fuerza para mejorar la optimización y confiabilidad de la extracción de minerales en base a lo que se encuentre en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica. (2)

1.3.3. Justificación económica

Dada la cuestión económica, la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica, hace uso de todo tipo de medidas para poder reducir costos y asegurar la producción de su centro. En este sentido, el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) tendrá como principal función reducir las paradas de mantenimiento y tiempo de producción como también del personal, todo esto se refleja en la reducción de costos, ampliando los márgenes de ganancia en este proceso. (2)

1.3.4. Importancia

La importancia de la presente investigación radica en la mejora de los procesos productivos dentro de un entorno minero; el cual, se hace intensivo en capitales para los proyectos de exploración, compra de maquinarias, levantamiento del asentamiento minero, entre otros gastos adicionales. Sin embargo, la intuición muestra que hay un serio sobre costo en los primeros momentos de la extracción, con lo cual se ve reducida la vida útil de las maquinarias, haciendo ineficiente el uso de los recursos disponibles para la extracción. Se puede notar que hay proyectos mineros en los que se invierten grandes cantidades de dinero y que luego tienen como principal reto obtener un nivel de productividad lo bastante alto para poder sostener el proyecto a largo plazo. (2)

Es así que la mejora de los procesos productivos está enlazada intrínsecamente con la sostenibilidad del propio proyecto, de una forma analítica podemos inferir que, si se

empieza a hacer mejoras en cada una de las partes del proyecto, esto a la larga producirá un impacto positivo sobre el proyecto en su conjunto. Tal como se ha establecido, el diseño del sistema eléctrico (*power pack*); propuesta que, de tener éxito, podría dar resultados importantes sobre la productividad, la cual se entendería desde los conceptos de optimización y confiabilidad en el equipo de perforación *M-Drill*. Dado este entendimiento, la importancia más clara es la de dar información precisa y estadísticamente confiable acerca de la extracción de mineral, disminuir los tiempos de parada, programar los mantenimientos preventivos y supervisar los parámetros del equipo de perforación, así como la producción en tiempo real, a través del cambio de un proceso manual. (2)

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis general

El diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) influye positivamente en el equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a. El avance por frente de disparo por metro con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica es mayor.
- b. La cantidad de frente de disparos con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica es mayor.
- c. El tiempo de perforación por frente con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica es menor.

1.4.3 Descripción de variables

Variable independiente (x):

- Sistema eléctrico de fuerza (*power pack*)

Variable dependiente (y):

- Equipo de perforación *M-Drill*

1.4.4. Operacionalización de las variables

Variable independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumento
Sistema eléctrico de fuerza (<i>power pack</i>)	Es el recorrido de la electricidad por un conductor para el arranque de un motor eléctrico	Plano eléctrico	Normas IEC Diagrama de flujo	Simuladores
		Sistema de protección	Disyuntor diferencial	Vatímetro y voltímetro digital
		Accionamientos	Funcionalidad de los equipos de accionamiento	Vatímetro y voltímetro digital
Diseño del sistema eléctrico <i>power pack</i>	Es un circuito eléctrico de fuerza que es diseñado para el arranque del equipo de perforación <i>M-Drill</i>	Levantamiento del plano eléctrico	Normas IEC Diagrama de flujo	Ubicación, dimensionamiento y orientación
		Elaboración del tablero eléctrico	Normas IEC Diagrama de flujo	
		Cálculos de las cargas eléctricas	Datos de las cargas a consumir	
		Cálculos de conductores eléctricos	Datos de las cargas a consumir	
		Ubicación del tablero eléctrico	Espacio requerido en el equipo	
		Armado del tablero eléctrico	Plano de ubicación de los componentes	
Variable dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumento
Equipo de perforación <i>M-Drill</i>	Es un equipo de perforación Jumbo electrohidráulico	• Perforación	Cuadros estadísticos	Rellenado de formatos
		• Mantenimiento	Predictivo Correctivo Preventivo	Cartillas de mantenimientos
		• Parámetros eléctricos en AC	Análisis de eficiencia, análisis de consumo, análisis de picos de arranque, análisis de protección y análisis de regulación de la tensión y frecuencia de salida	Rellenado de formatos

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Nacional

En el estudio se incorporó a las operaciones un nuevo Taller de Reparaciones, denominado “Centro de Servicios Mineros Joy Global (CSM), ubicado en el sector de La Negra, Antofagasta” (3), 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”, “Correas transportadoras” y “Perforadoras”, destacando la “perforadora eléctrica P&H modelo 320XPC”, solución idónea para perforaciones de tronadura en aplicaciones mineras de roca dura y de alta producción.

La primera contratista minera en utilizar equipos eléctricos para la explotación de minas a tajo abierto, tales como palas y perforadoras eléctricas, ha originado una operación más rentable para nuestros clientes, además de ser amigable con el medio ambiente. (4) Utilizamos un software especializado en la planificación del minado y

diseño de voladura. Trabajamos con sistemas especializados de monitoreo y dirección de la producción.

Se presentaron innovadoras tecnologías eléctricas en la reciente edición de Perumin 2017 (5). Se trata de un Centro de 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 100kA, máxima corriente que resiste un equipo sin que se malogre, se derritan las barras internas o deje de funcionar.

2.1.2. Internacional

Se ha desarrollado un brazo robotizado para alimentación y descarga de un sistema de producción de piezas de madera como proyecto de grado para optar al título de Tecnólogo Electricista (6). Para la solución de este problema utilizan un autómata programable Simatic-S7, el cual es la unidad central de mando del sistema de taladrado y del brazo robotizado y es el que se encarga de tomar las decisiones para ejecutar los procesos de la manera más eficiente y adecuada. El sistema de taladrado de piezas está compuesto por tres cilindros neumáticos para sujetar la pieza, perforarla y expulsarla de la máquina. La posición inicial y final de cada cilindro es detectada por medio de sensores electrónicos contruidos con base al integrado CNY70. El brazo robotizado se encarga de alimentar el sistema de producción y también de desplazar las piezas ya procesadas a otro lugar. El robot está conformado por un cilindro hidráulico y uno neumático; su posicionamiento es controlado por un *encoder* incremental el cual está acoplado al eje de un motor de inducción que hace girar el brazo horizontalmente desde su base y la velocidad de giro es controlado por un variador de velocidad. En este sistema de brazo robotizado para alimentación y descarga de un sistema de producción de piezas de madera, no hay manipulación del operario más que para encenderlo o apagarlo; es decir, el usuario no interviene en el tipo de programación del mismo, pues está diseñado para que solo trabaje con la programación interna del PLC que se le ha dejado.

El sistema Minestar tiene su fundamento en disminuir los tiempos de espera en la máquina perforadora, afectando directamente a la productividad efectiva de la mina, ya que los equipos trabajan más eficientemente (7). 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.

Es la primera operación minera que se efectúa en la preparación de una voladura; sin una perforación adecuada y ordenada la voladura sería deficiente, lo que conllevaría a una baja eficiencia en el carguío del material impactando directamente en la producción de la mina (7). En el caso del tajo abierto de Toquepala se lleva a cabo una perforación del tipo rotativa con triconos, esta es efectuada por grandes equipos de perforación capaces de ejercer elevados empujes sobre la broca; es decir, la perforación es realizada mediante el método de rotación – trituración en donde la energía es transmitida hasta la broca a través de barras de acero las que puestas en rotación fuerzan a la broca contra la roca siendo los botones de carburo de 20 tungsteno prensados contra la roca para finalmente obtener una trituración similar a la de percusión. De manera general es importante efectuar esta operación con la mayor exactitud del caso; en lo que, respecto a profundidad, exactitud en las coordenadas, paralelismo y perpendicularidad; puesto que todo esto repercutirá en la obtención de una fragmentación requerida y control en las paredes finales del tajo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Equipo de perforación *M-Drill*

El equipo *M-Drill* es una máquina electrohidráulica de perforación netamente subterránea para realizar trabajos en sección de 1.50 x 2.00 hasta 3.5 x 3.5 m (8).

2.2.2. Datos técnicos

a) Características técnicas del equipo

- Modelo de equipo: MINIFRONTONER MF-10-01
- Tipo de equipo: Jumbo *M-Drill*
- N° serie: H050A01051

b) Portador

- Motor Diésel: Deutz F4L912 W.
- Sistema de transmisión: Hidrostático
- Bomba de posicionamiento: PARKER P315B19

c) Sistema de control Perforación

- Motor eléctrico: 75HP
- Tensión/frecuencia: 440V/60Hz
- Bomba pistones axiales: REXROTHA10VO71 DFR
- Bomba de engranajes: PARKER P315A19

d) Brazo (Boom)

- Área de cobertura: 12.25 m²
- Perforación-empernado: BOOM 2.1

e) Agua y aire

- Compresora: LE3 3 -10 UV
- Bomba de agua: Grundfoss, CR5 - 9
- Enfriador Tubular: FG-120, 48.8 GPM, 20 bar

2.2.3. Dimensiones

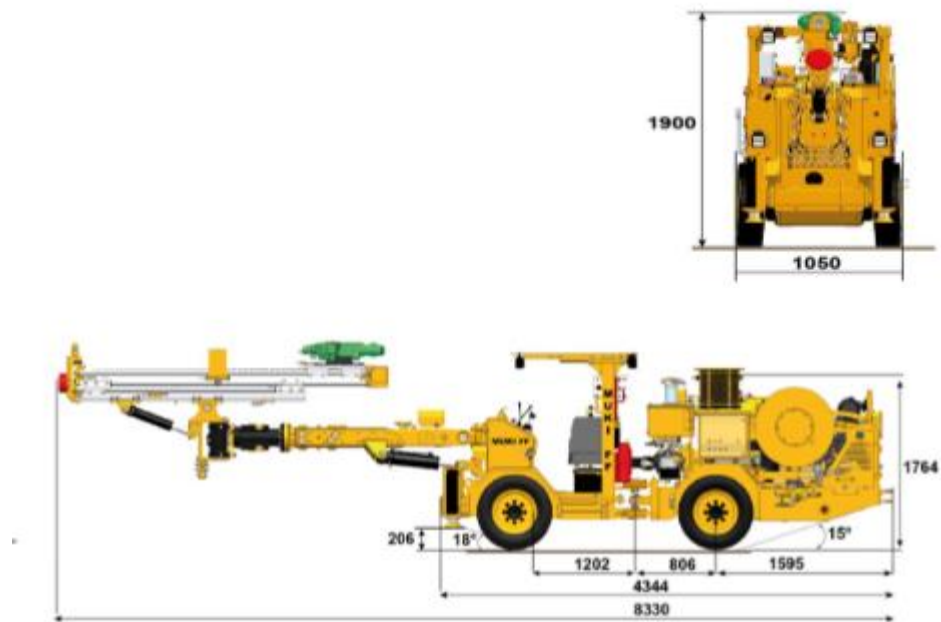


Figura 1. Dimensiones generales del equipo
Fuente: Resemin S.A. 2016

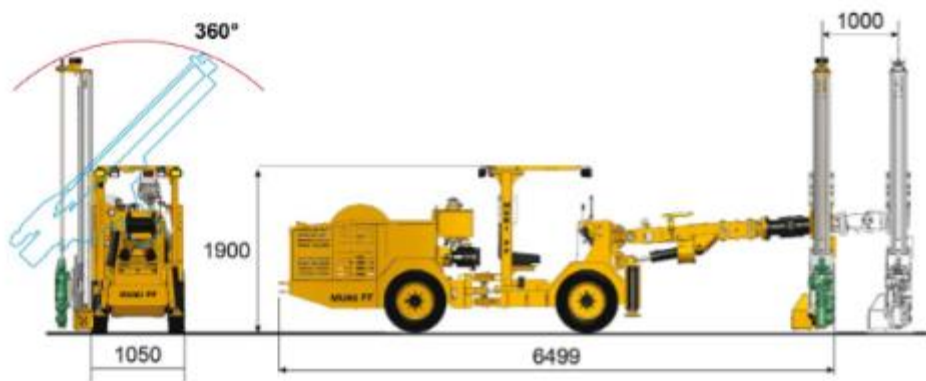


Figura 2. Ángulo de giro del equipo
Fuente: Perforadoras eléctricas, 2017

2.2.4. Componentes principales

A partir de los requerimientos del área de la extracción minera, un Jumbo *M-Drill* tiene los siguientes componentes: (3)

- Sistema de perforación
- Viga telescópica
- Boom
- Carrier delantero

- Carrier posterior
- Sistema de agua y aire



Figura 3. Componentes lado izquierdo

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016



Figura 4. Componentes principales lado derecho

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

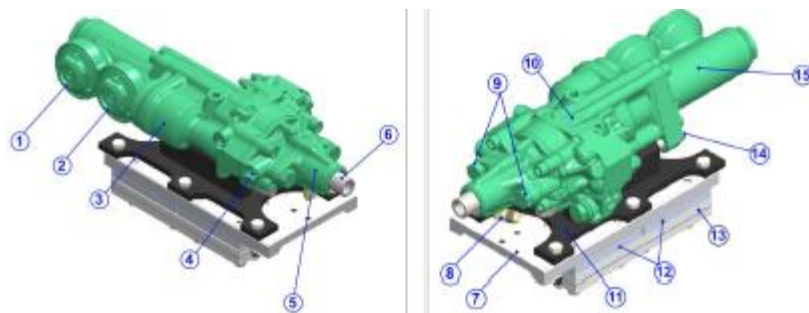


Figura 5. Componentes principales de la perforadora

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

Tabla 1. Componentes principales de la perforadora

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	Acumulador de alta (HP)	9	Pernos de sujeción del <i>front guide</i>
2	Acumulador de baja (LP)	10	<i>Housing</i>
3	Motor hidráulico de rotación	11	Soporte de la perforadora HC50
4	Punto de engrase rodamiento	12	Espaciadores
5	<i>Front guide</i>	13	Soporte de aluminio doble
6	Adaptador de culata	14	Pernos hexagonales 3/4 UNF
7	Meza de la perforadora	15	<i>Body</i>
8	Conector del barrido de agua		

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

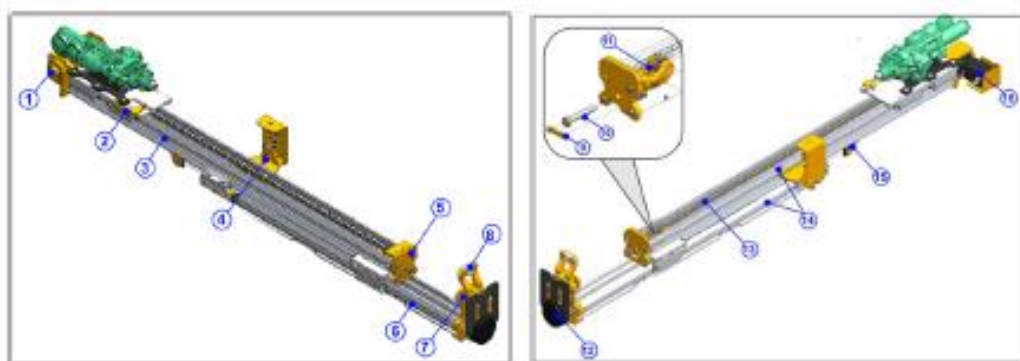


Figura 6. Componentes de la viga telescópica

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

Tabla 2. Componentes de la viga telescópica

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	Rodamiento del motor hidráulico	8	Bull 161 con centralizador
2	Tope limitador de avance	9	Seguro del perno regulador
3	Viga superior	10	Perno regulador de la cadena
4	Soporte de mangueras hidráulicas	11	Ensamble del templador de cadena
5	Ensamble base del soporte	12	Clavija de goma
6	Viga inferior	13	Cadena 100 HE
7	Válvula de retorno automático	14	Lainas inoxidables
		16	Motor hidráulico

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

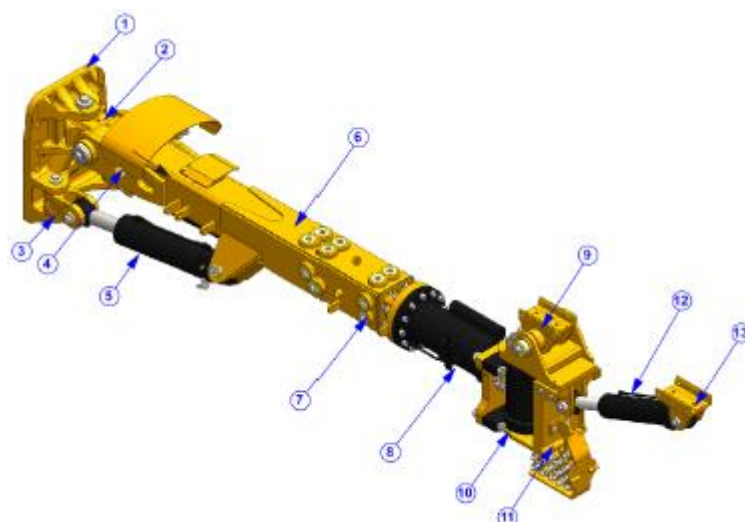


Figura 7. Componentes del boom

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

Tabla 3. Componentes del Boom

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	Soporte principal	8	Unidad de rotación 360°
2	Acople superior	9	Soporte pivot
3	Acople inferior	10	Unidad de rotación 180°
4	Cilindro hidráulico de extensión del boom	11	Refuerzo del soporte pivot
5	Cilindro hidráulico gemelo inferior	12	Cilindro hidráulico de basculación
6	Tubo telescópico	13	Soporte de basculación
7	Componentes de deslizamiento		

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

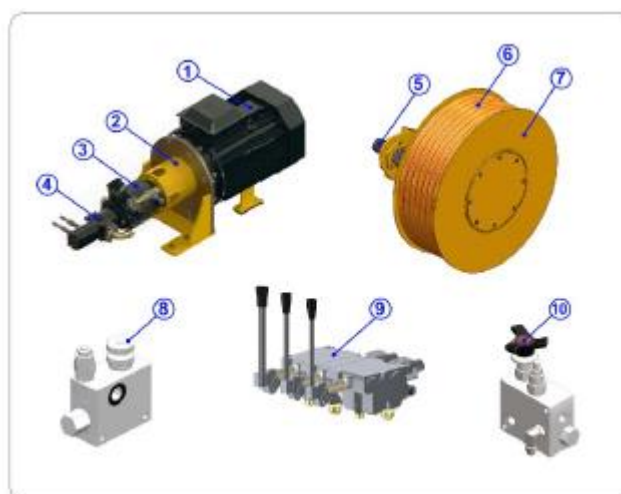


Figura 8. Componentes del sistema de control de perforación

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

Tabla 4. Componentes de sistema de control de perforación

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	Motor eléctrico de 75Hp	6	Cable eléctrico de potencia
2	Base de campana del <i>power pack</i>	7	Carrete de cable eléctrico
3	Bomba de pistones axiales	8	Válvula reguladora de caudal
4	Bomba triple de engranajes	9	Válvula de control de perforación
5	Motor hidráulico de accionamiento del carrete de cable eléctrico	10	Válvula piloto de la regulación de avance

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

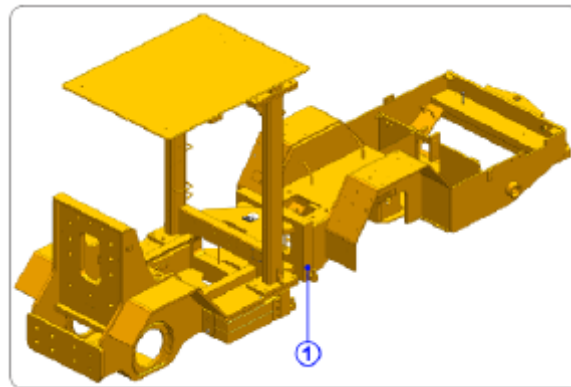


Figura 9. Componentes del carrier

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

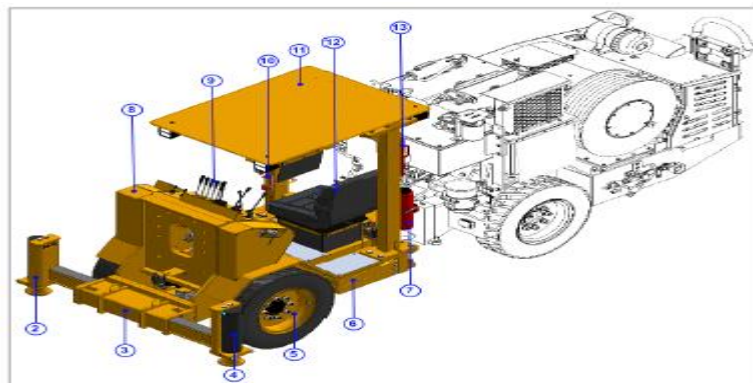


Figura 10. Componentes del carrier delantero

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

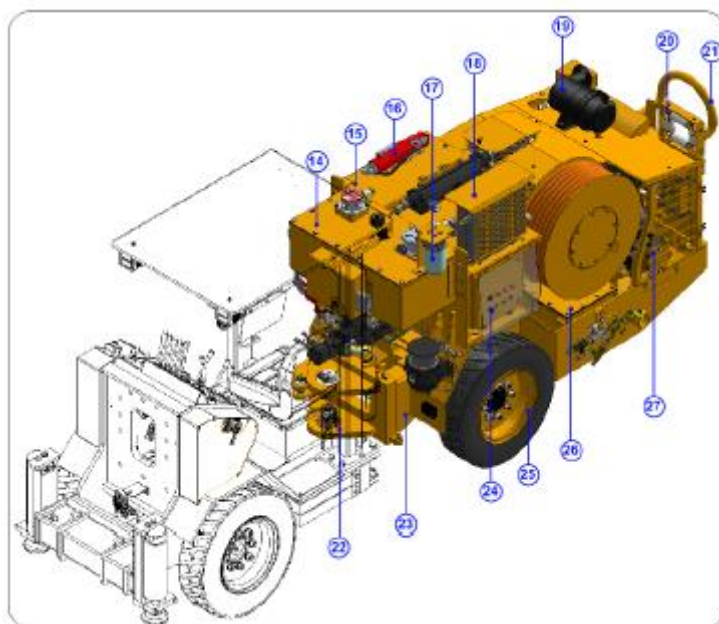


Figura 11. Componentes del carrier posterior

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

Tabla 5. Componentes del carrier

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	Chasis o estructura de la máquina	15	Tablero eléctrico
2	Cilindro hidráulico del gato delantero derecho	16	Extintor manual de incendios
3	Deslizante de los gatos	17	Filtro de llenado del aceite hidráulico
4	Cilindro hidráulico del gato delantero izquierdo	18	Enfriador tropical del aceite hidráulico
5	Llanta delantera con motor hidráulico	19	Porta filtro de aire de admisión del motor diésel
6	Contrapeso	20	Centralizador del cable eléctrico
7	Sistema de extinción de fuegos ANSUL	21	Soporte de la manguera de agua
8	Chasis delantero	22	Pin de articulación
9	Control de posicionamiento del boom	23	Chasis posterior
10	Actuador manual del sistema ANSUL	24	Tablero eléctrico
11	Techo de protección	25	Llanta posterior con motor hidráulico
12	Asiento del operador	26	Tanque combustible
13	Barra de trabado de la articulación central	27	Bomba hidrostática acoplado al motor diésel
14	Tanque hidráulico		

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

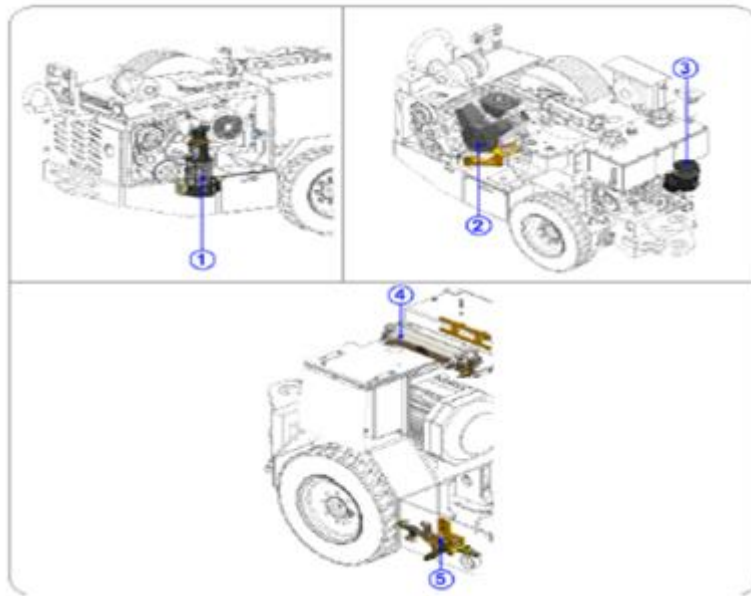


Figura 12. Componentes del sistema de agua y aire
Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

Tabla 6. Componentes del sistema de agua y aire

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	Bomba de agua con motor hidráulico
2	Compresor con motor hidráulico
3	Bomba eléctrica de lubricación de la perforadora
4	Enfriador tubular del aceite hidráulico
5	Conjunto de toma de agua

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

2.2.5. Sistema de seguridad

Etiquetas de seguridad

Las etiquetas de seguridad resultan de la combinación de formas geométricas y colores, a las que se les añade un símbolo o pictograma atribuyendo un significado determinado en relación con la seguridad, el cual se quiere comunicar de forma simple y rápida. (9)

⚠ PELIGRO

Indica un peligro con un alto nivel de riesgo que, si no se evita, tendrá como resultado lesiones graves o la muerte.

⚠ ATENCIÓN

Indica un peligro con nivel medio de riesgo que, si no se evita, podría tener como resultado lesiones graves o la muerte.

⚠ PRECAUCIÓN

Señala un peligro con bajo nivel de riesgo que, si no se evita, podría tener como resultado lesiones moderadas o leves.

2.2.6. Símbolos obligatorios

Los símbolos obligatorios especifican acciones a ejecutar para evitar un peligro. Las acciones obligatorias son identificadas con un pictograma blanco y fondo de color azul. Todo el personal que trabaje en la máquina o en sus alrededores debe cumplir con la información indicada en la simbología de acción obligatoria. (9)

Use prendas de protección 	Utilice prendas con cinta reflectiva 	Use mascarilla de respiración 
Desconecte toda fuente de energía 	Desconectar y bloquear la máquina 	Uso del cinturón de seguridad 
Utilice cartón para localizar fugas de las mangueras 	Leer el manual o las instrucciones 	Símbolo general de acción obligatoria 

Figura 13. Símbolos obligatorios
Fuente: Indeci, 2005

2.2.7. Símbolos de prohibición

Prohíben un comportamiento susceptible de provocar un peligro. Forma redonda con su pictograma negro sobre fondo blanco, bordes y banda (transversal descendente de izquierda a derecha atravesando el pictograma a 45° respecto a la horizontal) rojos (el rojo deberá cubrir como mínimo el 35 % de la superficie de la señal). (9)



Figura 14. Símbolos de prohibición
Fuente: Indeci, 2005

2.2.8. Símbolos de advertencia

Se utilizan para advertir el tipo de peligro. Los símbolos de advertencia se identifican de forma triangular color amarillo, pictograma y el contorno negro. (9)

	Este símbolo de alerta identifica importantes mensajes de seguridad en este manual. Cuando vea este símbolo, preste atención, su seguridad está en juego, lea cuidadosamente el mensaje que sigue, e informe a otros operadores.
---	--

Riesgo de caídas de cargas 	Riesgo de aplastamiento 	Peligro de material proyectado 
Riesgo de aplastamiento - pies 	Riesgo de aplastamiento de manos 	Riesgo de corte 
Riesgo de aprisionamiento 	Riesgo de aprisionamiento 	Riesgo de traspie 
Riesgo de aprisionamiento-taladro giratorio 	Riesgo de sufrir resbalamiento 	Riesgo de inyección de presión a la piel 
Inyección a alta presión a los ojos 	Riesgo de superficies calientes 	Riesgo alta tensión eléctrico 
Riesgo de descarga eléctrica 	Tensión eléctrica peligrosa 	Riesgo de explosión 

Figura 15. Símbolos de riesgo
Fuente: Indeci, 2005

2.2.9. Zonas de riesgo en la máquina

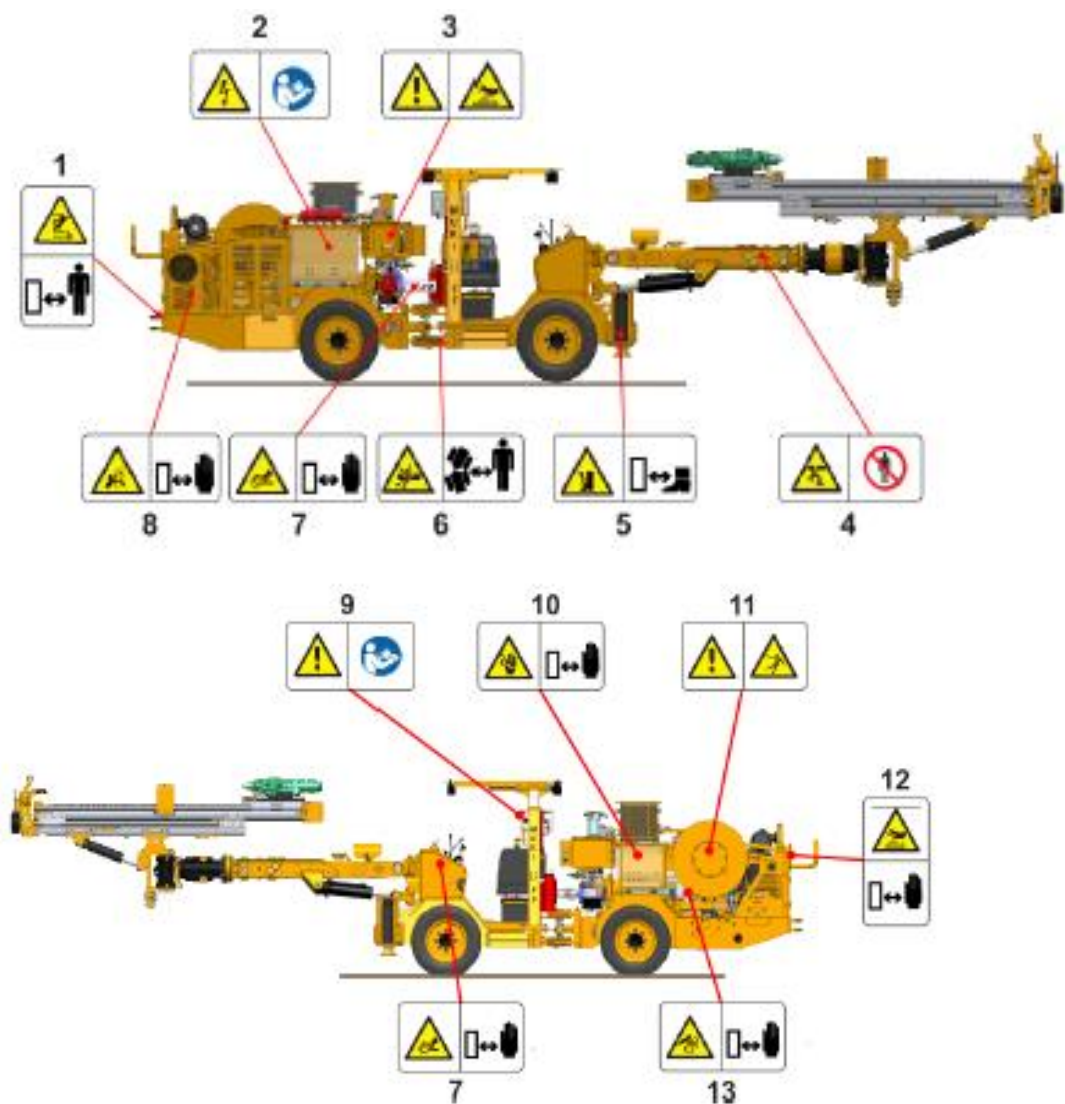


Figura 16. Zonas de riesgo en la máquina

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

Tabla 7: Descripción de las zonas de riesgo en la máquina

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	Peligro de atropello, manténgase a una distancia
2	Choque eléctrico o electrocución léase el manual
3	Superficies calientes-quemaduras de dedos y manos
4	Prohibido personas en la zona del brazo, peligro de aplastamiento
5	Aplastamiento de los pies, mantenga los pies a una distancia segura
6	Atrapamiento de brazo y mano, manténgase alejado de la zona de articulación
7	Fluido a alta presión - penetración en las manos
8	Atrapamiento de brazo y mano, mantenga las manos a una distancia segura
9	Lea los manuales antes de utilizar la máquina
10	Choque eléctrico o electrocución, mantenga las manos a una distancia segura a las fuentes de energía eléctrica
11	Choque eléctrico o electrocución
12	Superficies calientes, mantenga las manos a una distancia segura del peligro
13	Atrapamiento por piezas móviles, mantenga las manos a una distancia segura del peligro

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

2.2.10. Normas de seguridad

Se ha diseñado y fabricado la máquina como segura, confiable y óptima para los trabajos de perforación y sostenimiento en minería subterránea.

Cuando se trata de seguridad, el operador participa y forma parte de ella. Por lo tanto, revise las siguientes medidas de seguridad y aplíquelas en el trabajo. (9)

- Opere la máquina cuando haya sido entrenado y capacitado para ello.
- Utilice este manual como guía para convertirse en un operador eficiente, conociendo las capacidades y limitaciones de la máquina.
- Nunca opere la máquina bajo los efectos del alcohol u otras drogas.
- Mantenga el piso y otras superficies, limpios y libres de todo objeto extraño.
- No se permite transportar personas dentro de la máquina.
- Nunca remueva ninguna parte del sistema de escape o cubierta cuando la máquina esté en operación.
- Realice la inspección diaria recomendada tal y como se estipula en este manual.
- Obedezca las instrucciones de este manual como también las regulaciones de operación de la máquina.

- Utilice en todo momento sus EPP: guantes, botas, casco de protección, anteojos de protección, etc.

2.2.10.1. Seguridad operacional

Antes de arrancar el motor diésel, asegúrese que la transmisión esté en neutro, que los frenos de emergencia y/o parqueo estén activados. (9)

- Antes de comenzar a trabajar, revise que todos los controles de la máquina funcionen correctamente.
- Nunca use los frenos de emergencia para detener la máquina o disminuir la velocidad, a menos que sea una emergencia.
- Mantenga una buena distancia entre la máquina y el personal a su alrededor, use la señalización apropiada.
- Obedezca las instrucciones técnicas del fabricante de las perforadoras y otros componentes.
- Cuando la máquina esté funcionando, no permita que nadie esté en la zona entre las llantas y la articulación, pues esta es una zona de apriete que puede causar la muerte.
- Asegúrese que las palancas de control de rotación, percusión y avance de la máquina sean activadas solamente cuando vaya a perforar (desactive esos controles cuando la máquina no esté perforando).
- Pruebe los dos botones pulsadores/luz de parada de emergencia antes de cada turno de trabajo. Asegúrese que estén funcionando.
- En el estacionamiento y después de cada turno asegúrese de que los frenos estén accionados y las ruedas bloqueadas, o bien sitúe la máquina sobre los gatos de apoyo.

2.2.10.2. Seguridad en mantenimiento

- Solo el personal técnico con el entrenamiento apropiado debe realizar reparaciones en la máquina.
- Cuando se realiza el mantenimiento de la máquina dentro de interior mina obedezca las normas de seguridad industrial y salud ocupacional (OHSAS-18001), medio ambiente (ISO 14001).

- Cuando vaya a realizar reparaciones, apague la máquina. Solo debe estar encendida si se van a realizar ajustes y regulaciones.
- Siempre use las herramientas e instrumentos apropiados para cada trabajo a realizar en la máquina.
- Mantenga la cabeza, manos y cualquier parte de su vestimenta lejos de las partes en movimiento de la máquina (motor diésel, viga, barra de perforación, etc.).
- Si va a realizar algún trabajo en el circuito hidráulico, alivie la presión residual, la presión residual puede existir en motores, cilindros, mangueras que están a cargo de sostener grandes pesos. Asegúrese que ha colocado soportes para sostener el peso de estas piezas cuando las vaya a desmontar.
- Use soportes fijos cuando vaya a trabajar bajo una carga suspendida.
- Cuando busque fugas en el sistema hidráulico, use siempre un cartón o cualquier otro material rígido, nunca use la mano. El fluido presurizado puede penetrar la piel y causar graves lesiones.
- No cambie los valores de flujo y presión de las válvulas hidráulicas, a menos que haya obtenido la debida autorización del fabricante.
- Antes de inflar las llantas, asegúrese que las pestañas (seguros) y llantas no tengan ningún daño.
- Use cables, jaula u otro dispositivo de seguridad cuando vaya a llenar aire a las llantas. No exceda la presión máxima recomendada por el fabricante.
- Todo trabajo con el sistema eléctrico debe ser realizado por un técnico especializado.

2.2.11. Ámbitos de utilización de la máquina

Perforación de minerales en labores, tajos y galerías para minerías subterráneas. Se trata de una máquina que puede ser operada en posiciones verticales, horizontales e inclinadas. Esta es la función y aplicaciones, considerándose el resto de aplicaciones como poco apropiadas para la máquina. (10)

Los ejemplos de ámbitos de utilización poco apropiados son:

- Elevación y transporte de cargas y personas
- Soporte de objetos

- Transporte de rocas



Figura 17. Estacionamiento de la máquina

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016



Figura 18. Estacionamiento de la máquina para la perforación

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

2.2.12. Control de rutina

El óptimo funcionamiento de la máquina, estará garantizado por la buena práctica de inspección por parte del operador de turno. Es necesario que la inspección se realice antes de iniciar cada turno de trabajo y de acuerdo a nuestras indicaciones, el operador de turno debe reportar inmediatamente cualquier componente dañado o con fallas al área de mantenimiento y no debe maniobrar la máquina hasta que todas las averías hayan sido reparadas. (10)

El objetivo a lograr con un control rutinario de la máquina es:

- Encontrar averías en fase temprana
- Facilitar la realización del servicio

- Posibilitar y planificar con antelación el mantenimiento y la renovación
- Evitar costos de averías secundarias
- Evitar paradas operacionales
- Evitar lesiones personales



Figura 19. Normas generales de seguridad
Fuente: Indeci, 2005

2.2.13. Punto de control

Tan pronto como se descubra una avería, anótela e informe sobre la misma al personal técnico de mantenimiento.

- Comience siempre realizando una inspección del contorno de la máquina
- Controle los dispositivos de seguridad
- Controle las mangueras y los cables
- Controle los niveles de aceite
- Controle los puntos de engrase
- Compruebe que no existan fugas o desgaste
- Preste atención a las posibles averías en el funcionamiento de los actuadores hidráulicos

2.2.14. Sistema de engrase

El engrase es importante en conjuntos de piezas entre los cuales se produzca un rozamiento, esto evita que las piezas rocen entre si consiguiendo menor rozamiento. (11)

La máquina cuenta con una válvula progresiva de distribución para realizar el engrase en 10 puntos. (11)

- a. Una válvula progresiva de distribución de grasa para 10 puntos
- b. Punto inyección de grasa



Figura 20. Ubicación de la válvula progresiva y punto principal
Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

2.2.15. Controles de rutina

Al inicio de cada turno de trabajo, el operador debe de inspeccionar la máquina y realizar unos trabajos previos, esta inspección incluye una revisión y el engrase de componentes en movimiento. (11)

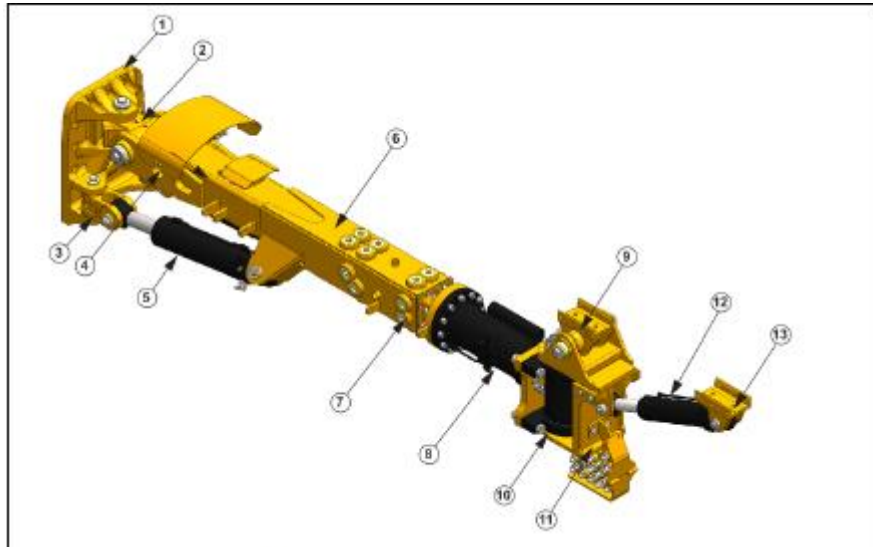


Figura 21. Verificación del boom

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

Tabla 8. Verificación del Boom.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	Verifique el estado del soporte principal del boom
2	Verifique el acople superior y los pines de articulación
3	Verifique el estado del acople inferior
4	Engrase los pines de articulación del cilindro hidráulico de extensión del boom
5	Engrase los pines de articulación de los cilindros hidráulicos gemelos inferiores
6	Engrase el tubo cuadrado y verifique el juego de los componentes de deslizamiento
7	Verifique posibles fugas de aceite en la unidad de rotación 360° y limpie las válvulas de alivio antes de realizar el engrase
8	Verifique el pin de articulación y el estado del soporte pivot
9	Verifique posibles fugas de aceite en la unidad de rotación 180° y limpie las válvulas de alivio antes de realizar el engrase
10	Verifique el estado y ajuste
11	Verifique el estado del vástago del cilindro hidráulico de basculación y engrase los pines de articulación
12	Verifique el estado del soporte de basculación

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

El boom se debe de mantener limpio, lave con agua al final de la jornada de trabajo y realice el engrase de los puntos mencionados.

2.2.16. Posicionamiento y perforación



Figura 22. Posicionamiento y perforación

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

2.2.16.1. Estacionamiento y posicionamiento de la máquina en la labor

- Desenrollar el cable eléctrico hacia el tablero eléctrico de la mina y ubicar hacia la pared o hastial al lado izquierdo levantando en puntos de apoyo de tu área de trabajo por seguridad.
- Desenrollar la manguera de agua hacia el suministro de agua de mina y ubicar hacia la pared o hastial del lado derecho levantando en puntos de apoyo de tu área de trabajo de seguridad.

- c) Bloquee los accesos de entrada en la zona de trabajo colocando conos o cinta de advertencia de seguridad, para evitar el ingreso de personal no autorizado.
- d) Tratar en lo posible que la máquina se ubique en una superficie plana.
- e) Accione los cilindros hidráulicos de los gatos para conseguir la estabilidad óptima, no eleve excesivamente la máquina.



Figura 23. Estacionamiento de la máquina

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

2.2.17. Conexión de red del agua en el interior de la mina

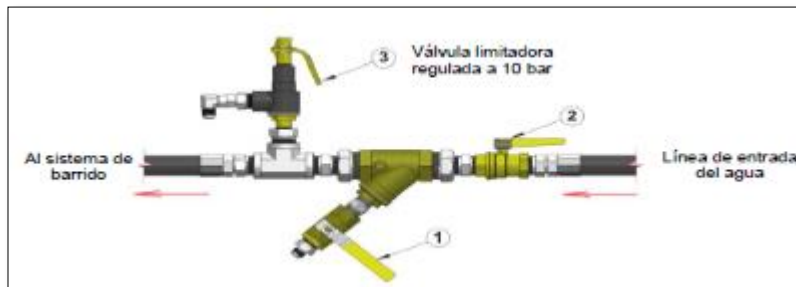


Figura 24. Limpieza del filtro cedazo del agua

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

Tabla 9. Limpieza del filtro cedazo del agua

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	Asegúrese que la toma de agua se encuentre limpia
2	Acople la manguera a la válvula 2, una vez que está instalada abrir la válvula para permitir el paso del agua
3	Abrir la válvula 1 para proceder a purgar la suciedad decantada en el filtro de cedazo
4	La presión de entrada del agua está reducida por la válvula reductora 3, la presión es regulada a 3 bares

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

2.2.18. Consideraciones para la perforación

Existen cuatro funciones principales en la perforación rotopercutiva: (11)

- **Percusión:** permite romper la roca en cada impacto.
- **Avance:** mantiene la broca siempre en contacto con la roca.
- **Rotación:** hace girar la broca a una nueva posición diferente para el siguiente impacto.
- **Barrido:** limpia los recortes de perforación (detritus) de la perforación.

a) Percusión

La potencia de percusión transmitida es una combinación de impacto y frecuencia de impacto. Esta potencia se controla directamente mediante el nivel de la presión de percusión.

Uno de los aspectos básicos de la perforación es la capacidad de transferencia de energía de la máquina.

La potencia de percusión utilizada depende del terreno que se esté perforando, si la roca es blanda, utilice la presión más baja, si es dura puede utilizar una presión de intervalo superior. El valor de la presión de percusión suele ser un equilibrio de la tasa de penetración y durabilidad de la máquina.

b) Avance

El objetivo del avance es mantener la broca de la sarta de perforación en contacto estrecho con la roca. Cuando se aumenta la presión de percusión, también se debe aumentar la presión del avance, la fuerza del avance correcta depende de la presión de percusión, del tipo de roca, de la profundidad del taladro, así como del tamaño y equipo de perforación.

Para un terreno fracturado se debe perforar utilizando una presión de percusión y una presión de avance intermedia.

La presión óptima del avance se puede obtener por observación que no suba demasiado la presión de rotación escuchando el ruido parejo que se emite.

Observe si existe:

- Un movimiento de avance uniforme de la perforadora (no se produce saltos ni sacudidas en torno al sistema de avance)
- Una rotación uniforme de broca de perforación (RPM constante)
- Un buen ajuste de la junta del adaptador (el acoplamiento no se está calentando, poniendo azulado, ni sale vapor del mismo)
- Una penetración constante

Escuche si se produce:

- Un sonido sólido de percusión (distinto a un sonido de vibración o traqueteo)
- Una mayor fuerza de avance (alta presión de rotación) no implica un aumento de la tasa de penetración, sino que solo aumentará el desgaste de la broca, se producirán desviaciones del taladro, el barreno se doblaría y se generarían unas presiones de rotación superiores a las normales.
- Una fuerza de avance demasiado baja (baja presión de rotación) hará que la broca no esté firmemente apoyada en la roca que se está perforando. Si esto es así, la energía de percusión hará que la broca de perforación rebote en vacío (en lugar de penetrar en la roca) provocando daños en la perforación, en el adaptador de culata (*shank adapter*), la propia broca y en el sistema de avance.

c) Rotación

La función principal de la rotación en perforación percutiva es girar la broca, a una nueva posición después de cada impacto de la broca contra la roca. La velocidad (RPM) óptima de rotación depende del diámetro de broca, dureza del terreno y la frecuencia de percusión.

Una velocidad de rotación demasiada baja da lugar a la rotación desigual de la barra de perforación y sobre todo el mecanismo de rotación.

d) Barrido

El objetivo del barrido es eliminar los recortes de la roca (detritus) del taladro durante la perforación.

La máquina utiliza el barrido de agua, esto es dirigido a la parte inferior del barreno a través del conjunto de perforación y de los orificios de la broca, los recortes de la roca se mezclan con el agua de barrido y salen por sopladitas a través del espacio existente entre la barra de perforación y la pared del taladro.

Un barrido incorrecto dará una baja tasa de penetración (mayor recorte), menor duración y más desgaste de la broca y una mayor posibilidad que se atasque el barreno.

2.3. Máquina perforadora *jackleg*

Los procedimientos propuestos en la presente investigación se basan en las recomendaciones APEMIN II, que lleva como título Guía de Laboreo Minero y Seguridad Industrial, del cual se han extraído las instrucciones para las Máquina perforadora *jackleg*. A continuación, se detallan dichas recomendaciones. (12)

La perforación a rotoperCUSión es el sistema más clásico de perforación de taladros. El principio de perforación de estos equipos se basa en que el aire comprimido impulsa el pistón hacia adelante e impacta contra la base de la culata del barreno, donde la energía de la onda de choque se transmite a través del barreno hasta la roca. Por medio de una válvula y de un sistema de conductos, el pistón retorna hacia atrás y el ciclo se repite mientras se aplica aire comprimido a la perforadora.

La perforación, sea cualquiera el método con que se lleve a cabo, se basa en el mismo principio, o sea en la percusión y el giro continuo de un barreno, de tal manera que cada giro produce un corte en la roca en diferente posición. El resultado final será la perforación de un taladro, cuyo diámetro será igual al diámetro máximo del filo cortante. Su propósito es abrir, en la roca o mineral, huecos cilíndricos llamados taladros, que están destinados a alojar o colocar explosivos y sus accesorios en su interior.

La perforación se hace con el objetivo de arrancar o volar la máxima cantidad de roca o mineral situando el explosivo en el lugar apropiado (en este caso el taladro), a fin de lograr el objetivo con el mínimo de explosivos que se pueda. En otras palabras, la perforación se hace con el objeto de volar cierta porción de roca o mineral, ya sea en un frente o en un stop o tajeo, para lo cual analizamos primero la roca y luego perforamos una serie de taladros, de modo que nos permita usar relativamente poco explosivo para poder volar un gran volumen. (12)

a) Percusión

Los impactos producidos por el golpe del pistón, originan unas ondas de choque que se transmiten a través del barreno hasta la roca o fondo del taladro.

- El movimiento y percusión del pistón es controlado mediante una válvula, se tiene dos tipos distintos de sistema de válvula.

b) Válvula oscilante

La válvula oscilante solo obtura una superficie única y es de funcionamiento muy seguro.

- Acepta la contaminación del aire comprimido.
- Este sistema de válvula se tiene en las perforadoras RH, BBD, BBC 16 y 17.

c) Válvula tubular

La válvula tubular obtura varias superficies, siendo esta una ventaja para la puesta a punto de la máquina y produce un arranque más suave y un menor consumo de aire.

- Tiene la desventaja de que es más sensible a la contaminación del aire comprimido.
- Este sistema de válvula tiene las perforadoras BBC 24 y BBC 35.

d) Rotación

La rotación que hace girar al barreno entre impactos sucesivos tiene como misión hacer que esta actúe sobre puntos distintos de la roca en el fondo del taladro.

Hay dos variantes del mecanismo de rotación.

2.3.1. Rotación por barra estriada

El diseño de la barra estriada, con amplias superficies deslizantes, es muy seguro y resistente al desgaste.

- La barra estriada se encuentra entre el pistón y la entrada de aire, lejos del extremo delantero donde los detritus y otros cuerpos extraños puedan causar un desgaste excesivo.
- Una máquina diseñada con rotación por barra estriada resulta muy larga y, por tanto, también más pesada.
- La barra estriada se utiliza en las máquinas RH y BBC.

2.3.2. Rotación por rueda trinquete

La rueda de trinquete está situada entre el pistón y el manguito rotatorio, en la parte delantera de la perforadora, lo que la hace más sensible a una lubricación insuficiente.

- Está más expuesta a la suciedad exterior.
- La rueda de trinquete se utiliza en las perforadoras BBD para reducir su longitud y su peso.

a) Empuje

- La energía generada por el martillo (pistón) debe transmitirse a la roca por lo que es necesario que la boca del barreno se encuentre en contacto permanente con el fondo del taladro.

- Para la perforación horizontal se acopla un empujador a la perforadora.



Figura 25. Acoplo de perforadora jackleg

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

- El movimiento de avance de los empujadores BMK o BMT se produce debido al aire comprimido que tiende hacer salir el pistón fuera del cilindro.
- En un empujador de doble acción, provisto de retroceso neumático, el aire comprimido también puede aplicarse a la parte superior del pistón, con lo que el vástago es forzado a penetrar dentro del cilindro.
- La fuerza de avance óptima depende de la superficie o diámetro del pistón.
- Para la perforación vertical, el empuje o avance consiste en un cilindro neumático que se monta en el cuerpo trasero de la perforadora.
- En el extremo superior del vástago del pistón hay un anillo de freno que sostiene al vástago del pistón en su posición retraída cuando hay que trasladar la perforadora.

b) Barrido

Para que la perforación resulte eficaz es necesario que el fondo de los taladros se mantenga constantemente limpio, evacuando el detrito justo después de su formación.

- El barrido se efectúa a través de dos tubos concéntricos: el de mayor diámetro para el aire y el de menor diámetro para el agua.
- El aire comprimido circula constantemente por el de mayor diámetro.

- Por ser mayor la presión del aire comprimido mayor que la presión del agua, esto evita que el agua pueda penetrar en el mecanismo de percusión de la perforadora.
- Se puede efectuar una intensa limpieza del taladro con aire comprimido, moviendo la palanca de mando a tope hacia atrás, rebasando la posición de parada hasta alcanzar la de soplado adicional.

c) Eficacia

- La eficacia de una máquina perforadora depende sobre todo de las siguientes características:
 - El calibre del pistón o diámetro
 - La longitud de carrera del pistón
 - El peso del pistón
- Una máquina perforadora con gran calibre, como la BBD 90, sufre una disminución relativamente pequeña en la velocidad de penetración cuando disminuye la presión del aire, en comparación con una máquina de calibre pequeño, como la BBC 24.
- Una máquina perforadora de longitud de carrera larga, en especial si tiene un pistón pesado, como la BBC 35, desarrolla mucha energía en cada impacto, lo que es ventajoso cuando se perforan taladros largos, de mayor diámetro o cuando se perfora en roca dura.
- Una máquina perforadora de longitud de carrera corta, en especial si tiene un pistón de menor peso, como la BBD 46, tiene una gran velocidad de percusión, lo que la hace especialmente adecuada para perforar en roca de tipo más blando y, es menor el peligro de que el barreno se atranque o atasque, que con una máquina perforadora de carrera larga y pistón pesado.

2.3.3. Mantenimiento periódico

1. En cada relevo (cada 8 horas de funcionamiento)
2. Comprobar el grado de desgaste del casquillo del manguito rotatorio.
3. Comprobar el apriete de las tuercas de los pernos laterales.

4. Comprobar el acople de la perforadora al empujador.
5. Comprobar si hay fugas o desperfectos en las mangueras, acoplamientos o mandos.
6. Asegurarse de que la perforadora y el empujador (avance) estén bien lubricados.
7. Llenar de aceite el engrasador según convenga.

a. Cada semana (cada 40 horas de funcionamiento)

1. Efectuar una completa comprobación de todo el funcionamiento del equipo de perforación.

b. Cada mes (cada 200 horas de funcionamiento)

1. Llevar al taller la perforadora para su revisión. Las condiciones locales del trabajo son las que han de determinar si es este el intervalo más apropiado.
2. Desmontar y limpiar el engrasador.
3. Limpiar el separador de agua.

c. Revisión

1. Conviene revisar la máquina perforadora a intervalos regulares adecuados a las condiciones locales del trabajo.
2. Después de desmontar la perforadora hay que limpiarla y sustituir las piezas desgastadas por otras nuevas.
3. Para poder desmontar y volver a montar la perforadora, con rapidez y facilidad, hay que disponer de ciertas herramientas especiales.

d. Desmontaje

1. Lavar exteriormente la perforadora con diésel y sujetarla por el retenedor de la barrena a un tornillo de banco (prensa mecánica).
2. Aflojar alternativamente las tuercas de los pernos laterales.
3. Desmontar el asa y proseguir desmontando las demás piezas por su orden lógico.
4. Limpiar las piezas con kerosene diésel, aguarrás mineral y secarlas con aire comprimido.

5. Examinar detenidamente las piezas para ver si están dañadas o desgastadas y sustituirlas por otras nuevas si fuese necesario.
6. Lubricar cuidadosamente las piezas secas lo más pronto posible.

e. Montaje

1. Instalar la perforadora sujetándola por el retenedor del barreno a una prensa mecánica y volver a montarla en orden inverso al montaje.
2. Al volver a atornillar la tuerca estriada y la tuerca del manguito es muy importante que sus roscas estén limpias y bien aceitadas.
3. Comprobar que no esté dañada ninguna superficie de obturación y que todas las piezas estén bien colocadas.

2.3.4. Tipos de perforadoras convencionales neumáticas

2.3.4.1. *Jackleg*

Es una perforadora con barra de avance que puede ser usada para realizar taladros horizontales e inclinados, se usa mayormente para la construcción de galerías, subniveles, y rampas; utiliza una barra de avance para sostener la perforadora y proporcionar comodidad de manipulación al perforista. (13)

2.3.4.2. Especificación técnica de la máquina perforadora

Tabla 10. Características técnicas de la perforadora

MARCA	MODELO	TIPO	DIAM. PISTON	Carrera PISTON	IMPACTO/ MINUTO	CONSUMO DE AIRE		PESOS Kg.		
						CFM	m ³ / min	martillo	avance	TOTAL
ATLAS COPCO	BBD- 90WS	jackleg	3-9/16"	1-3/4"	3000	203	5.7	27.3	21.8	49.1
ATLAS COPCO	BBD-96	stoper	3-9/16"	1-3/4"	3000	203	5.7	23.3	16.1	39.4
SIG	PLB.23cl	jackleg	3-1/8"	2-3/8"	2500	132	4.0	25.0	11.0	36.0
SECO	S-250	jackleg	3"	2-3/4"	2300	154	4.4	25.0	14.0	39.0
TOYO	TY-280L	jackleg	3"	2-3/4"	2000	98	2.7	29.0	15.5	44.5
TOYO	TY-40	Stoper	2-5/8"	2- 11/16"	2000	98	2.7	28.0	14.0	42.0

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

2.3.5. Accesorios y herramientas

2.3.5.1. La máquina perforadora

Las perforadoras más usadas en las minas convencionales son de dos tipos: la *jackleg* y la *stoper*. (14)

A) La *jackleg*

Tiene como objetivo la perforación horizontal o sea la perforación de los frentes de las galerías; como el dispositivo de empuje, o sea la pata neumática, permite inclinar la perforadora hasta un ángulo bastante pronunciado, también se le usa para hacer taladros en los "*stopes*". (14)

B) La stoper

Está diseñada para hacer perforaciones verticales o muy cerca de la vertical; así por ejemplo, en las chimeneas esta máquina es insustituible; su otro campo de aplicación son los “stopes” de *Shrinkage*, corte y relleno. (14)

Para trabajos hacia abajo, verticalmente o muy cerca de la vertical, se usa la misma máquina de la *jackleg* a la que se le ha suprimido el empujador, y además a la manilla en “D” se la ha sustituido por una empuñadura en “T” para ambas manos; esta máquina recibe entonces el nombre de *jack-hammer*. (14)

La antigua “*Leyner*” o “*Drifter*” que era una perforadora muy pesada que se usaba con una barra y una columna, ya no se usa hoy, debido a su excesivo peso y alto consumo de aire. (14)

2.3.6. Partes principales de una máquina

Hemos visto que hay dos tipos de máquinas usadas en la mina, sin que ello signifique que sean enteramente diferentes, por el contrario, el mecanismo de la perforadora es el mismo, diferenciándose sólo en el sistema de empuje, pues mientras la *jackleg* utiliza una pata neumática separable de la perforadora, la “*stoper*” lleva el empujador formando parte de la perforadora y según un mismo eje. (14)

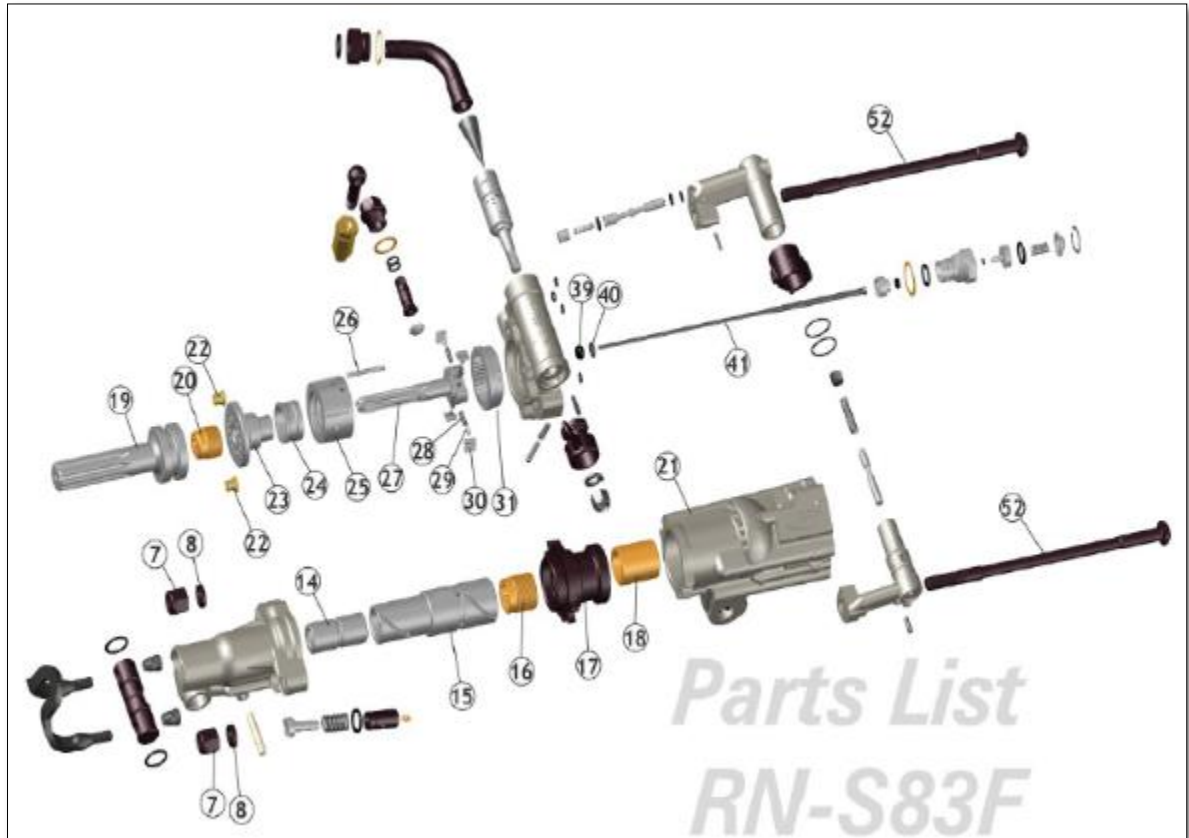


Figura 26. Partes principales de la máquina jackleg
Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

2.3.7. La perforadora

Toda máquina perforadora se divide en tres partes principales: (14)

1. El frontal
2. El cilindro
3. Cabeza



Figura 27. La perforadora

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

Estas tres partes van unidas entre sí por medio de dos pernos alargados con sus tuercas llamadas “tirantes” que están situadas a lo largo de la máquina y a ambos lados de ella. El frontal lleva las siguientes partes: a) la bocina que tiene por objeto recibir la espiga del barreno y hacerlo girar; b) la grampa con sus resortes, que va al extremo del frontal y cuyo objeto es sujetar al barreno y sacarlo de los taladros; c) en la parte inferior del frontal es que el martillo golpea el extremo o la culata del barreno; d) las dos orejas donde se ajustan las tuercas. (14)

2.3.8. Cuadro de las características de la máquina *jackleg*

Tabla 11. Características técnicas de jackleg

Características / Specifications		Standard	Métrico
Diámetro de Pistón	Piston Diameter	3 in.	76 mm
Carrera de Pistón	Piston Stroke	2.5 in.	64 mm
Energía de Impacto	Impact Energy	59 ft-lbs	80 Nm
Frecuencia de Impacto	Impact Frequency	2,500 p/m	36.8 Hz
Potencia (80 PSI)	Power (80 PSI)	130.2 ft-lb/min	2.94 Kw
Consumo de aire	Air Consumption	110 cfm	51.9 its/sec
Torque	Torque	70 lb-ft	94.5 Nm
Peso Perforadora	Drill Weight	70.4 lbs	32 Kg
Peso Empujador	Fed Leg Weight	40.48 lbs	18.4 Kg
Peso total	Total Weight	110.88 lbs	50.4 Kg
Longitud de Perforadora	Drill Length	27 1/4 in.	688 mm
Empujador - Extendido	Extended Feed Leg	124 in.	3,150 mm
Empujador - Contraído	Contracted Feed Leg	70 in.	1,778 mm
Tamaño Broquero	Chuck Liner	7/8 x 4 1/4 in.	22 x 108 mm
Manguera de aire	Air Hose	3/4 in.	19 mm
Manguera de agua	Water Hose	1/2 in.	13 mm

Fuente: Osinergmin, 2016. Reporte de análisis económicos sectorial

2.4. Diseño del sistema eléctrico *power pack*

El diseño del sistema eléctrico sigue una metodología aplicada, porque el objetivo fue solucionar un problema práctico presentado en el ámbito real con la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos. En relación al lugar se ha ejecutado en el mismo campo por ser un fenómeno que se origina de manera natural, de este modo se busca corregir la problemática de manera real. Con el cumplimiento de los procedimientos y normativas, también se logró que, durante el proceso de investigación y ejecución de la investigación, tener un pleno conocimiento del problema y formular mecanismos para la propuesta de un diseño de sistema eléctrico *power pack*.

2.4.1. El fundamento del diseño del equipo

- Bajo costo de mantenimiento
- Mayor eficiencia en la operación
- Bajo costo de inversión

Para el diseño de este equipo se realizó muchas investigaciones en función a las necesidades que se requería en la operación minera convencional porque su producción era muy lenta y por ello no se podía trabajar con equipos *trackles* porque la sección de sus labores es muy reducida.

En función a que el equipo era pequeño se procedió a diseñar el sistema de arranque *power pack*, tomando como dato la capacidad de la bomba hidráulica para elegir la capacidad del motor eléctrico.

2.4.2. Especificaciones de diseño y partes de un tablero de distribución

Nombre de la actividad:

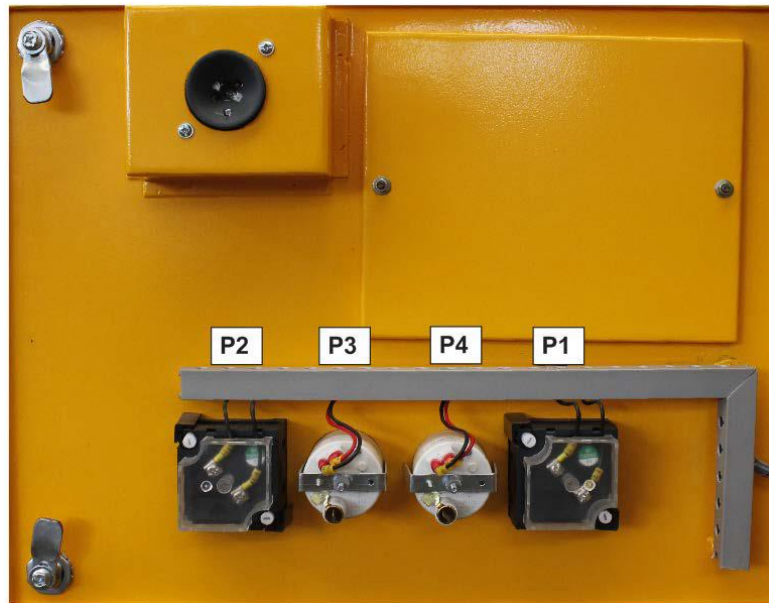
Diseño de un tablero de arranque de fuerza *power pack*, según lo que se necesita para el arranque el motor de 75 Hp (55kw) del sistema *power pack*.

Objetivos:

- Identificar las partes y componentes de un tablero de fuerza del sistema *power pack*.
- Identificar y analizar la manera de realizar el diseño y la escogencia de los materiales más apropiados para la construcción del tablero del sistema *power pack* según el diseño.
- Establecer normativas básicas para la distribución adecuada de los elementos eléctricos dentro del tablero eléctrico *power pack* de acuerdo a la función del diseño.
- Identificar los principales procesos metalmecánicos involucrados en la fabricación de tableros de arranque *power pack*.

Los requerimientos para el diseño y la construcción del tablero eléctrico de fuerza del sistema *power pack* son los siguientes:

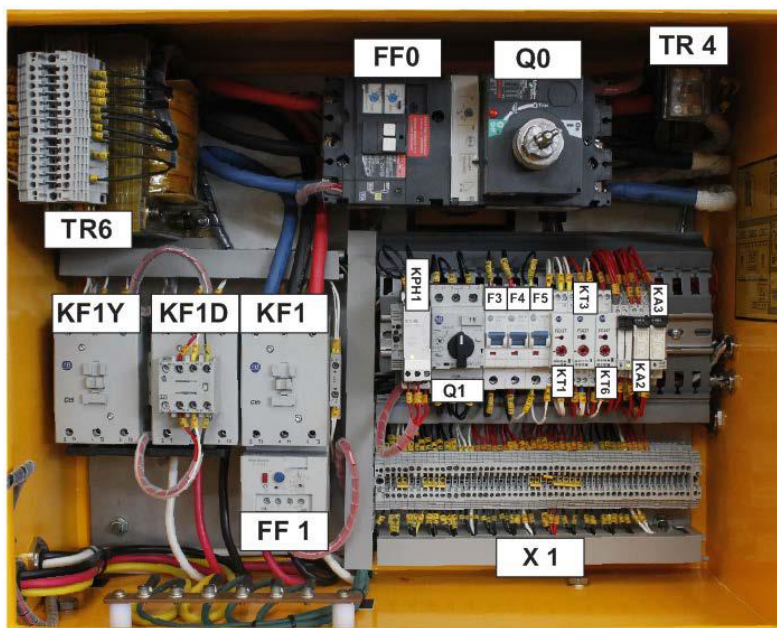
- El tablero eléctrico de fuerza del *power pack* se instala en un lugar seguro del equipo para que sea accesible y así poder realizar las mediciones, mantenimiento y para verificar las fallas existentes en la operación.



*Figura 28. Tablero general de arranque
Fuente: elaboración propia*

Tapa del tablero eléctrico del sistema *power pack*:

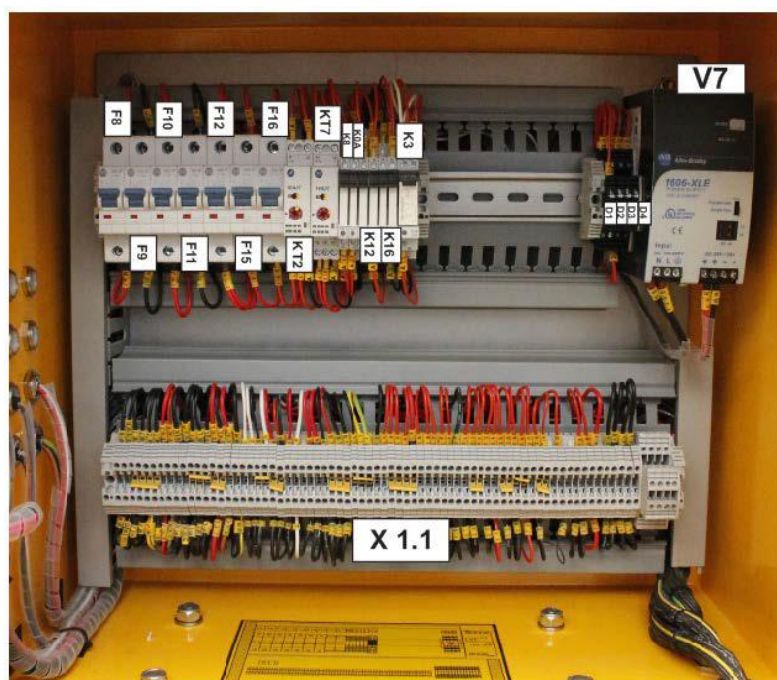
- **P1:** indicador de voltaje
- **P2:** indicador de amperaje
- **P3:** indicador de horas de funcionamiento de la perforadora
- **P4:** indicador de horas de funcionamiento del motor eléctrico



*Figura 29. Tablero del sistema power pack
Fuente: elaboración propia*

Tablero eléctrico del sistema power pack:

- **TR6:** transformador de voltaje
- **FF0:** módulo Vigui (falla a tierra)
- **Q0:** interruptor principal
- **TR4:** transformador de corriente de la línea principal
- **KF1, KF1D, KF1Y, arranque:** estrella triángulo del motor principal
- **FF1:** relé térmico de protección de sobre carga del motor eléctrico principal
- **KPH1:** relé de secuencia de fase
- **Q:** guarda motor de protección de secuencia de fase
- **F3:** interruptor termomagnético de control de alimentación del transformador TR6
- **F4:** interruptor termomagnético de control de 220 VAC
- **F5:** interruptor termo magnético de control de 110 VAC
- **KT1:** temporizador auxiliar del arranque del motor eléctrico (de estrella al triángulo)
- **KT3:** temporizador auxiliar del sistema hidráulico
- **KT6:** temporizador auxiliar de encendido de la bomba de agua
- **KA2:** relé auxiliar de control de la bomba de agua
- **KA3:** relé auxiliar de control del compresor
- **XA1:** borneras

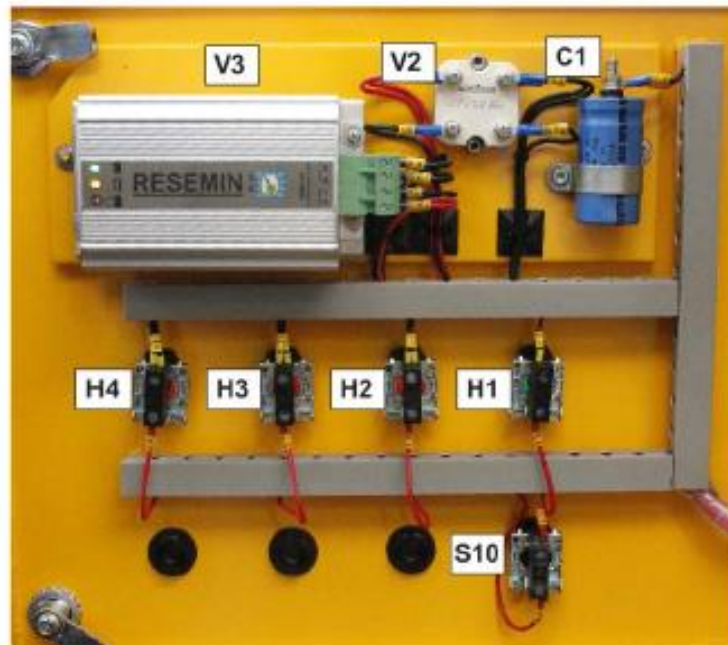


*Figura 30. Circuito eléctrico del tablero
Fuente: elaboración propia*

Tablero de sistema de proteccion del sistema *power pack*:

- **F8:** interruptor termomagnético de control de 24 VDC de la fuente de alimentación
- **F9:** interruptor termomagnético de control de 24 VDC de control de diodos
- **F10:** interruptor termomagnético de control de 24 VDC (diodos rectificadores)
- **F11:** interruptor termomagnético de control de 32 VDC (ingresos al cargador de baterías)
- **F12:** interruptor termo magnético de control de 24 VDC de la betería
- **F15:** interruptor termomagnético de control de parada de emergencia
- **F16:** interruptor termomagnético de control de los pilotos indicadores de parada de emergencia
- **KT:** relé temporizador de nivel y temperatura del aceite hidráulico
- **KT7:** relé temporizador del nivel de aceite de lubricación de la perforadora
- **K8:** relé auxiliar de control del relé temporizador
- **K0A:** relé auxiliar de parada del motor diésel
- **K12:** relé auxiliar de bloqueo del sistema eléctrico de 380-600 VAC y 24 VDC (automotriz)

- **K16:** relé auxiliar de bajo nivel del aceite hidráulico (sistema eléctrico 380-600 VAC)
- **K3:** relé auxiliar principal
- **D1, D2, D3, D4:** diodos de control de pilotos
- **V7:** fuente de alimentación
- **X1.1:** bornera



*Figura 31. Sistema de protección
Fuente: elaboración propia*

Tablero de los indicadores de seguridad:

- **V3:** cargador de baterías
- **V2:** diodo rectificador
- **C1:** condensador
- **H1:** piloto/luz de funcionamiento del *power pack*
- **H2:** piloto/luz como indicador de sobrecarga del motor eléctrico principal
- **H3:** piloto indicador de nivel bajo del aceite hidráulico
- **H4:** piloto indicador de fase invertida
- **S10:** pulsador de prueba de pilotos

2.4.3. Componentes eléctricos del sistema power pack

Tabla 12. Sistema power pack

RELACION DE COMPONENTES ELECTRICOS PARA REALIZAR EL SISTEMA DE FUERZA POWER PACK						
ITEM	CODIGOS	DESCRIPCION	MARCA	CANTIDAD	PRECIO UNIT. EN DOLARES	PRECIO TOTA / DOLARES
1	P1	P1 INDICADOR DE VOLTAJE.	VEETHREE	1	20.00	20.00
2	P2	P2 INDICADOR DE AMPERAJE.	VEETHREE	1	20.00	20.00
3	P3	P3 INDICADOR DE HORAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA PERFORADORA.	VEETHREE	1	35.00	35.00
4	P4	P4 INDICADOR DE HORAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ELÉCTRICO.	VEETHREE	1	35.00	35.00
5	TR6	TR6 TRANSFORMADOR DE VOLTAJE.	COMARTEL	1	190.00	190.00
6	FF0	FF0 MODULO VIGI (FALLA A TIERRA).	ABB	1	60.00	60.00
7	Q0	Q0 INTERRUPTOR PRINCIPAL.	ABB	1	500.00	500.00
8	TR4	TR4 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE LA LINEA PRINCIPAL.	COMARTEL	1	400.00	400.00
9	KF1	KF1, KF1D, KF1Y CONTACTORES ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO DEL MOTOR PRINCIPAL.	ALLEN-BRADLEY	3	50.00	150.00
10	FF1	FF1 RELE TERMICO DE PROTECCIÓN DE SOBRE CARGA DEL MOTOR ELECTRICO PRINCIPAL.	ALLEN-BRADLEY	1	65.00	65.00
11	KPH1	KPH1 RELE DE SECUENCIA DE FASE.	ALLEN-BRADLEY	1	60.00	60.00
12	Q1	Q1 GUARDA MOTOR DE PROTECCIÓN DE SECUENCIA DE FASE.	ALLEN-BRADLEY	1	76.00	76.00
13	F3	F3 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE CONTROL DE ALIMENTACIÓN DEL TRANSFORMADOR TR6	ALLEN-BRADLEY	1	48.00	48.00
14	F4	F4 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE CONTROL DE 220 VAC.	ALLEN-BRADLEY	1	48.00	48.00
15	F5	F5 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE CONTROL DE 110 VAC.	ALLEN-BRADLEY	1	48.00	48.00
16	KT1	KT1 TEMPORIZADOR AUXILIAR DEL ARRANQUE DEL MOTOR ELÉCTRICO (DE ESTRELLA AL TRIANGULO	ALLEN-BRADLEY	1	73.00	73.00
17	KT3	KT3 TEMPORIZADOR AUXILIAR DEL SISTEMA HIDRÁULICO.	ALLEN-BRADLEY	1	73.00	73.00
18	KT6	KT6 TEMPORIZADOR AUXILIAR DE ENCENDIDO DE LA BOMBA DE AGUA.	ALLEN-BRADLEY	1	73.00	73.00
19	KA2	KA2 RELE AUXILIAR DE CONTROL DE LA BOMBA DE AGUA.	ALLEN-BRADLEY	1	80.00	80.00
20	KA3	KA3 RELE AUXILIAR DE CONTROL DEL COMPRESOR.	ALLEN-BRADLEY	1	20.00	20.00
21	XA1	XA1 BORNERAS.	ZOLODA	20	16.00	320.00
22	F8	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE CONTROL DE 24 VDC DE LA FUENTE DE ALIMENTACION.	ALLEN-BRADLEY	1	73.00	73.00
23	F9	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE CONTROL DE 24 VDC DE CONTROL DE DIODOS).	ALLEN-BRADLEY	1	73.00	73.00
24	F11	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE CONTROL DE 32 VDC (INGRESOS AL CARGADOR DE BATERIA).	ALLEN-BRADLEY	1	73.00	73.00
25	F10	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE CONTROL DE 24 VDC (DIODOS RECTIFICADORES).	ALLEN-BRADLEY	1	73.00	73.00
26	F12	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE CONTROL DE 24 VDC DE LA BATERÍA.	ALLEN-BRADLEY	1	73.00	73.00
27	F15	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE CONTROL DE PARADA DE EMERGENCIA.	ALLEN-BRADLEY	1	73.00	73.00
28	F16	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DE CONTROL DE LOS PILOTOS INDICADORES DE PARADA DE EMERGENCIA.	ALLEN-BRADLEY	1	73.00	73.00
29	KT2	RELÉ TEMPORIZADOR DE NIVEL Y TEMPERATURA DEL ACEITE HIDRÁULICO.	ALLEN-BRADLEY	1	80.00	80.00
30	KT7	RELÉ TEMPORIZADOR DEL NIVEL DE ACEITE DE LUBRICACIÓN DE LA PERFORADORA.	ALLEN-BRADLEY	1	80.00	80.00
31	K8	RELE AUXILIAR DE CONTROL DEL RELÉ TEMPORIZADOR.	ALLEN-BRADLEY	1	80.00	80.00
32	K08	RELE AUXILIAR DE PARADA DEL MOTOR DIESEL.	ALLEN-BRADLEY	1	73.00	73.00
33	K12	RELE AUXILIAR DE BLOQUEO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE 380-600 VAC Y 24 VDC (AUTOMOTRIZ).	ALLEN-BRADLEY	1	73.00	73.00
34	K16	RELE AUXILIAR DE BAJO NIVEL DEL ACEITE HIDRÁULICO (SISTEMA ELÉCTRICO 380 -600 VAC)	ALLEN-BRADLEY	1	73.00	73.00
35	K3	RELE AUXILIAR PRINCIPAL.	ALLEN-BRADLEY	1	120.00	120.00
36	D1,D2,D3,D4	DIODOS DE CONTROL DE PILOTOS.	GOODWORK	4	10.00	40.00
37	V7	FUENTE DE ALIMENTACIÓN.	ALLEN-BRADLEY	1	300.00	300.00
38	X1.1	BORNERA.	ZOLODA	15	16.00	240.00
39	V3	CARGADOR DE BATERÍAS.	TUCANO	1	350.00	350.00
40	V2	DIODO RECTIFICADOR.	GOODWORK	4	10.00	40.00
41	C1	CONDENSADOR.	NICHICON	1	45.00	45.00
42	H1	PILOTO/LUZ DE FUNCIONAMIENTO DEL POWER PACK.	SCHNEIDER	1	10.00	10.00
43	H2	PILOTO/LUZ INDICADOR DE SOBRECARGA DEL MOTOR ELÉCTRICO PRINCIPAL.	SCHNEIDER	1	10.00	10.00
44	H3	PILOTO INDICADOR DE NIVEL BAJO DEL ACEITE HIDRÁULICO.	SCHNEIDER	1	10.00	10.00
45	H4	PILOTO INDICADOR DE FASE INVERTIDA.	SCHNEIDER	1	10.00	10.00
46	S10	PULSADOR DE PRUEBA DE PILOTOS.	SCHNEIDER	1	5.00	5.00
PRECIO TOTAL EN DOLARES					\$4,544.0	

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

2.4.4. Circuito del sistema eléctrico de fuerza *power pack*

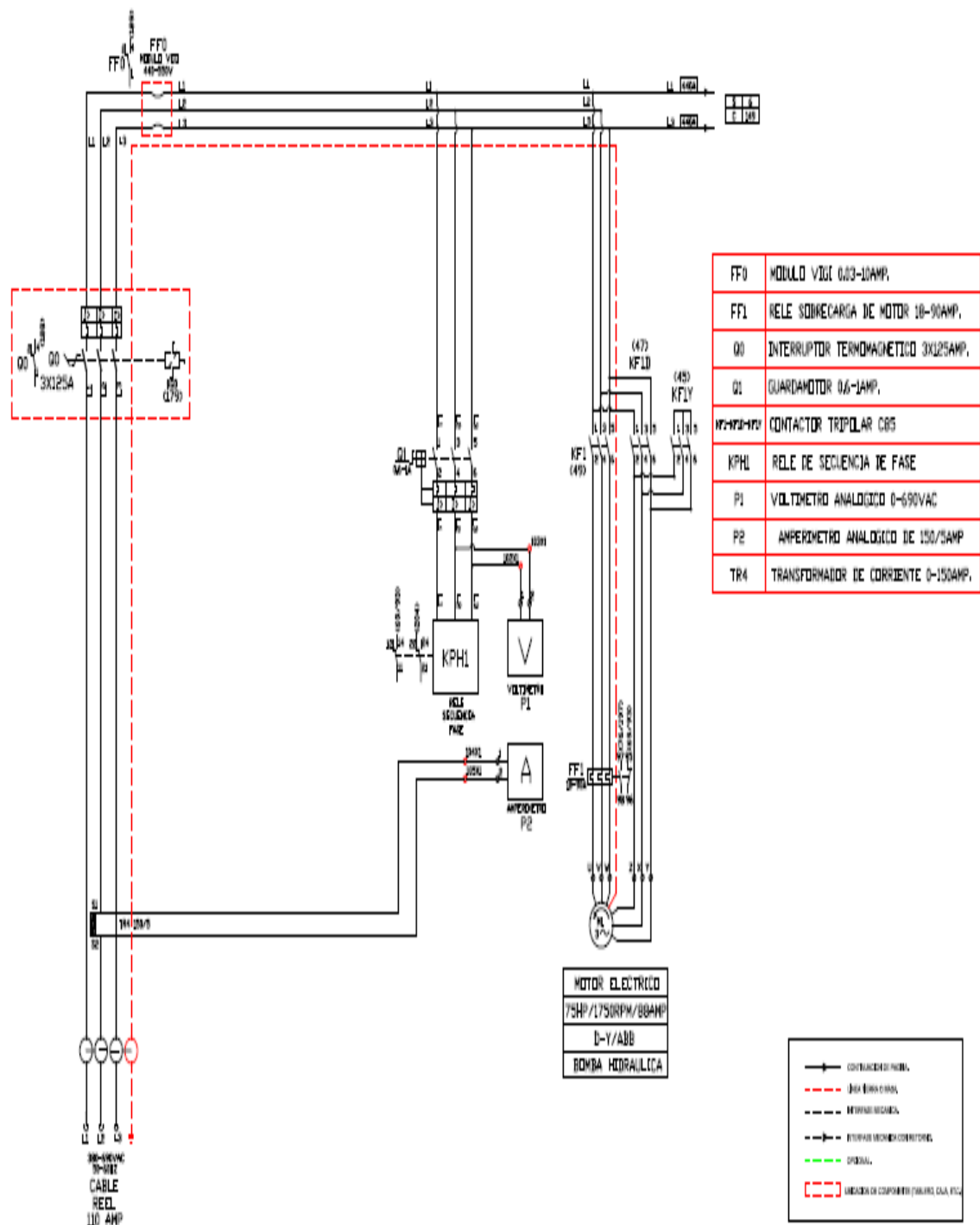


Figura 32. Sistema eléctrico de fuerza del power pack
Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

2.4.5. Diseño del circuito del sistema eléctrico de mando *power pack*

Diagrama eléctrico del sistema de mando del power pack

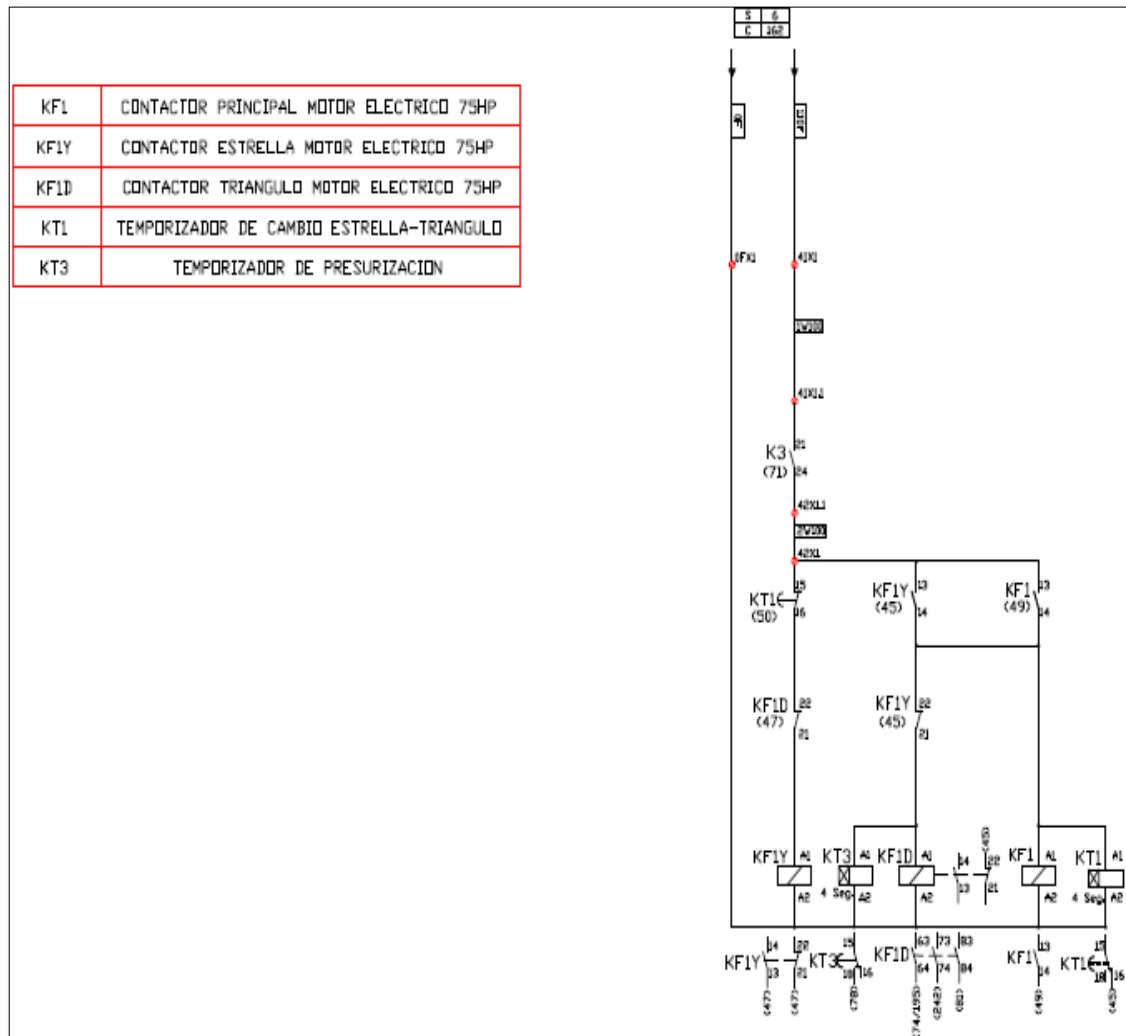


Figura 33. Diagrama eléctrico del sistema de mando del power pack
Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

Descripción de componentes del sistema de fuerza power pack

➤ El módulo Vigui (falla a tierra):

El módulo Vigui, es un componente electrónico de detención redundante de falla a tierra, que detecta el aislamiento del sistema.

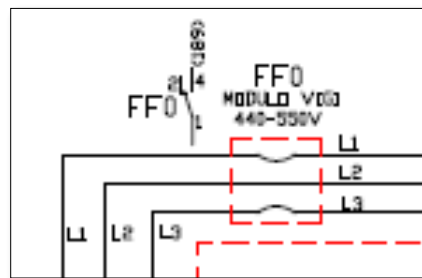


Figura 34. Módulo Vigui

Fuente: Manual de Mantenimiento Bolter 88 Jmc-263. Resemin S.A. 2016

➤ Interruptor principal:

Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando esta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito: el magnético y el térmico (efecto *joule*). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

(15)

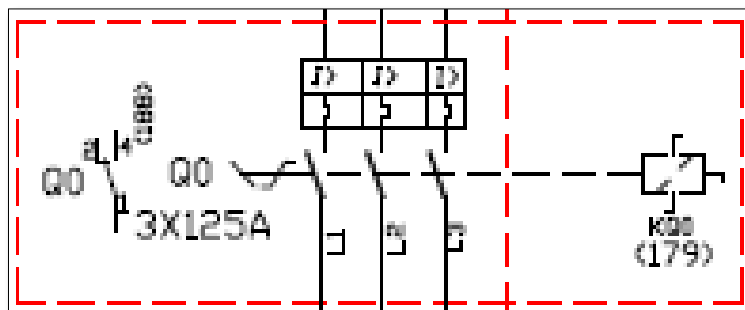


Figura 35. Interruptor principal

Fuente: Promelsa, 2017

➤ Transformador de corriente de la línea principal:

Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. (16)

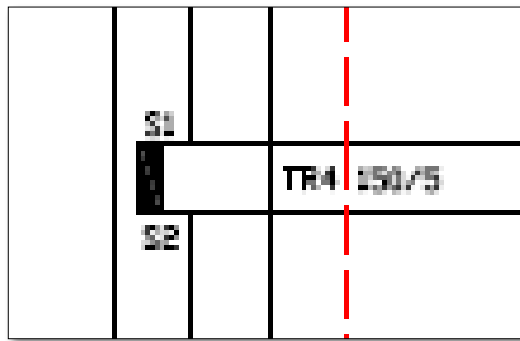


Figura 36. Transformador de corriente de línea principal
Fuente: Promelsa, 2017

➤ **Contactor de estrella triángulo:**

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina (en el caso de contactores instantáneos). (17)

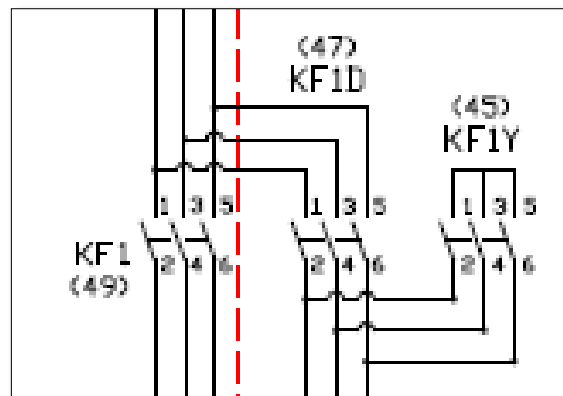


Figura 37. Contactor estrella triángulo
Fuente: Promelsa, 2017

➤ **Relay térmico:**

Los relés térmicos son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. (18)

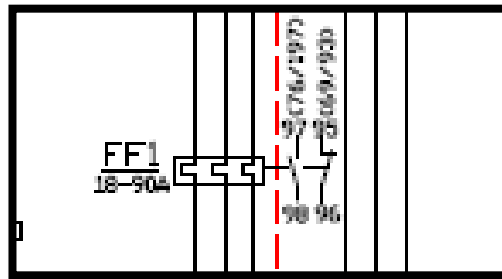


Figura 38. Relay térmico
Fuente: Promelsa, 2017

➤ **Relé de secuencia de fase:**

El relé de secuencia de fase ofrece protección de fallo. Se utiliza para garantizar la secuencia a corregir al conectar tres cargas trifásicas. El relé también se disparará si hay una pérdida de fase y puede, por lo tanto, ser utilizado como un relé de fallo de fase. (19)

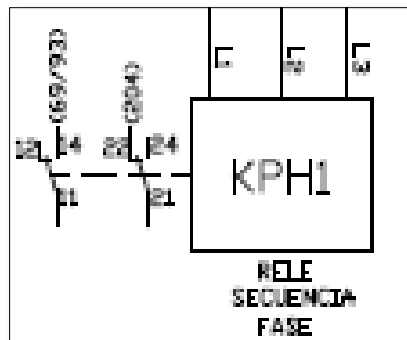


Figura 39. Relay secuencia de fase
Fuente: Promelsa, 2017

➤ **Guarda motor:**

Es un interruptor magneto térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobreintensidades transitorias típicas de los arranques de los motores. (20)

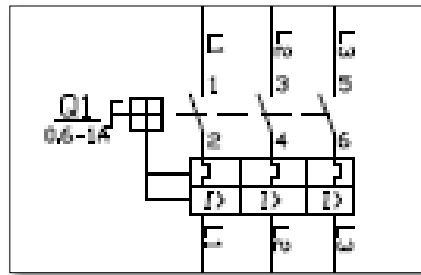


Figura 40. Guarda motor
Fuente: Promelsa, 2017

➤ Interruptor termomagnético:

Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando esta sobrepasa ciertos valores máximos. (21)

2.5. Componentes del diseño eléctrico *power pack*:

2.5.1. El contactor electromagnético

Es un aparato mecánico de conexión, controlado mediante electroimán en funcionamiento todo o nada. Cuando se energiza la bobina del contactor, los contactos cambian de posición, estableciéndose a través de los polos un circuito entre la red de alimentación y el receptor. (22)

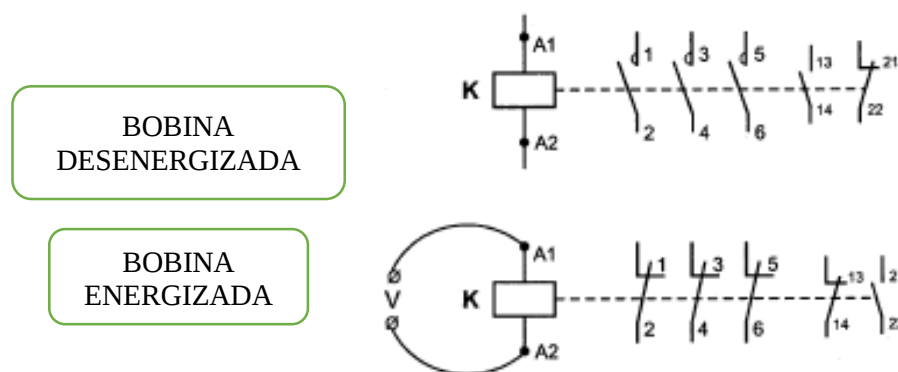


Figura 41. Contactor electromagnético
Fuente: Promelsa, 2017

Cuando se interrumpe la alimentación de la bobina magnética se desmagnetiza y los contactos retoman su posición inicial, por efecto de: (22)

- Los resortes de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil.
- La fuerza de gravedad, en determinados aparatos (las partes movibles recuperan su posición de partida).

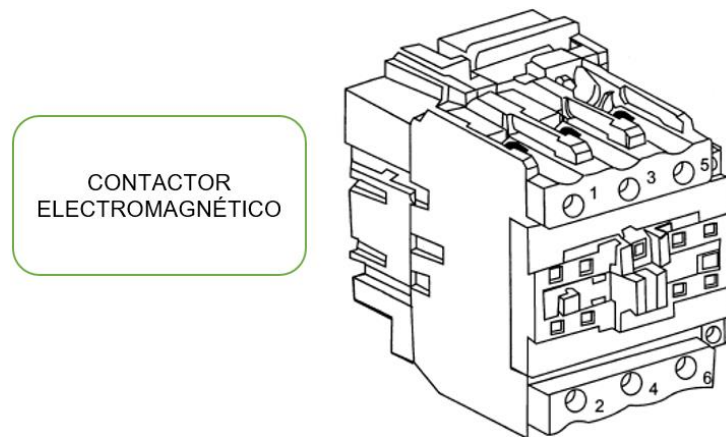


Figura 42. Contactor electromagnético
Fuente: Promelsa, 2017

Ventajas del contactor

Las ventajas del contactor propuestos se basan en las recomendaciones de Leitoguevofrito, que lleva como título TEORIA CONTACTORES (23). A continuación, se detallan dichas recomendaciones.

Ofrece numerosas ventajas, entre las que destacan la posibilidad de:

- Interrumpir las corrientes monofásicas o polifásicas elevadas, accionando un auxiliar de mando recorrido por una corriente de baja intensidad.
- Funcionar tanto en servicio intermitente como en continuo.
- Controlar a distancia de forma normal o forma automática, utilizando hilos de sección pequeña o acortar significativamente los cables de potencia.
- Aumentar los puestos de control y situarlos cerca del operario.

A estas características hay que añadirle que el contactor:

- Es muy robusto y fiable, no incluye mecanismos delicados.

- Se adapta con rapidez y facilidad a la tensión de alimentación del circuito de control (cambio de bobina).
- Cuida al personal contra arranques inesperados en el caso de interrupción de corriente momentánea (mediante pulsadores de control).
- Facilita la distribución de los puestos de paro de emergencia y de los puestos esclavos impidiendo que la máquina se ponga en marcha sin que se hayan tomado todas las precauciones necesarias.
- Protege al receptor contra las caídas de tensión importantes (apertura instantánea por debajo de una tensión mínima).
- Puede incluirse equipos de automatismos sencillos y complejos.

Composición de un contactor electromagnético

El electroimán

Es el elemento motor del contactor. Sus partes más importantes son el circuito magnético y la bobina. Se presentan formas de función del tipo de contactor A e incluso del tipo de corriente de alimentación, alterna o continua. (23)

Características del circuito magnético de corriente alterna: (24)

- Chapas de acero al silicio unidas mediante remache o soldadura.
- Laminado para reducir las corrientes de Foucault que se origina en toda masa metálica sometida a un flujo alterno (las corrientes de Foucault reducen el flujo útil de la corriente magnetizante determinada innecesariamente en el circuito magnético).
- Uno a dos anillos de desfase, espiras de frager, que generan, en una parte del circuito, un flujo compensatorio con respecto al flujo alterno principal.

Con este mecanismo se evita la anulación periódica del flujo total, y por consiguiente de la fuerza de atracción (lo que podría provocar ruidosas vibraciones).

2.5.1.1. Estructura de un contactor

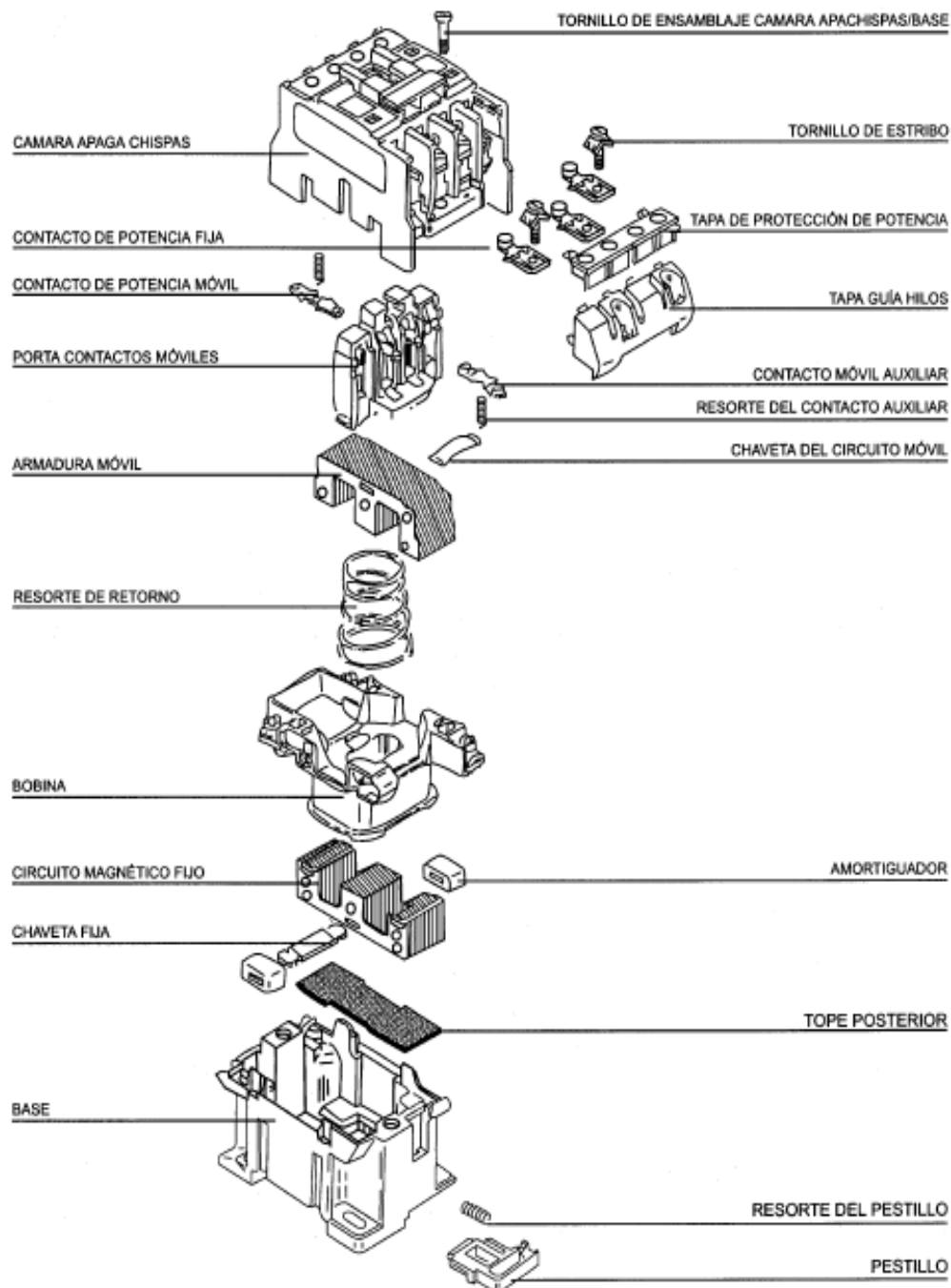


Figura 43. Estructura del contactor
Fuente: Promelsa, 2017

2.5.1.2. La bobina

La bobina genera el flujo magnético para atraer la armadura móvil del electroimán. Puntada en una rama del circuito magnético o, estacionalmente en dos, según el modelo de contactor. Está diseñada para soportar los choques mecánicos que provocan el cierre

y la apertura de los circuitos magnéticos y los choques electromagnéticos que se producen cuando la corriente recorre las espiras. (24)

Para atenuar los choques mecánicos, el circuito magnético, y en algunos casos ambos, están montados sobre unos amortiguadores. Las bobinas que se utilizan hoy en día son muy resistentes a las tensiones y a los ambientes agresivos. Están fabricados de cobre cubiertos de un esmalte que soporta una temperatura de 155°C, uso de 180°C. Existen bobinas al vacío o sobremoldeadas. (23)

2.5.1.3. Los polos (contactos principales)

La función de los polos consiste en establecer o interrumpir la corriente dentro del circuito de potencia. Están dimensionados para que circule la corriente nominal del contactor permanente sin calentamientos anormales. Consta de una parte fija y una parte móvil. Esta última incluye unos resortes que transmiten la presión correcta los que están fabricados con una aleación de plata con una excepcional resistencia a la oxidación y el arco eléctrico. (25)

2.5.1.4. Los contactos auxiliares

Realizan las funciones de automantenimiento, esclavización, enclavamiento de los contactores y señalización. Existen tres tipos básicos: (24)

- Contactos instantáneos de cierre NA, abiertos cuando el contacto está en reposo y cerrados cuando el electroimán está bajo tensión.
- Contactos instantáneos de apertura NC, cerrados cuando el contactor está en reposo y abiertos cuando el electroimán está bajo tensión.
- Contactos instantáneos NA/NC, contacto.
- Contactos temporizados NA/ NC. Retorno sigue trabajando

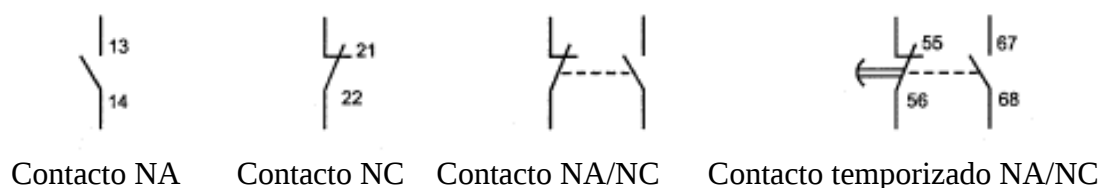


Figura 44. Simbología del contacto auxiliar
Fuente: Promelsa, 2017

2.5.2. Elección de un contactor

Las Elección de un contactor propuestos se basan en las recomendaciones de We Automation, que lleva como título Elección De Un Contator (26). A continuación, se detallan dichas recomendaciones.

Son muchas y variadas las aplicaciones que requieren contactores. La elección del contactor más apropiado depende directamente de las características de cada aplicación.

Un contactor para la aplicación concreta significa fijar la capacidad de un aparato para establecer, cortar e interrumpir la corriente en el receptor que se desea controlar, en unas condiciones de utilización establecidas, sin recalentamiento ni desgaste excesivo de los contactos.

Para elegir correctamente el contactor hay que tener en cuenta:

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

La importancia de cada uno de estos criterios es distinta en cada aplicación.

2.5.2.1. Control de un circuito resistivo

Tipo de aplicación (por ejemplo, resistencias de calentamiento) pertenece a la categoría de empleo AC - 1 con un número de ciclos de maniobra reducida. El calentamiento del contactor depende principalmente de la corriente nominal del receptor y del tiempo de paso de esta corriente.

2.5.2.2. Control de un motor asíncrono de jaula

La categoría de empleo de esta aplicación puede ser AC - 3 (cortés con motor lanzado) o AC - 4 (cortes con motor calado). El calentamiento se debe tanto al paso de la corriente nominal del motor con el de corriente en el arranque y la energía de arco en el corte. Por lo tanto, con un calibre de contactor guía de empleo determinados, el calentamiento será mayor cuando la frecuencia de ciclos de maniobras. Así pues, los criterios básicos para elegir un contactor son las categorías de empleo de ciclos de maniobras.

2.5.2.3. Control de receptores con un pico de corriente transistor elevado en la puesta bajo tensión

Este es el caso, por ejemplo, de los primarios de un transformador o de las baterías de condensadores. Crece en la puesta bajo tensión, estos aparatos pueden llegar a ser más de 10 veces superior de la corriente nominal. Es decir, el riesgo del contactor debe ser lo bastante alto como para que la fuerza de repulsión de la corriente transitoria no provoque la apertura no controlada, ni la soldadura de los contactores. Este es pues el criterio básico para elección de un contactor de aplicación.

2.5.2.4. Selección del contactor para el arranque directo de un motor asíncrono de jaula, corte cansado

Esta es la aplicación más frecuente. El funcionamiento pertenece a la categoría de empleo AC-3. Esta aplicación puede tener un número elevado de ciclos de maniobras. No es necesario tener en cuenta el pico de corriente en el arranque, ya que al poder asignado del cierre del contactor. Los actores elegidos para estos servicios toleran sin peligro un deterioro del 0.5% de los ciclos de maniobras con corte de motor calado: golpeteo, régimen AC - 4 accidental.

Ejemplo:

$$U = 380V$$

$$P = 5,5kW$$

2.5.3. Tabla de elección del fabricante

Tabla 13. Elección del fabricante

CORRIENTE				
POTENCIA 380/400 v Kw CV		En AC-3 440 v hasta	En AC-1 $\varnothing < 40^{\circ} \text{C}$ hasta	REFERENCIAS
4	5,5	9 A	25 A	LC1 - D09
5,5	7,5	12 A	25 A	LC1 - D12
7,5	10	18 A	25 A	LC1 - D18

Fuente: Promelsa, 2017

2.5.4. Protección contra cortocircuitos

La Protección contra cortocircuitos propuestos se basan en las recomendaciones de ShneiderElectric, que lleva como título Manual electrotécnico Telesquemario (27). A continuación, se detallan dichas recomendaciones.

Un cortocircuito es el contacto directo de dos puntos eléctricos distintos:

- **En corriente alterna:** contacto entre fases, entre fase y neutro o entre fases y masa conductora.
- **En corriente continua:** contacto entre los dos polos o entre la masa y el polo aislado.

Las causas pueden ser varias: cables rotos, flojos o pelados; presencia de cuerpos metálicos extraños, depósitos conductores (polvo, humedad, etc.); filtraciones de los líquidos conductores, deterioro del receptor o error aliados durante la puesta en marcha o durante una manipulación.

El cortocircuito desencadena un brutal aumento de corriente que en milésimas de segundo puede alcanzar un valor 100 veces superior al de la corriente de empleo. Dicha corriente genera efectos electrodinámicos y térmicos que pueden dañar gravemente el equipo, y los juegos de barras situados aguas arriba del punto de cortocircuito.

Dichos dispositivos pueden ser:

- **Fusibles:** que interrumpen el circuito al fundirse, por lo que deben ser sustituidos.
- **Disyuntores:** que interrumpe en el circuito abriendo los polos y que con un simple rearme se pueden volver a poner en servicio.

2.5.4.1. Los fusibles

Los fusibles proporcionan una protección fase a fase, con un poder de corte muy elevado y un volumen reducido. Se puede montar de dos maneras:

- En unos soportes específicos llamados portafusiles.
- En los seccionadores, casquillos o las barretas.

Se dividen en dos categorías:

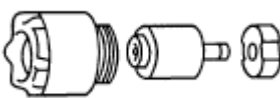
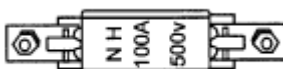
a. Fusibles “distribución” tipo gG

Protegen a la vez contra los cortocircuitos y contra las sobrecargas a los circuitos con picos de corriente poco elevados (ejemplo: circuitos resistivos). Normalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la corriente del circuito protegido a plena carga.

b. Fusibles “motor” tipo aM

Protegen contra los cortocircuitos a los circuitos sometidos a picos de corriente elevados (picos magnetizantes en la puesta bajo tensión de los primeros transformadores o electroimanes, motores asíncronos, etc.). Las características de los fusibles aM no “dejan pasar” las sobreintensidades, pero no ofrecen ninguna protección contra las sobrecargas. Normalmente deben tener un calibre inmediatamente superior a la de la corriente del circuito protegido a plena carga.

Tabla 14: Protección de sobreintensidad

ÓRGANOS DE PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDAD VDE 0636						
FUSIBLES DE BAJA TENSIÓN						
Denominación		Margen	Representación		Componentes	
FUSIBLE DIAZED Sistema D		Hasta 100 A 500V—así como 600~			• Base de fusibles • Cartuchos fusible • Portafusibles • Dispositivo de inconfundibilidad	
FUSIBLES NEOZED Sistema DO		Hasta 100 A 380V–250V				
FUSIBLES NH		Hasta 1200 A 500V–440V 660V				
SISTEMA FUSIBLE D y DO CARACTERIZACIÓN					CAMPO DE APLICACIÓN	
Fusible y resalto de ajuste		Int nom. casquillo En A	Tamaño de rosca Tapas roscadas		Clases de función: g: los fusibles de gama total pueden soportar corriente continua. La intens. Nom y las Intens. a: los fusibles de gama parcial pueden soportar corriente continua. Hasta un múltiplo determinado de intensidades.	
Intensidad Nom mA	Color Caract.		Diazed	Neozed		
2	Rosa	25	DII (E27)	DO 1 (E14)	Clases de objetos de protección: L: protección de cables y líneas M: protección de aparatos de distribución R: protección de semiconductores B: protección de minas e instalaciones	
4	Castaño			DO 2 (E18)		
6	Verde					
10	Rojo					
16	Gris					
20	Azul					
25	Amarillo					
35	Negro	65	DIII (E33)	DO 2 (E18)		
50	Blanco					
63	Cobre					
80	Plata	100	DIV (R1/4)	D3 (M30.2)		
100	Rojo					

Fuente: Promelsa, 2017

2.5.4.2. Disyuntores magnéticos

Protegen los circuitos contra los cortocircuitos, dentro de los límites de su poder de corte a través de disparadores magnéticos (un disparador por fase). También protegen contra los contactos indirectos, más sobre regímenes de neutro, para los esquemas TN o IT, los esquemas TT puede necesitar una protección diferencial residual. Dependiendo del circuito que se desea proteger (distribución, motor, etc.), el umbral de disparo magnético es entre 3 y 15 veces la corriente térmica. Dependiendo del tipo de disyuntor, dicho umbral de disparo puede ser fijo o ajustable por el usuario.

Todos los disyuntores pueden realizar cortes omnipolares: la puesta en funcionamiento de un solo disparador magnético basta para abrir simultáneamente todos los polos. Cuando la corriente del cortocircuito no es muy elevada, los disyuntores funcionan a mayor velocidad que los fusibles:

➤ **Características principales:**

- Poder de corte, valor máximo estimado de corriente de cortocircuito, interrumpir un disyuntor con una tensión y en las condiciones determinadas.
- Poder de cierre, es el valor máximo de corriente que puede establecer un disyuntor con su tensión nominal en condiciones determinadas. En corriente alterna, es el valor de cresta de corriente.
- Autoprotección, es la actitud que posee un aparato para limitar la corriente de cortocircuito con un valor inferior a su propio poder de corte, gracias a su impedancia interna.
- Poder de limitación, es limitador cuando el valor de la corriente que realiza se interrumpe, en caso de falla es muy inferior al de la corriente de cortocircuito estimado.

DISYUNTOR MOTOR

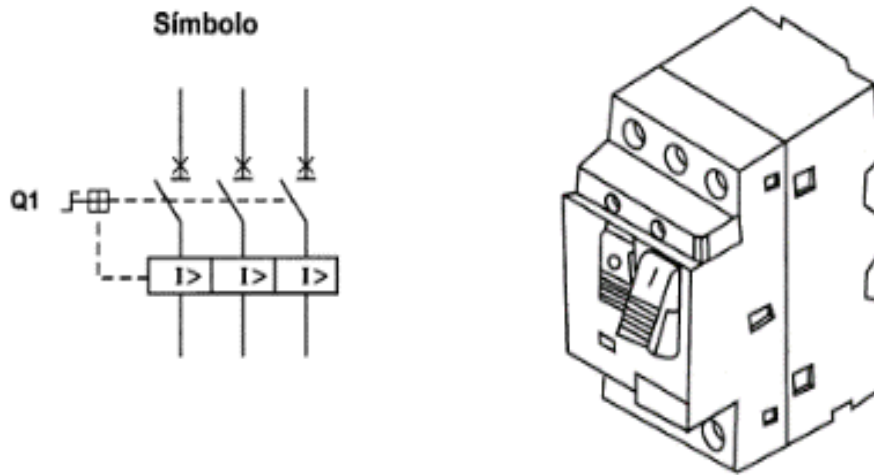


Figura 45. Características principales del disyuntor
Fuente: Promelsa, 2017

2.5.4.3. El disyuntor magneto-térmico

Este es un dispositivo de control y de protección magneto-térmico tripolar. El corte es omnipolar. La protección térmica tiene compensación de temperatura y sensibilidad a una ausencia de fase. Garantiza el control de los motores con una frecuencia máxima de 25 ciclos de maniobras por hora en AC - 3 y es apto para el seccionamiento.

a. Disyuntor motor magneto-térmico gv2

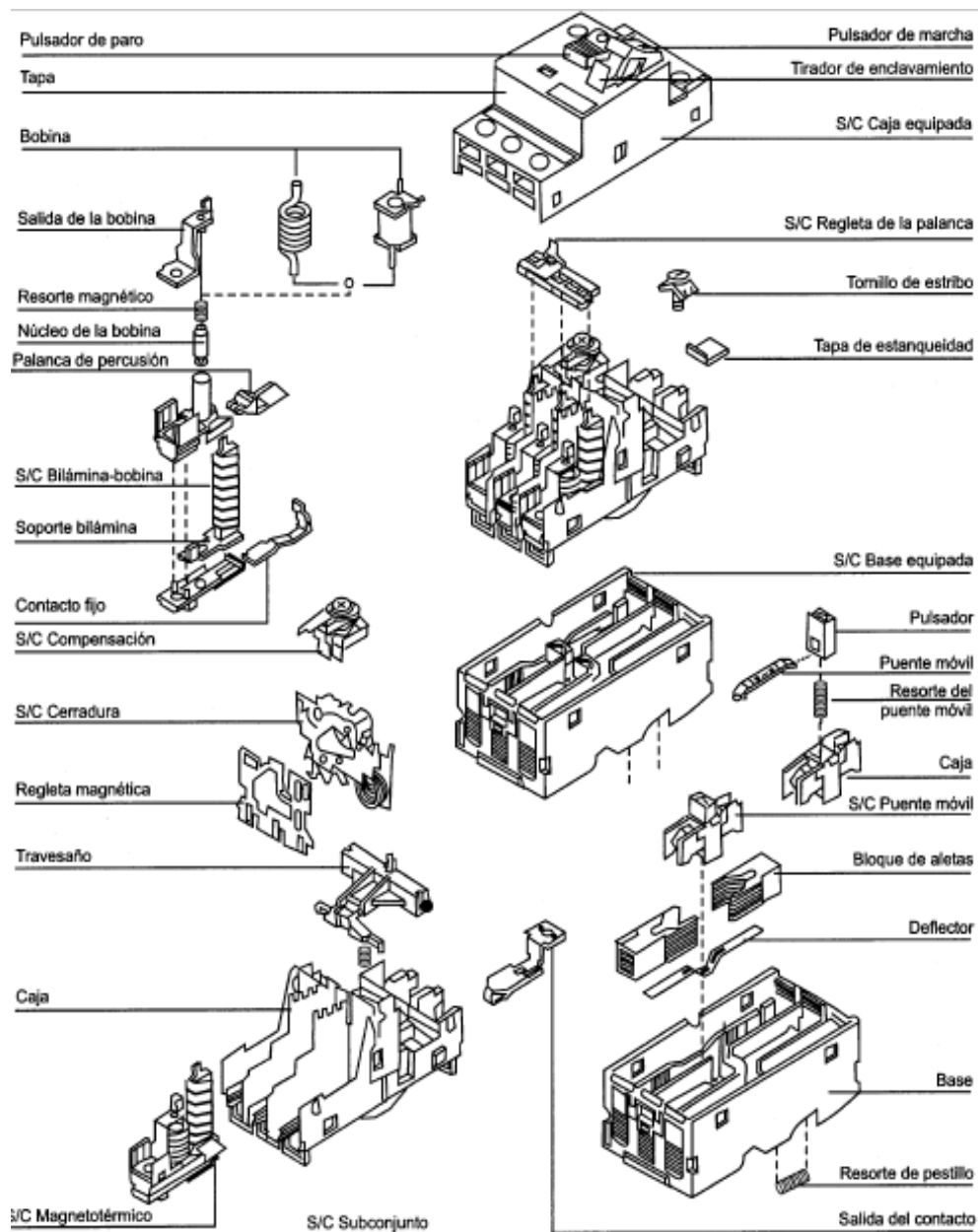


Figura 46. Disyuntor, partes y accesorios
Fuente: Promelsa, 2017

b. Símbolo del disyuntor motor magneto-térmico

- Protección magnética
- Protección térmica

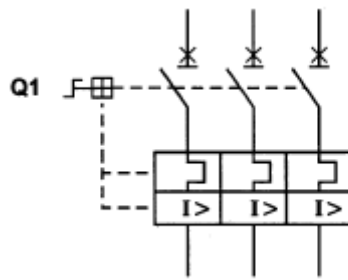


Figura 47. Simbología del disyuntor
Fuente: Promelsa, 2017

c. Elección de un disyuntor

La selectividad

La selectividad consiste en coordinar las características de funcionamiento de los dispositivos de protección conectados en serie (por ejemplo, dispositivos de protección de arrancadores y disyuntores de protección general).

Existe selectividad de los protectores cuando se produce un fallo en cualquier punto de la instalación y se selecciona únicamente con el dispositivo de protección más cercano a dicho punto aguas arriba. De esta forma, la selectividad permite que las consecuencias de un fallo solo afecten a la parte de la instalación donde se ha producido.

La selectividad puede ser total o parcial. Es total cuando, sea cual sea el valor de la corriente de fallo, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco situado aguas abajo, se abre si todos arriba permanecen cerrados. Es parcial cuando las condiciones de selectividad solo se respetan en un rango limitado de la corriente de fallo.

Determinación del disyuntor situado aguas arriba

Para elegir el calibre **I** del disyuntor situado aguas arriba en función del calibre de los aparatos que conforman los arrancadores **I 1**, **I 2**, **I 3**, ... **I n**, se deben cumplir dos condiciones:

- **I** debe ser mayor o igual a la suma de **I 1**, **I 2**, **I 3**, ... **I n**.

- **I** debe ser superior o igual a tres veces el calibre del aparato que conforma el arrancador más potente.

Ejemplo: elección de un disyuntor motor magneto-térmico para el arranque directo de un motor asíncrono de jaula, corte a motor lanzado.

$$V = 380V \qquad P = 5,5kW$$

Disyuntor motor magnético

MOTOR		I máx	Disyuntor Motor	Calibre	Contactor
P	I _n	de empleo del arrancador	Referencia		Referencia a completar
Kw	A	A		A	I _a (AC-3)
5,5	11	12	GV2 - M16	9 ... 14	LC1 - D12 ... 12

2.5.4.4. El relé térmico

Los fallos más habituales en las máquinas son las sobrecargas, están a través del aumento de la corriente absorbida por el motor y de ciertos efectos térmicos. El calentamiento normal de un motor eléctrico con una temperatura ambiente 40°C depende del tipo de aislamiento que utiliza. Cada vez que se sobrepasa la temperatura límite de funcionamiento, los aislantes se desgastan prematuramente, acortando su vida útil.

La correcta protección contra las sobrecargas resulta imprescindible para:

- Optimizar durabilidad de los motores, siendo que funcione en condiciones de calentamiento anómalas.
- Garantizar la continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.
- Contar después de un disparo con mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas.

Los relés térmicos de bilaminas son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Sus características más habituales son:

- Tripolares
- Compensados a los cambios de temperatura ambiente
- Sensibles a una pérdida de fase del funcionamiento monofásico del motor
- Rearme automático o manual
- En amperios motores: visualización directa en el relé de la corriente indicada en la placa de características del motor

a. Principio de funcionamiento

Los relés térmicos tripolares poseen tres bilaminas compuestas cada una por dos metales de dilatación muy diferente, unidos mediante laminación de un bobinado de calentamiento. Cada bobinado de calentamiento está conectado en serie a una fase del motor. La corriente absorbida por el motor calienta los bobinados y se dilatan las bilaminas. Haciendo que las bilaminas se deformen en mayor o menor grado según la intensidad de dicha corriente. La deformación de las bilaminas provoca el movimiento giratorio de una leva o de un árbol unido al dispositivo de disparo. Si la corriente absorbida por el receptor supera el valor del reglaje del relé, las bilaminas se deformarán lo bastante como para que la pieza a la que están sujetas las bilaminas se deformen lo bastante como para que la pieza a la que está unida las partes móviles de los contactos se liberen del tope de sujeción.

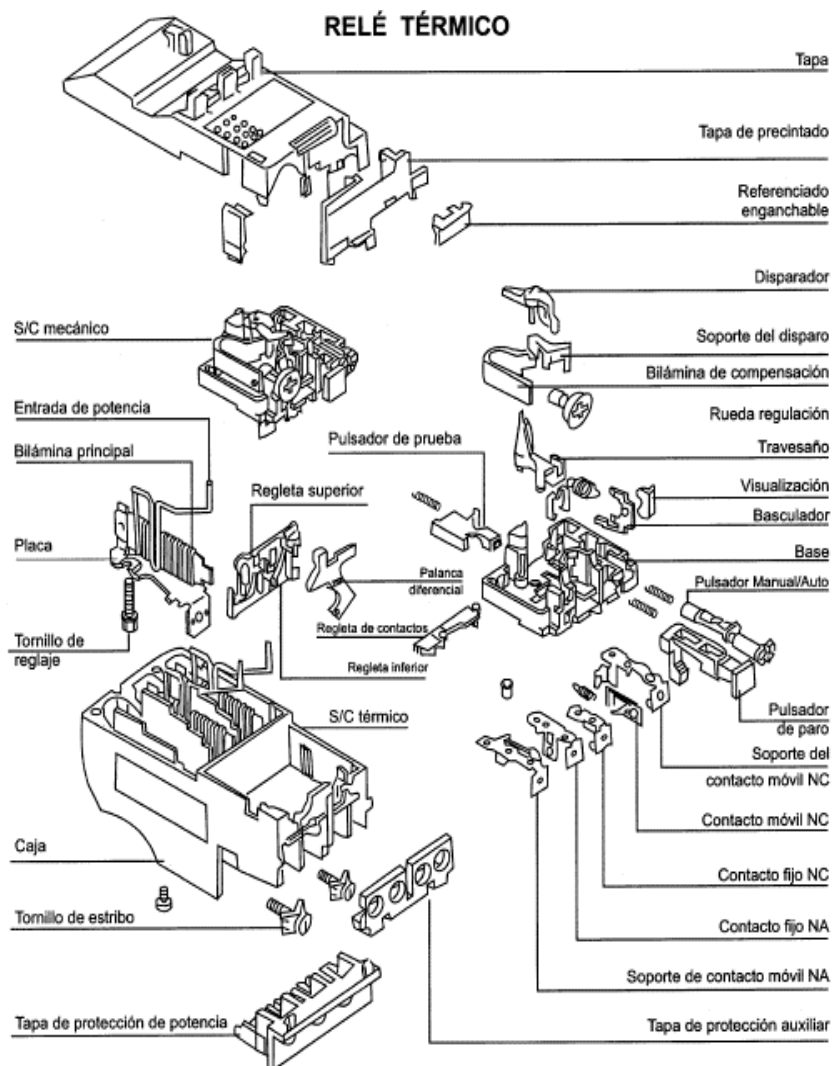


Figura 48. Partes del relé térmico
Fuente: Promelsa, 2017

Este movimiento genera una apertura brusca del contacto del relé intercalado en el circuito de la bobina del contactor y del cierre del contacto de señalización. El rearme no será posible hasta que se enfríen las bilaminas.

Compensación de la temperatura ambiente

La curvatura que adoptan las bilaminas no sólo se debe al calentamiento que provoca la corriente que circula en las fases, sino también a los cambios de la temperatura ambiente. Se corrige con una bilamina de compensación sensible únicamente a los cambios de temperatura ambiente y que está montada la posición a las bilaminas principales.

Los relés térmicos compensados son sensibles a los cambios de temperatura ambiente, normalmente comprendidos entre -40°C y $+60^{\circ}\text{C}$.

Reglaje

La rueda graduada permite regular el relé con mucha precisión. El límite de disparo está comprendido entre 1,05 y 1,20 veces el valor indicado.

Detección de una pérdida de fase

Este dispositivo provoca el disparo del relé en caso de ausencia de corriente en una fase (funcionamiento monofásico). Lo componen dos regletas que se mueven solidariamente con las bilaminas. La bilamina correspondiente a la fase no alimentada de deformación de una de las dos regletas, provocando el disparo.

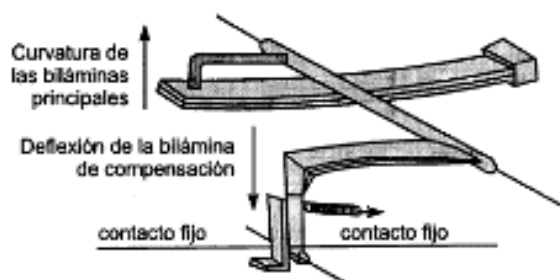


Figura 49. Principio de compensación de la temperatura ambiente
Fuente: Promelsa, 2017

Principio de compensación de la temperatura ambiente

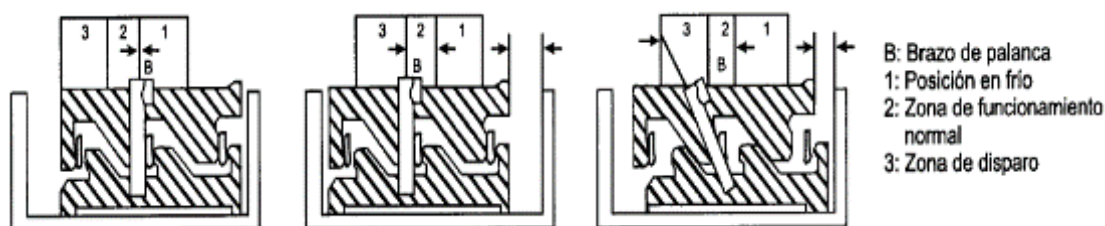


Figura 50. Principios de temperatura de ambiente
Fuente: Promelsa, 2017

Clases de disparo

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

La saturación de arranque normal del motor es distinta para cada aplicación, puede ser de tan solo unos segundos (arranca en vacío, resistencia de la máquina arrastrada, etc.) o de varias decenas de segundos (máquinas arrastradas con mucha inercia), por lo que es necesario contar con relés adaptados a la duración del arranque. La Norma IEC947-4-1-1 frente a esta necesidad define tres tipos de disparo para los relés de protección térmico: (28)

- Relés de clase 10: válidos para todas las aplicaciones corrientes con una duración de arranque inferior a los 10 segundos.
- Relés de clase 20: admiten arranques de hasta 20 segundos de duración
- Relés de clase 30: para arranques con un máximo de 30 segundos de duración

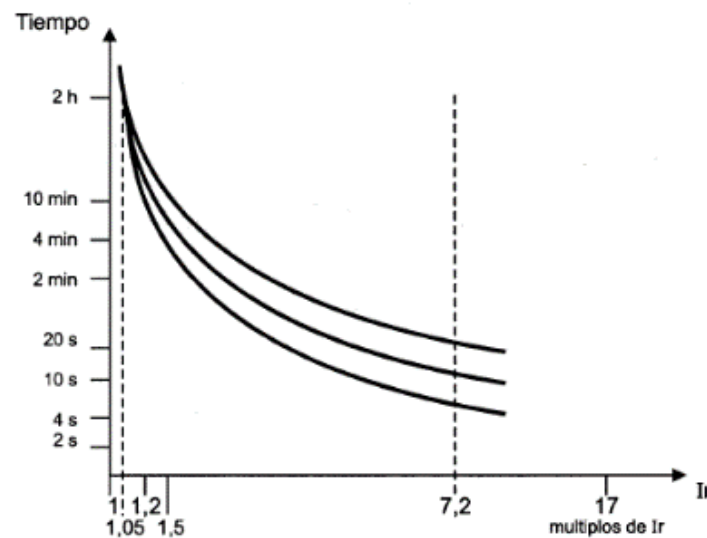


Figura 51. Característica de disparo del relé térmico
Fuente: Promelsa, 2017

2.5.5. El motor asíncrono trifásico

Los procedimientos propuestos en la presente investigación se basan en la tesis, que lleva como título "REINGENIERIA DE LOS PROCESOS DE REVISION TECNICA VEHICULAR EN LA EMPRESA ATAIRH-SAC" (29), del cual se han extraído las instrucciones sobre el motor asíncrono trifásico. A continuación, se detallan dichas recomendaciones.

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 este corta las líneas de fuerza de un campo magnético, de donde proviene el nombre “motor de inducción”.

Composición

- Un motor asíncrono trifásico consta de dos partes principales:
- Un inductor o estator
- Un inducido, rotor

a. El estator

Es la parte fija del motor o una carcasa de metal fundida o de aleación ligera encima de 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.

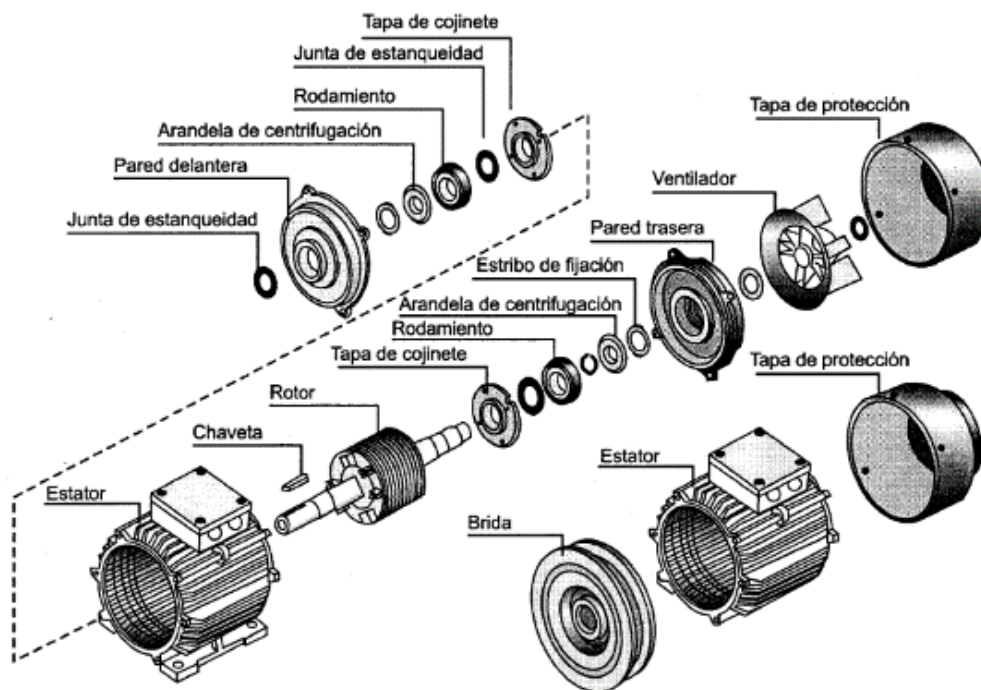


Figura 52. El estator
Fuente: Promelsa, 2017

Las chapas disponen de ranuras en las que se sitúan los devanados estáticos 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.

b. 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, encaletadas sobre el eje del motor.

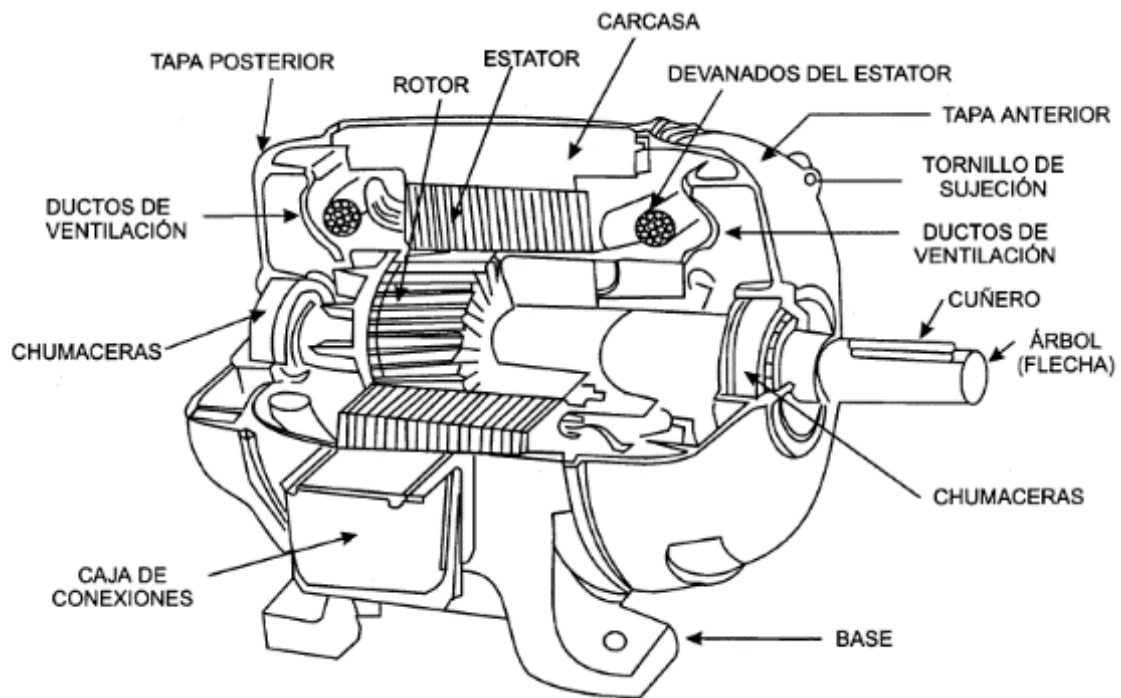


Figura 53. El rotor
Fuente: Promelsa, 2017

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.

c. Consecuencias de la variación de tensión

- **Velocidad**

Las variaciones de tensión no alteran la velocidad de sincronización. Sin embargo, los aumentos de tensión implican la disminución del deslizamiento en el caso de un motor en carga. No queda limitado por la saturación de la máquina. Por el contrario, al disminuir la tensión de alimentación, el motor gira a menos velocidad.

d. Consecuencia de la variación de frecuencia par

En los motores asíncronos, el flujo es proporcional a la corriente para una frecuencia dada. La ley de Ohm a un motor resultado.

$$U = L \omega I + r I \quad \text{ó bien} \quad I = \frac{U}{L \cdot \omega + r}$$

L = constante de la fabricación

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

r es omisible ante $L \cdot \omega$ cuando ω es distinto de cero

$$I = \frac{U}{2\pi L f} = \frac{U}{K \cdot f}$$

Por lo tanto, es posible trabajar a un par constante siempre que sea posible aumentar U hasta la tensión nominal.

Por lo demás, siempre es posible aumentar la frecuencia, pero al disminuir la corriente, el par disminuye igualmente.

- **Corriente de arranque**

Varía proporcionalmente a la tensión de alimentación. Cuando esta es superior a la corriente absorbida durante el arranque.

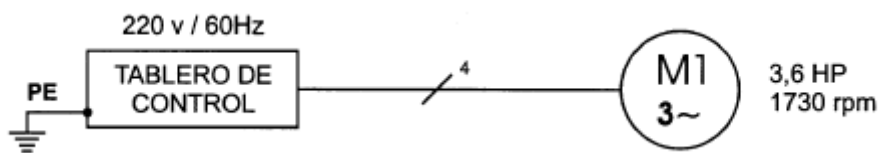
- **Velocidad**

La velocidad de sincronización en los motores asíncronos es proporcional a la frecuencia. Esta propiedad suele utilizarse para funcionar a muy alta velocidad de los motores especialmente diseñados para una alimentación, por ejemplo, a 400Hz (rectificadores, aparatos de laboratorio o quirúrgicos). También es posible obtener una velocidad variable mediante la regulación de la frecuencia, por ejemplo, de 6 a 50 Hz (rodillos transportadores, aparatos elevadores).

2.5.6. Selección de materiales para las instalaciones de motores eléctricos trifásicos de inducción, en arranque directo

Uno de los problemas que se presentan a menudo es la incorrecta selección de los materiales para realizar la instalación de un motor. Una instalación bien realizada tiene como consecuencia del ahorro de material, tiempo y duración de la misma. Como ejemplo práctico, se indica la forma correcta de selección de los materiales para la instalación de un motor trifásico en arranque directo.

MOTOR	POTENCIA	TENSIÓN	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	TIPO DE ARRANQUE	DISTANCIA AL TABLERO
M1	3,6 HP	220 v	80 %	0,80	DIRECTO	35 m



*Figura 54. Motores eléctricos trifásicos de inducción
Fuente: Promelsa, 2017*

Se recomienda usar conductores tipo THW, teniendo en tubo PVC SAP. Temperatura ambiente máxima: 36°C. Ambiente de trabajo moderado. Altura sobre el nivel del mar 380 m. Servicio continuo.

Cálculo de la corriente nominal del motor (I_n)

$$I_n = \frac{\text{HP} \times 746}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times \cos \phi} \quad I_n = \frac{3,6 \times 746}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,80 \times 0,80} \quad I_n = 11\text{A}$$

Selección del disyuntor motor

La selección del disyuntor motor se realizará en función de la corriente nominal del motor.

$$I_D \geq I_n \quad I_D \geq 11 \text{ A}$$

Selección del contactor electromagnético

Se selecciona en base a la corriente nominal del motor punto.

$$I_k \geq I_n \quad I_k \geq 11 \text{ A}$$

Elegimos el contactor de 12A, con bobina de 220V/ 60Hz contacto auxiliar normalmente abierto.

Selección del relé térmico diferencial

Se selecciona en función de la corriente nominal del motor (I_n). Siempre que sea posible esta corriente debe estar ubicada en el punto medio de la amplitud comprendida entre el índice mínimo y máximo de regulación del relé. La amplitud será seleccionada teniendo en cuenta que entre el índice mínimo y máximo deberá existir una relación de 1 a 1,6.

- Índice de regulación mínima

$$I_{min} = I_n \times 0,8 = 11 \times 0,8 = 8,8 \text{ A}$$

- Índice de regulación máxima

$$I_{max} = I_n + 0,8 = 13,75 \text{ A}$$

Con estos datos seleccionaremos el relé.

Normalizado, tenemos el relé térmico diferencial con Rango 9 - 13 A. Es importante señalar también que tienen un rango de regulación más amplio (consultar manuales de fabricantes).

Selección de los conductores de alimentación del tablero al motor

Seleccionar los conductores y aplicar dos métodos: por capacidad de corriente y por caída de tensión.

Del motor al tablero de control son cuatro conductores (tres conductores de alimentación y uno de protección), de igual sección. La sección mínima permitida para fuerza motriz es del conductor N° 14AWG (2,08 mm).

Cálculo por capacidad de corriente

Observando la Tabla 1, de conductores tipo THW, tienen una capacidad de corriente de 20 A para la instalación en tubo, de un conductor N° 12AWG.

A este valor se le aplica los factores de corrección por temperatura y por agrupamiento de conductores en tubo (Tablas 2 y 3)

$$20 \times 0,88 \times 0,8 = 14A.$$

El valor obtenido (14A) es mayor que la corriente consumida por el motor a plena carga (11A).

Cálculo por caída de tensión

La caída de tensión máxima permitida es del 3% de la atención en línea.

$$S = \frac{0,0309 \times \Sigma I \times L \times \cos \phi}{\% \Delta V \times V} \times 100$$

Donde:

S Sección del conductor en mm².
 ΣI Sumatoria de las corrientes en amperios.
 L Longitud de la instalación en metros.
 Cos φ Factor de potencia
 % ΔV Caída de tensión máxima (3% x V)
 V Tensión de línea en voltios.

Tomaremos como referencia el conductor que se obtuvo en el cálculo por capacidad de corriente: conductor N° 12AWG, tipo THW, sección 3,31 mm.

La caída de tensión, será:

$$\% \Delta V = \frac{0,0309 \times 11 \times 35 \times 0,80}{3,31 \times 220} \times 100$$

$$\% \Delta V = 1,3\% < 3\% \quad \text{OK}$$

Por lo tanto, el conductor seleccionado para instalar el motor es el N° 12AWG, tipo THW. El conductor de protección (PE) también será del mismo calibre.

Selección de la tubería

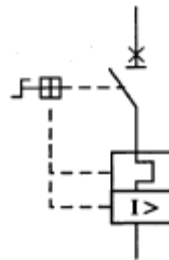
El diámetro de la tubería la obtenemos de la Tabla 4. Para cuatro conductores N° 12 AWG le corresponde un diámetro de tubo 3/4" PVC SAP

Selección de la protección del sistema de control

El disyuntor de control específico para proteger los circuitos de control y auxiliares contra cortocircuitos y sobrecargas puede utilizarse como alternativa a los fusibles. (25)

Disyuntor unipolar magneto térmico

$$I_{DC} = 1 \text{ A}$$



Selección de los pulsadores de marcha y paro

- 1 pulsador de contacto normalmente abierto, color verde
- 1 pulsador normalmente cerrado, color rojo

Selección de las lámparas de señalización

Se recomienda funciones luminosas de LED, fruto de los últimos avances. Con 100000 horas de funcionamiento continuo, la durabilidad de las funciones es 50 veces

superior a las funciones clásicas mediante bombillas incandescentes. Aportan una mayor gracias a sus protecciones contra sobretensiones y perturbaciones electromagnéticas, a la vez que reducen su consumo (15 mA) y su calentamiento con un aumento en gran forma de la luminosidad.

También se pueden usar balizas y columnas luminosas, que se caracteriza por su fácil mantenimiento e instalación, con grados de protección IP65.

- 1 lámpara de señalización, color verde, 220 V/ 60Hz
- 1 lámpara de señalización, color rojo, 220 V/ 60Hz

Elección de los conductores de sistema de control

El conductor recomendado para el cableado del sistema de control es el N° 18 AWG tipo TFF.

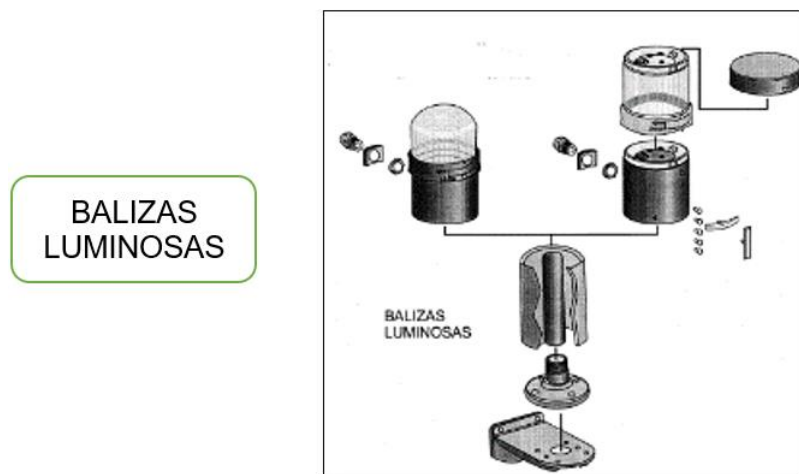


Figura 55. Balizas luminosas

Fuente: Promelsa, 2017

2.6. Instalación de tableros eléctricos industriales

Los procedimientos propuestos en la presente investigación se basan en las recomendaciones SENATI, que lleva como título SEMANA 1 (30), del cual se han extraído las instrucciones para las Instalación de tableros eléctricos industriales. A continuación, se detallan dichas recomendaciones.

Durante el montaje

- Realizar única y exclusivamente de las conexiones indicadas en el esquema.
- Tratar de simplificar al máximo las conexiones (sin cambiar o alterar el esquema con el cual se está trabajando), evitando la congestión de conductores en un mismo borne.
- Cuidar que los alambres estén convenientemente pelados en los puntos de conexión y los tornillos debidamente ajustados para evitar: calentamiento anormal, caída de tensión y cortocircuito.
- Usar solamente herramientas en perfectas condiciones y las adecuadas para el trabajo que se va a realizar. De ello depende la seguridad personal y la conservación de los elementos de trabajo.

Al finalizar el trabajo

- Tener la precaución de revisar detenidamente el trabajo para constatar que se ha realizado de acuerdo con los planos o esquemas.
- Revisar todos los puntos de conexión. Es posible que alguno de ellos no haya quedado convenientemente ajustado.
- Nunca energizar el circuito si no se tiene la debida autorización.
- Si al realizar una prueba se observan deficiencia es necesario revisar, en primer lugar, el esquema para detectar las posibles causas de falla y solamente después se realiza una sola revisión del montaje.

Ensayo del montaje

- Con el fin de proceder al ensayo “en vacío” con toda seguridad, es indispensable separar totalmente, durante la duración de los ensayos, el circuito de potencia del circuito de control.
- Después de haber probado el circuito de control. Se prueba también en vacío el circuito de potencia. Para ello se pueden usar lámparas de prueba o multitester accionando manualmente los contactores.

2.6.1. Contaminación por ruido generado por los motores asíncronos

Los motores están en todas partes en la industria, junto con el ruido que producen. Debido a que la sonoridad de un motor en marcha se combina con la del equipo impulsado, los motores suelen ser el punto central en el cúmulo de fuentes de ruido. El ruido puede afectar al personal que lo escuche, y tiene la potencialidad de causar daños o lesiones. El deterioro binauricular de la audición no es explicable en el proceso normal de envejecimiento por una enfermedad, pues se debe muchas veces a la exposición al ruido excesivo durante un tiempo prolongado. (31)

Una investigación minuciosa puso de manifiesto tres fuentes importantes de ruido: un primer ruido resulta ser de una onda de fuerza al doble de la frecuencia de línea que ocasionaba que el estator se deforme de manera casi sinusoidal contra la periferia del núcleo, con ello se establecieron resonancias inducidas por la vibración en los núcleos del estator y del rotor, eficientemente enlazados a la estructura del motor; además, los componentes en contacto directo con el aire circundante también aportarán su papel al ruido radiado, ya que generan turbulencias. Un segundo ruido de alta frecuencia se debe a los armónicos del flujo en el entrehierro, ocasionados por diferencias de un entero más o menos pequeño entre los pares de polos. En este caso, un tercer ruido fue de gran importancia, pues será generado por las ondas armónicas producidos por la interacción de las ranuras del rotor y estator. (31)

La reducción del ruido generado por motores o por cualquier otra fuente empieza por la medición de su intensidad y la localización de sus orígenes. Es el nivel máximo de exposición humana a un valor de 80 dB. (31)

Para cumplir este requisito se sugiere lo siguiente: (31)

- Instalar equipos contra ruido después de instalar el motor.
- Utilizar motores de bajo ruido.
- Amortiguar las vibraciones con materiales o componentes que eviten la transmisión del sonido a través de las losas del piso concreto.

- ❖ Cuando se utilicen motores no silenciosos, las intensidades de ruido industrial, con potencialidad de ser dañina para el personal, puede reducirse mediante controles técnicos en la fuente. (31)

A. Categorías de ejemplo

Las categorías de ejemplo resumen los principales campos de aplicación de los contactores en corriente alterna (categorías AC-) y en corriente continua (DC-). Define, en el marco de una utilización normal de los contactores, las condiciones de establecimiento y corte de la corriente en función de la corriente originada de empleo I y de la tensión asignada de ejemplo U, dependen: (32)

- De la naturaleza del receptor controlado (resistencias, motor de jaula)
- De las condiciones en que se efectúan los cierres y los cortes (motor lanzado o calado, inversión de sentido de marca)

Las categorías de empleo AC - 1 a AC - 4 que figuraban en la Norma IEC 158, aparecen recogidas en la Norma IEC 6094 7: (32)

- AC1: se aplica a todos los receptores en corriente alterna y con un factor de potencia mayor a 0,95.
- AC 2: arranque a contracorriente y funcionamiento por sacudidas de los motores de anillos.
- AC 3: arranque de los motores de jaula, con corte del motor lanzado.
- AC 4: arranque frenado a contracorriente y funcionamiento por sacudidas de los motores de jaula.

La nueva Norma define las categorías de empleo adicionales relativos al control de los siguientes receptores mediante contactores: lámparas de descarga (AC - 5 a), lámparas incandescentes (AC - 5b), transformadores (AC - 6 a), condensadores (AC - 6 b), compresores de refrigeración (AC - 8 a), además las categorías AC - 7 a y AC - 7 b para aplicaciones domésticas. (32)

La categoría AC-11(IEC 60337) descargas electromagnéticas mediante contacto ciliares o contactores auxiliares queda sustituida por los dos siguientes: AC-14 para electroimanes de 72 VA en estado cerrado (corriente establecida 6 I) y AC-15 la potencia absorbida sea superior a 72 VA (corriente establecida 10 I). (32)

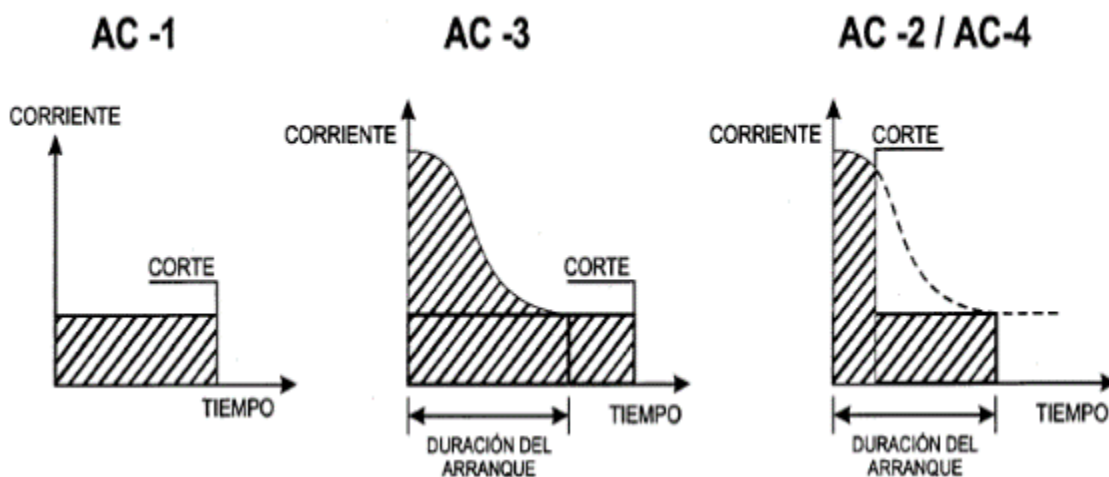


Figura 56. Aplicación de los contactores
Fuente: Promelsa, 2017

B. Regímenes de neutro

El régimen de neutro interviene básicamente: (33)

1. El neutro

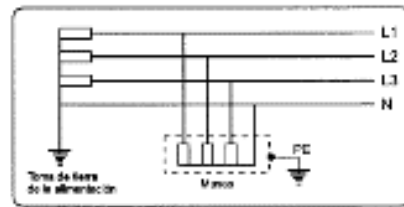
Los puntos neutros de los transformadores/MT y MT/BT si son como los conductores neutros por los que, el régimen equilibrado no pasa ninguna corriente. (33)

2. Las masas

Son las partes conductoras accesibles de un material eléctrico que pueden ponerse en tensión en cada caso de defecto. (33)

3. La tierra

Puede considerarse como un cuerpo conductor con un potencial que finalmente se fija en cero. (33)



ESQUEMA TT

Régimen de neutro, tierra

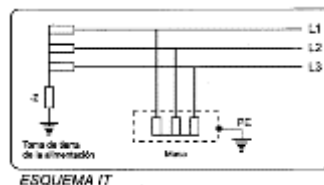
C. Regímenes de baja tensión

De neutro en baja tensión definidos por esquemas y referenciados por dos letras. Se trata de TN, TT e IT. La primera letra corresponde a la posición del neutro con respecto a tierra, y la segunda la situación de las masas. (33)

T = Tierra
C = Combinado

N = Neutro
S = Separado

I = Impedancia



ESQUEMA IT

Régimen de baja tensión

Esquema TNC

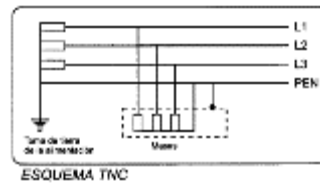
Consiste en un neutro conectado a tierra y la masa del neutrón. El conductor neutro y el de protección están combinados. (33)

Esquema TNS

Consiste en un metro conectado a tierra y la masa del neutrón, el conductor neutro está separado de protección. (33)

Esquema TT

El auto directamente conectado a tierra, al igual que las masas, y esto mediante dos tomas de tierras separadas. (33)



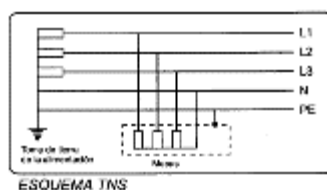
Régimen de baja tensión, esquema TT

Esquema IT

El neutro está conectado a tierra mediante una impedancia o aislado. Están directamente conectados a tierra. Distintas regiones permiten adaptar la protección a los locales y a los usos, respetando el tiempo de corte, basado en la duración de la resistencia de un individuo a los efectos de una corriente eléctrica, en función de la tensión de la misma normalmente 50V durante 5 segundos y 100V durante 0,2 segundos. (33)

La red de distribución de baja tensión de los abonados puede asimilarse al esquema TT, excepto cuando estos interponen un transformador facilita la total libertad de elección. El esquema TT es fácil de aplicar, pero queda restringido a instalaciones de extensión y complejidad limitadas. Se dispara al primer defecto y ofrece total seguridad. (33)

El esquema IT tiene la particularidad de no dispararse hasta el segundo defecto. Así pues, está especialmente indicado en aquellos casos en los que sea necesaria la continuidad del servicio, lo que requiere mantenimiento estricto para detectar el primer defecto e intervenir antes de que se produzca el segundo. (33)



Régimen de baja tensión, esquema IT

2.6.2. Seguridad industrial en el uso de materiales, herramientas e instrumentos

Los procedimientos propuestos en la presente investigación se basan en las recomendación de la tierra puede considerarse como un cuerpo (33), del cual se han extraído las instrucciones para la Seguridad industrial en el uso de materiales, herramientas e instrumentos. A continuación, se detallan dichas recomendaciones.

- Que se utilicen en ambientes especialmente corrosivos o tropicales, aplicar una capa de barniz aislante de los bornes después de conectarlos.
- Autos equipados con prensaestopas, la funda de los conductores debe introducirse en la junta de goma de los prensaestopas. Al apretar, este debe inmovilizar totalmente el cable.
- De los cables de conexión en función de la corriente absorbida por las máquinas controladas. Para limitar las caídas de tensión, aumentar la sección de los hilos y cables que alimentan los circuitos de potencia y control cuando la línea tiene una longitud muy importante.

Para la realización del sucesivo montaje se requiere fundamentalmente las siguientes herramientas y materiales:

- Mediadores de pala o estrella
- Alicates de electricista, alicates de punta redonda (pinzas) alicates de corte diagonal y pelacables
- Alambre o cable, preferiblemente de varios colores, para que se facilite el trabajo de montaje y cinta de enmascarar para colocar las marcas necesarias.

✓ Lo que nunca hay que hacer:

- Limar o ingresar los contactos
- Modificar una pieza o sustituirla por una pieza de recambio inadecuada
- Armar un relé de protección que haya sido vencido por causa del disparo
- Volver a poner un equipo baja tensión sin haber solucionado el defecto después de un cortocircuito

- Dejar abierto un cofre o un armario sin necesidad, especialmente, en ambientes polvorientos.

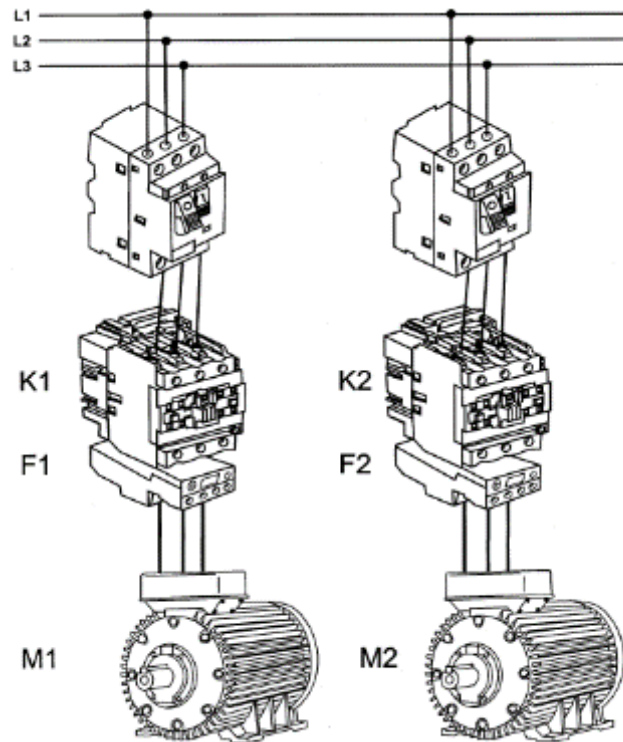


Figura 57. Seguridad industrial de materiales
Fuente: Promelsa, 2017

Tabla 15. Materiales – operaciones

N°	OPERACIONES	MATERIALES/IMTRUMENTOS
1	* Elaborar esquema de arranque directo en secuencia forzada	*Motor trifásico de inducción (1) *Disyuntor motor (1) *Contactor electromagnético (1) *relé térmico diferencial (1)
2	* Probar arranque directo con secuencia forzada	*Disyuntor unipolar magneto térmico (1) *Pulsador normalmente abierto (1) *Pulsador normalmente cerrado (1) *Lamparas de señalización (2) *Destornillador plano *Alicate universal *Multitester

Fuente: Promelsa, 2017

2.6.3. Cálculo del número de polos del motor de inducción trifásico

Un número de pares de polos del motor de inducción trifásico es directamente proporcional a la frecuencia de corriente de alimentación e inversamente proporcional a la velocidad de sincronización. (34)

P: número de pares de polos

F: frecuencia en Hz

N: velocidad de sincronización en rpm

$$P = \frac{60 \times f}{N}$$

Tabla 16: Numero de polos y velocidad de rotación

Números de polos	Velocidad de rotación en rpm		
	50 Hz	60 Hz	100 Hz
2	3000	3600	6000
4	1500	1800	3000
6	1000	1200	2000
8	750	900	1500
10	600	720	1200
12	500	600	1000
16	375	450	750

Fuente: Promelsa, 2017

No significa que sea posible aumentar la velocidad de un motor asíncrono alimentándolo a una frecuencia superior, aunque la atención está dotada.

a. Deslizamiento

El par motor solo puede existir cuando una corriente inducida circula por la espira, es necesario que exista un movimiento relativo entre los conductores activos y el campo giratorio. Por lo tanto, la espira debe girar a una velocidad inferior a la de sincronización, lo que explica que un motor eléctrico se domine un motor asíncrono. La diferencia entre la velocidad de sincronización y la de la espira se denomina deslizamiento y se expresa en porcentajes. (35)

$$d = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100 \%$$

N_s : velocidad síncrona

N : velocidad asíncrona (placa del motor)

Ejemplo: se conoce los datos de la placa de un motor trifásico de inducción

- Frecuencia, 60 Hz
- Velocidad, 1750 rpm

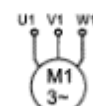
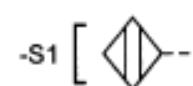
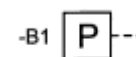
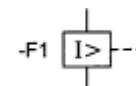
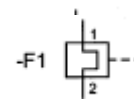
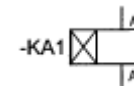
El deslizamiento será:

$$d = \frac{1800 - 1750}{1800} \times 100 \% \qquad d = 2,78 \%$$

b. Simbología de elementos de automatismo industrial

Los procedimientos propuestos en la presente investigación se basan en las recomendaciones de la Norma IEC 1082 - 1, que lleva como título Estandarización de esquemas y normativas (36), del cual se han extraído las instrucciones para la Simbología de elementos de automatismo industrial. A continuación, se detallan dichas recomendaciones.

- Mando electromagnético. Contacto auxiliar
- Mando electromagnético. Contacto
- Mando electromagnético de puesta en trabajo retardada
- Mando magnético de puesta en reposo retardada
- Intensidad de efecto térmico
- Relé de máxima corriente
- Relé de mínima tensión
- Dispositivo accionado por la presión
- Mando por efecto de proximidad
- Mando por roce
- Dispositivo sensible a la proximidad, controlado por la aproximación de un imán.
- Dispositivo sensible a la proximidad, controlado por la aproximación del hierro
- Motor asíncrono trifásico del rotor en cortocircuito
- Motor asíncrono trifásico, rotor de anillos



c. Comparacion de símbolos más habituales

Naturaleza de los símbolos gráficos	Normas europeas	Normas EE. UU.
Contacto de cierre NA		
Contacto apertura NC		
Contacto temporizado al accionamiento		
Contacto temporizado a la desconexión		
Relé de protección	Térmico Magnético 	
Bobina		
Disyuntor		Magnético Magnetotérmico
Motores		

Figura 58. Comparación de simbologías
Fuente: Promelsa, 2017

SECUENCIA FORZADA

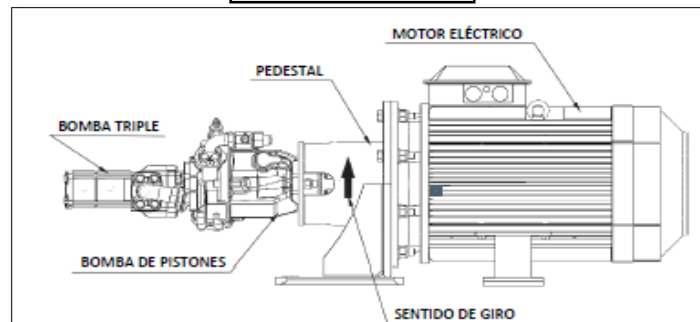


Figura 59. Secuencia forzada automática
Fuente: Promelsa, 2017

2.6.4. Arranque en secuencia forzada automática de motores de inducción trifásicos

Cuando se tiene una secuencia automática implica que cuando se iniciada esta, no debe ser posible interrumpirla o alterarla hasta que el proceso se haya culminado totalmente o los contactos cerrados del relé térmico podrán hacerlo directamente.

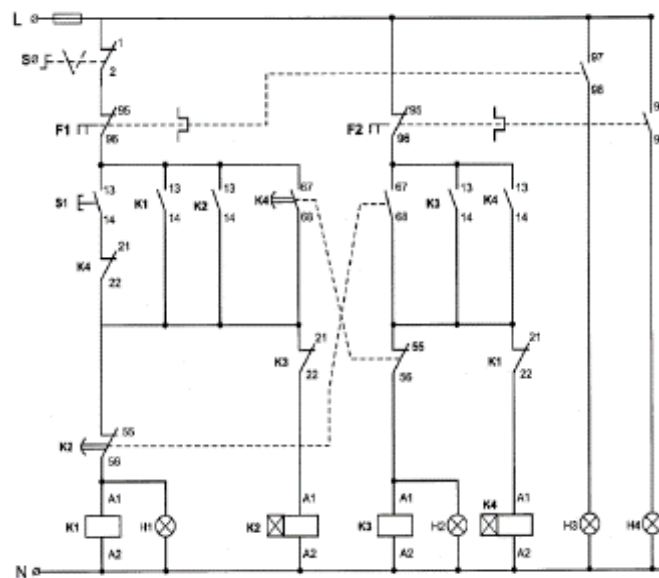


Figura 60. Secuencia automática de motores
Fuente: Promelsa, 2017

Al accionar el pulsador de marcha deben energizarse inmediatamente el motor M1. Transcurrido cierto tiempo se apaga M1 y energiza automáticamente el motor M2.

Después de otro lapso de tiempo se apagará M2 y volverá a energizar automáticamente M1, y así constantemente (secuencia cíclica). Antes de realizar la prueba de funcionamiento se deben regular los tiempos de trabajo de los motores M1 y M2.

Tiempo 1: 4 minutos

Tiempo 2: 6 minutos

- **El temporizador**

Son aparatos en los cuales se abren o cierran determinados contactos, llamados temporizadores, al cabo de un tiempo (debidamente preestablecido) de haberse abierto o cerrado su circuito de alimentación. (37)

Se emplean especialmente en la etapa de tratamiento de señales. (37)

Clasificación:

- **Cotizador “al trabajo” (*on delay*):**

Al momento de energizar el temporizador, los contactos temporizados que tienen, siguen en la misma posición de estado de reposo, y solamente cuando haya transcurrido el tiempo programado cambian de posición, es decir que el contacto NA se cierra y el contacto NC se abre. (37)

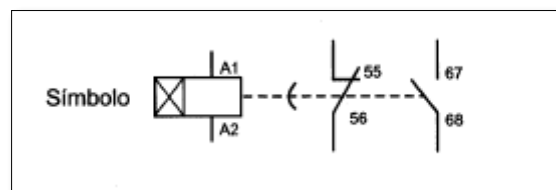


Figura 61. Cotizador "al trabajo" *on delay*
Fuente: Promelsa, 2017

- **Temporizador “al reposo” (*off delay*)**

En este tipo de temporizador, los contactos temporizados actúan como tales, después de cierto tiempo de haber sido desenergizados. Al energizar el temporizador, los

contactos temporizados actúan como contactos instantáneos, pero cuando el temporizador se desenergiza, dichos contactos no retornan inmediatamente a su estado de reposo, sino que lo hacen una vez transcurrido el tiempo prefijado. (37)

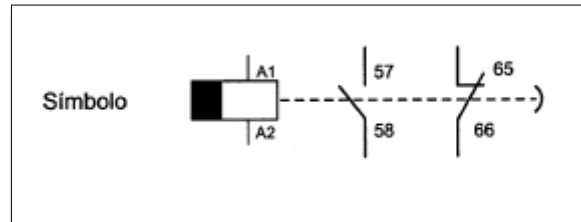


Figura 62. Cotizador "al trabajo" off delay
Fuente: Promelsa, 2017

Por lo general los bloques temporizados se accionan con contactores auxiliares (excepcionalmente a contactos principales), en estos casos, los contactos temporizados se identifican con la misma marca del contactor. En el caso de que el temporizador tenga su propia alimentación, se identifica con la letra T y un subíndice (si son varios). (37)

2.6.5. Conexión en caja de bornes del motor de inducción trifásico, jaula de ardilla

Tabla 17. Equivalencia de sistemas normalizados para bobinas de motores trifásicos

SISTEMA	EUROPEO (Menos Inglaterra)	INGLES (Reino unido)	AMERICANO (USA)
NORMAS	DIN - VDE	B.S.S.	NEMA
LINEA DE SUMINISTRO	R S T	L1 L2 L3	L1 L2 L3
TERMINALES BOBINAS 1ER GRUPO	U V W X Y Z	A1 B1 C1 A2 B2 C2	T1 T2 T3 T4 T5 T6
TERMINALES BOBINAS 2ER GRUPO	U1 V1 W1 X1 Y1 Z1	A3 B3 C3 A4 B4 C4	T7 T8 T9 T10 T11 T12

Fuente: Promelsa, 2017

- **Motor con 3 terminales en caja de bornes**

En este caso el motor solo puede trabajar con un solo voltaje (220V, 380V o 140V)

- **Motor con 6 terminales en la caja de bornes**

En este caso el motor trabaja con dos tensiones, por ejemplo: 220V/ 380V

La potencia y velocidad es la misma para dos tensiones de trabajo, lo que se debe tener en cuenta es el tipo de conexión.

Conexión triángulo Δ
 Conexión estrella $\star$

Quiere decir que, si a este motor lo conectamos a una línea de 220V, debemos conectar una conexión triángulo.

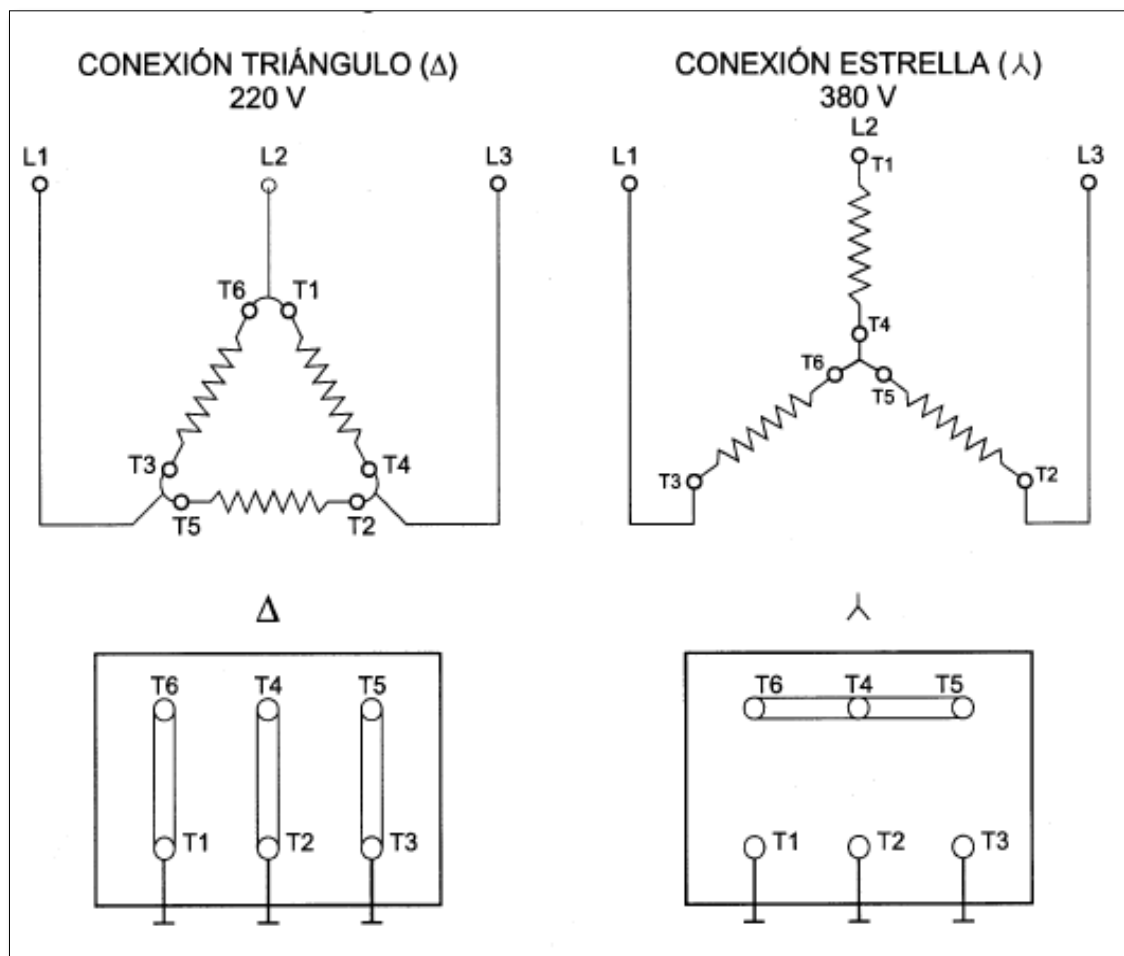


Figura 63. Conexión a triángulo
 Fuente: Promelsa, 2017

Para invertir el sentido de rotación, intercambiar uno de los conductores de línea al motor con cualquiera de los otros.

- **Motor con 9 terminales en la caja de bornes**



Figura 64. Motor de 9 terminales
Fuente: Promelsa, 2017

Se presentan dos casos:

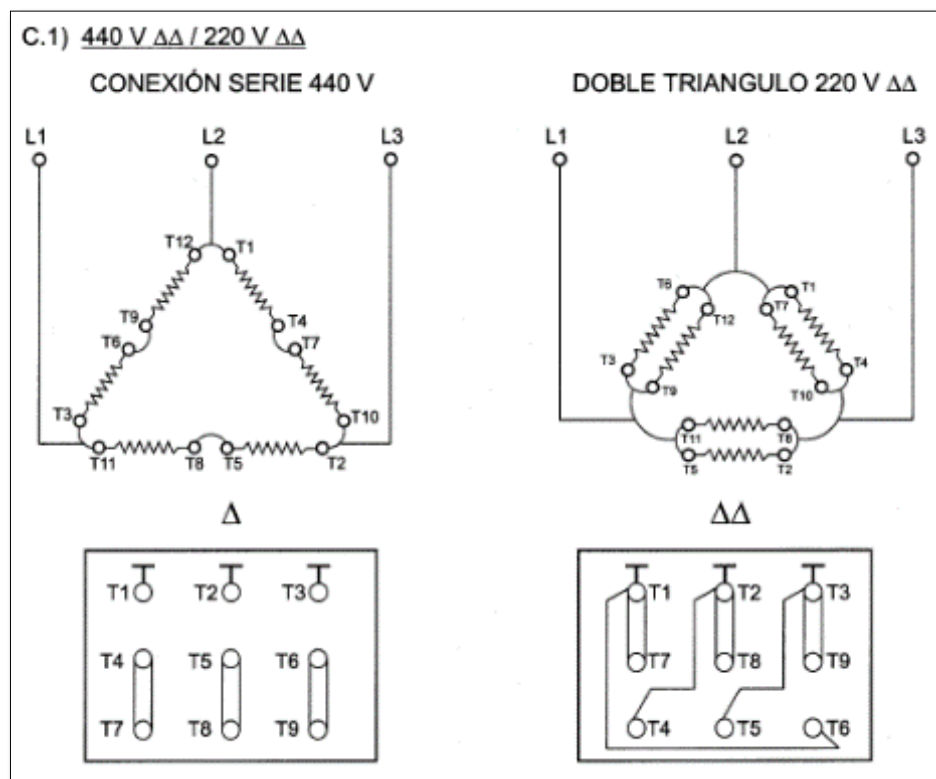


Figura 65. Tipos de conexiones de motores
Fuente: Promelsa, 2017

Nota: internamente, en el bobinado del motor, se conectan los terminales comunes a ambas conexiones.

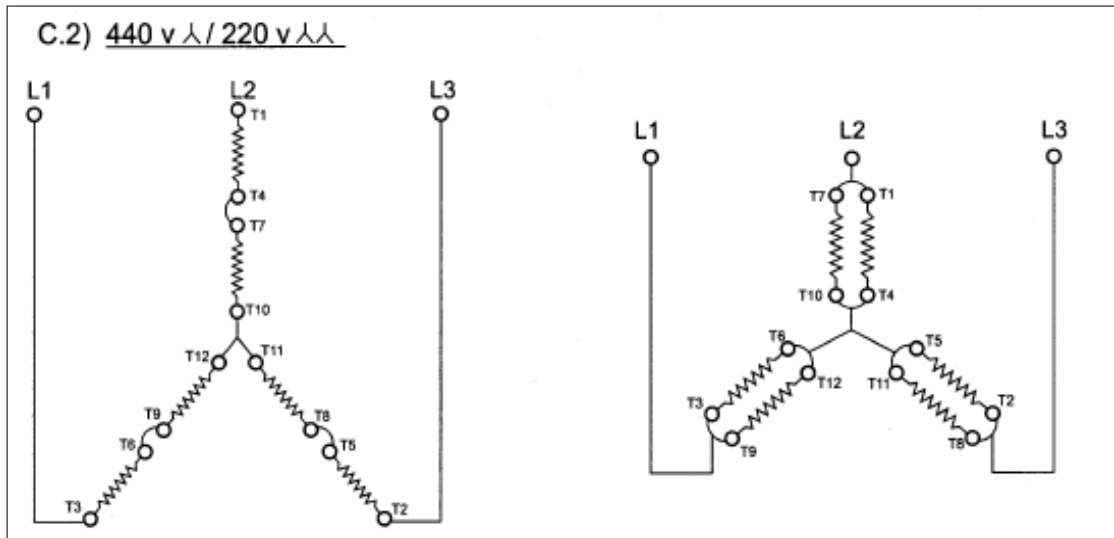


Figura 66. Conexión interna para el motor
Fuente: Promelsa, 2017

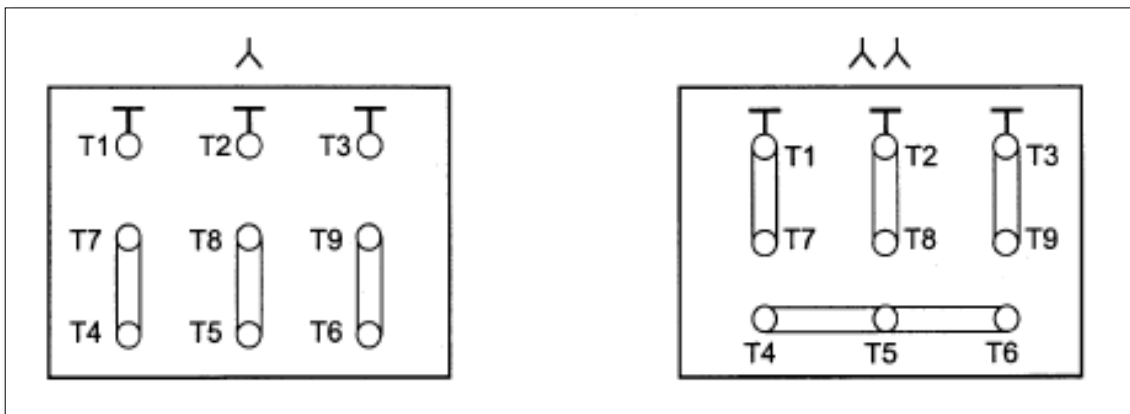


Figura 67. Bornes de conexión para el motor
Fuente: Promelsa, 2017

- **Motor con 12 terminales en la caja de bornes**

Para este caso, el motor puede trabajar hasta con tres tensiones de trabajo, conservando su potencia y velocidad.

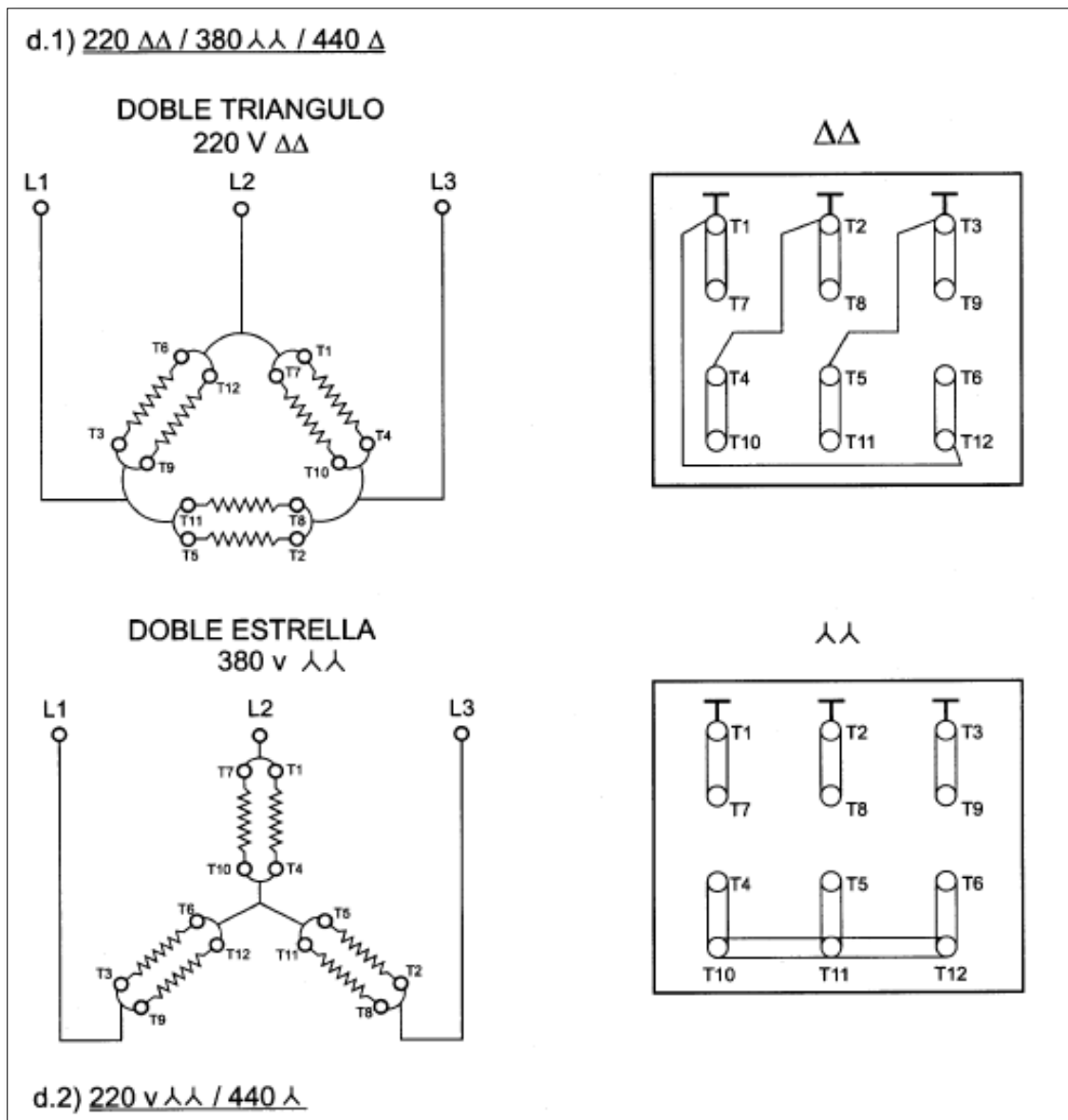


Figura 68. Motor de trece terminales
Fuente: Promelsa, 2017

2.6.6. Precauciones de seguridad en el montaje y desmontaje de un contactor

Los procedimientos propuestos en la presente investigación se basan en las recomendaciones de *ShneiderElectric*, que lleva como título Manual electrotécnico Telesquemario (27), del cual se han extraído las instrucciones para las Precauciones de seguridad en el montaje y desmontaje de un contactor. A continuación, se detallan dichas recomendaciones.

- Si el circuito magnético hace ruido comprobar.
 - La tensión de la red de alimentación. Un electroimán vibra cuando está alimentado por una tensión alternativa inferior que aquella para la que ha sido diseñado.
 - Que no sea introducido un cuerpo extraño entre las partes fijas y móvil del circuito magnético.
 - La limpieza de las superficies rectificadas que nunca se deben pintar con gasolina o tricloroetileno.
- Si fuera necesario cambiar una bobina, la nueva bobina es definida en función de la tensión real de alimentación del circuito de control.
 - El cierre incompleto del circuito magnético, tras un incidente mecánico o una tensión de circuito de control inferior al 85% del valor nominal
 - Un circuito de control mal adaptado
 - Una tensión de alimentación superior al 110% del valor nominal

En todos los casos se deteriora la bobina ya que la energía disipada por efecto joule es superior a lo normal, para evitar estos incidentes hay que utilizar bobinas adaptadas a la tensión medida en los bornes de alimentación en los equipos.

Tabla 18. Inversión de giro con enclavamiento

Nº	OPERACIONES	MATERIALES/IMTRUMENTOS
1	* Elaborar esquema de arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por contactos auxiliares	Motor trifásico de inducción Disyuntor motor Contactor electromagnético Relé térmico diferencial Cables eléctricos
2	* Probar arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por contactos auxiliares	Pulsador normalmente abierto Pulsador normalmente cerrado Lámparas de señalización Destornillador plano Alicate universal Multitester

Fuente: Promelsa, 2017

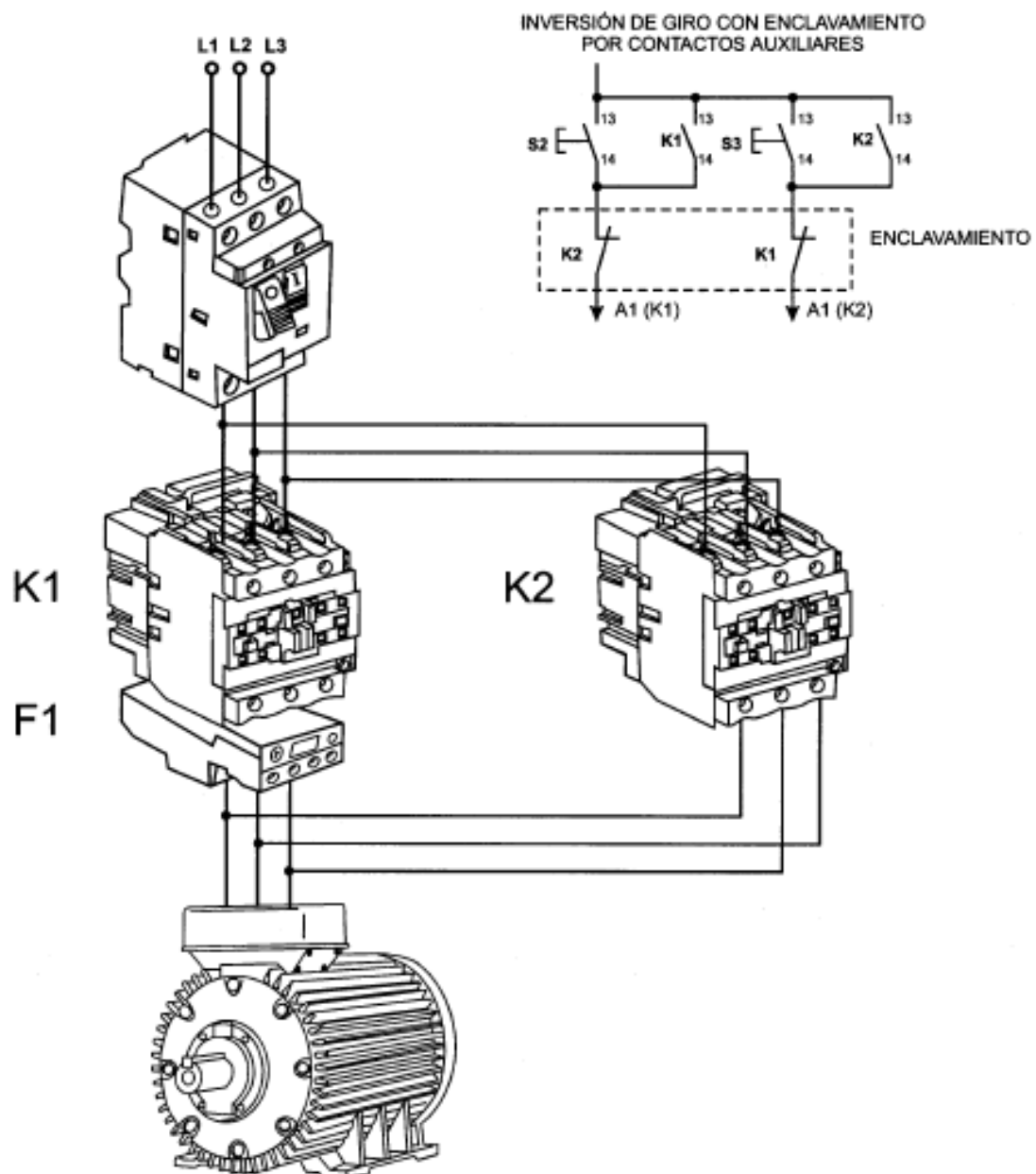


Figura 69. Inversión de giro con enclavamiento

Fuente: Promelsa, 2017

2.6.7. Métodos de inversión de giro de motores de inducción trifásicos

Para poder invertir el sentido de giro de un motor trifásico, se tiene que cambiar dos de las tres fases que alimentan el motor, a continuación se muestra dicho cambio.

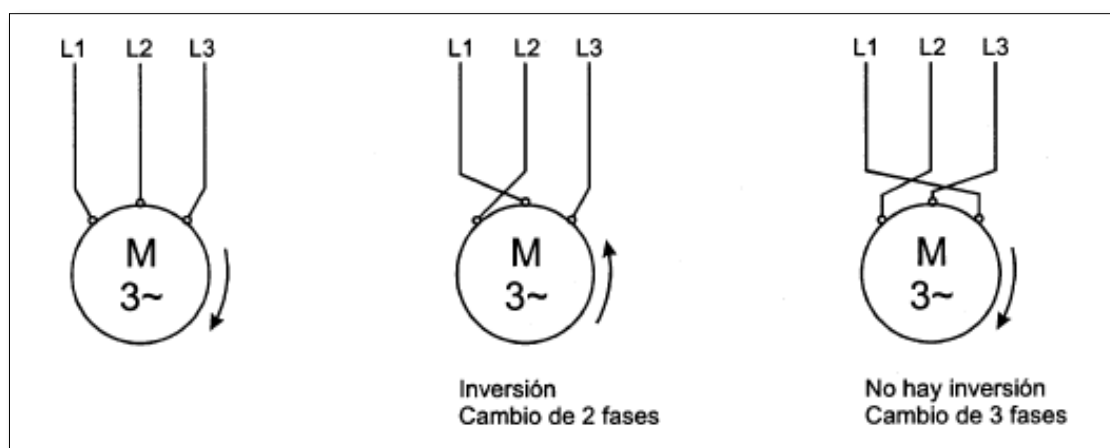


Figura 70. Inversión de giro de motor trifásico
Fuente: Promelsa, 2017

El cambio de giro puede hacerse instantáneamente, con lo que se crea primero un frenado de la velocidad por contracorriente, para que a continuación el rotor realice la inversión de giro. Una inversión supone un cambio brusco que repercute en un momento importante de la intensidad absorbida puntualmente durante este periodo. (38)

En otros casos, toda la potencia elevada al motor, conviene parar el motor y a continuación realizar la inversión. El paro del motor puede realizarse por electro freno o esperando a que el rotor se pare por defecto de las inercias. (38)

2.7. Circuito de potencia

Los procedimientos propuestos en la presente investigación se basan en las recomendaciones de *ShneiderElectric*, que lleva como título Manual electrotécnico Telesquemario, del cual se han extraído las instrucciones para el Circuito de potencia. A continuación, se detallan dichas recomendaciones. (27)

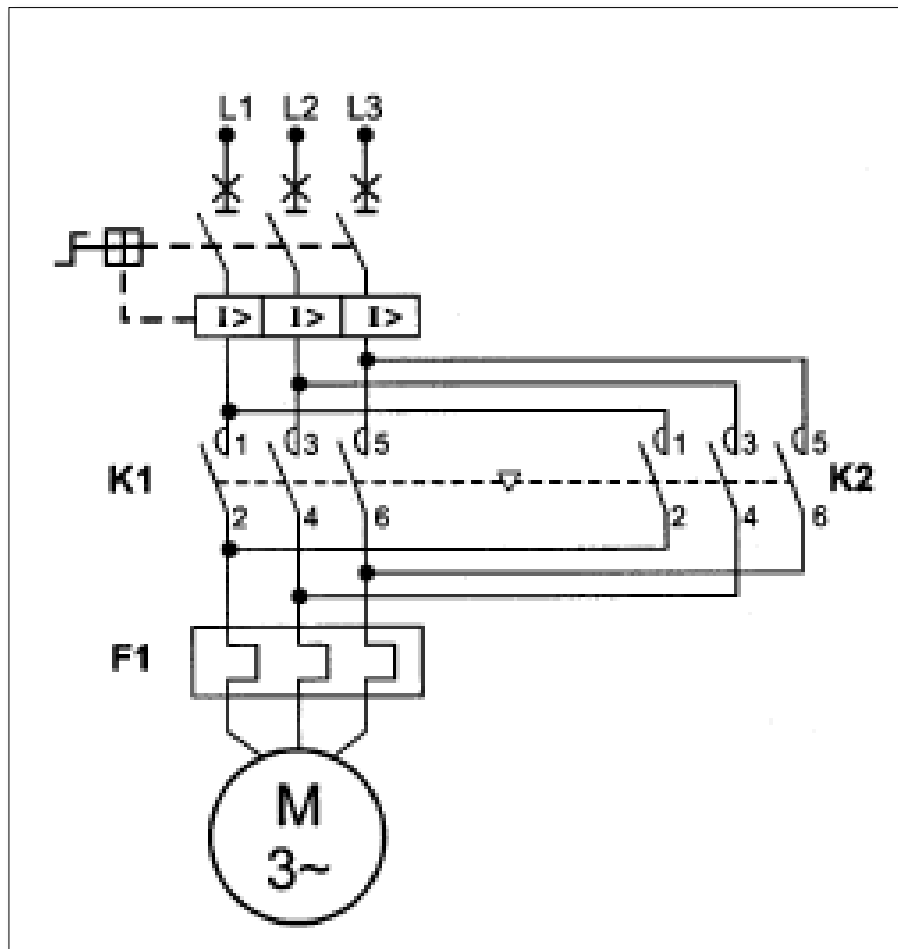


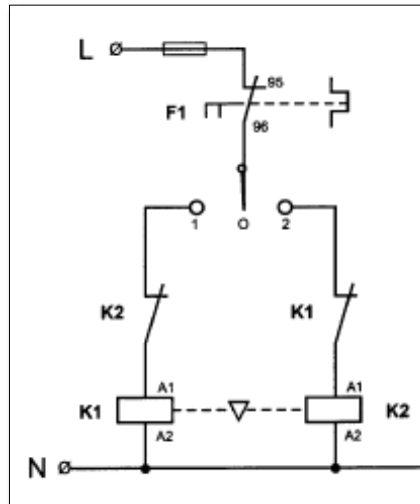
Figura 71. Circuito de potencia
Fuente: Promelsa, 2017

- Los contactores k1 y k2 serán de la misma capacidad

Esquema 1: maniobra para la inversión de giro de un motor trifásico por medio de un conmutador de tres posiciones, siendo la del centro abierta.

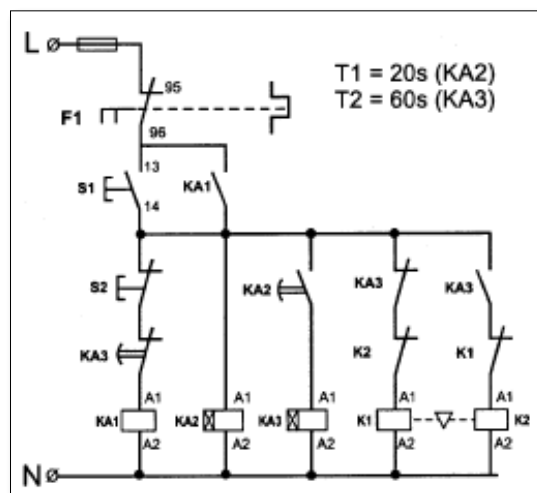
- Usar el conmutador en posición 1, energiza el contactor k1 y el motor gira a la izquierda.

- Al activar el conmutador en posición 2, energiza el contactor k2 y el motor gira a la derecha.
- Doble enclavamiento: eléctrico por contactos auxiliares y mecánicos.



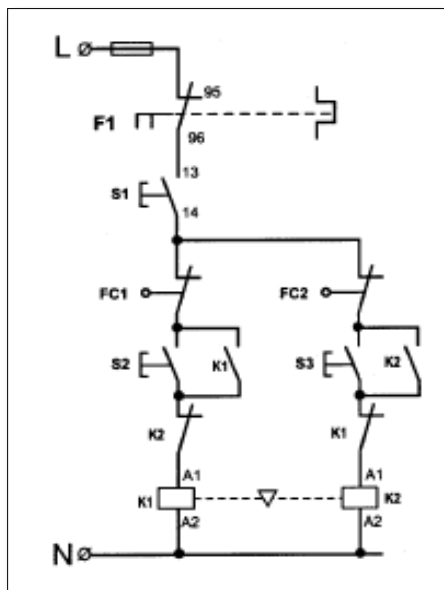
Esquema 1

- **Esquema 2:** maniobra para la inversión de giro de un motor trifásico, con puesta en marcha desde un pulsador y que realiza la secuencia indicada.
- Al pulsar marcha energizada k1 (relé)+ k2 (temporizador)+ k1 (contactor). Transcurridos 20 segundos, k2 conecta a k3 (temporizador), desconecta a k1 y conecta k2 (contactor)
 - Transcurrido 60 segundos, de la segunda temporización, k3 desconecta a k1 y de esa forma concluye el ciclo de funcionamiento.



Esquema 2

- **Esquema 3:** maniobra para el mando de un motor trifásico con inversión de giro, con fines de carrera para el paro.
- Al llegar el mecanismo accionado por motor al final del recorrido izquierdo, se para el motor.
 - Habrá que pulsar la marcha contraria para que el motor se ponga a funcionar en sentido contrario al que lo hacía, y que parará a llegar al final de su recorrido derecho.
 - La maniobra se puede parar en cualquier momento de su marcha cursando S1.



Esquema 3

Operación:

Tabla 19: Inversión de giro por medio de pulsadores

Nº	OPERACIONES	MATERIALES/INSTRUMENTOS
1	* Elaborar un esquema de arranque directo con inversión de giro con enclavamiento por pulsadores.	Motor trifásico de inducción Disyuntor motor Contactor electromagnético Relé térmico diferencial Cables eléctricos Pulsador doble (NA+NC) Pulsador normalmente cerrado Lámparas de señalización Destornillador plano Alicata universal Multitester
2	* Probar arranque directo con inversión de giro con enclavamiento de pulsadores.	

Fuente: Promelsa, 2017

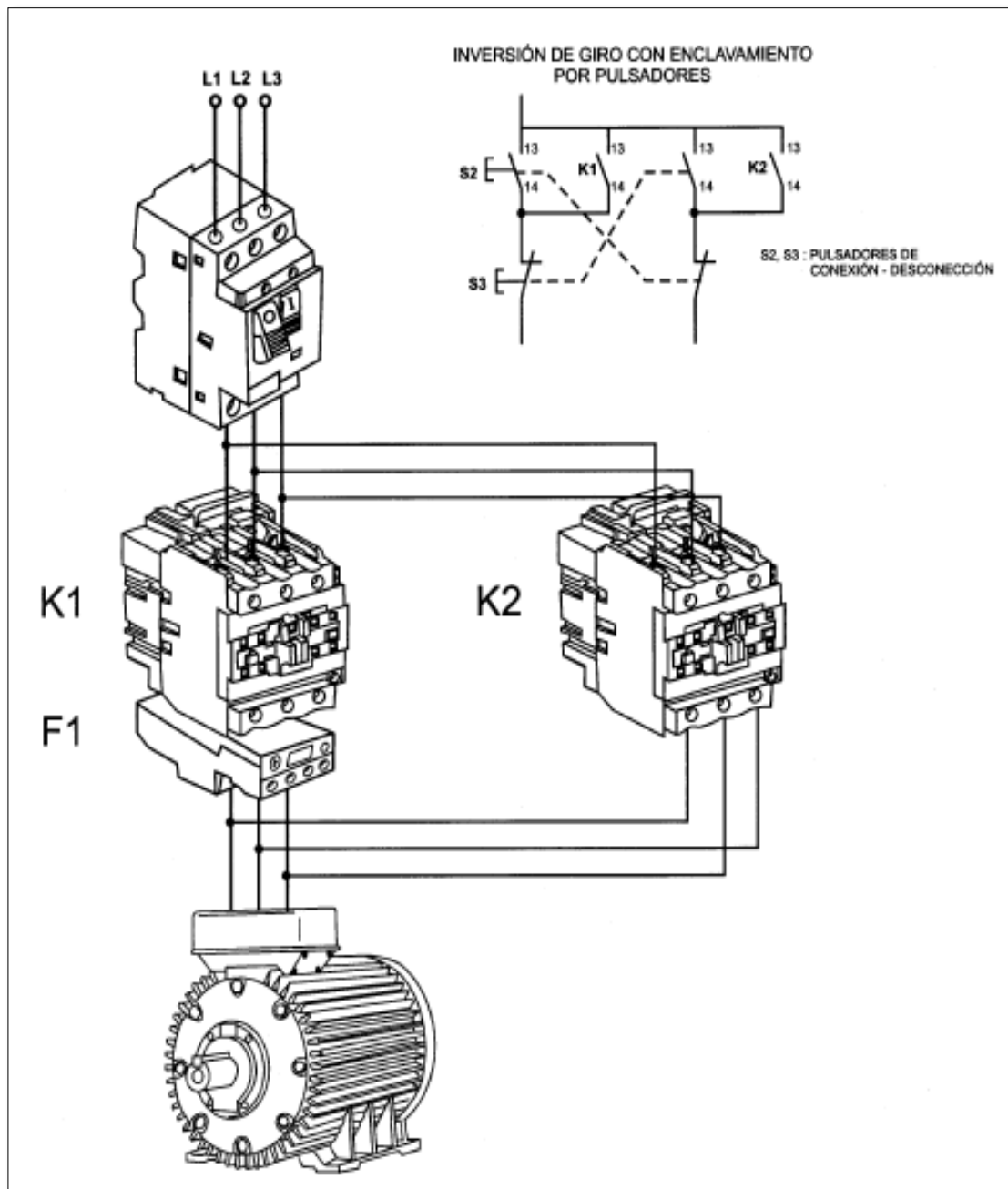


Figura 72. Inversión de giro de enclavamiento
Fuente: Promelsa, 2017

2.7.1. Clasificación de los motores de inducción trifásicos, jaula de ardilla

- **Rotor de jaula simple**

El par resistente de estos motores es relativamente débil y la corriente que se absorbe durante la puesta bajo tensión es muy superior a la corriente nominal.

- **Rotor de doble jaula**

Rotor más utilizado. Consta de dos jaulas concéntricas, uno exterior de gran resistencia y otro interior más débil. Al iniciarse el arranque dado que el flujo es de elevada frecuencia, las corrientes inducidas se oponen a su penetración en jaula interior. En el par que produce la jaula exterior resistente es importante la corriente solicitada.

Al finalizar el arranque, la frecuencia disminuye en el rotor y se facilita el paso de flujo a través de la jaula interior. El régimen es estable, ligeramente inferior a la del rotor de jaula simple.

- **Rotor de jaula resistente**

El rotor resistente existe principalmente en jaula simple, en general la jaula queda cerrada por dos anillos de acero inoxidable resistente. Son de tipo moto ventilada.

El rendimiento de los motores de jaula resistente es inferior, donde la velocidad puede obtenerse alterando únicamente la atención. Por lo demás, su par de arranque es bueno.

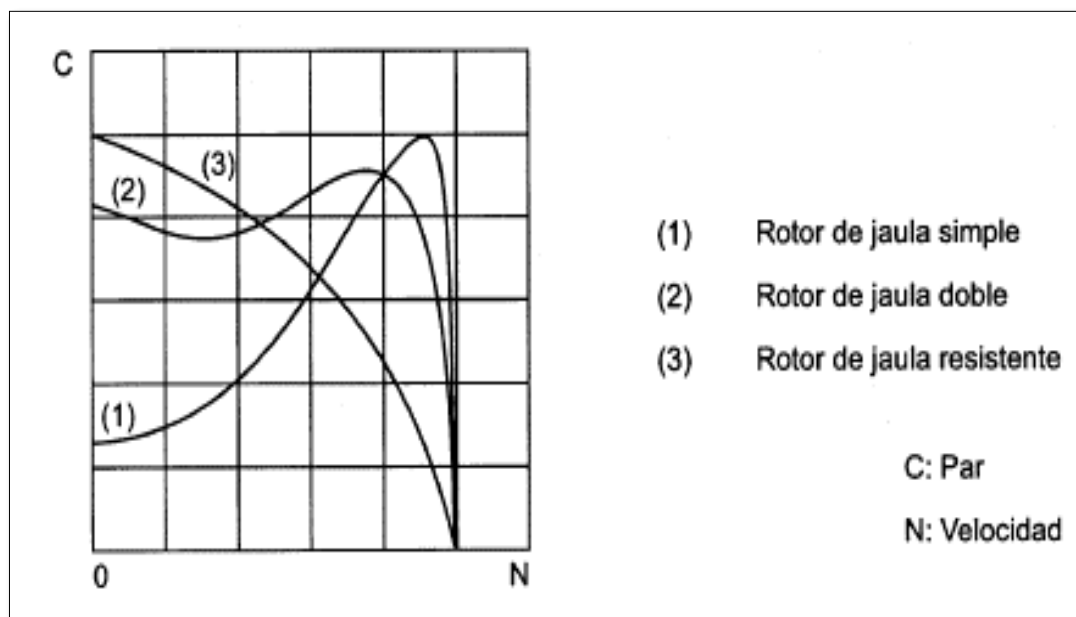


Figura 73. Curva de par/velocidad de los destinos de rotores de jaula
Fuente: Promelsa, 2017

2.7.2. Precauciones de seguridad en el enclavamiento por contacto auxiliares

- La fiabilidad de contacto es la probabilidad estadística de garantizar su función libre de fallos durante un período dado en determinadas condiciones de uso y ambientales. Se expresa mediante la tasa de fiabilidad, o tasa de fallos, proporcionales a la relación d/M , en la que d es la suma de los fallos y M es el producto del número de contactos por el número de ciclos de maniobras
- Un contacto falla cuando su resistencia R_c en posición cerrada provoca una caída de tensión igual o superior a un valor específico. Esta caída de tensión U_l en los bornes del contacto herencia de potencial U_r en los bordes del receptor cae por debajo del umbral de funcionamiento admisible.

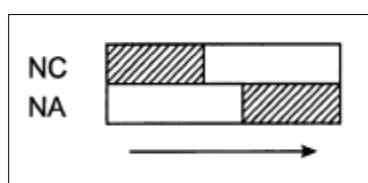
Este tipo de fallas tiene tres causas principales:

- Presencia de partículas aislantes entre las superficies de contacto
 - Aparición de una pantalla aislante por depósito de capas homogéneas sobre las superficies de contacto
 - Formación de películas aislantes
- El enclavamiento por contactos auxiliares es 100% efectivo solamente cuando el circuito ya está energizado, pero presenta diferencias en el momento inicial de maniobra, ya que como vemos el contacto está cerrado al momento de repaso, existe la posibilidad de reenviar el ingreso eléctrico a la bobina que suprime contemporáneamente los pulsadores para marcha derecha e izquierda.

2.7.3. Precauciones de seguridad en el enclavamiento por pulsadores

Para realizar este enclavamiento es necesario emplear dos pulsadores de conexión - desconexión, de los que tienen un espacio en el cual los dos contactos se mantienen un tiempo abiertos. Si se oprimen simultáneamente los dos pulsadores, no se energiza ninguna bobina.

Tabla 20. Sistema de arranque estrella – triángulo



Fuente: Promelsa, 2017

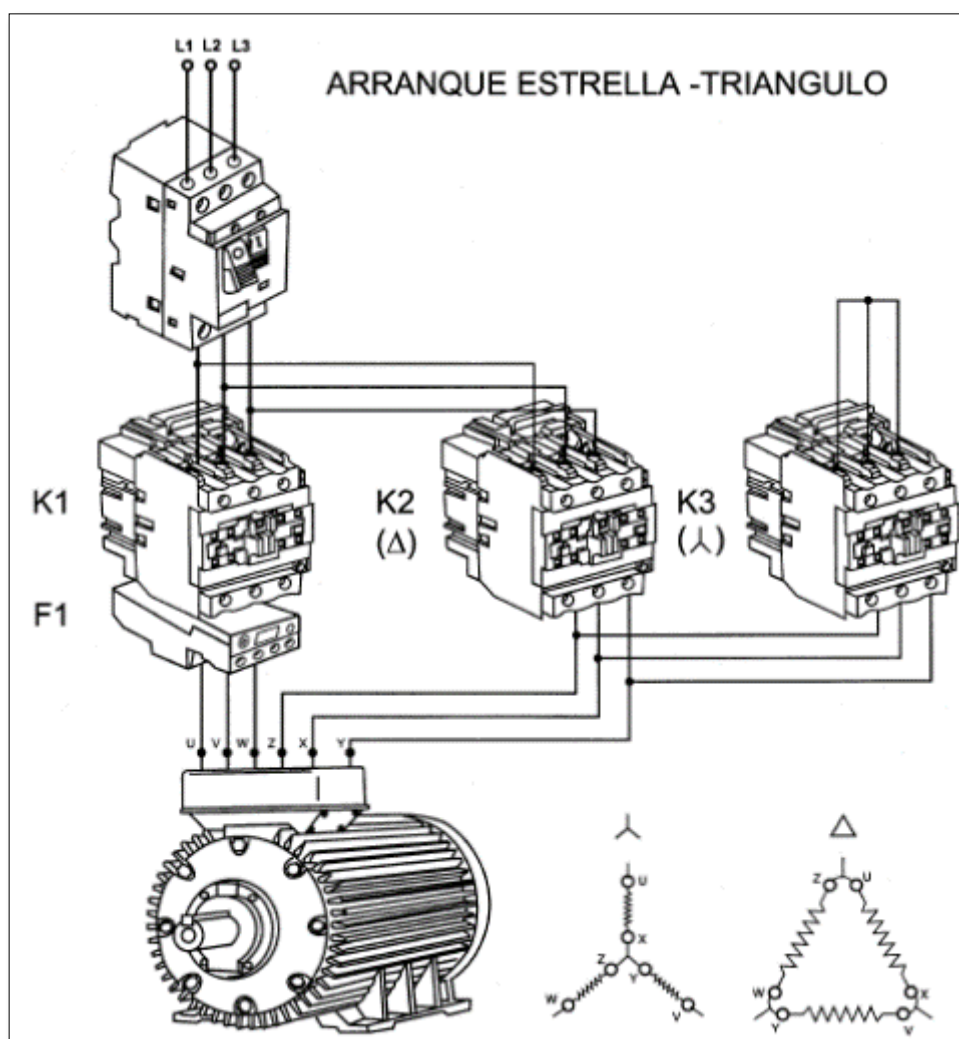


Figura 74. Diagrama esquemático de arranque estrella - triángulo

Fuente: Promelsa, 2017

2. Elaborar un esquema de circuito de control

H1: Indica marcha del motor.

H2: Indica falla térmica.

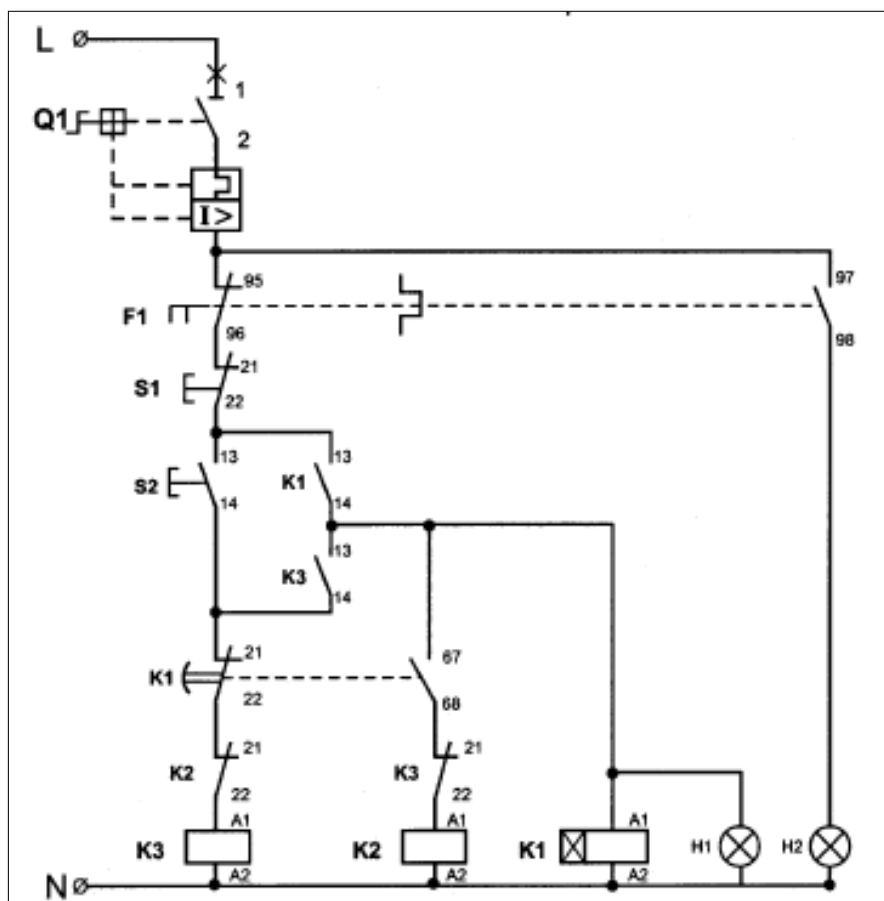


Figura 76. Diagrama circuito de potencia

Fuente: Promelsa, 2017

Operación:

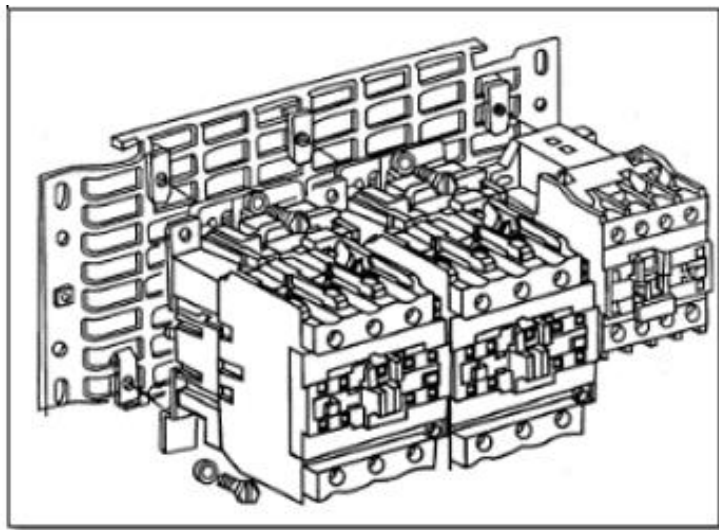
Probar arranque estrella – triángulo

Verificar elementos y probar secuencia de arranque estrella – triángulo

Proceso de ejecución

1. Verificar elementos del circuito de potencia y control.

- Continuidad
- Aislamiento
- Contactos
- Bobina
- Conexiones
- Testeado
- Especificaciones técnicas



*Figura 77. Proceso de ejecución 1
Fuente: elaboración propia*

2. Realizar el montaje de los elementos del circuito de potencia y control

3. Conectar elementos

4. Regular el tiempo de arranque

5. Realizar prueba de funcionamiento

- Activa disyuntor unipolar
- Activa disyuntor motor
- Pulse s2, la bobina del contactor
- K3, al cerrar su contacto auxiliar, K3 (13 - 14) energiza la bobina del contactor k1 y la lámpara h1. Activa el temporizador. El motor arranca en conexión estrella, al 58% de su tensión nominal
- Transcurrido el tiempo regulado, el motor cambia de conexión estrella a triángulo y trabaja al 100% de su tensión nominal.
- Mira tensión entre líneas, amperaje en cada línea y velocidad del motor
- Pulse s1, el motor se detiene.

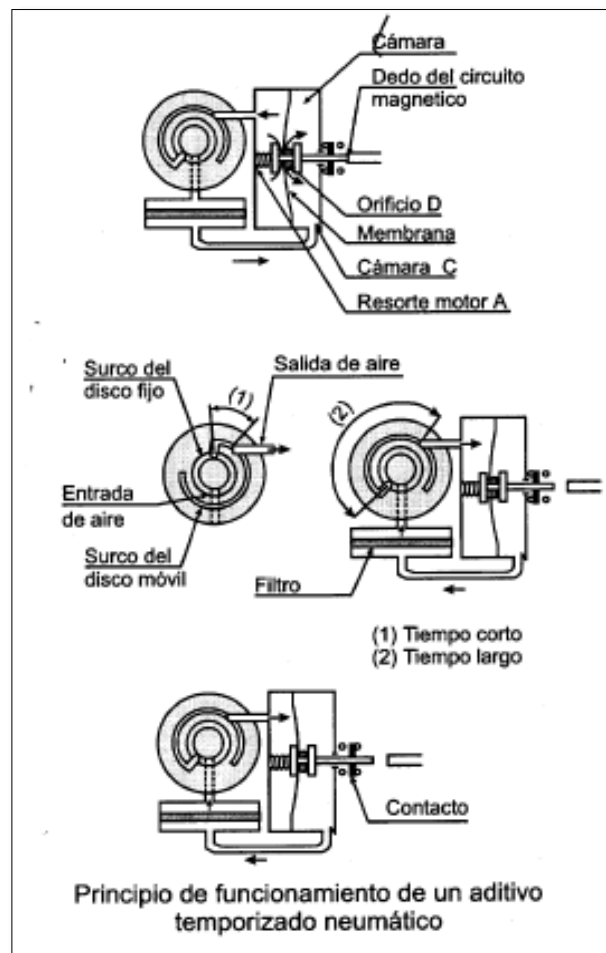


Figura 78. Proceso de ejecución 2
Fuente: elaboración propia

2.7.5. Arranque estrella - triángulo del motor de inducción trifásico

Durante la puesta en tensión de un motor, la corriente solicitada es considerable y puede provocar una caída de tensión que afecta al funcionamiento de los receptores, especialmente en caso de insuficiencia de la sección de la línea de alimentación. En ocasiones, la caída puede llegar a ser perceptible en los aparatos de alumbrado.

Para poner remedio a estos inconvenientes las normas eléctricas prohíben el uso de motores de arranque directo que superan cierta potencia. Se recurre al uso de arranques a tensión reducida.

Uno de los arranques a tensión reducida muy difundida en el arranque es el de estrella triángulo, ya que la corriente inicial de arranque estará solamente entre 1,3 a 2,6 veces de la corriente nominal. Solo es posible utilizar el modo de arranque de motores de 6 terminales en caja de bornes. Por otra parte, no debe realizarse de manera que el acoplamiento del triángulo corresponda con la tensión de la red:

Ejemplo, en el caso de una red trifásica de 220V, es preciso utilizar un motor con conexiones 220V en triángulo 380V en estrella.

- **Conexión estrella**

Consiste en unir los terminales x y z de las tres bobinas del estator, alimentando sus terminales (ü - v- w) con las tres fases de la red (l1, l2, l3), cada bobina recibe una tensión equivalente a la tensión de fase tensión de línea dividida por raíz de 3: 58% de la tensión nominal).

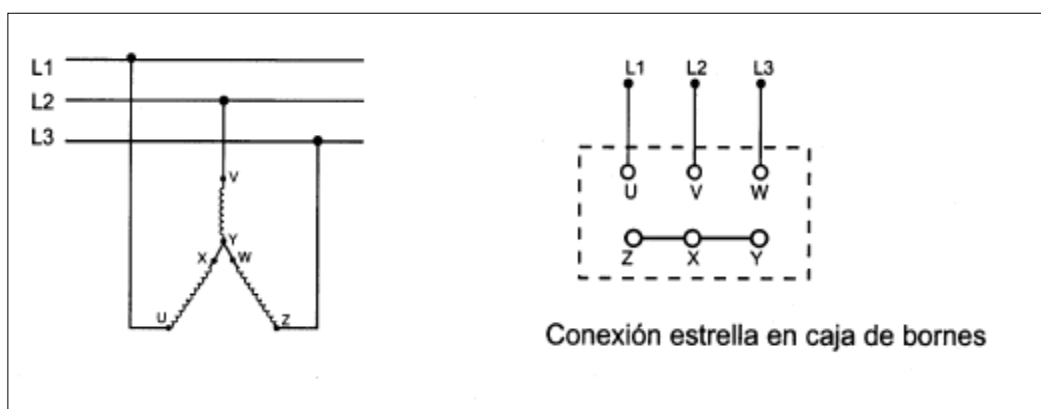


Figura 79. Conexión estrella
Fuente: Promelsa, 2017

- **Conexión triángulo:**

Consiste en unir los terminales. La velocidad del motor se estabiliza cuando se equilibran el par motor y el par resistente, normalmente entre 70 y 80% de la velocidad nominal. En un momento, los devanados se acoplan en triángulo y el motor trabaja con sus valores nominales de tensión, corriente y potencia. Un temporizador se encarga de controlar la transición de acoplamiento en estrella al acoplamiento en triángulo. El cierre del contactor de triángulo se produce con un retardo de 30 a 50 milisegundos tras la apertura del contactor de estrella, lo que evita un cortocircuito entre fases al no poder encontrarse ambos cerrados al mismo tiempo.

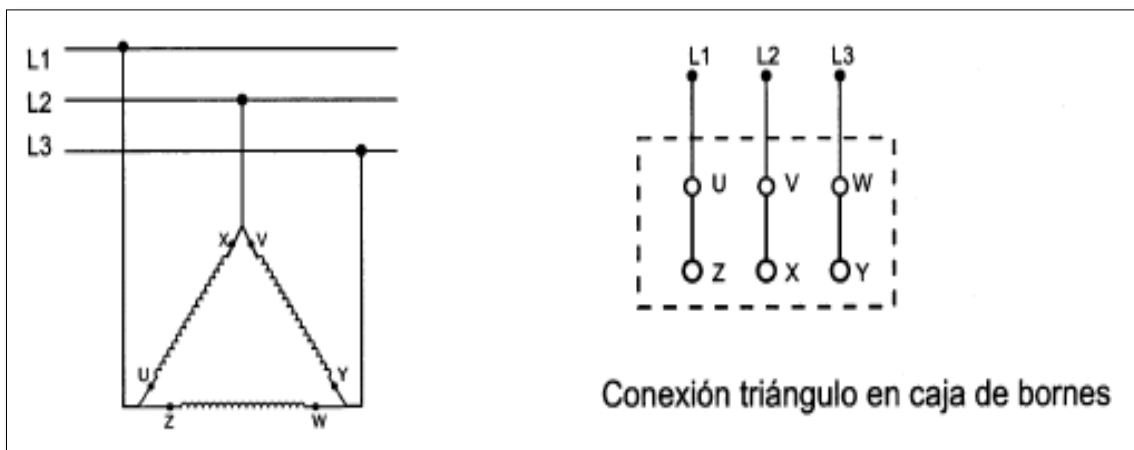


Figura 80. Conexión triángulo
Fuente: Promelsa, 2017

En la práctica, el tiempo de regulación en el temporizador está supeditado para acelerar las partes integrantes. De hecho, la limitación está dada por:

- El relé térmico no tolerará tiempos muy prolongados, aproximadamente, no más de 30 segundos
- El motor, que tiene un límite de calentamiento
- La misma fuente de corriente eléctrica (de un determinado valor de amortiguamiento del pico)

En motores con potencias superiores a 30 o 40 HP, se presentan tensiones inducidas que permanecen en el motor aún después de que se ha realizado la desconexión estrella,

y si se realiza inmediatamente la conexión triángulo, puede presentarse oposición de fase con la red y ser suficientemente alta, como para generar una violenta corriente transitoria.

Este inconveniente se elimina retardando un poco la conexión triángulo, pero cuidando que la pérdida de velocidad durante este tiempo no sea demasiado sensible.

El arranque estrella triángulo es apropiado para las máquinas cuyo par resistente es débil o arranca en vacío.

Curvas características de arranque estrella-triángulo

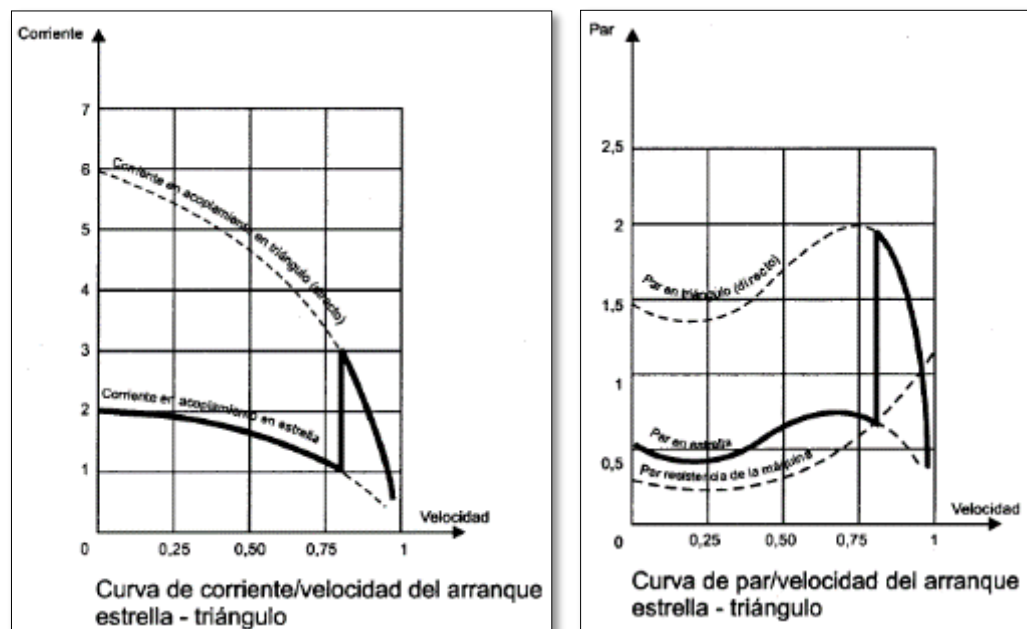


Figura 81. Curva característica de arranque estrella triángulo
Fuente: Promelsa, 2017

2.7.6. Construcción del arranque estrella – triángulo

Cuando se tenga que montar un arrancador por conmutación estrella - triángulo se debe tener en cuenta:

- El arrancador, tres contactores y temporizador
- Los contactos de red y triángulo deben estar dimensionados para soportar un 58% de la intensidad nominal, y el relé térmico regulado para esa misma intensidad.

- El contactor estrella debe ser dimensionado para soportar un 33% de la intensidad nominal.
- Se necesita tres conductores entre la red y arrancador y 6 conductores entre el arrancador y el motor.
- En el momento de la conmutación existe un corto periodo en el cual el motor queda desconectado de la línea de alimentación.
- Los contactores k3 y k2 se conectan en la parte de mando de manera similar a las de un inversor, con enclavamiento auxiliar eléctrico o mecánico.
- Estos arrancadores son muy amplios porque permiten cubrir un gran porcentaje de las aplicaciones del motor en cortocircuito, presentando gran seguridad en la maniobra.

a.- Circuito de potencia

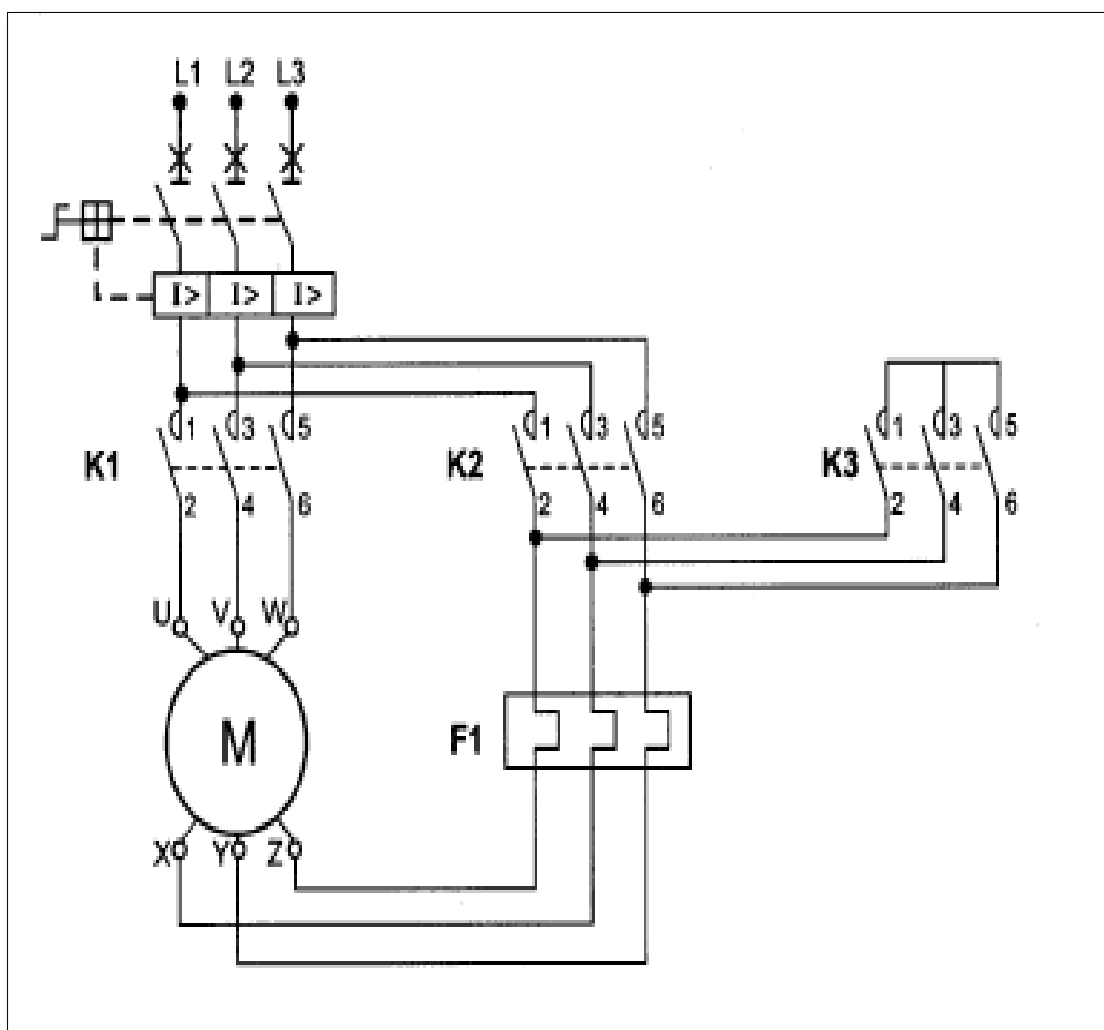


Figura 82. Diagrama circuito de potencia
Fuente: Promelsa, 2017

b.- Circuito de control:

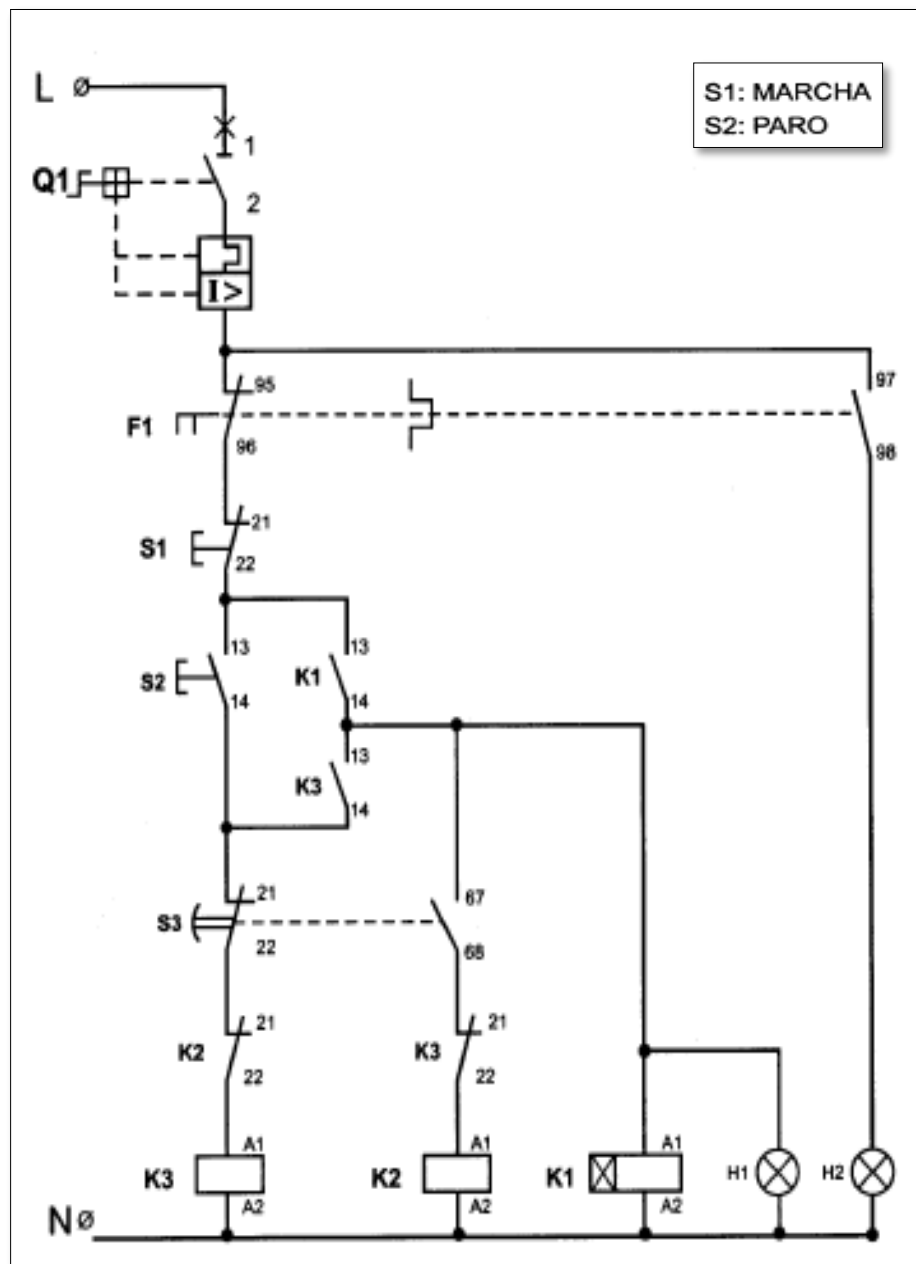


Figura 83. Diagrama circuito de control
Fuente: Promelsa, 2017

Dimensionamiento del circuito de arranque estrella-triángulo

Con un ejemplo práctico, se indicará la forma correcta de selección de los materiales para la instalación de un motor trifásico en arranque estrella-triángulo.

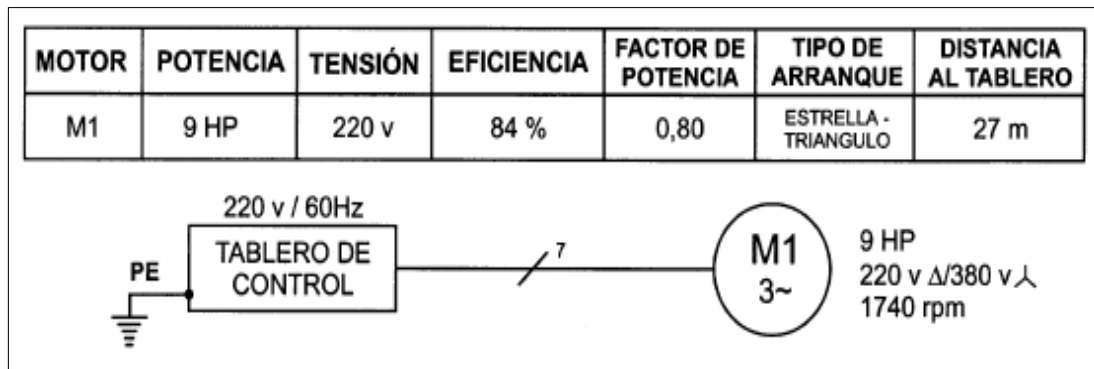


Figura 84. Motor de inducción trifásico
Fuente: Promelsa, 2017

Se recomienda usar conductores del tipo THW, teniendo en tubo PVC SAP, temperatura ambiente máxima: 32° C. Ambiente de trabajo moderado. El nivel del mar 380m. Servicio continuo.

1. Cálculo de la corriente nominal del motor (I_n)

$$I_n = \frac{HP \times 746}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times \cos \varphi} \quad I_n = \frac{9 \times 746}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,80 \times 0,80} \quad I_n = 25,3 \text{ A}$$

2. Cálculo de la corriente de fase del motor (I_f)

En conexión triángulo: $I_f = \frac{I_n}{\sqrt{3}} = \frac{25,3}{\sqrt{3}} = 14,62 \text{ A}$

3. Selección del disyuntor motor

Se selecciona en función de la corriente nominal del motor.

$$I_D \geq I_n \quad I_D \geq 25,3 \text{ A}$$

4. Selección de los contactores electromagnéticos

- **Principal (K1) y contactor triángulo (K2)**

Se seleccionan en función de la corriente de fase del motor.

$$I_{CK1} = I_{CK2} \geq I_F \quad I_{CK1} = I_{CK2} \geq 14,62 \text{ A}$$

K1: 1 contactor de 16 A, con bobina de 220V / 60 Hz y un contacto auxiliar normalmente abierto.

K2: 1 contactor de 16 A, con bobina de 220V / 60 Hz y un contacto auxiliar normalmente cerrado.

- **Contacto estrella (K3):**

Se selecciona con el 33% de la corriente nominal

$$I_{CK3} \geq 33\% I_n \quad I_{CK3} \geq 8,34 \text{ A}$$

K3: 1 contactor de 9A, con bobina 220 V/ 60 Hertz, un contacto auxiliar normalmente abierto y un contacto normalmente cerrado.

5. Selección del relé térmico diferencial

Se selecciona en función de la corriente de fase del motor

- Índice de regulación mínimo:

$$I_{\min} = I_f \times 0,8 = 14,62 \times 0,8 = 11,7\text{A.}$$

- Índice de regulación máxima:

$$I_{\min} = I_f + 0,8 = 14,62 + 0,8 = 18,28\text{A.}$$

Normalizado, tenemos el relé térmico diferencial con Rango 12 - 18A

6. Selección de los conductores de alimentación del tablero al motor

Aplicaremos dos métodos: por capacidad de corriente y por caída de tensión.

Del motor al tablero de control irán 7 conductores (6 conductores de alimentación y uno de protección), de igual sección. La sección mínima permitida para fuerza motriz es de conductor número 14 AWG sección= 2,08 mm

Cálculo por capacidad de corriente

La tabla, los conductores tipo THW, tenemos una capacidad de corriente de 30 amperios, le corresponde a un conductor número 10AWG.

A este valor se le aplica los factores de corriente por temperatura y por agrupación de conductores en tubo

$$30 \times 0,88 \times 0,7 = 18,48A.$$

El valor obtenido (18, 48 A) es mayor que la corriente de fase del motor (14, 62A)

- Conductor N° 10 WG (Sección: 5,26 mm)

Cálculo por caída de tensión

La caída de tensión máxima permitida es del 3% de la tensión de línea.

$$\Delta V = \frac{0,0309 \times \Sigma I \times L \times \cos\phi \times 100}{S \times V}$$

$$\Delta V = \frac{0,0309 \times 14,62 \times 27 \times 0,8 \times 100}{5,26 \times 220}$$

$$\Delta V = 0,84\% < 3\% \quad \text{OK}$$

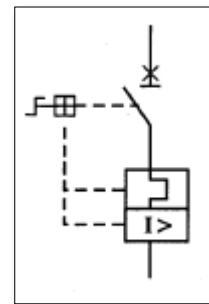
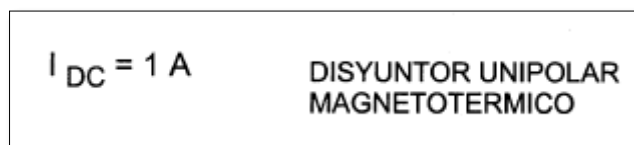
Por lo tanto, el conductor seleccionado para instalar el motor es el número 10AWG, tipo THW. Conductor de potencia de protección, también será del mismo calibre.

7. Selección de la tubería

El diámetro de la tubería lo tenemos de la tabla para 7 conductores número 10AWG, le corresponde un diámetro de tubo de 1" PVC SAP.

8. Selección de la protección de sistema de control

El disyuntor de control, específico para proteger los circuitos de control y auxiliares contra cortocircuito y sobrecarga puede utilizarse como alternativa a los fusibles.



9. Accesorios del sistema de control

- 1 pulsador con contactos normalmente abierto, color verde
- 1 pulsador con contacto normalmente cerrado, rojo
- 1 lámpara de señalización, color verde, 220V/ 60 Hz
- 1 lámpara de señalización, color rojo, 220V/ 60 Hz
- 1 temporizador *on delay*, regulación 0-30 segundos
- Conductor número 18AWG tipo TFF
- Borneras
- Marcadores

Temporización del arranque estrella-triángulo en función de la velocidad

- El arranque estrella-triángulo, consiste en energizar el motor conectándolo inicialmente en estrella, usando aproximadamente el 70% de su velocidad de régimen, se conecta en triángulo
- Es importante determinar el tiempo, se realizará el cambio de conexión de estrella-triángulo. Si el tiempo es corto, se genera una intensidad pico que puede alcanzar valores muy altos, y en caso contrario se podría provocar el paro del motor, con el peligro de dañar los bobinados

➤ Aspectos prácticos en el manejo de temporizadores:

- Antes de conectar un temporizador es necesario ver si tiene solamente contactores temporizados, o si por el contrario posee contactos instantáneos y temporizados, para darle el uso correcto a cada uno de ellos.
- Si el temporizador requiere de un contacto auxiliar del sostenimiento, pero no tiene contactos instantáneos, se debe conectar en paralelo con un contactor auxiliar, para que cubra dicha necesidad.
- Como norma general, tan pronto un temporizador cumple plenamente su función, este debe ser desenergizado.
- Al usar un diseño es necesario tener presente si los contactos temporizados son una apertura lenta o brusca, y si están o no completamente separadas.
- Por lo general, los bloques temporizados se asocian a contactores auxiliares. En estos casos, los contactores temporizados se identifican con la misma marca del contactor.
- Por lo general el temporizador tiene su propio elemento motor o de alimentación, puede identificarse con la letra T y un subíndice (si son varios)
- Finalmente, tengamos presente lo dicho sobre la función y conexionado de pulsadores de conexión-desconexión, ya que los contactores temporizados tienen gran similitud en estos aspectos.

Tabla 21. Operaciones y materiales

N°	OPERACIONES	MATERIALES/INSTRUMENTOS
1	* Elaborar esquema de arranque estrella triángulo con inversión de giro	Motor trifásico de inducción Disyuntor motor Contactor electromagnético
2	* Arranque estrella-triángulo con inversión de giro	Relé térmico diferencial Cables eléctricos Pulsador normalmente abierto Pulsador normalmente cerrado Lámparas de señalización Destornillador plano Alicate universal Multitester

Fuente: Promelsa, 2017

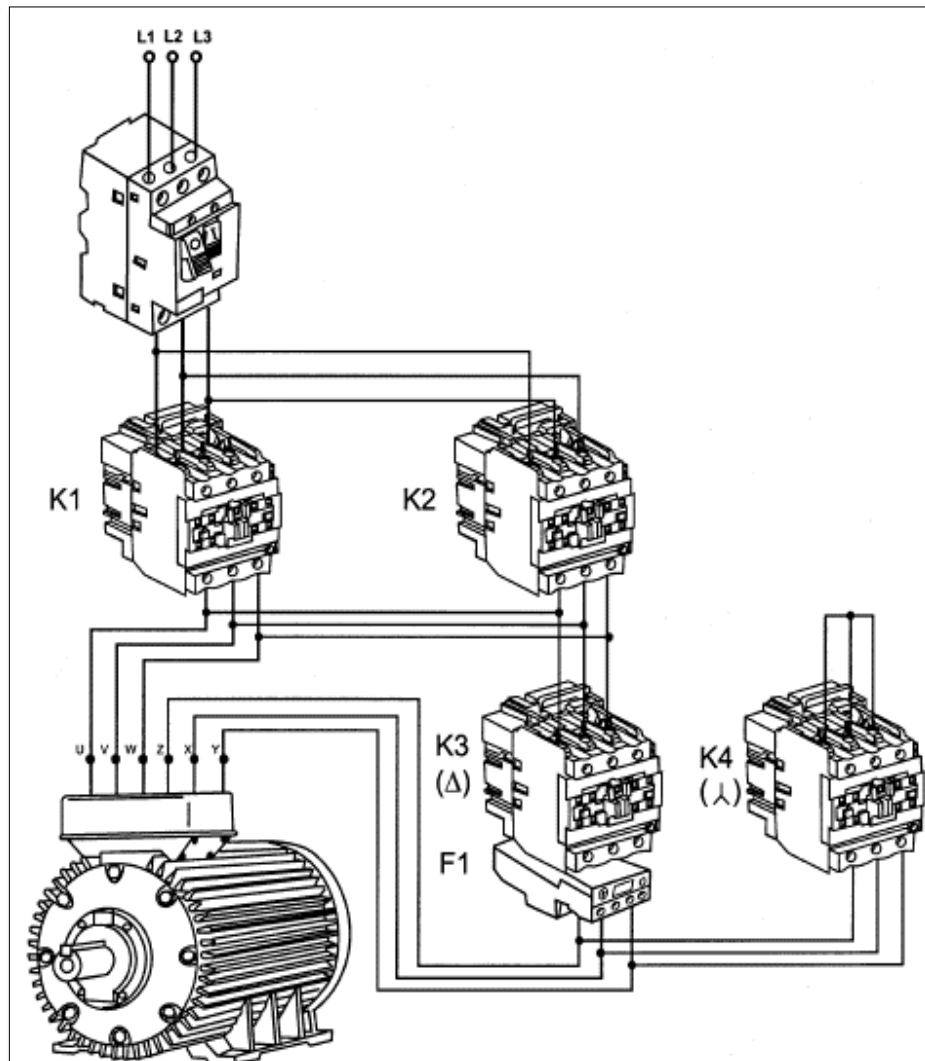


Figura 85. Operaciones y materiales

Fuente: Promelsa, 2017

2.7.7. Elaborar esquema de arranque estrella-triángulo con inversión de giro

El motor realiza el arranque en estrella-triángulo en sentido horario o en sentido antihorario, según las órdenes asignadas por los pulsadores.

Proceso de ejecución

1. Elabore esquema del circuito de potencia

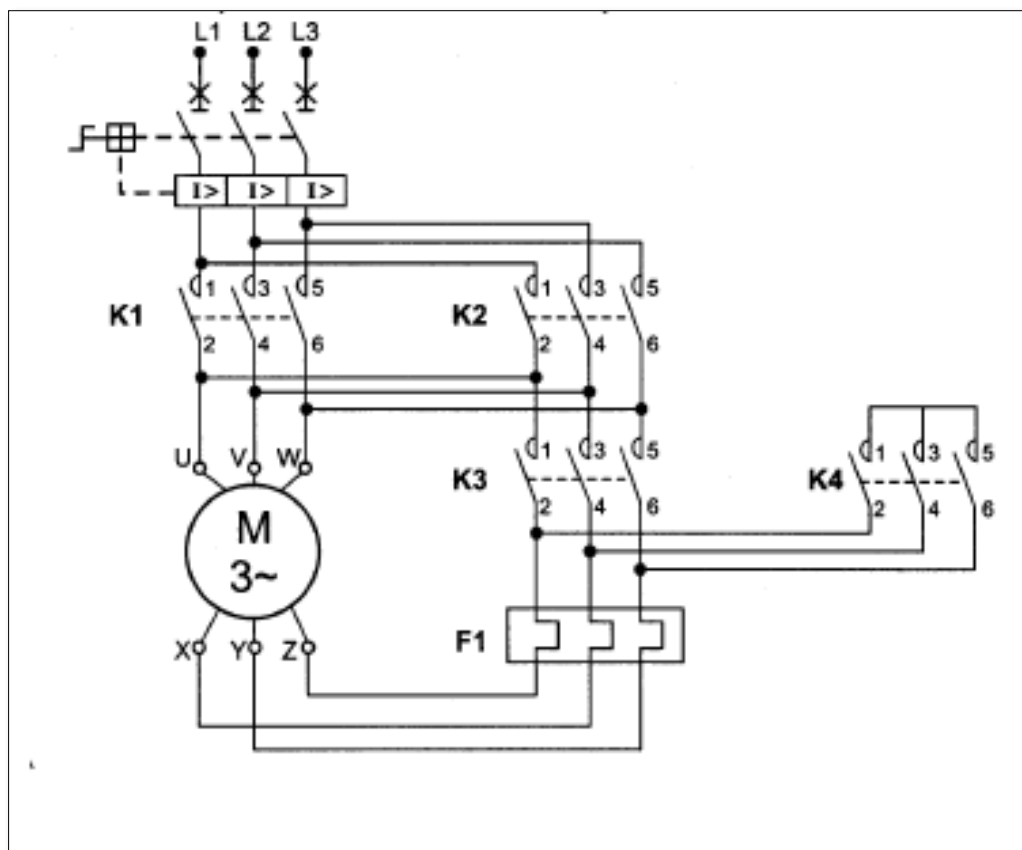


Figura 86. Esquema de circuito de potencia

Fuente: Promelsa, 2017

- Aislamiento
- Contactos
- Bobina
- Conexiones
- Testeado
- Especificaciones técnicas

2. El montaje de los elementos del circuito de potencia y control

3. Conecte elementos

4. Regula el tiempo de arranque

5. Realice prueba de funcionamiento

- Activa disyuntor unipolar

- Activa disyuntor motor

Marcha 1

Arranque : K4 - K1 (∧)

Trabajo : K1 - K3 (△)

Marcha 2

Arranque : K4 - K2 (∧)

Trabajo : K2 - K3 (△)

- Al pulsar S2, se energiza la bobina del contactor K1 y la lámpara H1, al cerrarse el contacto auxiliar K1 (53 - 54) se energiza la bobina de contactor K4. Se activa el temporizador. El motor arranca en conexión estrella en su tensión nominal y gira en sentido horario
- Transcurrido el tiempo regulado, el motor cambia de conexión estrella (k4) a conexión triángulo (k3) y trabaja el 100% de su tensión nominal
- Mire la tensión entrelíneas, amperaje en cada línea y velocidad de motor
- Pulse s1, el motor se detiene
- Pulse S3, energiza la bobina del contactor k2 y la lámpara h2, al cerrar su contacto auxiliar k2 (53 - 54) energiza la bobina del contactor k4. Activa el temporizador. El motor arranca en conexión estrella, a 58% de su tensión nominal y gira en sentido antihorario.

Precauciones de seguridad conexión estrella por contactores

- Se presentan corrientes transitorias importantes en el momento del paso del acoplamiento estrella al acoplamiento triángulo. Elimina retardando un poco la conexión triángulo, pero cuidando que la pérdida de velocidad durante este tiempo no sea demasiado sensible.
- Con el fin de asegurar que los contactores que realiza la conexión estrella y triángulo trabajan al mismo tiempo, se debe establecer un sistema de enclavamiento mecánico o eléctrico. De no ser así, puede producirse un cortocircuito entre fases y quemar los bobinados.

Precauciones de seguridad en la temporización de la conmutación estrella-triángulo

- El tiempo de regulación en el temporizador está en aceleración e inercia de las partes integrantes. La conmutación de estrella triángulo debe realizarse tan pronto el motor alcance entre 70 y 80% de su velocidad nominal, porque si esto se produce demasiado pronto, la intensidad pico puede alcanzar valores muy altos, y en caso contrario podría probar el paro de motor, con el peligro de dañar los bobinados.
- Por lo tanto, es muy importante determinar correctamente el tiempo de arranque.
- El arranque de la velocidad 0 a la velocidad W_n con un par del acelerador constante T_a :

$$t = \frac{J \cdot W_n}{T_a} \quad \text{ó} \quad t = \frac{J \cdot W_n^2}{P_n} \cdot \left(\frac{1}{T_a / T_n} \right)$$

T : Tiempo de arranque en segundos

J : momento de inercia total de las masas en movimiento (motor + carga)
en kilogramos - metros cuadrados = $m \cdot r^2$

W_n : Velocidad nominal angular en radianes por segundo = $\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$

T_a : Par acelerador en newtons - metros

P_n : Potencia nominal del motor en vatios

T_n : Par nominal en newtons - metro = P_n / W_n

m : masa en kilogramos

r : radio de giro en metros

n : velocidad de rotación en revoluciones por minuto.

Funcionamiento

En muchas aplicaciones a nivel industrial es necesario realizar el arranque estrella triángulo con inversión de giro de un motor de inducción trifásico. Se tiene arranque en sentido horario (marcha 1) y arranca en sentido antihorario (marcha 2).

- **Marcha 1:** el motor de arranque es en conexión estrella (k4 - k1), transcurrido el tiempo regulado cambia la conexión a triángulo (k1 -k3). Giro horario.
- **Marcha 2:** el motor de arranque es en conexión estrella (k4 - k2), transcurrido el tiempo regulado cambia la conexión a triángulo (k2-k3). Giro antihorario.

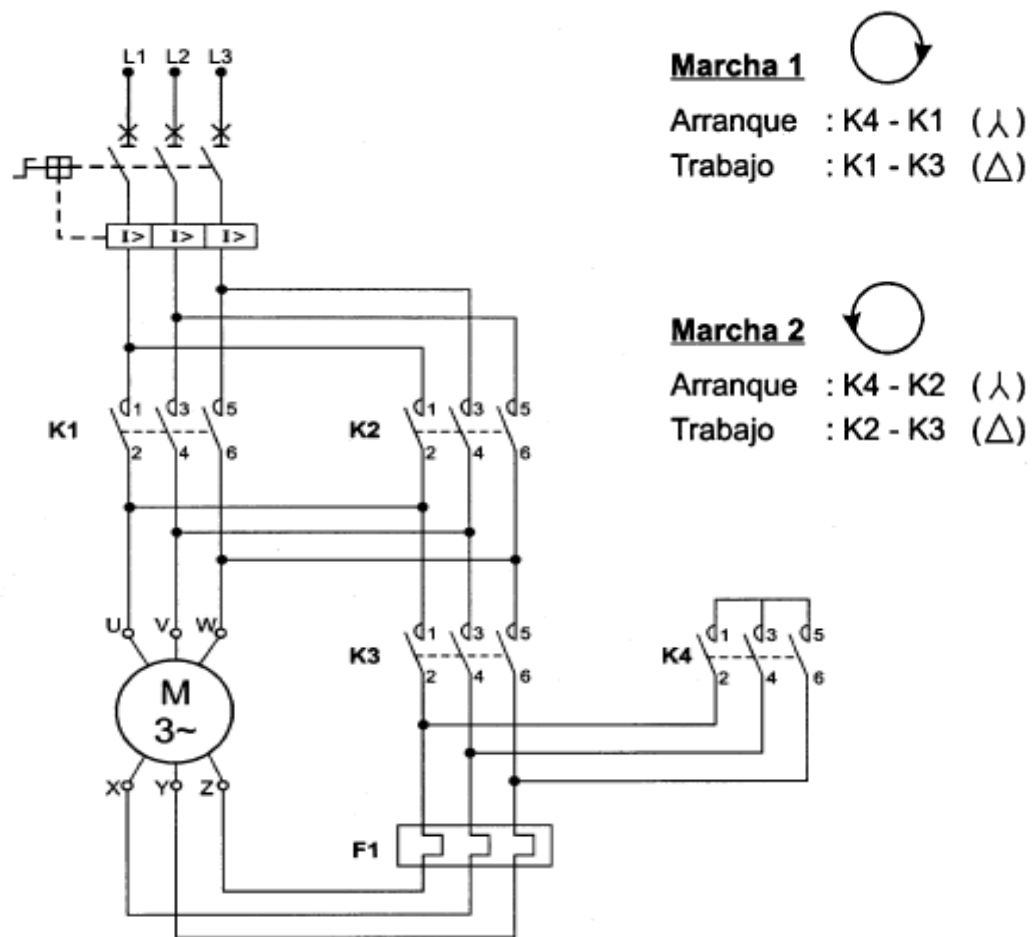


Figura 88. Diagrama esquemático de motor de inducción
Fuente: Promelsa, 2017

2.8. Terminologías

Trackles: es una mina donde se trabaja con equipos con motores diésel y eléctricos de gran dimensión de las secciones.

Convencional: es una mina donde se realizan trabajos sin equipos de motores diésel, con secciones de las labores pequeñas.

Carrier: se le denomina así a la base chasis del equipo donde se ensamblan los componentes eléctricos (tablero eléctrico y motor eléctrico).

Jumbo: (M-Drill) es el equipo electro-hidráulico de perforación que se designó como nombre patentado por el fabricante.

Jackleg: es una máquina perforadora neumática, que se utiliza para realizar trabajos de perforación manual.

Skips: son equipos de extracción de mineral que trabajan en forma vertical accionado por un motor eléctrico y cable de acero, diseñado en función de las capacidades.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

3.1.1. 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 sistema eléctrico de fuerza en el equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura; 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.

3.1.2. Nivel

El nivel de investigación en el presente trabajo de investigación es **descriptivo - correlacional**, pues parte de las características del diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) del equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura. Es una investigación asociativa que trata de hallar correspondencia entre el sistema eléctrico de fuerza y el equipo de perforación *M-Drill*.

3.1.3. Método

a) 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 sistema de fuerza (*power pack*), para establecer su influencia en el equipo de perforación.

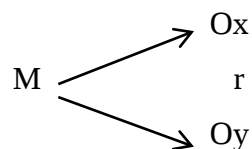
b) Método específico

Como método específico de la investigación se eligió el método descriptivo, hipotético y estadístico porque se analizó e interpretó sistemáticamente un conjunto de hechos, fenómenos y sus variables que les caracterizan en su estado actual.

3.2. Diseño y esquema de la investigación

El diseño que se utilizó en la investigación fue el descriptivo correlacional, gracias a los resultados alcanzados en la medición de las variables han sido estudiadas, para la determinación del nivel de influencia que existe entre las variables.

Los datos cuantitativos y las observaciones de muestreo del sistema eléctrico para el equipo en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani) – Huancavelica, 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

3.3. Población, muestra y técnica de muestreo

3.3.1. Población

La población está constituida por los equipos de extracción minera en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani) – Huancavelica, en sus zonas de vida, ubicados en diferentes frentes y con diferentes características de operación.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por el equipo de perforación *M-Drill* obtenido una vez instaurado el sistema eléctrico de fuerza ***en la compañía minera Buenaventura – Huancavelica.***

Se identificó el equipo de perforación a quien se le diseñó el sistema eléctrico (*power pack*). Se colectó una muestra de producción con y sin sistema *power pack*.

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 del investigador. Esto se evidencia al elegir el equipo de perforación a quien se aplicó el sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) en la investigación.

3.4. 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 en 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 y por mes.

3.5. 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 contrastación de las 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.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

Para el presente capítulo se describe el funcionamiento del equipo de perforación *M-Drill* mediante sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) de la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani) – Huancavelica, para ello se han estudiado los parámetros de operación, producción diaria y profundidad de excavación a fin de entender el cambio creado gracias al diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) del equipo de perforación *M-Drill*, para ello primero se realiza un análisis descriptivo acerca de la extracción tradicional y automatizada, luego se pasarán a mostrar los resultados del cuestionario aplicado a los trabajadores de la mina y finalmente la contrastación estadística acerca de las hipótesis general y específica.

4.2. Sistema de extracción tradicional

Considerando que en la mina Buenaventura se realizaba la extracción con el equipo de perforación *jackleg*, trabajando en el turno de día según el periodo de enero de 2017. 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 1674 toneladas de mineral por día; resultando un promedio de 832 *skips* por guardia.

Tabla 22. Minera Buenaventura S.A.A. - avance lineal mensual tradicional

Fecha	Tiempo de perforación x taladros de 8 pies/minutos	Avance x frente disparados /metros lineales
1/1/2017	3.50	2.10
2/1/2017	3.50	2.10
3/1/2017	3.20	1.80
4/1/2017	3.25	2.00
5/1/2017	3.00	2.00
6/1/2017	3.17	1.90
7/1/2017	3.15	1.85
8/1/2017	3.25	2.00
9/1/2017	3.50	2.10
0/1/2017	3.50	2.00
11/1/2017	3.30	2.00
12/1/2017	3.20	1.80
13/1/2017	3.15	1.90
14/1/2017	3.50	2.00
15/1/2017	3.17	1.90
16/1/2017	3.15	1.85
17/1/2017	3.21	2.00
18/1/2017	3.50	2.00
19/1/2017	3.60	2.00
20/1/2017	3.50	2.00
21/1/2017	3.20	1.80
22/1/2017	3.15	1.90
23/1/2017	3.50	2.00
24/1/2017	3.25	1.90
25/1/2017	3.30	1.85
26/1/2017	2.80	2.00
27/1/2017	3.50	2.00
28/1/2017	3.60	2.00
29/1/2017	3.34	2.00
30/1/2017	3.50	1.90
31/1/2017	3.50	1.85
TOTAL	102.94	60.50

Fuente: elaboración propia

4.3. Sistema de extracción automatizado

Considerando que en la mina Buenaventura se realizaba la extracción con el equipo de perforación *M-Drill*, trabajando en el turno de día según el periodo de enero de 2017. Esta extracción de mineral es realizada con 2 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 2408 toneladas de mineral por día; resultando un promedio de 1204 *skips* (cajón de extracción para minería , puede ser aplicado en diferentes tipos de minas de metal y no-metal, como oro, plata, hierro, plomo, potasa, carbón, sal, etc.) por guardia.

Tabla 23. Minera Buenaventura - avance lineal mensual automatizado

Fecha	Tiempo de perforación x taladros de 10 pies/minutos	Avance x frente disparados /metros lineales
1/1/2017	1.00	3.00
2/1/2017	1.12	3.00
3/1/2017	1.15	2.90
4/1/2017	1.00	3.00
5/1/2017	1.10	3.00
6/1/2017	1.13	3.00
7/1/2017	1.00	3.00
8/1/2017	1.00	2.80
9/1/2017	1.10	3.00
10/1/2017	1.14	2.90
11/1/2017	1.09	3.00
12/1/2017	1.09	3.00
13/1/2017	1.09	2.80
14/1/2017	1.09	2.90
15/1/2017	1.10	3.00
16/1/2017	1.10	2.90
17/1/2017	1.10	3.00
18/1/2017	1.10	2.80
19/1/2017	1.11	3.00
20/1/2017	1.11	3.00
21/1/2017	1.11	2.99
22/1/2017	1.11	2.80
23/1/2017	1.12	3.00

24/1/2017	1.12	2.70
25/1/2017	1.12	2.90
26/1/2017	1.12	3.00
27/1/2017	1.13	3.00
28/1/2017	1.13	2.90
29/1/2017	1.13	2.85
30/1/2017	1.13	2.95
31/1/2017	1.14	3.00
TOTAL	34.08	91.09

Fuente: elaboración propia

4.3.1. Distribución porcentual de la muestra de avance lineal

Tabla 24. Distribución porcentual de la muestra según avance lineal

	Metros	%
Equipo perforación M-Drill	60.50	34.9
Equipo perforación Jackleg	91.09	65.1
Total	151.59	100

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 24, podemos observar que el 65.1% (91.09 m) representa el avance lineal de perforación por parte de la *M-Drill* en la mina Buenaventura, mientras que 34.9% (68.50 m) es el avance lineal de perforación por parte del *jackleg*, durante el mes de enero de 2017.

4.3.2. Distribución porcentual del tiempo de perforación por taladro de 10 pies/minuto

Tabla 25. Distribución porcentual del tiempo de perforación por taladro pies/minuto

	Tiempo/min.	%
10 pies/minuto M-Drill	34.08	24.87
8 pies/minuto jackleg	102.94	75.13
Total	137.02	100

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 25, podemos observar que, los tiempos de perforación por taladro pies/minuto en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)–Huancavelica, se encuentran distribuidos de la manera siguiente: 24.87% (34.08 min.) empleadas por *M-Drill* en el mes de enero 2017; 75.13% (102.94 min) fue el tiempo empleado por *jackleg* en la perforación en el mes de enero de 2017.

4.3.3. Distribución porcentual de la muestra según avance por frente disparados / metros lineales

Tabla 26. Distribución porcentual de la muestra según avance por frente disparados / metros lineales

	Disparos/metros lineales	%
Equipo perforación <i>M-Drill</i>	91.09	60.10
Equipo perforación <i>Jackleg</i>	60.50	39.90
Total	151.59	100

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 26, podemos observar que, los equipos de perforación en la minera Buenaventura (U.M. Julcani)–Huancavelica, respecto al avance por frente disparados / metros lineales se encuentran distribuidos de la manera siguiente: 60.10% (91.09 m) representa el avance por frente disparados / metros lineales por parte del equipo de perforación *M-Drill*; mientras que un porcentaje similar de 39.90% (60.50 m), fue el avance del equipo de perforación *jackleg*, en el mes de enero de 2017.

4.3.4. Distribución porcentual de la muestra según precio por frente disparado en dólares

Tabla 27. Distribución porcentual de la muestra según precio por frente disparado en dólares

	Precio X frentes disparados en dolares	%
Equipo perforación <i>M-Drill</i>	38734.20	64.48
Equipo perforación <i>Jackleg</i>	21335.93	35.52
Total	60070	100

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 27, podemos observar que, el precio por frente de disparo en dólares en la minera Buenaventura (U.M. Julcani)–Huancavelica, se encuentran distribuidos de la manera siguiente: 64.48% (\$38734.20) es el precio por frente disparado por el equipo de perforación *M-Drill*; un 35.52% (\$21335.93) es el precio por frente disparado por el equipo de perforación *jackleg* en el periodo 2017 en el mes de enero.

4.4. Descripción de resultados con respecto a ganancias y perdidas

4.4.1. Dimensión de ganancia total por el mes de enero de 2017

Tabla 28. Distribución de porcentual según la dimensión de ganancia total por el mes de enero 2017

	Ganancia total en dólares	%
Equipo perforación <i>M-Drill</i>	120 032.57	72.10
Equipo perforación <i>Jackleg</i>	46 467.99	27.90
Total	166500.56	100

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 28, podemos observar que, la ganancia por parte de los equipos de perforación en la minera Buenaventura (U.M. Julcani) – Huancavelica, está representado de la siguiente manera, un 72.10% (\$120032.57), es la ganancia obtenida por *M-Drill*, mientras que 27.90% (\$46767.99) es la ganancia obtenida por la *jackleg*, en el periodo 2017 en el mes de enero.

4.4.2. Dimensión gastos por metros lineales en dólares

Tabla 29. Distribución de gastos por metros lineales en dólares.

	Gastos por metros lineales en dólares	%
Equipo perforación <i>M-Drill</i>	11260.75	56.44
Equipo perforación <i>jackleg</i>	8689.30	43.56
Total	19950.05	100

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 29, podemos observar que, de los gastos por parte de los equipos de perforación en la minera Buenaventura (U.M. Julcani)–Huancavelica, respecto a la dimensión de gastos por metros lineales en dólares es como sigue, un 56,44% (\$11260.75) representa los gastos del *M-Drill*, mientras que 43.56% (\$8689.30) son los gastos de la *jackleg* en el periodo 2017 en el mes de abril.

4.4.3. Dimensión ganancia neta

Tabla 30: Distribución según la dimensión de ganancia neta

	Ganancia neta	%
Equipo perforación <i>M-Drill</i>	5349.96	52.30
Equipo perforación <i>jackleg</i>	4879.13	47.70
Total	10229.09	100

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 30, podemos observar que, la ganancia neta por parte de los equipos de perforación en la minera Buenaventura (U.M. Julcani) – Huancavelica, es como sigue, un 52.30 % (\$5349.96) es la ganancia neta alcanzada por *M-Drill*, mientras que 47.70% (\$4879.13) representa a la ganancia de la *jackleg*, en el periodo 2017 en el mes de enero.

4.5. Prueba de hipótesis

4.5.1. 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 diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) en el equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)- Huancavelica. A través de los datos generales

Tabla 31. Minera Buenaventura S.A.A. - Producción del mineral

	TM/día	TM/guardia	Disponibilidad mecánica
Proceso “Diseño del sistema eléctrico de fuerza”	2408.00	1204	94%
Proceso tradicional	1674.00	837	45%

Fuente: Minera Buenaventura S.A.A. - Producción del mineral, 2017

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 **uno** 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. (39)

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. (40)

El estadístico ρ viene dado por la expresión: (40)

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

r_s = coeficiente de correlación de Spearman

d = diferencia entre los rangos

n = número de datos

La interpretación de coeficiente de Spearman depende del resultado que estará en la oscilación entre -1 y +1, indicándonos asociaciones negativas o positivas respectivamente, 0 cero, significa no correlación con independencia. (40)

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: (41)

$P \neq 0$ 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. (42)

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. (42)

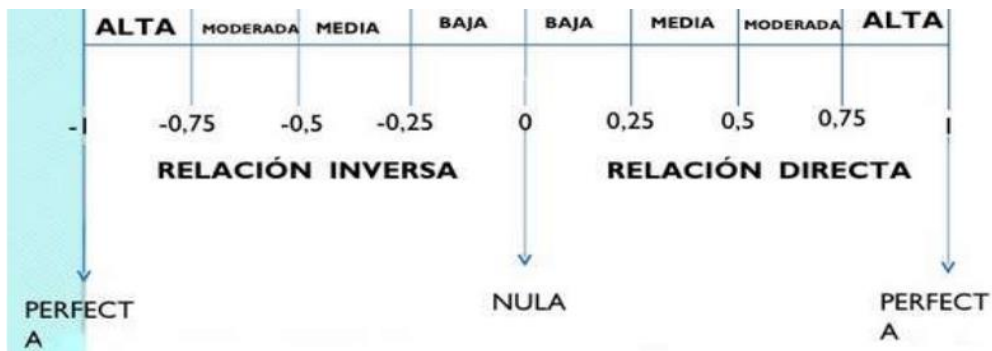


Figura 89. Propiedades del coeficiente de Spearman
Fuente: elaboración propia

Grafica de correlación

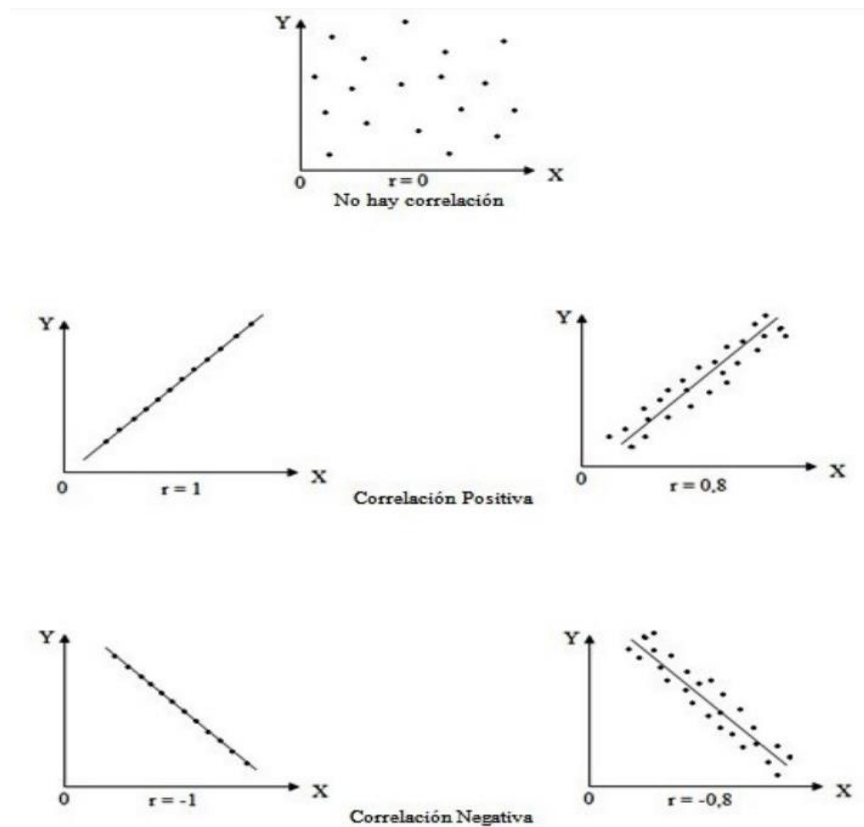


Figura 90. Gráfica de correlación
Fuente: elaboración propia

Coefficiente 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. (43)

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. (43)

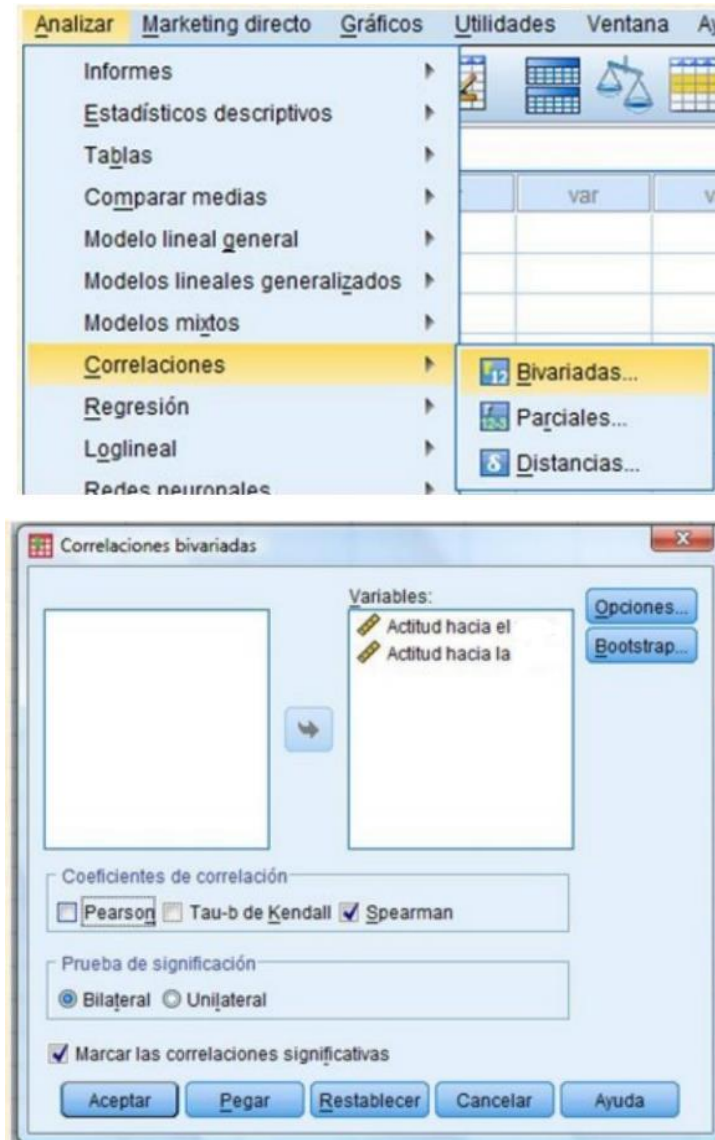


Figura 91. Spearman en SPSS
Fuente: elaboración propia

**Tabla 32. Rho de Spearman
Correlaciones**

			Automatización	Optimización
Rho de Spearman	Diseño del sistema eléctrico (<i>power pack</i>)	Coeficiente de correlación	1.000	.255**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	371	371
	Optimización	Coeficiente 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	Diseño del sistema eléctrico (<i>power pack</i>)	Coeficiente de correlación	1.000	.880**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	371	371
	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

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 diseño del sistema eléctrico (*power pack*), en la minera. Además, la correlación es moderada (está en el rango entre 0.2 y 0.8) y directamente proporcional (tiene signo positivo). (43)

Planteamiento de Hipótesis General

Hipótesis Nula

H₀: el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) no **influye** positivamente en el equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica.

Hipótesis Alterna:

H₁: el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) influye positivamente en el equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica.

a. Análisis estadístico

Al tratar de correlacionar los valores del cambio hacia el sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) del equipo de perforación *M-Drill*, se decide hacer uso del estadístico Rho-Spearman, el cual calcula que tan correlacionados están estos dos tipos de variables, la cual generará 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. (2)

Tabla 33. Correlaciones Rho de Spearman

Correlaciones			Automatización	Optimización
Rho de Spearman	Diseño del sistema eléctrico (<i>power pack</i>)	Coeficiente de correlación	1.000	.255**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	371	371
	Optimización	Coeficiente 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	Diseño del sistema eléctrico (power pack)	Coeficiente de correlación	1.000	.880**
		Sig. (bilateral)	.	.000
		N	371	371
	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 se determinó 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 perforación del equipo *M-Drill*. a través del diseño sistema eléctrico de fuerza (power pack). (2)

b. Conclusión estadística

Se concluye que el diseño del sistema eléctrico de fuerza (power pack) influye positivamente en el equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica.

4.5.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1:

H₀: el avance por frente de disparo por metro con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (power pack) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica, no es mayor.

Hi: el avance por frente de disparo por metro con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica, es mayor.

Tabla 34. Distribución porcentual de la muestra según avance por frente disparados / metros lineales

	Disparos/metros lineales	%
Equipo perforación <i>M-Drill</i>	91.09	60.10
Equipo perforación <i>jackleg</i>	60.50	39.90
Total	151.59	100

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 34, podemos observar que en la minera Buenaventura (U.M. Julcani)–Huancavelica, respecto al avance por frente de disparo por metro, un 60.1% (91.09 m), representa al equipo de perforación *M-Drill*, mientras que 39.3%(60.50 m) es lo realizado por el equipo de perforación *jackleg*.

De acuerdo a los datos encontrados, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis alterna (H_1); la cual menciona que el avance por frente de disparo por metro con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica, es mayor.

Hipótesis específica 2:

H_0 : la cantidad de frente de disparos con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica, no es mayor.

H_1 : la cantidad de frente de disparos con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica, es mayor.

Tabla 35. Distribución porcentual de la muestra según la cantidad de frente de disparos

	Cantidad de frente de disparo	%
Equipo perforación <i>jackleg</i>	67.00	40.85
Equipo perforación <i>M-Drill</i>	97.00	59.15
Total	164.00	100

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 35, podemos observar que, en la minera Buenaventura (U.M. Julcani)–Huancavelica, respecto a la cantidad de frente de disparos, un 40.85% (67) representa al equipo de perforación *jackleg*, mientras que un 59.15 %(97) es lo realizado por el equipo de perforación *M-Drill*.

De acuerdo a los datos encontrados, se rechaza la hipótesis nula H_0 , y se acepta la hipótesis alterna H_i ; la cual nos dice que la cantidad de frente de disparos con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica, es mayor; debido a que el mayor porcentaje de los mismos (59.15%) presentan niveles medios y altos de frentes de disparo.

Hipótesis específica 3:

H_0 : el tiempo de perforación por frente con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica, no es menor.

H_i : el tiempo de perforación por frente con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica, es menor.

Tabla 36. Distribución porcentual de la muestra tiempo de perforación por frente en minutos

	Tiempo de perforación en minutos	%
Equipo perforación jackleg	2161.74	66.47
Equipo perforación M-Drill	1090.66	33.53
Total	3252.4	100

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 36, de acuerdo a los datos encontrados, se rechaza la hipótesis nula H_0 ; y se acepta la hipótesis alterna H_1 la cual menciona que, el tiempo de perforación por frente con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica, es menor.

DISCUSIÓN

A partir de los hallazgos estadísticos obtenidos, permiten contrastar y validar la hipótesis de investigación planteada para el presente estudio. Estos constituyen una base tangible para afirmar, de modo categórico, que el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) influye positivamente en el equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica.

Estos resultados guardan relación de acuerdo al diseño planteado, se brinda también resultados en el plano descriptivo que es considerado como un estudio preliminar; así como en el análisis correlacional que constituyó, finalmente, el centro de interés para el abordaje y tomado como el estudio propiamente dicho. Es así que, a partir de un análisis descriptivo, el presente estudio reporta algunas características resaltantes tanto en la variable de diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*).

La investigación del diseño del sistema eléctrico (*power pack*) y sus factores en las máquinas excavadoras es trascendental pues conlleva a conocer su influencia en la mejora o continuidad respecto a la calidad del servicio brindado, así como la relación con las funciones pertinentes en perforaciones en el centro minero. Esto es muy importante porque como remarca Cosapi (2012) la funcionalidad de máquinas y equipos en la mina es de vital importancia para la extracción de minerales.

Por lo que un adecuado diseño del sistema eléctrico (*power pack*) permite el avance en los frentes de perforación y también disminuye los tiempos de perforación; en comparación con un sistema convencional de perforación (equipo de perforación *jackleg*), donde se produce un conflicto en los frentes de avance, trayendo así: mayor tiempo de perforación y por consiguiente mayor precio por metros lineales; por lo tanto, esto conlleva a la baja productividad, demostrando un alto porcentaje de centros mineros perciben pérdidas en un nivel medio-alto, utilizando equipos de perforación tradicionales, logrando resultados no pertinentes generando descontentos por el personal de gerencia.

También se obtuvo que en la minera Buenaventura (U.M. Julcani) – Huancavelica, respecto al avance por frente de disparo por metro, un 60.1% (91.09 m), representa al equipo de perforación *M-Drill*, mientras que 39.3% (60.50 m) es lo realizado por el equipo de perforación *jackleg*. Por otro lado, tenemos a la cantidad de frentes de disparo y es como sigue; en la minera Buenaventura (U.M. Julcani)–Huancavelica, respecto a la cantidad de frente de disparos, un 40.85% (67) representa al equipo de perforación *jackleg*, mientras que un 59.15 % (97) es lo realizado por el equipo de perforación *M-Drill*.

Seguidamente, el tiempo de perforación por frente en minutos es de un 66.47%; es decir, 2161.74 minutos es el tiempo en operación por parte del equipo de perforación *jackleg*, mientras que 33.53 % que equivale 1090.66 minutos representa al equipo de perforación *M-Drill* a quien se adecuó el diseño de sistema eléctrico (*power pack*).

El estudio también consideró como objetivo de estudio el de describir el equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica. Así, para el caso de equipo de perforación *M-Drill*, en la población estudiada se logró determinar, en el análisis global de este tipo de equipos de perforación, que tanto las *jumbo* y *jackleg* presentan funcionalidad dentro del avance lineal, pero en mayor porcentaje las *M-Drill* en la mencionada compañía minera.

Así mismo, Promelsa (2017), en México, ha evidenciado síntomas en maquinarias del tipo *jumbo* lo que conlleva a una baja en la producción en minerales por el manejo convencional. Lo cual se corrobora con nuestro estudio realizado.

CONCLUSIONES

- Se concluye que a partir de la *r* de Sperman se permitió confirmar una influencia positiva del diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) en el equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica.
- Del mismo modo se concluye que el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) se concluye que este proceso de control mejora el proceso de trabajo en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica, lo que nos indica que el diagnóstico de sistema de potencia por dimensiones posibilitó reflejar resultados similares al encontrado en el análisis global; pues los resultados estadísticos permiten aseverar (muestra total) que reflejan un incremento en la producción, como consta en la tabla 30, donde antes del diseño de sistema eléctrico se tenía una producción de 1674 TM/día y una vez implementado el sistema *power pack* se tuvo una producción de 2408 TM/día, de ello se desprende que el sistema eléctrico de fuerza ayuda a desarrollar el buen funcionamiento de equipos.
- Considerando al equipo de perforación podemos concluir que, en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica un porcentaje significativo presenta una efectividad baja, así como un porcentaje notorio que refiere la efectividad alta una vez incorporado el sistema de fuerza, lo que nos indica que el análisis por dimensiones del equipo de perforación estudiado permitió establecer que los equipos de perforación *M-Drill* de la muestra total de estudio se caracteriza por presentar un nivel alto de productividad en la dimensión de avance lineal, del mismo modo en la dimensión tiempo de perforación y cantidad de taladros por frente. De acuerdo al análisis en el mes de enero de 2017 se tuvo que el avance lineal fue de 60.50 metros y con respecto a la cantidad de taladros por frente fue un promedio de 103, una vez incorporado el sistema *power pack*, el avance lineal fue de 91 metros y la cantidad de taladros por frente fue de 34, como indica la Tabla 23.

- Respecto al avance por frente se concluye que el disparo por metro con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)- Huancavelica, es mayor.
- Finalmente, podemos mencionar que la cantidad de frente de disparos con el diseño del sistema eléctrico de fuerza (*power pack*) al equipo de perforación *M-Drill* en la compañía minera Buenaventura (U.M. Julcani)-Huancavelica, es mayor; así lo corroboran los resultados obtenidos en la Tabla 25 donde, el equipo de perforación, sin el sistema *power pack* con respecto a la cantidad de disparos por frentes lineales es de 60.50 metros; mientras que con el sistema *power pack* es de 91 metros, generándose una variación de 31 metros lineales que representa un 50% de efectividad del equipo de perforación *M-Drill*.

BIBLIOGRAFÍA

1. LÓPEZ JIMENO, Carlos. EQUIPOS DE PERFORACIÓN SUBTERRÁNEOS. [en línea]. 2015. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1407993358845947/EQUIPOS%0A>
2. CORIS ROJAS, Uver Frank. *Optimización y confiabilidad del sistema de izaje del Loading Pochet Nv. 250 mediante la automatización del proceso de Winche Esperanza (Minera Animon Cerro de Pasco)* [en línea]. Universidad Continental, 2017. Disponible en:
http://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/continental/3895/3/INV_FIN_109_TE_Coris_Rojas_2017.pdf
3. VILLALOBOS, Francisco. Joy Global: Perforadora Eléctrica P&H320 XPC para la Minería. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
<http://leadersandmining.com/article/joy-global-perforadora-electrica-ph320-xpc-para-la-mineria.html>
4. COSAPI MINERÍA. PRODUCTIVIDAD E INNOVACIÓN AL SERVICIO DE LA GRAN MINERÍA. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
https://www.cosapi.com.pe/Upload/revista/archivo/brochure_cosapi_minería.pdf
5. Promelsa presentó soluciones eléctricas que garantizan seguridad y producción continua en proyectos mineros – Revista Energía. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:dwZczgfA7HkJ:revistae-nergiaynegocios.com/2017/10/23/promelsa-presento-soluciones-electricas-que-garantizan-seguridad-y-produccion-continua-en-proyectos-mineros/+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe>
6. LEÓN TABARES, JENNY ADALGISA and GÓMEZ RAMÍREZ, JUAN PABLO. *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE MÁQUINA PERFORADORA DE PIEZAS POR MEDIO DE PLC Y SISTEMA SCADA* [en línea]. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, 2014. Disponible en:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5234/6298323L579.pdf?sequence=1>
7. OLAZABAL MORA, Javier Octavio. *FACTIBILIDAD DEL CAMBIO DE*

SISTEMA DE CONTROL DE MINA EN LA UNIDAD MINERA TOQUEPALA
[en línea]. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, 2013.

Disponible en:

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4950/BALTUANO_EDWIN_DISEÑO_MAQUINA_COMPACTADORA_LATAS_BEBIDAS_ALUMINIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

8. RODRÍGUEZ, Rafael, ADASME, Emilio and PINTO M, Alberto. Perforación de avance de galerías y túneles con Jumbo . [en línea]. 2012. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
<https://apmine.files.wordpress.com/2012/05/presentacic3b3n-perforacic3b3n.pdf>
9. Noticias Importantes 2014. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018].
Disponible en: <http://thejonathangamer.blogspot.pe/>
10. BERNAOLA ALONSO, José, CASTILLA GÓMEZ, Jorge and HERRERA HERBERT, Juan. PERFORACIÓN Y VOLADURA DE ROCAS EN MINERÍA. [en línea]. 2013. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
http://oa.upm.es/21848/1/20131007_PERFORACION_Y_VOLADURA.pdf
11. Capítulo 02 PERFORACIÓN ROTOPERCUTIVA. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Accessed 5 March 2018]. Disponible en:
<https://es.slideshare.net/HugoFabianAlaniz/02-perforacion-rotopercutiva>
12. Guía de Laboreo Minero y Seguridad Industrial. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.apemin.eu/ArchivodPDF/laboreo.pdf>
13. URIBARRI URBINA, Moner Wilson. MODULO TECNICO AMBIENTAL 1. PERFORACION : [en línea]. 2004. Disponible en:
http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=127
14. SEDANO, L., BACH, H., RIVELINHO, J., GUZMAN, Y. and SALVADOR, C. “*DISEÑO DE MALLA DE PERFORACION Y VOLADURA PARA LA REDUCCION DE COSTOS EN EL NIVEL 1590 CRUCERO 520 DE LA U.E.A. CAPITANA - CORPORACION LACES S.A.C. MINERIA Y CONSTRUCCION - CARAVELI - AREQUIPA*” [en línea]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA, 2017. Disponible en:
repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/733%0A
15. ARELLANO BELTRÁN, JUAN CARLOS. AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINA CORTADORA DE LATÓN PARA FORJA UTILIZANDO UN

- PLC PARA LA FÁBRICA ESACONTROL. [en línea]. 2011. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2753/1/CD-3417.pdf>
16. WIKIPEDIA. Transformador. 1886 [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>
 17. Electricidad. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
<http://electricidadandresgarcia.blogspot.pe/search?q=Un+contactor+es+un+comp+onente+electromec%2525C3%2525A1nico+que+tiene+por+objetivo+establecer+o+interrumpir+el+paso+de+corriente,+ya+sea+en+el+circuito+de+potencia+o+en+el+circuito+de+mando,+tan+pronto+se+d%25>
 18. Relé térmico. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
<https://www.acomee.com.mx/RELEVADORES TERMICOS DE SOBRECARGA.pdf>
 19. SENSOVANT. Relé de Secuencia de Fase. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://sensovant.com/productos/regulacion-control/medidas-electricas/rees/articulo/rele-de-secuencia-de-fase-M200.html>
 20. TRASHORRAS MONTECELOS, Jesús. Sistemas eléctricos en centrales. [en línea]. 2016. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
<https://books.google.com.pe/books?id=VCaoCwAAQBAJ&pg=PA162&lpg=PA162&dq=Es+un+interruptor+magneto+térmico,+especialmente+diseñ#v=onepage&q=Es+un+interruptor+magneto+térmico%2C+especialmente+diseñ&f=false>
 21. ANTÚNEZ SORIA, Francisco Martín. *uf0888: Elaboracion de la documentacion tecnica segun REBT para la instalacion de locales, comercios y pequenas industrias* [en línea]. 1 ra Edici. 2012. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. ISBN 978-84-15670-48-3. Disponible en:
<https://books.google.com.pe/books?id=8X4Zj0Nb6L8C&pg=PT58&lpg=PT58&dq=Es+un+dispositivo+capaz+de+interrumpir+la+corriente+eléctrica+de+un+cir+cuito+cuando+ésta+sobrepasa+ciertos+valores+máximos&source=bl&ots=ns5gTO-f62&sig=fqm4uvw62bYcwYi8V6>
 22. Dajovim: mi proyecto. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://djvmar04.blogspot.pe/2011/10/mi-pryecto.html>
 23. TEORIA CONTACTORES. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://edoc.site/teoria-contactores-pdf-free.html>
 24. Automatizacion: CONTACTOR ELECTROMAGNETICO. 2013 [en línea].

- [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
<http://electromatic2012.blogspot.pe/2013/04/contactor-electromagnetico.html>
25. Máquinas eléctricas. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://documents.tips/documents/maquinas-electricas-55c092a13d2d9.html>
 26. WE AUTOMATION. Elección de un contator. 2012 [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
<http://www.weautomation.net/2012/11/eleccion-de-un-contator.html>
 27. SHNEÍDERELECTRIC. Manual electrotécnico Telesquemario. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
<http://www.um.es/docencia/mmc/pdf/telesquemario.pdf>
 28. SLIDESHARE. protección contra los cortocircuitos y sobrecargas. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
https://es.slideshare.net/aicvigo1973/proteccion-contra-los-cortocircuitos-y-sobrecargas?qid=6a5328f6-bc4e-497b-9c70-413569f1a0f0&v=&b=&from_search=1
 29. BAUTISTA VEGA, ANDERSON. “*REINGENIERIA DE LOS PROCESOS DE REVISION TECNICA VEHICULAR EN LA EMPRESA ATAIRH-SAC*” [en línea]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA, 2014. Disponible en:
<http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/304/CIE-BAU-VEG-14.pdf?sequence=1>
 30. ROBLES MEZA, Cesar. *SEMANA N° 01* [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
<https://es.scribd.com/presentation/374137140/SEMANA-N-01>
 31. Automatización: CONTAMINACIÓN POR RUIDO GENERADO POR LOS MOTORES ASÍNCRONOS. 2013 [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
<http://electromatic2012.blogspot.pe/search?q=CONTAMINACIÓN+POR+RUIDO+GENERADO+POR+LOS+MOTORES+ASÍNCRONOS>
 32. UNIVERSIDAD DE OVIEDO. automatización industrial · UD1 lógica cableada. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:
[http://isa.uniovi.es/~alonsog/Logica_Cableada/03 El Contactor y los Reles_Conmutacion todo o nada.pdf](http://isa.uniovi.es/~alonsog/Logica_Cableada/03_El_Contactor_y_los_Reles_Conmutacion_todo_o_nada.pdf)
 33. COURSE HERO. La tierra la tierra puede considerarse como un cuerpo. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en:

- <https://www.coursehero.com/file/p4v5eab3/La-tierra-La-tierra-puede-considerarse-como-un-cuerpo-conductor-con-un/>
34. Automatización: CÁLCULO DEL NÚMERO DE POLOS DEL MOTOR DE INDUCCIÓN. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://electromatic2012.blogspot.pe/2013/04/calculo-del-numero-de-polos-del-motor.html>
 35. Telesquemario by Julio Cesar - issuu. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://issuu.com/julioavila77/docs/telesquemario>
 36. Estandarización de esquemas y normalización. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: http://isa.uniovi.es/docencia/ra_marina/cuatrim2/Temas/estandarizacion.pdf
 37. ELECTRICIDAD INDUSTRIAL: TEMPORIZADOR AL TRABAJO Y AL REPOSO. [en línea]. 2013. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://jhonatancv.blogspot.pe/2013/10/temporizador-al-trabajo-y-al-reposo.html>
 38. FLORES, Gustavo. Motores electricos automatismos de control 170313134014. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://issuu.com/gustavoflores6/docs/motores-electricos-automatismos-de-control>
 39. ¿Qué es la rho de Spearman y la r Pearson para las categorías ordinales? [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/tables/supporting-topics/other-statistics-and-tests/what-are-spearman-s-rho-and-pearson-s-r-for-ordinal-categories/>
 40. Correlación de Spearman. [en línea]. 2017. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/337043431/Correlacion-de-Spearman>
 41. Presentacion. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/omgmrcc/presentacion-57190309>
 42. Coeficiente de correlacion de pearson y spearman. [en línea]. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/ShowBlade/coeficiente-de-correlacion-de-pearson-y-spearman>
 43. JUÁREZ, VILLATORO and LÓPEZ. Coeficiente de asociación de Spearman. [en línea]. 2011. [Consultado el 5 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.rincondepaco.com.mx/rincon/Inicio/Apuntes/Proyecto/archivos/Documentos/Spearman.pdf>

ANEXOS

Anexo 1



*Equipo M-Drill en la compañía minera Buenaventura
Fuente: elaboración propia*

Anexo 2



*Tablero de mando y control
Fuente: elaboración propia*

Anexo 3



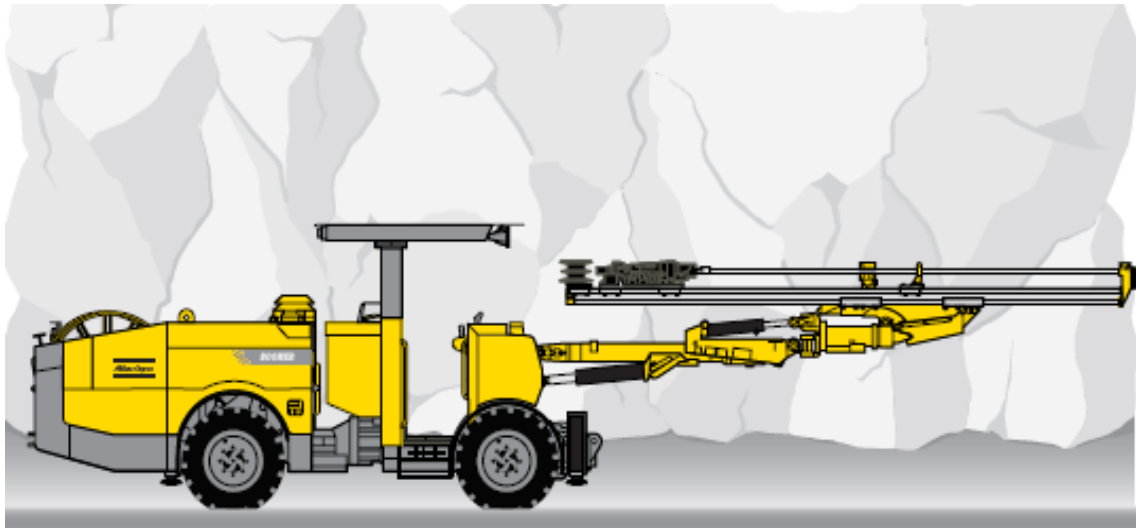
Tablero del sistema eléctrico

Fuente: elaboración propia

Equipo de perforación de gran dimensión (jumbo frontonero):

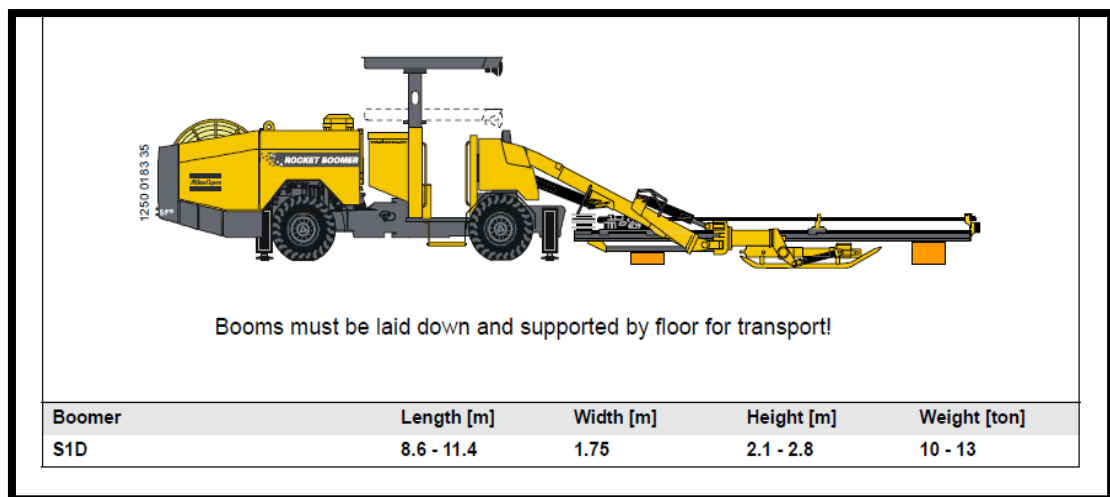
A. Placa características del equipo:

- Marca: ATLAS COPCO
- Modelo: BOOMER S1D
- Equipo: JUMBO FRONTONERO



B. Características de las dimensiones del equipo:

- | | |
|--|-------------------|
| • Largo: | 8.6-11.4 m |
| • Ancho: | 1.75 M |
| • Altura, carro con techo protector: | 2.1-2.8 m |
| • Altura, carro con cabina: | 2,8 m |
| • Peso: | 10-13 toneladas |
| • Potencia del motor diésel instalado, estándar: | (Nivel III) 58 kW |
| • Potencia del motor diésel instalado, opcional: | (Nivel II) 72 kW |



Equipo de perforación jumbo frontonero:

A. Placa características:

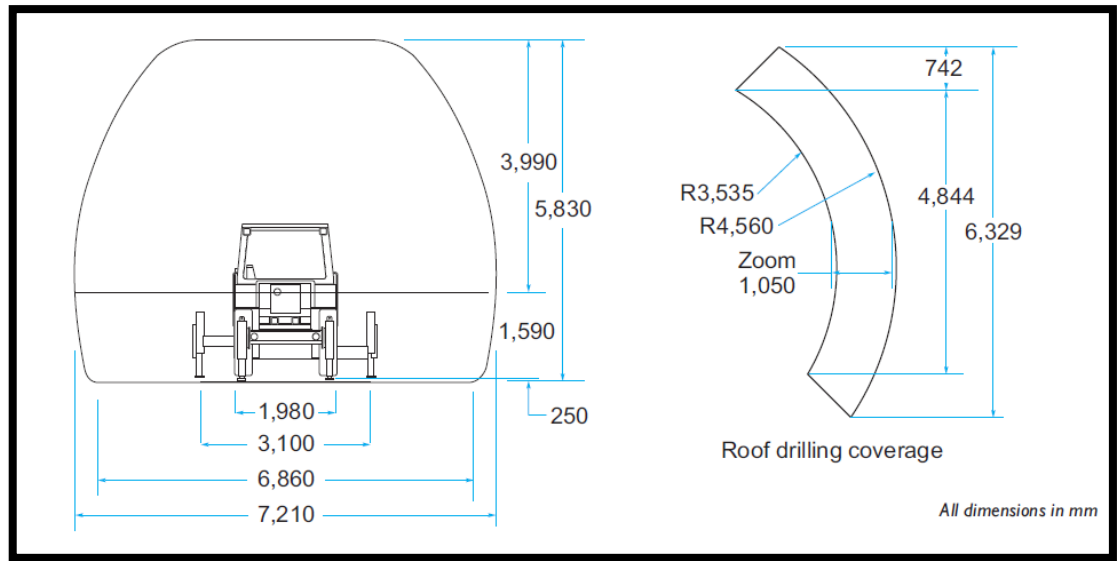
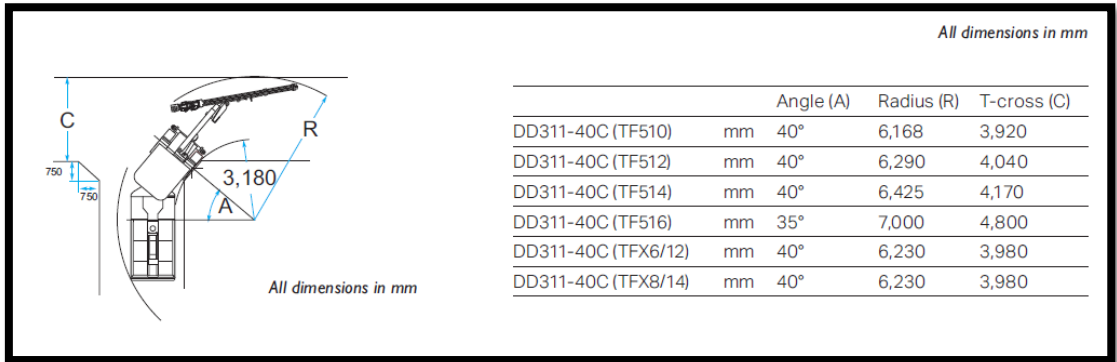
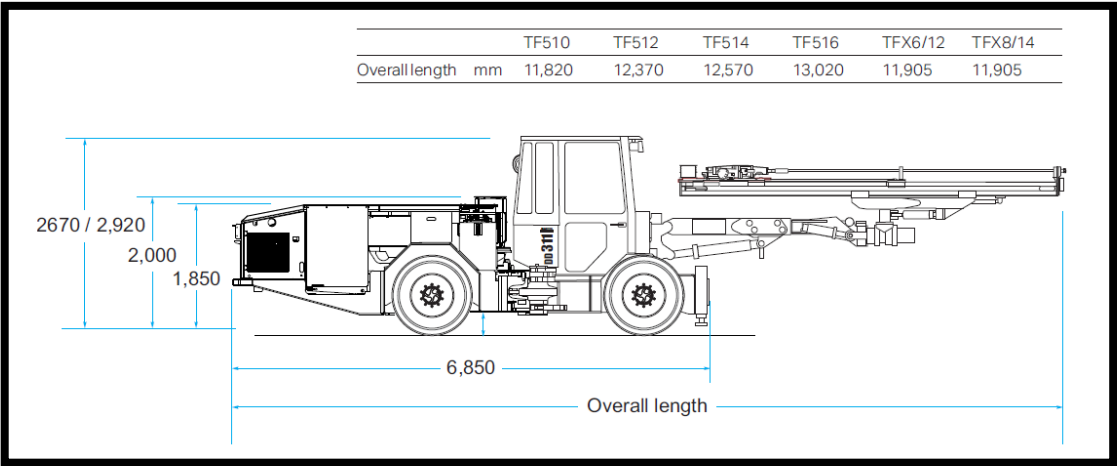
Marca: SANDVIK

Modelo: DD311-40

Equipo: JUMBO FRONTONERO



B. Características de las dimensiones del equipo:



Cuadro de los precios unitarios de jumbo M-Drill

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS									
GALERIA HORIZONTAL EN ROCA COMPETENTE									
EMPRESA ESPECIALIZADA COPSEM S.A. UNIDAD DE OPERACIÓN JULCANI									VOLVER
PARTIDA:	GALERIA +0,5%					FECHA:		mar-18	
EQUIPOS:	JUMBO /SCOOP					N° Taladros:		31 u	
SECCION:	2.50	x	2.50	m2		L Barra		12 pies	
VOLUM.:	24.41	m3	roto			L Efectiva		3.34 ml	
FACTOR DE CARGA:	2.44	Kg/m3				AVANCE:		3.00 ml	
TALADROS VACIOS*:	4	F. VOLADURA:		90%		F. ESPONJAMIENTO:		30%	
ITEM	DESCRIPCION	INCID.	UNI.	CANTID.	PRECIO	P.PARC.	SUBTOT.	TOTAL	
					UNITARIO	\$	\$	US\$/ML	
1.-	MANO DE OBRA								
OB-003	Jumbro I	1.000	h-h	8.00	5.56 \$/hr	44.47	14.81		
OB-005	Ayudante Jumbo (oficial)	1.000	h-h	8.00	5.02 \$/hr	40.18	13.38		
OB-001	Lider/Maestro/Capataz	0.125	h-h	1.00	5.99 \$/hr	5.99	1.99		
OB-004	Operador Scoop	0.236	h-h	1.89	5.56 \$/hr	10.51	3.50		
OB-006	Cargador/Desatador (minero)	0.575	h-h	4.60	4.79 \$/hr	22.02	7.33		
OB-010	Ayudante Jackleg (oficial)	0.575	h-h	4.60	4.79 \$/hr	22.02	7.33		
OB-009	Perforista Jackleg (minero)	0.375	h-h	3.00	5.02 \$/hr	15.07	5.02		
OB-008	Tubero	0.125	h-h	1.00	4.79 \$/hr	4.79	1.59		
OB-011	Bodeguero	0.250	h-h	2.00	4.79 \$/hr	9.58	3.19		
EM-003	Ingeniero Jefe de Gdia	0.250	h-h	2.00	14.46 \$/hr	28.92	9.63	67.76	
		4.511		36.09					
2.-	IMPLEMENTOS								
	Implementos personal perforación		h-h	16.00	0.25 \$/hr	4.01	1.33		
	Implementos personal auxiliar		h-h	20.09	0.21 \$/hr	4.12	1.37	2.71	
3.-	MATERIALES Y HERRAMIENTAS								
	Herramientas		gdia	1.00	16.40 \$/gdia	16.40	5.46		
	Manga de Ventilacion de 24"						0.01	5.48	
4.-	PERFORACION								
7015583	Barras de perforación 12'		m	103.464	0.12 \$/m	12.38	4.12		
7015758	Brocas de 45 mm		m	103.464	0.23 \$/m	23.61	7.86		
7030041	Shank adapter		m	103.464	0.06 \$/m	6.69	2.23		
9001417	Coplas R38		m	103.464	0.03 \$/m	2.78	0.93		
9015421	Copas de afilado		m	103.464	0.05 \$/m	5.37	1.79		
PERF-003	Aguzadora de brocas		m	103.464	0.10 \$/m	9.93	3.31		
7031021	Rimadora de 89 mm		m	13.350	0.66 \$/m	8.81	2.93		
7015330	Adaptador de Rimadora		m	13.350	0.59 \$/m	7.88	2.62		
PERF-001	Perforación de Alcayatas con Jackleg		pp	9.01	0.12 \$/pp	1.08	0.36		
PERF-004	Barras Cónicas y Brocas descartables (Perf. Alcayata.)		pp	9.01	0.15 \$/pp	1.33	0.44		
PERF-002	Perforacion de cuneta con Jack leg		pp	30.04	0.12 \$/pp	3.60	1.20		
PERF-005	Barras Cónicas y Brocas descartables (Perf. Cuneta)		pp	30.04	0.15 \$/pp	4.43	1.47		
PERF-006	Manguera de 1" ø 50 mts (V.Util 200m)		m	50.00	0.02 \$/m	0.80	0.27		
PERF-007	Manguera de 1/2" ø 50 mts (V.Util 200m)		m	50.00	0.01 \$/m	0.32	0.11		
PERF-008	Manguera de alta presión 1" ø 50 mts (V.Util 400m)		m	50.00	0.02 \$/m	1.00	0.33		
	Acoples de tuberías y mangueras						0.06	30.02	
5.-	EQUIPOS								
EQ-003	Jumbo EH		h-m	3.57	85.66 \$/hr	305.49	101.70		
EQ-008	Scoop 2,5 yd3		h-m	1.42	55.08 \$/hr	78.08	25.99		
EQ-020	Ventiladores 30,000CFM		h-m	8.00	1.58 \$/hr	12.65	4.21		
EQ-017	Camioneta 4x4		h-m	1.00	12.48 \$/hr	12.48	4.15		
EQ-016	Camión Transporte de Materiales		h	1.00	14.58 \$/hr	14.58	4.86		
	Lampara		h-h	8.00	0.00 \$/hr	-	-	140.92	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS							246.88	
6.-	EXPLOSIVOS								
EX-001	Examon P (Anfo)		kg	91.39	0.71 \$/kl	64.89	21.60		
EX-005	Semexa 65% 1 1/2"x8"		EA	27.00	0.54 \$/uni	14.63	4.87		
EX-009	Fanel, Rojo		EA	27.00	1.03 \$/uni	27.92	9.29		
EX-013	Carmex, (Guías de seguridad ensamblada)		EA	1.00	0.73 \$/uni	0.73	0.24		
EX-015	Mecha Rápida Z 19		m	0.50	0.30 \$/m	0.15	0.05		
EX-016	Cordón Detonante 3P		m	9.00	0.19 \$/m	1.75	0.58	36.64	
	TOTAL COSTOS EXPLOSIVOS							36.64	
7.-	GASTOS INDIRECTOS								
	Gastos Generales y Administrativos		%	18.12	625.65 \$	113.37	113.37		
	Utilidad		%	10.00	283.52 \$	28.35	28.35	141.72	
	TOTAL COSTO METRO LINEAL EN DOLARES (US\$/M-L)							425.25	
Nota: El camión de transporte llevará madera de la Bocamina hasta la labor de trabajo (Interior Mina)									
- El transporte de personal está incluido en los Gastos Generales									
- Los precios de materiales han sido considerados de Logística y están actualizados a Febrero del 2015									
- El Precio de combustible Diesel considerado es de \$/Gl 2.42									
- El tipo de cambio considerado es de 3.15 soles									
- La distancia máxima de limpieza es hasta los 250 mts, luego de lo cual se pagará como distancia adicional.									
El numero de taladros vacios incluye taladros para cuneta y cancamos.									

Cuadro del control de perforación del jumbo M-Drill

 CUADRO PARA CONTROL DE PERFORACION										
EQUIPO:	M-DRILL		CODIGO INTERNO:		MDC:001					
LABOR:	GL- 120									
NIVEL:	3540									
EMPRESA:	COPSEM						78			
SECCION:	2 X 2 MTS									
ITEM	FECHA	TURNO	TIEMPO DE PERFORACION X TALADRO DE 10	CANTIDAD DE TALADROS X FRENTE	TIEMPO DE PERFORACION X FRENTE /MINUTOS	CANTIDAD DE FRENTE DISPARADOS	AVANCE X FRENTE DISPARADO /METROS	PRECIO X METROS LINIALES / DOLARES	PRECIO X METROS DE AVANCE DISPARADOS /	GANANCIA TOTAL X DIAS / DOLARES
1	01/01/2017	DIA	1.00	32	32.00	3	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$3,827.25
2	02/01/2017	DIA	1.12	32	35.84	3	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$3,827.25
3	03/01/2017	DIA	1.15	32	36.80	3	2.90	\$425.25	\$1,233.23	\$3,699.68
4	04/01/2017	DIA	1.00	32	32.00	3	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$3,827.25
5	05/01/2017	DIA	1.10	32	35.20	3	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$3,827.25
6	06/01/2017	DIA	1.13	32	36.16	4	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$5,103.00
7	07/01/2017	DIA	1.00	32	32.00	2	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$2,551.50
8	08/01/2017	DIA	1.00	32	32.00	3	2.80	\$425.25	\$1,190.70	\$3,572.10
9	09/01/2017	DIA	1.10	32	35.20	3	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$3,827.25
10	10/01/2017	DIA	1.14	32	36.48	3	2.90	\$425.25	\$1,233.23	\$3,699.68
11	11/01/2017	DIA	1.09	32	34.79	4	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$5,103.00
12	12/01/2017	DIA	1.09	32	34.87	4	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$5,103.00
13	13/01/2017	DIA	1.09	32	34.95	4	2.80	\$425.25	\$1,190.70	\$4,762.80
14	14/01/2017	DIA	1.09	32	35.03	3	2.90	\$425.25	\$1,233.23	\$4,126.56
15	15/01/2017	DIA	1.10	32	35.10	3	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$4,374.00
16	16/01/2017	DIA	1.10	32	35.18	4	2.90	\$425.25	\$1,233.23	\$4,329.84
17	17/01/2017	DIA	1.10	32	35.26	2	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$2,551.50
18	18/01/2017	DIA	1.10	32	35.34	3	2.80	\$425.25	\$1,190.70	\$3,572.10
19	19/01/2017	DIA	1.11	32	35.42	4	3.00	\$425.25	\$1,276.26	\$4,796.48
20	20/01/2017	DIA	1.11	32	35.49	3	3.00	\$425.25	\$1,273.73	\$3,821.17
21	21/01/2017	DIA	1.11	32	35.57	4	2.99	\$425.25	\$1,271.19	\$4,986.99
22	22/01/2017	DIA	1.11	32	35.65	2	2.80	\$425.25	\$1,190.70	\$2,381.40
23	23/01/2017	DIA	1.12	32	35.73	3	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$3,827.25
24	24/01/2017	DIA	1.12	32	35.80	3	2.70	\$425.25	\$1,148.18	\$3,444.53
25	25/01/2017	DIA	1.12	32	35.88	2	2.90	\$425.25	\$1,233.23	\$2,466.45
26	26/01/2017	DIA	1.12	32	35.96	3	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$3,827.25
27	27/01/2017	DIA	1.13	32	36.04	3	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$3,827.25
28	28/01/2017	DIA	1.13	32	36.11	2	2.90	\$425.25	\$1,233.23	\$2,466.45
29	29/01/2017	DIA	1.13	32	36.19	3	2.85	\$425.25	\$1,211.96	\$3,635.89
30	30/01/2017	DIA	1.13	32	36.27	3	2.95	\$425.25	\$1,254.49	\$3,763.46
31	31/01/2017	DIA	1.14	32	36.35	4	3.00	\$425.25	\$1,275.75	\$5,103.00
GANANCIA TOTAL AL MES										\$ 120,032.57

Cuadro de los precios unitarios de la máquina perforadora jackleg

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS								
GALERIA HORIZONTAL EN ROCA COMPETENTE								
								VOLVER
EMPRESA ESPECIALIZADA COPSEM S.A. - UNIDAD DE OPERACIÓN JULCANI								
PARTIDA:	GALERIA +0,5%					FECHA:	mar-18	
EQUIPOS:	JACKLEG / SCOOP					N° Taladros:	31 u	
SECCION:	2.50	x	2.50	m2		L. Barra	6 pies	
VOLUM.:	12.57	m3 roto				L. Efect.	1.72 ml	
FACTOR DE CARGA:	2.75	Kg/m3				AVANCE:	1.55 ml	
TALADROS VACIOS*:	4					F. ESPONJAMIENTO:	30%	
ITEM	DESCRIPCION	INCID.	UNI.	CANTID.	PRECIO UNITARIO	P.PARC.	SUBTOT.	TOTAL
						\$	\$	US\$/ML
1.-	MANO DE OBRA							
OB-009	Perforista Jackleg (minero)	1.000	h-h	8.00	5.02 \$/hr	40.18	25.97	
OB-010	Ayudante Jackleg (oficial)	1.000	h-h	8.00	4.79 \$/hr	38.30	24.76	
OB-001	Lider/Maestro/Capataz	0.125	h-h	1.00	5.99 \$/hr	5.99	3.87	
OB-004	Operador Scoop	0.496	h-h	3.97	5.56 \$/hr	22.06	14.26	
OB-008	Tubero	0.125	h-h	1.00	4.79 \$/hr	4.79	3.09	
OB-011	Bodeguero	0.250	h-h	2.00	4.79 \$/hr	9.58	6.19	
EM-003	Ingeniero Jefe de Gdía	0.250	h-h	2.00	14.46 \$/hr	28.92	18.70	96.85
		3.246		25.97				
2.-	IMPLEMENTOS							
	Implementos personal perforación		h-h	16.00	0.25 \$/hr	4.01	2.59	
	Implementos personal auxiliar		h-h	9.97	0.21 \$/hr	2.05	1.32	3.91
3.-	MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
	Herramientas		gdía	1.00	10.84 \$/gdía	10.84	7.01	
	Manga de Ventilación de 18"						0.01	7.01
4.-	PERFORACION							
PERF-000	Perforación de Frentes con Jackleg		pp	174.77	0.12 \$/pp	20.97	13.56	
PERF-001	Perforación de Alcatayas con Jackleg		pp	10.24	0.12 \$/pp	1.23	0.79	
PERF-009	Lubricantes		gln	0.25	5.94 \$/gl	1.49	0.96	
PERF-004a	Barras Cónicas y Brocas descartables		pp	174.77	0.15 \$/pp	25.75	16.65	
PERF-004	Barras Cónicas y Brocas descartables (Perf. Alcatay.)		pp	10.24	0.15 \$/pp	1.51	0.98	
PERF-002	Perforación de cuneta con Jack leg		pp	15.47	0.12 \$/pp	1.86	1.20	
PERF-005	Barras Cónicas y Brocas descartables (Perf. Cuneta)		pp	15.47	0.15 \$/pp	2.28	1.47	
PERF-006	Manguera de 1" ø 50 mts (V.Util 200m)		m	50.00	0.02 \$/m	0.80	0.52	
PERF-007	Manguera de 1/2" ø 50 mts (V.Util 200m)		m	50.00	0.01 \$/m	0.32	0.21	
	Acoples de tuberías y mangueras						0.06	36.39
5.-	EQUIPOS							
EQ-011	Scoop 1,25 yd3		h-m	2.98	34.17 \$/hr	101.72	65.76	
EQ-020	Ventiladores 30,000CFM		h	8.00	1.58 \$/hr	12.65	8.18	
EQ-017	Camioneta 4x4		h-m	1.00	12.48 \$/hr	12.48	8.07	
EQ-016	Camión Transporte de Materiales		h	1.00	14.58 \$/hr	14.58	9.43	
	Lampara		h-h	8.00	0.00 \$/hr	0.01	0.01	91.44
	TOTAL COSTOS DIRECTOS							235.60
6.-	EXPLOSIVOS							
EX-001	Examon P (Anfo)		kls	32.36	0.71 \$/kl	22.98	14.85	
EX-003	Emulsión 7/8"x7", 65%		uni	27.00	0.16 \$/uni	4.44	2.87	
EX-007	Fanel, Blanco		EA	27.00	1.16 \$/uni	31.30	20.23	
EX-013	Carmex, (Guías de seguridad ensamblada)		uni	1.00	0.73 \$/uni	0.73	0.47	
EX-015	Mecha Rápida Z 19		mts	0.50	0.30 \$/m	0.15	0.10	
EX-016	Cordón Detonante 3P		m	9.00	0.19 \$/m	1.75	1.13	39.66
	TOTAL COSTOS EXPLOSIVOS							39.66
7.-	GASTOS INDIRECTOS							
	Gastos Generales y Administrativos		%	18.12	275.26 \$	49.88	49.88	
	Utilidad		%	10.00	275.26 \$	27.53	27.53	77.40
	TOTAL COSTO METRO LINEAL EN DOLARES (US\$/M-L)							352.66
Nota: El camión de transporte llevará madera de la Bocamina hasta la labor de trabajo (Interior Mina)								
- El transporte de personal está incluido en los Gastos Generales								
- Los precios de materiales han sido considerados de Logística y están actualizados a Febrero del 2015								
- El Precio de combustible Diesel considerado es de \$/Gl 2.42								
- El tipo de cambio considerado es de 3.15 soles								
- La distancia máxima de limpieza es hasta los 250 mts, luego de la cual se pagará como distancia adicional.								
El numero de taladros vacios incluye taladros para cuneta y cancamos.								

Cuadro de control de perforación de la máquina perforadora jackleg

CUADRO PARA CONTROL DE PERFORACION										
EQUIPO:	JACKLEG		CODIGO INTERNO:			MJA: 023				
LABOR:	GL- 120									
NIVEL:	3540									
EMPRESA	COPSEM									
SECCION:	2 X 2 MTS									
ITEM	FECHA	TURNO	TIEMPO DE PERFORACION X TALADROS DE 8 PIES/MINUTOS	CANTIDAD DE TALADROS X FRENTE	TIEMPO DE PERFORACION X FRENTE /MINUTOS	CANTIDAD DE FRENTE DISPARADOS	AVANCE X FRENTE DISPARADOS /METROS LINALES	PRECIO X METROS LINALES / DOLARES	PRECIO X METROS DE AVANCE DISPARADOS / DOLARES	GANANCIA TOTAL X DIAS / DOLARES
		DIA								
1	01/01/2017	DIA	3.50	21	73.50	2	2.10	\$352.7	\$740.59	\$1,481.17
2	02/01/2017	DIA	3.50	21	73.50	2	2.10	\$352.7	\$740.59	\$1,481.17
3	03/01/2017	DIA	3.20	21	67.20	1	1.80	\$352.7	\$634.79	\$634.79
4	04/01/2017	DIA	3.25	21	68.25	2	2.00	\$352.7	\$705.32	\$1,410.64
5	05/01/2017	DIA	3.00	21	63.00	2	2.00	\$352.7	\$705.32	\$1,410.64
6	06/01/2017	DIA	3.17	21	66.57	2	1.90	\$352.7	\$670.05	\$1,340.11
7	07/01/2017	DIA	3.15	21	66.15	1	1.85	\$352.7	\$652.42	\$652.42
8	08/01/2017	DIA	3.25	21	68.25	2	2.00	\$352.7	\$705.32	\$1,410.64
9	09/01/2017	DIA	3.50	21	73.50	2	2.10	\$352.7	\$740.59	\$1,481.17
10	10/01/2017	DIA	3.50	21	73.50	2	2.00	\$352.7	\$705.32	\$1,410.64
11	11/01/2017	DIA	3.30	21	69.30	2	2.00	\$352.7	\$705.32	\$1,410.64
12	12/01/2017	DIA	3.20	21	67.20	3	1.80	\$352.7	\$634.79	\$1,904.36
13	13/01/2017	DIA	3.15	21	66.15	2	1.90	\$352.7	\$670.05	\$1,340.11
14	14/01/2017	DIA	3.50	21	73.50	2	2.00	\$352.7	\$705.32	\$1,410.64
15	15/01/2017	DIA	3.17	21	66.57	3	1.90	\$352.7	\$670.05	\$2,297.33
16	16/01/2017	DIA	3.15	21	66.15	2	1.85	\$352.7	\$652.42	\$1,304.84
17	17/01/2017	DIA	3.21	21	67.41	2	2.00	\$352.7	\$705.32	\$1,410.64
18	18/01/2017	DIA	3.50	21	73.50	3	2.00	\$352.7	\$705.32	\$2,115.96
19	19/01/2017	DIA	3.60	21	75.60	2	2.00	\$352.7	\$705.32	\$1,410.64
20	20/01/2017	DIA	3.50	21	73.50	3	2.00	\$352.7	\$705.32	\$2,115.96
21	21/01/2017	DIA	3.20	21	67.20	2	1.80	\$352.7	\$634.79	\$1,269.58
22	22/01/2017	DIA	3.15	21	66.15	2	1.90	\$352.7	\$670.05	\$1,340.11
23	23/01/2017	DIA	3.50	21	73.50	2	2.00	\$352.7	\$705.32	\$1,410.64
24	24/01/2017	DIA	3.25	21	68.25	3	1.90	\$352.7	\$670.05	\$2,010.16
25	25/01/2017	DIA	3.30	21	69.30	2	1.85	\$352.7	\$652.42	\$1,304.84
26	26/01/2017	DIA	2.80	21	58.80	3	2.00	\$352.7	\$705.32	\$2,115.96
27	27/01/2017	DIA	3.50	21	73.50	2	2.00	\$352.7	\$705.32	\$1,410.64
28	28/01/2017	DIA	3.60	21	75.60	2	2.00	\$352.7	\$705.32	\$1,410.64
29	29/01/2017	DIA	3.34	21	70.14	3	2.00	\$352.7	\$705.32	\$2,115.96
30	30/01/2017	DIA	3.50	21	73.50	2	1.90	\$352.7	\$670.05	\$1,340.11
31	31/01/2017	DIA	3.50	21	73.50	2	1.85	\$352.7	\$652.42	\$1,304.84
								GANANCIA TOTAL AL MES		\$ 46,467.99

Cuadro de accidentes en minería - Perú (perforación máquina *jackleg*)

CUADRO DEACCIDENTES EN MINERIA SUBTERRANEAS PERFORACION MAQUINA JACKLEG					
POR OCUPACIÓN	2013	2014	2015	2016	2017
OTROS	4	5	4	2	2
AYUDANTE	5	5	4	2	2
AYUD. OTROS	1	1	0	1	1
PERFORISTA	5	8	2	4	4
AY. PERFOR.	5	0	2	5	5
OPER. EQ. PESADO	5	3	3	4	4
ELECTRICISTA	3	1	0	0	0
CHOFER	4	2	2	3	3
ING. JEFE GUARDIA/MINAS	1	1	2	0	0
OPERARIO	0	1	3	1	1
PEON	1	2	0	0	0
OPER. EQ. ESTACIONARIO	2	1	0	0	0
MECANICO	3	2	2	0	0
MOTORISTA	1	3	0	1	1
MAESTRO	2	5	3	2	2
SUPERVISOR	3	2	1	2	2
OPE. WINCHE/RELLENO	2	1	0	0	0
SOLDADOR	2	0	0	0	0
OBRERO	2	4	3	2	1
LAMPERO	1	0	0	0	0
ENMADERADOR	0	0	1	0	0
TOTAL	52	47	32	29	28

Cuadro de comparación de las cantidades de veces de los accidentes en minería por perforación

