

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

Elección óptima de arranque de motores eléctricos trifásicos asíncronos según su uso en la industria

Luis Alberto Huamán Cruz

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Arequipa, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Continental que me dio la oportunidad de capacitarme y recibir la formación complementando mis conocimientos, a mi asesor Ing. Ronald Gaona por la asesoría para que esta tesis se realice, a la plana docente, personal administrativo.

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de ver realizada mi formación profesional.

A mi familia a mi esposa Nancy que me apoyo para que continúe mi carrera, a mis hijas Nicol y Alisson que me apoyaron de manera incondicional.

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a Dios quien con sus bendiciones llena mi vida, por darnos fuerzas para continuar con este proceso de formación y obtener nuestros anhelos deseados.

A mis padres, Alberto y Catalina por su amor trabajo y sacrificio para sus hijos y convertirnos en lo que somos, personas de provecho.

A mi familia que me apoyo en todo momento a pesar de las responsabilidades.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	2
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1.1 Planteamiento del problema	2
1.1.2 Formulación del problema.....	2
1.1.2.1 Problema general	2
1.1.2.2 Problemas específicos.....	2
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.3.1 Justificación técnica	3
1.3.2 Justificación económica	3
1.3.3 Importancia	3
1.4 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	4
1.4.1 Hipótesis general	4
1.4.2 Hipótesis específicas	4
1.5 VARIABLES E INDICADORES	4
1.5.1 Variable independiente	4
1.5.2 Variable dependiente	5
1.5.3 Operacionalización de las variables.....	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	7
2.1.1 Nacionales	7
2.1.2 Internacional	8
2.2 BASES TEÓRICAS.....	9

2.2.1	¿Qué es un motor eléctrico?.....	9
2.2.2	¿Qué es un motor eléctrico trifásico asíncrono?.....	10
2.2.3	Variantes de arranques para motores asíncronos	16
2.2.4	Tipos de arranques de motores trifásicos	17
2.2.4.1	Arranque de motor directo	17
2.2.4.2	Arranque estrella – triángulo	20
2.2.4.3	Arranques por resistencias estatóricas	24
2.2.4.4	Arranques por resistencias rotóricas	28
2.2.4.5	ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR	29
2.2.4.6	Arrancadores suaves (Soft Star)	31
2.2.4.7	Variador de velocidad	34
2.2.4.8	El estator	36
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	36
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....		38
3.1	MÉTODO Y ALCANCE DE INVESTIGACIÓN	38
3.1.1	Método de investigación	38
3.1.2	Tipo de la investigación	38
3.1.3	Nivel de la investigación.....	38
3.2	Diseño de la investigación	38
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	39
3.3.1	Población:	39
3.3.2	Muestra.....	39
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	40
3.4.1	Instrumentos	40
3.5	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO	44
3.6	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS	45
3.7	MÉTODO DE ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA ELECCIÓN ÓPTIMA EN EL ARRANQUE DE MOTORES ELECTRICOS TRIFÁSICOS ASÍNCRONOS DE LA EMPRESA CORPORACIÓN RICO SAC.	47
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		50
4.1	RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN 50	
4.1.1	Simulación software etap (análisis técnico óptima).....	50

4.1.1.1	Análisis de resultados simulación software etap	55
4.1.2	Simulación Software Digsilent (Análisis Técnico Óptima).....	56
4.1.2.1	Análisis de resultado de simulación Software Digsilent.	60
4.1.3	Información previa (análisis técnico óptima)	61
4.1.3.1	Características de las alternativas de los arranques de motores 61	
4.1.3.2	Características de la instalación y su importancia relativa	62
4.1.3.3	Comparación de las alternativas de solución	63
4.1.4	Método de análisis técnico-económico	63
4.1.4.1	Análisis técnico-económico.	63
4.1.4.2	Análisis económico	68
4.1.4.3	Análisis de la energía anual y retorno de la inversión	68
4.1.4.4	Análisis de optimización de la calificación tarifaria	71
4.1.5	Evento producido en planta de procesamiento de aves corporación Rico SAC. 75	
4.1.5.1	Datos de suministro eléctrico de planta	75
4.1.5.2	Resultado de la investigación.	76
4.1.5.3	Hipótesis	77
4.1.5.4	Conclusiones	77
4.1.5.5	Análisis de resultado	79
4.1.5.6	Análisis del evento producido en planta de procesamiento de aves Corporación Rico SAC. con Software ETAP	80
4.1.5.7	Explicación de sistema de protección ante el retorno de corriente 80	
4.1.5.8	Consideraciones de las puestas a tierra para una selección óptima para el arranque de motores	82
4.1.5.9	Protección homopolar en la sala de motores	83
4.1.5.10	Cuadro de máxima demanda funcionabilidad de cada motor con su factor de simultaneidad y de potencia	85
4.1.5.11	Implementación de banco de condensadores para corregir el factor de potencia en corporación Rico SAC.	90
4.1.5.12	Ferroresonancia en la empresa Corporación Rico SAC.	95
4.1.5.13	Plano de ubicación de la empresa Corporación Rico SAC. .	95
4.2	PRUEBA DE HIPÓTESIS	96

4.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	102
4.3.1	Recomendaciones	103
4.3.1.1	Criterios para la selección de un motor asíncrono trifásico .	103
4.3.1.2	Protección y control de seguridad para motores eléctricos.	104
4.3.1.3	Criterios de selección de controles y protecciones para motores eléctricos	104
	CONCLUSIONES.....	106
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
	ANEXOS.	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Cuadro de coeficiente de performance.	61
Tabla 2.	Cuadro de coeficiente de importancia relativa.	62
Tabla 3.	Cuadro de comparación de alternativas de solución.....	63
Tabla 4.	Datos del motor	64
Tabla 5.	Máxima Demanda / Diagrama de carga (Arranque directo).	64
Tabla 6.	Máxima Demanda / Diagrama de carga (Arranque estrella triángulo).	65
Tabla 7.	Máxima Demanda / Diagrama de carga (Soft starter).	66
Tabla 8.	Máxima Demanda / Diagrama de carga (Variador de velocidad). Fuente propia	67
Tabla 9.	Análisis de la Energía.	69
Tabla 10.	Costo del Variador de frecuencia. Fuente propia	69
Tabla 11.	Costo del Soft Starter.	69
Tabla 12.	Costo de estrella triángulo.	70
Tabla 13.	Costo de arranque Directo.....	70
Tabla 14.	Ahorro costo Anual (soles/año).....	70
Tabla 15.	Retorno de la Inversión.....	71
Tabla 16.	Análisis de optimización de la calificación tarifaria.	72
Tabla 17.	Costos de Cliente presente en punta.	73
Tabla 18.	Costos Cliente fuera de punta.	74
Tabla 19.	Optimización Económica.	74
Tabla 20.	Cuadro de demanda máxima.....	85
Tabla 21.	Tabla de cálculo de sección nominal de conductores	87
Tabla 22.	Costo de tablero de banco de condensadores.....	93
Tabla 23.	Tabla de características y alternativas.	98
Tabla 24.	Tabla conclusiones de alternativas con media máxima.	99
Tabla 25.	Cuadro de la media máxima de arranque de motores	99
Tabla 26.	Matriz de Consistencia General.	112
Tabla 27.	Variables/dimensiones/indicadores/instrumentos.	117
Tabla 28.	Operacionalización de las variables.....	118
Tabla 29.	Cuadro de consistencia.	119
Tabla 30.	Resultado de la falla trifásica.	127

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Motor con rotor bobinado,.....	11
Figura 2:	Motor con rotor en jaula de ardilla.....	12
Figura 3:	Motor con rotor en doble jaula de ardilla.....	12
Figura 4:	Motor con rotor en ranuras profundas.....	13
Figura 5:	Motor eléctrico con sus partes.....	13
Figura 6:	Placa de un motor eléctrico trifásico.....	15
Figura 7:	Conexión en estrella.....	15
Figura 8:	Conexión en triángulo.....	15
Figura 9:	Diagrama de flujo del principio de funcionamiento.....	16
Figura 10:	Tipos de arranque trifásico de un motor eléctrico.....	16
Figura 11:	Arranque directo de un motor eléctrico.....	18
Figura 12:	Diagrama eléctrico de un arranque directo de un motor eléctrico.....	19
Figura 13:	Arranque directo con inversión de giro de un motor eléctrico en modo parado.....	19
Figura 14:	Arranque directo con inversión de giro de un motor eléctrico en marcha.....	20
Figura 15:	Arranque estrella triángulo de un motor eléctrico.....	22
Figura 16:	Arranque estrella triángulo de un motor eléctrico en modo parado.....	22
Figura 17:	Arranque estrella triángulo de un motor eléctrico en marcha.....	23
Figura 18:	Arranque estrella triángulo de un motor eléctrico en estrella.....	23
Figura 19:	Arranque estrella triángulo de un motor eléctrico en delta.....	24
Figura 20:	Diagrama de arranque por resistencias estáticas de un motor eléctrico.....	25
Figura 21:	Curvas de corriente y torque de arranque mediante resistencias estáticas de un motor eléctrico.....	25
Figura 22:	Diagrama eléctrico de arranque mediante resistencias estáticas.....	26
Figura 23:	Arranque mediante resistencias estáticas, motor parado.....	26
Figura 24:	Arranque mediante resistencias estáticas.....	27
Figura 25:	Arranque mediante resistencias estáticas, motor en marcha.....	27
Figura 26:	Arranque mediante resistencias estáticas, motor en paro.....	28
Figura 27:	Diagrama de arranque mediante resistencias rotoricas.....	28
Figura 28:	Diagrama de arranque por autotransformador.....	30
Figura 29:	Diagrama de arranque por autotransformador, motor parado.....	30
Figura 30:	Diagrama de arranque por autotransformador, motor en arranque.....	31

Figura 31. Diagrama de arranque por autotransformador, autotransformador en acción.....	31
Figura 32. Diagrama de arranque por autotransformador, tensión normal.....	31
Figura 33. Diagrama de V-I de arrancador de estado sólido.....	33
Figura 34. Características de los arrancadores de estado sólido.....	33
Figura 35. Diagrama de conexión de un arrancador de estado sólido.....	34
Figura 36. Diagrama de conexión de un convertidor de frecuencia.....	36
Figura 37. Diagrama de bloques de metodología de optimización.....	41
Figura 38. Método de análisis técnico económico para la elección óptima en el arranque de motores.....	46
Figura 39. Simulación Software ETAP – Arranque de motores.....	50
Figura 40. Datos de motor ingresados al ETAP.....	51
Figura 41. Datos del motor ingresados al ETAP.....	51
Figura 42. Datos del variador de velocidad.....	52
Figura 43. Configuración del Variador de Velocidad.....	52
Figura 44. Tensión del motor en (% KV).....	53
Figura 45. Velocidad del motor en (%)......	53
Figura 46. Corriente en el motor en (%FLA), siendo el 100% = 33 Amperios.....	54
Figura 47. Deslizamiento en (%)......	54
Figura 48. Potencia Activa en kW.....	55
Figura 49. Torque del motor en (%)......	55
Figura 50. Simulación Software DIGSILENT – Arranque de motores.....	56
Figura 51. Datos de motor ingresados al Digsilent.....	57
Figura 52. Datos del motor ingresados al Digsilent.....	57
Figura 53. Datos del SOFSTARTER.....	58
Figura 54. Bypass del Soft starter a los 1.6 segundos.....	58
Figura 55. Tensión del motor en KV.....	59
Figura 56. tensión en la barra en kV y velocidad del motor en p.u.....	59
Figura 57. Deslizamiento en p.u y corriente en amperios.....	60
Figura 58. Potencia en kW y Torque en p.u.....	60
Figura 59. Tablero analizado 3x400-460 VAC.....	75
Figura 60. Variador de velocidad Danfoss original.....	76
Figura 61. Falla de placa electrónica de variador de velocidad danfoss.....	76
Figura 62. Instalación de nuevo variador danfoss.....	77
Figura 63. Descripción de tipo de variador danfoss.....	78

Figura 64. Tablero conexión IT.....	78
Figura 65. Circuito de conexión con transformador de aislamiento.....	80
Figura 65. Circuito de control de unidad motriz.....	81
Figura 67. Diagrama de Circuito de protección homopolar.	83
Figura 68. Circuito protección homopolar media tensión.	84
Figura 69. Circuito protección homopolar completa.....	84
Figura 70. Circuito protección homopolar en motor.	85
Figura 71. Ficha técnica de cable NPT INDECO.	88
Figura 72. Ficha técnica de cable NPT INDECO.	89
Figura 73. Triángulo de potencias.	90
Figura 74. Facturación de costo de energía reactiva.	93
Figura 75. Banco de condensadores automático.....	94
Figura 76. Protocolo de Banco de condensadores automático	95
Figura 77. Protocolo de Banco de condensadores automático.....	95
Figura 78. Ubicación de Corporación Rico SAC.	96
Figura 79. Diferencias de medias para coeficiente.	101
Figura 80. Grafica de intervalos de coeficientes vs. Alternativas.	101
Figura 81. Gráfica de residuos para coeficiente. Fuente propia.....	102
Figura 82. Diagrama unifilar del sistema.....	122
Figura 83. a) falla línea a tierra b) doble línea a tierra c) línea a línea d) trifásica.	123
Figura 84. Circuito equivalente de la acometida considerado para el análisis de cortocircuito.	124
Figura 85. Circuito equivalente de un motor. Fuente internet.....	124
Figura 86. Transformador trifásico.....	125
Figura 87. Transformador trifásico de potencia.....	126
Figura 88. Datos del motor de 3 HP.....	126
Figura 89. Datos del variador.....	127
Figura 90. Falla trifásica en el tablero TB 292442_01, 4.332 KA.	128
Figura 91. Falla trifásica en barra principal con un valor de 28.478 KA.....	128
Figura 92. Tipos de curvas de los relés de tiempo inverso.	130
Figura 93. Coordinación de protección a fase relé 01 respecto a breaker principal.	131
Figura 94. Coordinación de protección del breaker CB principal respecto al CB3.....	132
Figura 95. Coordinación de protección del breaker CB3 respecto al CB5.....	133
Figura 96. Coordinación de protección del breaker CB5 respecto al CB9.....	134
Figura 97. Coordinación de protección a tierra Relé respecto a Breaker principal.	135

Figura 98. Coordinación de protección de Breaker principal respecto a breaker CB 3..	136
Figura 99. Coordinación de protección de Breaker CB3 respecto a breaker CB 5.....	137
Figura 100.Coordinación de protección de Breaker CB5 respecto a breaker CB9.	138
Figura 101.Licencia software Etap (Demo).....	140
Figura 102.Autorización de la empresa Celicon Ingenieros SAC. para uso del software Etap.....	141
Figura 103.Orden de Compra del software Etap.....	142
Figura 104.Solicitud de Licencia software DigSILENT (Demo).	143
Figura 105.Clave de activación de licencia Digsilent.	144
Figura 106.Activación de software DigSILENT (DEMO).	145
Figura 107.Autorización de publicación de la empresa "Corporación Rico SAC"	146
Figura 108.Constancia de trabajo en "Corporación Rico SAC".	147
Figura 109.Cotización de Arranque Directo.	148
Figura 110.Cotización de Arranque estrella triángulo.	149
Figura 111.Cotización de Arrancador de Estado Sólido (Soft starter).	150
Figura 112.Cotización de Arrancador con Variador de Velocidad.	151

RESUMEN

La investigación está basada en el método experimental (causa efecto) de tipo aplicada (práctica o empírica), de nivel explicativo donde se determina que los arranques directos producidos en los motores asíncronos trifásicos son perjudiciales, tanto para la vida útil del motor como para el ahorro de energía, cuyo objetivo es determinar el tipo de arranque de motores asíncronos que optimice costos; los arranques deberán seleccionarse de acuerdo a su aplicación en el proceso de manufactura determinado por su economía, torque, ahorro de energía eléctrica, cuidando también el acoplamiento de la carga ya sea un ventilador, bomba de fluidos, compresores de pistones, tornillo, prensas, etc. Las simulaciones desarrolladas en este trabajo sirven para realizar las comparaciones entre los diferentes tipos de arranque de motores tales como: arranque directo, estrella triángulo soft starter y variador de velocidad, teniendo como resultado una elección óptima de arranque de motores eléctricos trifásicos asíncronos según su uso en la industria.

También determina el ahorro de energía anual y retorno de la inversión entre las comparaciones de los arranques de motores.

Se implementa un evento ocurrido en la planta de procesamiento de aves Corporación Rico SAC. en la ciudad de Arequipa, en donde se investiga una falla eléctrica que dio como resultado 12 variadores quemados en un solo instante por la mala conexión de los gabinetes eléctricos en conexión IT, cuando debería ser en conexión TNS, en donde se concluye que los variadores deben ser seleccionados antes de la puesta en marcha.

Palabras clave: motor eléctrico, torque de arranque, voltaje.

ABSTRACT

The research is based on the experimental method (cause effect) of an applied type (practical or empirical), of an explanatory level where it is determined that the direct starts produced in three-phase asynchronous motors are detrimental both to the useful life of the motor and to savings whose objective is to determine the type of starting of asynchronous motors that optimizes costs, the starts should be selected according to their application in the manufacturing process determined by their economy, torque, saving electrical energy, also taking care of the load coupling be it a fan, fluid pump, piston compressors, screw, presses etc. The simulations developed in this work are used to make comparisons between the different types of motor starting such as: direct start, star delta soft starter and variable speed drive, resulting in an optimal choice of starting asynchronous three-phase electric motors according to their use. in the industry.

It also determines the annual energy savings and return on investment among motor start comparisons.

An event that occurred at the Corporación Rico SAC poultry processing plant is implemented. in the city of Arequipa, where an electrical failure is investigated that resulted in 12 drives burned in a single instant due to poor connection of the electrical cabinets in IT connection, when it should be in TNS connection, where it is concluded that the drives must be selected prior to commissioning.

Keywords: electric motor, starting torque, voltage.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis se ha realizado en la empresa “Corporación Rico SAC”. en la ciudad de Arequipa, para la investigación de arranque de motores en la línea de Sacrificio, Evisceración y clasificado de aves, donde se pone a disposición la falla eléctrica de variadores quemados por mala elección.

El arranque de un motor eléctrico trifásico es el proceso de movimiento que realiza desde un punto nulo estable venciendo el par resistente de la carga que tiene que mover en el inicio del arranque del motor, el par de arranque debe ser mayor al par resistente de lo contrario no se podrá realizar el arranque del motor.

Es importante y necesario, considerar un óptimo arranque de motor, en esta tesis se ha puesto a prueba los métodos de arranque existentes en la industria para determinar cuál de ellos se puede aplicar considerando la potencia del motor entre otros factores. Hoy en día se busca optimizar, mejorando el tiempo y el desempeño físico, etc. Estos nuevos retos también están presentes en la industria donde se desea optimizar procesos cuya intención es mejorar los tiempos que reduzca los costos y mejorar la eficiencia. Por todo ello, se describe el contenido para el desarrollo de la investigación:

Capítulo I: Se describe el planteamiento y la formulación del problema, objetivos de la investigación, justificación e importancia, formulación de la hipótesis y descripción de variables.

Capítulo II: Se desarrolla el marco teórico, antecedentes del problema a nivel nacional e internacional, bases teóricas y la definición de términos básicos.

Capítulo III: La metodología de la investigación, métodos, tipos de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, instrumentos, técnicas de procesamiento y técnicas de análisis de datos.

Capítulo IV: Resultados del tratamiento y análisis de la información, y discusión de los resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Planteamiento del problema

El uso de motores en las plantas presenta problemas ya sea por su construcción, tipo de arranque y factores climatológicos que dañan la calidad de energía.

El elevado torque produce un consumo excesivo que supera 7 veces más la placa de consumo de un motor, produciendo recalentamientos donde se pierde el aislamiento.

La implementación de sistemas de arranque, se han hecho necesarios para protección de los mismos, garantizando una continuidad de servicio y mayor protección, tanto para los motores como para las personas, mucho depende de una selección de arranque para determinada aplicación que optimice costos.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Problema general

¿Cuál es el tipo de arranque de motores eléctricos asíncronos que optimiza costos según su uso en la industria?

1.1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo influye el arranque directo, arranque estrella triángulo, soft starter, variador de frecuencia de un motor eléctrico asíncrono en la optimización de costos según su uso en la industria?
- ¿Qué metodología se debe aplicar para elegir el arranque de un motor eléctrico optimizando sus costos según su uso en la industria?

- ¿De qué manera se puede obtener las características técnicas necesarias para elegir el tipo de arranque de motores eléctricos asíncronos que optimicen costos según su uso en la industria?

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

Determinar el tipo de arranque de motores eléctricos asíncronos que optimizan costos según su uso en la industria

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la influencia del arranque directo, arranque estrella triángulo, soft starter, variador de frecuencia de un motor eléctrico asíncrono en la optimización de costos según su uso en la industria.
- Elegir la metodología adecuada para el arranque de un motor eléctrico, optimizando sus costos según su uso en la industria
- Identificar las características técnicas necesarias para el arranque de motores eléctricos asíncronos que optimicen costos según su uso en la industria

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación técnica

La importancia de colocar sistemas de seguridad evitando fugas de corriente que atenten con la integridad de las personas, la continuidad de servicio, la instalación de equipos de arranque progresivo que proteja mecánica y eléctricamente, la determinación de tipo de conexión de la sub estación, el análisis de calidad de energía, instalaciones de protecciones de red, perturbaciones que afectan la vida útil de los motores, instalaciones de pozos a tierra y lo más importante ahorro de energía eléctrica.

1.3.2 Justificación económica

Se reducen los costos de pago de energía eléctrica provenientes de los arranques de motores, es posible disminuir la tarifa total favoreciendo la economía de la empresa.

1.3.3 Importancia

La investigación realizada tiene como finalidad aportar conocimientos predictivos para la implementación de los arranques de motores y colocar protecciones para las

máquinas como para personas como lo afirma el código Nacional de electricidad Suministro (Suministro, 2011, p. 69).

El código Nacional de electricidad-utilización nos dice en su sección 160:

160-504

“(1) Arrancadores manuales de motores con posiciones de arranque y operación diferentes deberán ser construidos de modo que no puedan permanecer en la posición de arranque. (2) Arrancadores magnéticos de motores con posiciones de arranque y operación diferentes deberán ser construidos de modo que no puedan permanecer en la posición de arranque en condiciones normales de operación”. (CNE-utilización, 2006, p.14).

1.4 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

1.4.1 Hipótesis general

Un arranque suave de motores eléctricos asíncronos optimiza los costos según su uso en la industria

1.4.2 Hipótesis específicas

- El arranque directo, estrella triángulo, soft starter, variador de frecuencia de motores eléctricos asíncronos optimiza los costos según su uso en la industria
- La metodología de características técnicas, características de instalación y retorno de inversión optimizan la elección del arranque de un motor eléctrico según su uso en la industria
- Simulando el arranque de motores se identifica las características técnicas necesarias para el arranque de motores eléctricos asíncronos que optimicen costos según su uso en la industria

1.5 VARIABLES E INDICADORES

1.5.1 Variable independiente

Uso de los motores

Indicadores

- Tensión del motor vs tiempo (%kv)
- Velocidad del motor vs tiempo (%)
- Corriente en el motor (%fla), 100%=33a. vs tiempo
- Deslizamiento vs tiempo (%)

- Potencia activa (kw) vs tiempo
- Torque del motor (%) vs tiempo
- Costo

1.5.2 Variable dependiente

Tipo de Arranque

- 1) Arranque Directo
- 2) Arranque Estrella triángulo
- 3) Arranque con Soft starter
- 4) Arranque con Variador de velocidad

Indicadores

- Coeficientes de performance.
- Coeficiente de importancia relativa.

1.5.3 Operacionalización de las variables

Variables	Tipos de variables	Definición conceptual	Indicadores	Dimensiones	Instrumentos
Uso de los motores	Independiente	Elaboración más conveniente con recursos bajos para obtener el mejor tipo de arranque de motores.	Tensión del motor	KV= Kilovoltios	Software Etap/digSilent
			Velocidad del motor	% porcentaje de velocidad	Software Etap/digSilent
			Corriente en el motor	Amperios	Software Etap/digSilent
			Deslizamiento	% porcentaje de deslizamiento	Software Etap/digSilent
			Potencia Activa	Kw=Kilowatts	Software Etap/digSilent
			Torque del motor	% porcentaje de torque	Software Etap/digSilent
			Costos de Consumo de energía eléctrica, inversión.	soles	Hojas de cálculo en Excel.

<p><i>Tipo de Arranque</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Arranque Directo</i> 2. <i>Arranque Estrella triángulo</i> 3. <i>Arranque con Soft starter</i> 4. <i>Arranque con Variador de velocidad</i> 	<p>Dependiente</p>	<p>Proceso de elaborar una selección que permita reducciones de costos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Coeficientes de performance - Coeficiente de importancia relativa 	<p>Comparación de alternativas y características.</p>	<p>Hojas de cálculo en Excel.</p>
---	--------------------	---	--	---	-----------------------------------

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1 Nacionales

Zapana (2020). "Diseño e implementación de un módulo didáctico para el arranque electrónico de motores eléctricos de inducción por controlador lógico programable (PLC)". Realiza la implementación, el diseño y posteriormente el análisis de un módulo didáctico para un arranque electrónico de motores eléctricos de inducción por un controlador lógico programable (PLC) cuya hipótesis presenta que el módulo de arranque de motores de inducción de jaula de ardilla, nos permite conocer la programación y su configuración en los variadores de velocidad y los Controladores lógicos programables llegando a obtener que el módulo didáctico cumple con sus características de diseño y evaluación práctica para el arranque de motores de inducción de jaula de ardilla por (PLC). Además, se implementaron guías de prácticas para procedimientos de operación obteniendo registro de datos para análisis de parámetros eléctricos y físicos contribuyendo a los laboratorios de las escuelas profesionales.

De acuerdo al análisis de arranque directo vs arranque electrónico de un motor de inducción trifásico de 1.5 hp marca weg 220VAC conexión delta, se obtiene en base a 15 lecturas un ahorro de energía en el arranque de 65.24% (Zapana, 2020).

Gil et al. (2018). "Aplicación de sistemas embebidos en el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna". El objetivo es diseñar un sistema embebido para arranque de un motor de corriente alterna asíncrono, usando una programación lógica que usan los electricistas a nivel de circuitos de control, obteniendo con la utilización de sistemas embebidos donde será posible diseñar e implementar el arranque de un motor eléctrico obteniendo un diseño de sistema embebido para motores de corriente alterna, mediante lógicas de programación que maneja los electricistas, el arranque estrella triángulo es de fácil manejo desde un sistema embebido, donde minimiza cables, además tiene una tasa

interna de retorno TIR de 18.1% comparado con el convencional de 13.2% además el proyecto cumple con la investigación y propósito para un arranque YD, se usa el compilador PCW en el cual se escribe el programa para ser convertido a formato hexadecimal legible por el micro controlador PIC 16F877A con un programa Proteus y lenguaje de programación C.”

Sedano (2016), en su investigación denominada “Diseño de un sistema de arranque electrónico para la puesta en marcha de motores síncronos”. El objetivo principal es diseñar un arranque automático de un motor síncrono usando micro controladores, además de controlar la corriente de excitación ante las variaciones de la carga su hipótesis, está dada en la capacidad de controlar la eficiencia del motor en base a su carga. Se ha alcanzado el objetivo general con el diseño y simulación de un arranque automatizado para motores síncronos usando micro controladores y también la regulación de corriente en la bobina de excitación por variación de carga.

2.1.2 Internacional

Barriga. C. y Zambrano, J. (2011), Arranque de un motor de inducción usando control difuso. El artículo presenta la lógica difusa para la electrónica de potencia y drivers de motores donde mejora el arranque de un motor de inducción usando dos configuraciones de circuitos: series de tiristores conectados en anti-paralelo y además un inversor trifásico con la finalidad de reducir la corriente de arranque e incrementando su torque. Este artículo ha contribuido con el enriquecimiento académico enfocado al control de motores de inducción de jaula de ardilla y demostrando las mejoras de ahorro de energía eléctrica evitando las perturbaciones ocasionadas por dichos arranques y evitando desgaste por acoplamientos mecánicos, alineación y fricción.

El uso y la aplicación para el arranque de motores se basan en la construcción, calentamiento, refrigeración, medio ambiente, protecciones y las especificaciones del fabricante” (Lobosco, 1989).

Frayle, J. (2007). “Estudio del comportamiento de la máquina asíncrona utilizando MATLAB®/Simulink”. El uso de simuladores adecuados (Software) es fundamental para el desarrollo de las herramientas didácticas. Los programas son diseñados para simular y ver el comportamiento de los parámetros asignados donde nos permita mejorar aspectos teóricos y simulaciones en laboratorio este artículo está dividido en tres apartados: teoría, laboratorio y resolución de problemas. En conclusión, se obtiene resultados favorables donde se pueden modificar parámetros significativos en tiempo real logrando simulaciones y conclusiones.

García, M. et al. (2018). Sobretensiones en Arrancadores con Autotransformador Causadas por la Desconexión del Interruptor Principal en el Arranque de los Motores. Las fallas ocasionadas por sobretensiones ocasionadas por re encendidos de los motores eléctricos trifásicos por apertura del interruptor del neutro son factores que se deben tener en cuenta para una conexión segura

Llacza H. (2013). "Efectos de los armónicos en los motores eléctricos al controlar su velocidad. Callao: UNAC, 2013". Los variadores de velocidad y los motores tienen una importancia en la industria, la electrónica de potencia la convierte en cargas alineales dentro los sistemas de potencia, contaminando la red de armónicos aumentando la posibilidad de resonancia, debido al banco de condensadores para corregir el factor de potencia los armónicos producen baja calidad de suministro de energía eléctrica.

Macas y Ramirez (2010). Diseño y construcción de un banco de pruebas para arranque suave de motores asíncronos trifásicos con un sistema de adquisición de datos. Se propone usar equipos que nos permita el análisis estudio y funcionamiento en los motores asíncronos trifásicos apoyados en sistemas de adquisición de datos para controlar la aceleración y el control de torque.

Paredes, B. (2016). "En el día a día siempre se está buscando optimizar, sea el tiempo, el dinero, el desempeño físico, etc. este desafío también está presente en la industria, ya que se desea optimizar productos o procesos con la intención de reducir tiempos de desarrollo, mejorar la eficiencia y/o minimizar costos de fabricación".

2.2 BASES TEÓRICAS

Para una elección óptima de arranque de motores eléctricos asíncronos trifásicos, debemos conocer el comportamiento y estudio de dichos motores.

Según Llacza (2013), Los motores y los variadores de velocidad tiene una gran importancia en la industria, la electrónica de potencia los convierte en cargas alineales lo que hace que contamine le red eléctrica.

2.2.1 ¿Qué es un motor eléctrico?

"El motor eléctrico es una máquina destinada a transformar energía eléctrica en energía mecánica. Es el más usado de todos los tipos de motores. Porque combina las ventajas de la utilización de la energía eléctrica-bajo costo. Facilidad de transporte, limpieza y simplicidad de control por su construcción simple, costo reducido, gran versatilidad de adaptación de cargas más diversas y mejores rendimientos" (Universidad Nacional de Rio Cuarto [UNRC], 2001, p. 2).

2.2.2 ¿Qué es un motor eléctrico trifásico asíncrono?

Los motores Asíncronos o llamados también motores de inducción de corriente alterna, son aquellos que giran a velocidades distintas a su campo magnético, están distribuidos en tres fases a 120 grados comparados con un motor monofásico, este tiene mayor torque. El motor asíncrono trifásico consta de un rotor y un estator. Según el teorema de Ferraris nos dice que cuando por las bobinas circula corrientes equilibradas trifásicas donde el desfase es de 120 grados se induce un campo magnético giratorio alrededor del rotor. El campo magnético induce una tensión eléctrica en el rotor según la ley de inducción de Faraday.

El principio de operación de un motor trifásico asíncrono, tiene como fundamento a la velocidad de rotación del campo magnético o velocidad de sincronismo el cual está dada por:

$$n_{sinc} = \frac{60f_e}{p}$$

Donde f es la frecuencia del sistema, en Hz, y p es el número de pares de polos en la máquina. Estando así la velocidad dada en revoluciones por minuto (rpm).

Lo que produce el voltaje inducido en la barra del rotor es el movimiento relativo del rotor en comparación con el campo magnético del estator, esto se puede observar en la siguiente ecuación:

$$\mathcal{E}_{ind} = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \ell$$

Dónde:

\vec{v} : Velocidad de la barra en relación con el campo magnético
 \vec{B} : Vector de densidad de flujo magnético
 ℓ : Longitud del conductor en el campo magnético
 \times : Representa la operación "producto vectorial"

a) Características de un motor trifásico asíncrono.

Tienen las siguientes características:

- Es económico.
- De adquisición muy sencilla.

- Despreciable en conservación.
- Elevado rango de defensa.
- Su instalación se puede dar en diversos ambientes.

b) Estándares que rigen la fabricación de los motores asíncronos.

Los motores eléctricos asíncronos se fabrican basándose en varios estándares internacionales, pero mencionaremos algunos que son los más importantes:

- IEC Comisión Electrotécnica Internacional esta norma es la más empleada en Europa.
- NEMA Asociación Nacional de Fabricación de Equipos Eléctricos es la más empleada en varios países del mundo.

c) Tipos de motores trifásicos asíncronos.

De acuerdo con su clasificación mencionaremos lo siguiente:

1) Motor con rotor bobinado

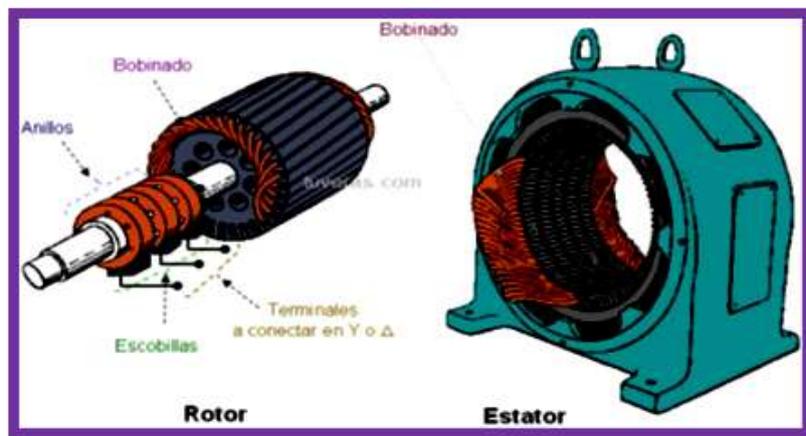


Figura 1: Motor con rotor bobinado,

Fuente: <https://images.app.goo.gl/aboaeMi7Go86iCzF7>

2) Motor con rotor en jaula de ardilla

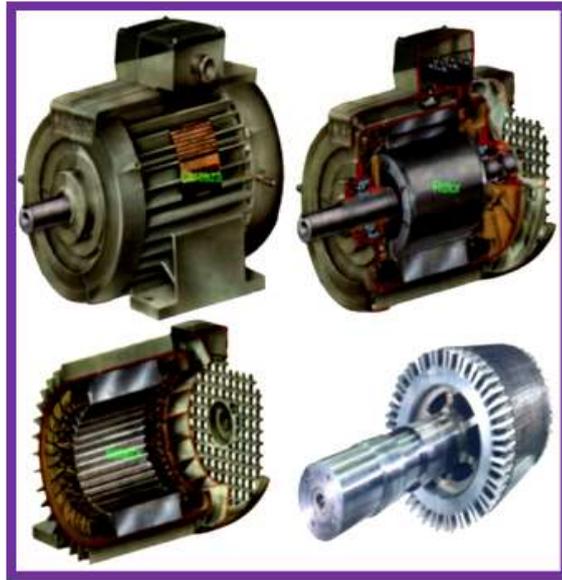


Figura 2: Motor con rotor en jaula de ardilla.
Fuente: <https://images.app.goo.gl/pWobJweDYcekYJq48>

3) Motor con rotor en doble jaula de ardilla

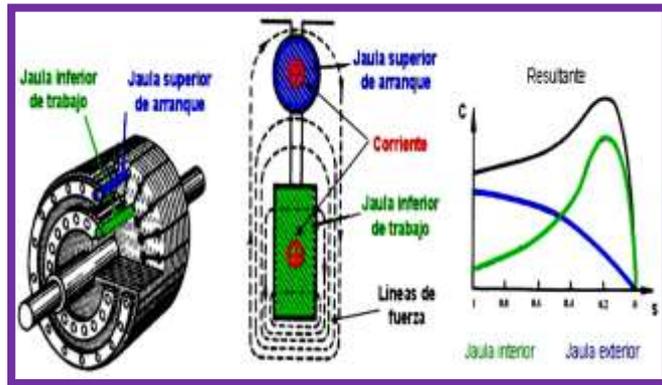


Figura 3: Motor con rotor en doble jaula de ardilla.
Fuente: <https://images.app.goo.gl/FrPpHyJ6VB296ge8A>

4) Motor con rotor en ranuras profundas

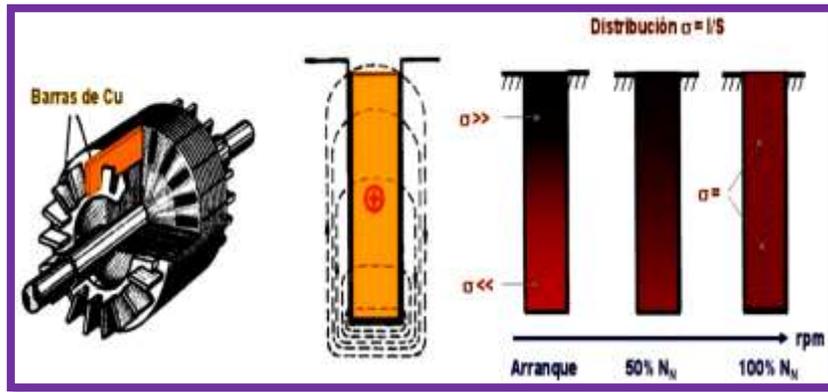


Figura 4: Motor con rotor en ranuras profundas
Fuente: <https://images.app.goo.gl/hyYSr8kPEhNMZWZh9>

d) Partes de un motor eléctrico asíncrono

Tenemos:

- Estator.
- Ventilador.
- Placa de características.
- Placa de bornes Rotor.
- Rodamientos.
- Eje.
- Bobinado.
- Carcasa.

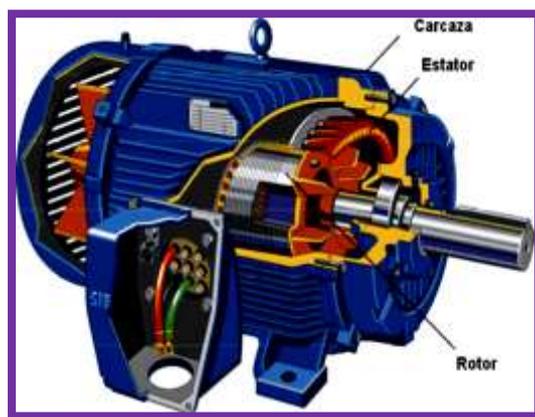


Figura 5: Motor eléctrico con sus partes.
Fuente: <https://images.app.goo.gl/mXf7xxbJjMekSTuXA>

e) Placa característica de un motor eléctrico asíncrono.

En la placa de un motor trifásico, normalmente, van inscritos las siguientes características:

- Nombre industrial.
- Volumen.
- Estructura de fabricación.
- Condicionamiento de frecuencia eléctrica.
- Especie de aparato: motor generador.
- Dígitos de elaboración del motor.
- Armonización de la figura de empalme del arrollamiento.
- Presión representativa.
- Magnitud aparente.
- Intensidad figurada esta se puede indicar en kW o a su vez también puede indicarse en KVA.
- Unión de intensidad.
- Norma de manejo representativo.
- Elemento de intensidad.
- Dirección de revoluciones.
- Aceleración aparente de rotación en un periodo breve de tiempo Rev/min.
- Continuidad representativa.
- Configuración de empalme inducido.
- Efervescencia de mecanismos de frecuencia constante.
- Condición de separación.
- Condición de seguridad.
- Gravedad en Kg. o T.
- Dígitos de periodos de elaboración.



Figura 6: Placa de un motor eléctrico trifásico.

Fuente: <https://images.app.goo.gl/DWTPvXrVoSm2FFQc7>

f) Conexión de un motor trifásico eléctrico asíncrono.

Para el funcionamiento adecuado de un motor trifásico, podemos mencionar dos tipos de conexión.

- Conexión en estrella

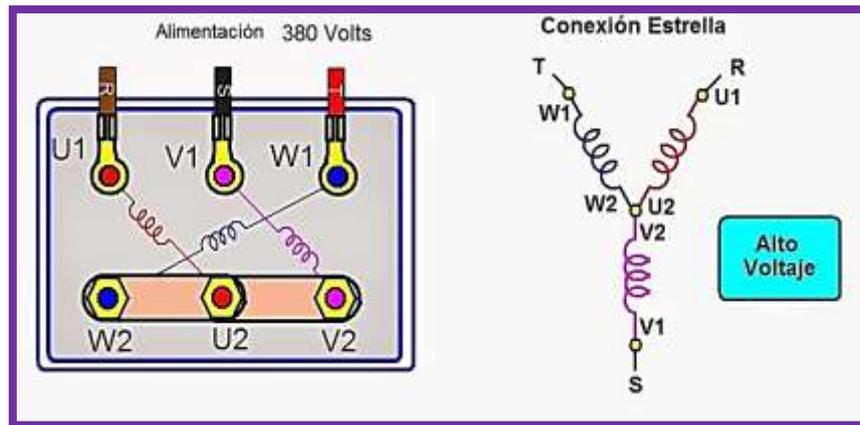


Figura 7: Conexión en estrella.

Fuente: <https://images.app.goo.gl/C18aXNVgKWYp5fMT7>

- Conexión en triángulo.

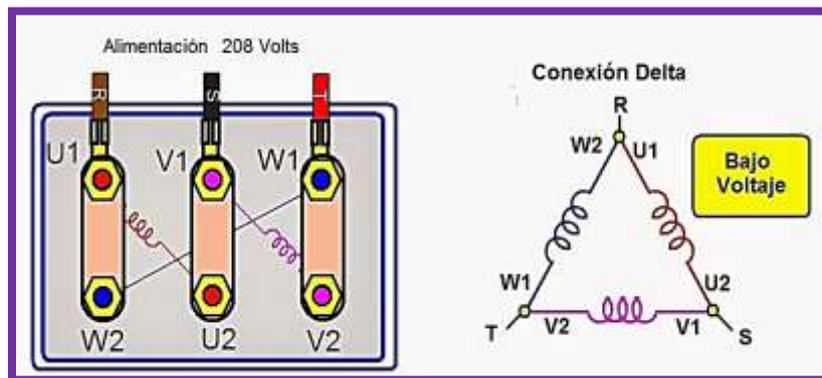


Figura 8: Conexión en triángulo.

Fuente: <https://images.app.goo.gl/C18aXNVgKWYp5fMT7>

g) Principio de funcionamiento de un motor trifásico.

El principio de funcionamiento de un motor trifásico podemos resumirlo de la siguiente manera, mediante este diagrama de flujo:

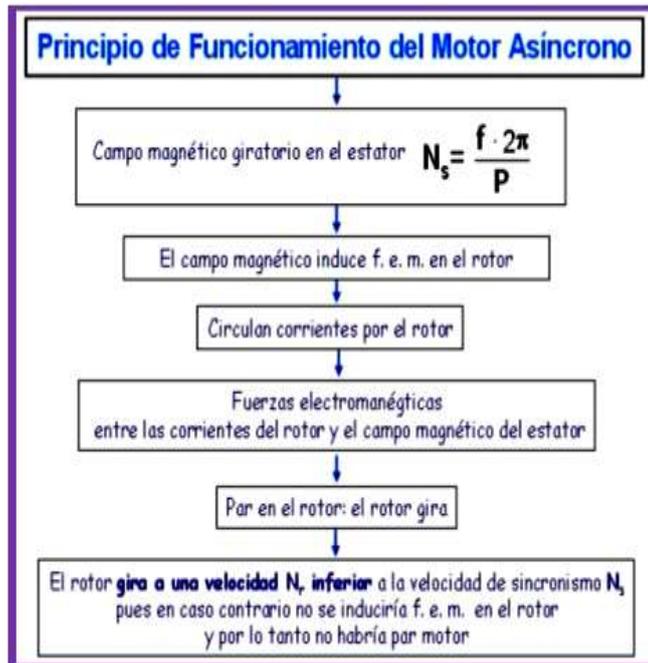


Figura 9: Diagrama de flujo del principio de funcionamiento.
Fuente: <https://images.app.goo.gl/YgpLxbBuBaxfmpdN9>

2.2.3 Variantes de arranques para motores asíncronos

Mencionaremos las siguientes variantes de los arrancadores de motores trifásicos asíncronos:

- Arranque directo (figura 10-1).
- Arranque estrella-triángulo, es el más utilizado (figura 10-2).
- Arrancador suave, es el más moderno (figura 10-3).
- Adaptador por convertidor de frecuencia (figura 10-4).

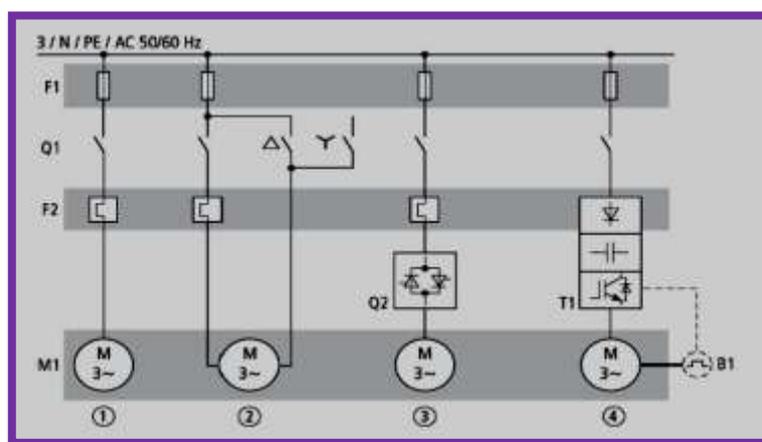


Figura 10: Tipos de arranque trifásico de un motor eléctrico.
Fuente: <http://www.moeller.es/descarga.php?file=soporte/12/IT-EE09.pdf>

Rasgo distintivo del arranque de un motor trifásico asíncrono

Entre los más comunes tenemos:

- Fuerza de impulso.
- Energía representativa en la localización de producción.
- Semejante de origen.
- Velocidad semejante ($MM > ML$).
- Límite de valoración semejante.
- Equivalente de peso.
- Idéntico al impulsor.
- Peso similar y representativo.
- Aceleración.
- Ligereza aparente en el instante de la producción.
- Velocidad simultánea.

2.2.4 Tipos de arranques de motores trifásicos

2.2.4.1 Arranque de motor directo

“El arranque de motor directo es el método más sencillo para arrancar un motor trifásico asíncrono. Los devanados del estator están conectados directamente a la red eléctrica por un proceso de conmutación simple” (Eaton, 2011, p.5).

“Como resultado de esta aplicación obtendremos altas corrientes de arranque (corriente de sobrecarga) que a su vez causan molestas caídas en la tensión de red. Por este motivo, las compañías eléctricas suelen limitar la potencia nominal de los motores conectados a la red. Este valor límite puede variar de una red a otra. En redes eléctricas públicas, estas limitaciones por lo general se cumplen cuando en el arranque la potencia aparente del motor trifásico no excede de 5.2 KVA o cuando es de mayor potencia aparente pero la corriente de arranque no excede de 60 A. Con una tensión de red de 400 V y un arranque 8 veces la intensidad nominal, esto corresponde a un motor con una intensidad nominal de 7.5 A o un motor de 4 kW” (Eaton, 2011, p.5).

“En motores que ocasionalmente sobrepasan los 60 A de corriente de arranque y motores con una intensidad de arranque de más de 30 A que causan alteraciones en la red pública, ej. Por arranques pesados, alta frecuencia de conmutación o variación en el consumo (ascensores, sierras de corte), se deben tomar medidas alternativas para las variaciones disruptivas de tensión. Los motores con potencias de más de 4 kW y tensiones

nominales de 400/690 V pueden arrancarse usando una configuración estrella triángulo” (Eaton, 2011, p.5).

“El arranque directo crea un estrés térmico en los devanados del motor y, solo brevemente, fuerzas electrodinámicas momentáneas. Con frecuencia, el arranque directo reduce la vida de los devanados de un motor estándar (p.ej. Operaciones periódicas intermitentes)” (Eaton, 2011, p.5).

“El bloqueo del rotor (rotor bloqueado) es un fallo grave que puede llevar a la destrucción térmica del motor trifásico asíncrono. Cada devanado del motor debe estar protegido por un dispositivo de protección para evitar que ocurran este tipo de sobrecargas térmicas. Una solución económica es el uso de relés de sobrecarga, más conocidos como relés térmicos o relés bimetalicos” (Eaton, 2011, p.5).

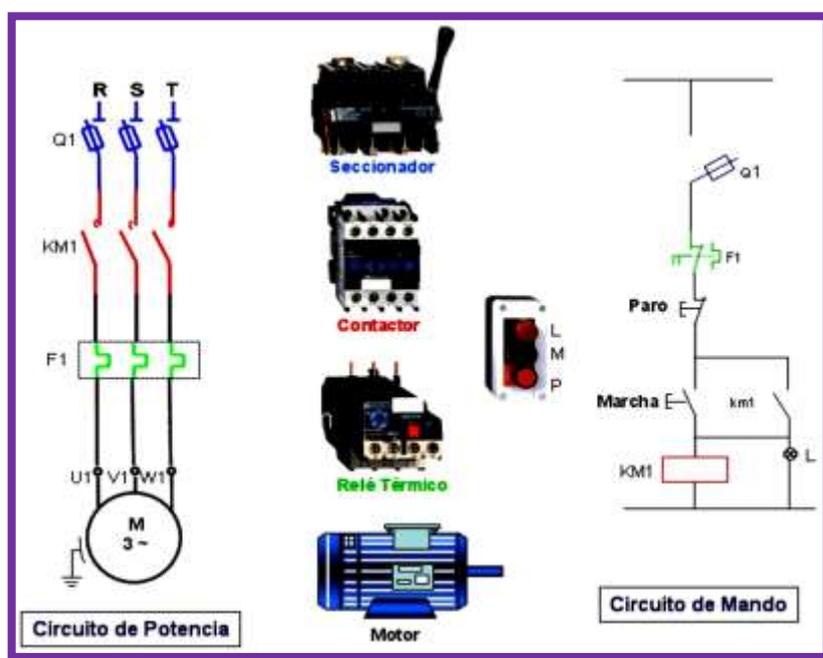


Figura 11: Arranque directo de un motor eléctrico.
Fuente: <https://images.app.goo.gl/cUWdrzMFBCDzRPvs6>

Diagrama de funcionamiento en un arranque directo

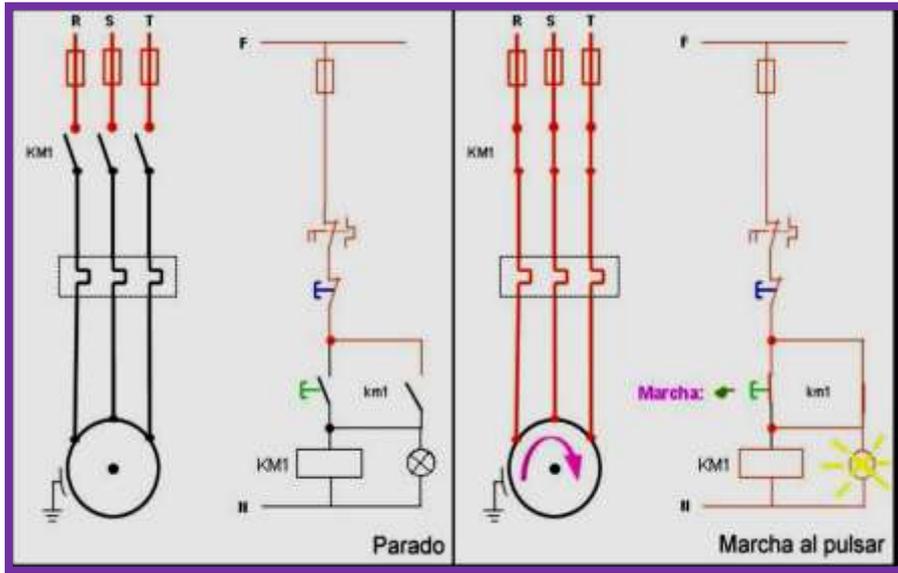


Figura 12: Diagrama eléctrico de un arranque directo de un motor eléctrico.
Fuente: https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINA_S_ELECTRICAS_U_3_v1_1

Arranque directo con inversión de giro (diagrama de funcionamiento)

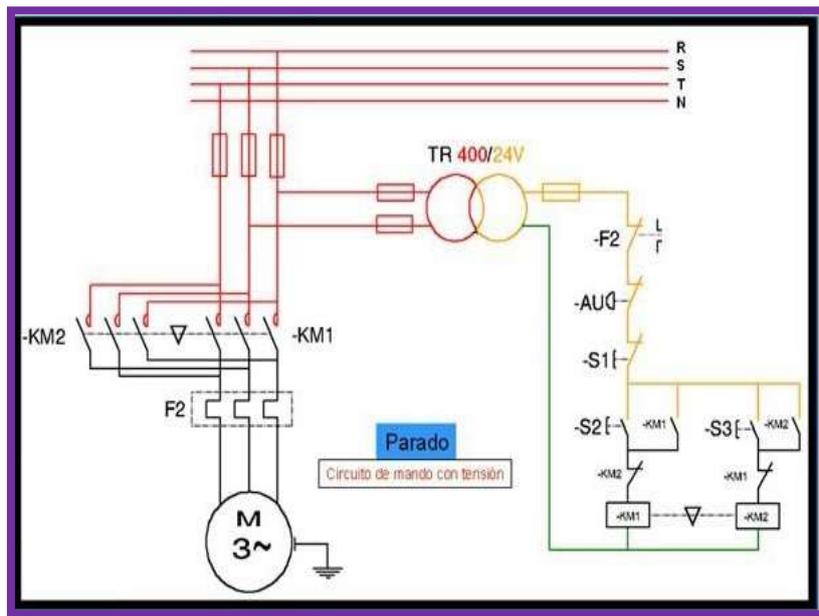


Figura 13: Arranque directo con inversión de giro de un motor eléctrico en modo parado.
Fuente: https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINA_S_ELECTRICAS_U_3_v1_1

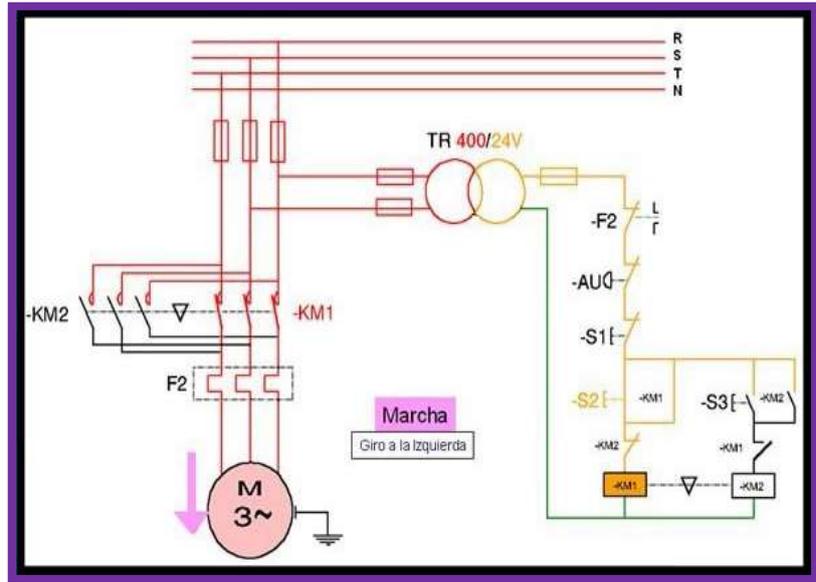


Figura 14: Arranque directo con inversión de giro de un motor eléctrico en marcha.

Fuente: https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINAS_ELECTRICAS_U_3_v1_1

2.2.4.2 Arranque estrella – triángulo

“Con un arranque de motor estrella-triángulo, la puesta en marcha del motor trifásico asíncrono se realiza mediante una transición entre los devanados. Los puentes en el cajetín de bornes del motor se omiten, y las 6 conexiones de los devanados se conectarán a la red eléctrica mediante una conmutación llamada estrella-triángulo (conmutación manual o automática de los contactores)” (Eaton, 2011, p.6).

“Durante el funcionamiento, los devanados del motor están conectados en triángulo. El voltaje del devanado (UW), por lo tanto, debe ser igual a la tensión de fase (LSN) del sistema trifásico. Por ejemplo, en una tensión de red de 3 AC 400 V, el voltaje en la placa de características del motor debe estar especificado como 400/460 V” (EATON, 2011, p.6).

“En una conexión en estrella, la tensión de red (LSN) de los devanados individuales del motor se reduce por un factor de $1/\sqrt{3}$ ($\sim 0,58$). Por ejemplo: $400\text{ V} \cdot 1/\sqrt{3} = 230\text{ V}$. El par de arranque y la corriente de entrada (en la conexión en estrella) se reduce a un tercio de los valores de la conexión en triángulo. Corriente de arranque típica: $2...2.5\text{ Ie}$ ” (Eaton, 2011, p.6).

Debido a la reducción del par en el arranque, la configuración en estrella triángulo solo es adecuada para aparatos con un par de carga baja o un par de carga (ML) que aumenta con la velocidad, como es el caso de bombas y ventiladores (ventiladores / extractores). También se utilizan en unidades que solo están sujetas a una carga después

de haber acelerado de velocidad, por ejemplo, con prensas y centrifugas” (Eaton, 2011, p.6).

“Con el cambio de configuración de estrella a triángulo, la corriente cae a cero, y la velocidad del motor se reduce en función de la carga. El paso a triángulo provoca un aumento espectacular de la corriente, así como la aplicación de toda la tensión de red en los devanados del motor” (Eaton, 2011, p.6).

“Esto provocará caídas de tensión en sistemas de suministro de red poco fiables o débiles. El par motor también sube a un valor más alto durante la transición lo que causa una carga adicional sobre todo el sistema. Si, por ejemplo, las bombas funcionan con arrancadores estrella-triángulo, a menudo se utiliza un freno mecánico para proporcionar una amortiguación en el sistema y evitar los llamados -golpes de ariete” (Eaton, 2011, p.6).

“La transición automática de estrella a triángulo generalmente se realiza mediante un relé temporizador en el contactor de línea. El tiempo requerido para el arranque en estrella depende de la carga del motor y debe continuar hasta que el motor haya alcanzado cerca del 75 al 80% de su velocidad de funcionamiento (nN) para garantizar la post-aceleración necesaria para el cambio a triángulo. Esta post-aceleración de la configuración en triángulo está asociada con altas corrientes como en el caso del arranque directo” (Eaton, 2011, p.6).

“Una conmutación demasiado rápida entre la estrella y el triángulo puede dar lugar a la desconexión del arco (en los contactos de los contactores) y puede causar un corto circuito. El intervalo de tiempo de transición debe ser tal, que sea suficiente para eliminar los arcos. Al mismo tiempo, la velocidad de la unidad se debe reducir lo menos posible. Existen relés temporizadores especiales para cumplir con la transición estrella-triángulo” (Eaton, 2011, p.6).

“La secuencia de fases correcta para el paso de estrella a triángulo se debe tener en cuenta al conectar los conductores del motor y el arrancador. Debe considerarse la dirección de funcionamiento del motor. Una conexión incorrecta de las fases puede provocar altas corrientes de pico en el arranque, a causa de la ligera disminución en la velocidad durante el intervalo del cambio. Los picos de corriente ponen en peligro los bobinados del motor y los contactos de conmutación innecesariamente” (Eaton, 2011, p.7).

“Cuando arrancamos con la conexión en estrella, en primer lugar, el contactor de estrella puentea los terminales U2, V2, W2. A continuación, el contactor principal aplica la tensión de red (ULN) en los terminales U1, V1, W1. Después de transcurrir el tiempo programado, el relé temporizador desconecta el contactor de estrella y conecta el contactor de triángulo aplicando la tensión de red a los terminales U2, V2 y W2” (Eaton, 2011, p.7).

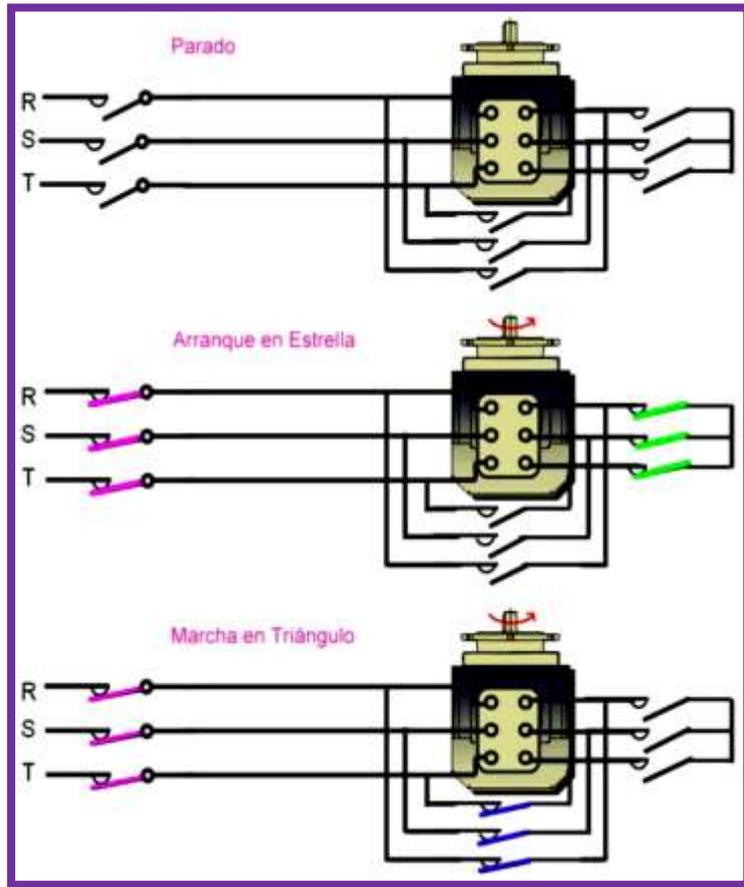


Figura 15: Arranque estrella triángulo de un motor eléctrico.
Fuente:
https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINAS_ELECTRICAS_U_3_v1_1

Diagrama de funcionamiento

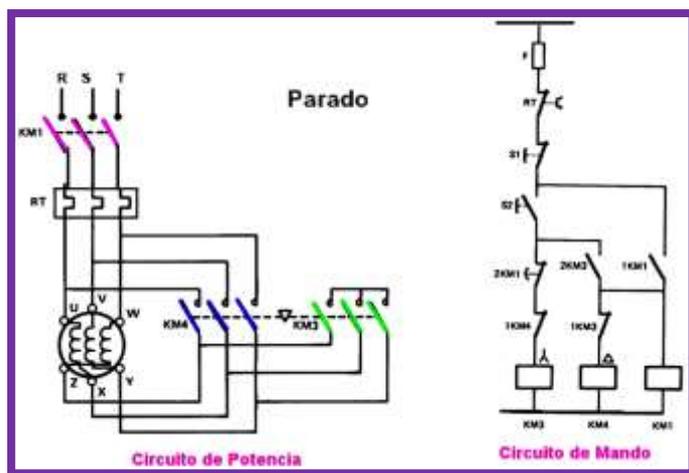


Figura 16: Arranque estrella triángulo de un motor eléctrico en modo parado.

Fuente:

https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINA_S_ELECTRICAS_U_3_v1_1

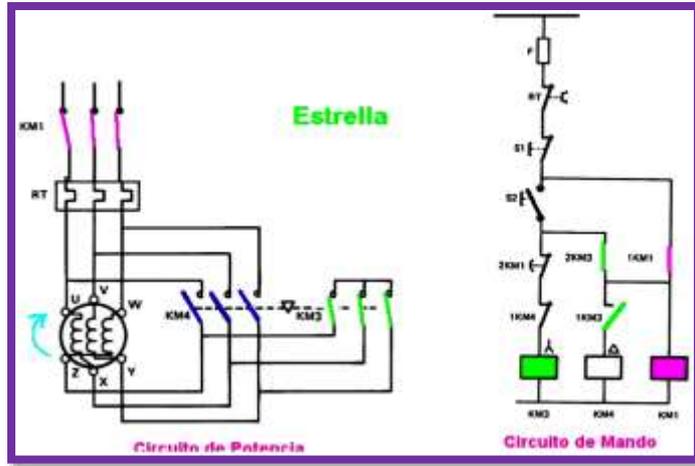


Figura 17: Arranque estrella triángulo de un motor eléctrico en marcha.

Fuente:

https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINA_S_ELECTRICAS_U_3_v1_1

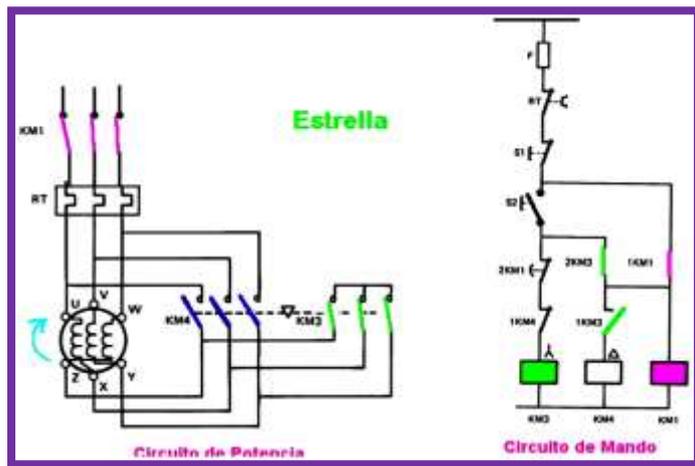


Figura 18: Arranque estrella triángulo de un motor eléctrico en estrella.

Fuente:

https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINA_S_ELECTRICAS_U_3_v1_1

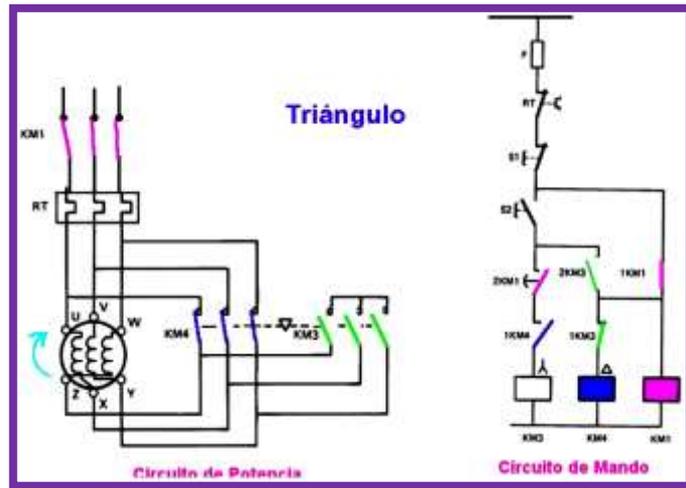


Figura 19: Arranque estrella triángulo de un motor eléctrico en delta.

Fuente:

https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINAS_ELECTRICAS_U_3_v1_1

2.2.4.3 Arranques por resistencias estatóricas

“Una forma de limitar la intensidad de arranque es acoplando resistencias en serie con la línea de alimentación al estator, una vez arrancado retiraremos las resistencias puenteándolas mediante un contactor. Las resistencias deberán ser resistencias de potencia para que sean capaces de resistir el calentamiento que se producirá. ($I \times I \times R$)” (Automatismo industrial, 2019, p.1).

Calcularemos el valor de la resistencia con la siguiente expresión.

$$R = 0,055 \times (U_n / I_n)$$

Dónde:

R Resistencia por fase en Ohmios.

U Tensión de la red en voltios.

I_n Intensidad nominal del motor en A.

“A la hora de calcular las resistencias se tendrá en cuenta el número de arranques por hora y el tiempo de arranque. Normalmente, se calcula la resistencia para 5 arranques por hora y 8 segundos de tiempo arranque” (Automatismo industrial, 2019, p1).

“La intensidad media de arranque tendrá un valor de $I_{med} = 4,5 I_n$. y el par de arranque se reducirá por debajo de la mitad de I para de arranque en conexión directa. Una ventaja con respecto al arranque estrella-triángulo es que no se van a producir cortes de tensión en el momento de eliminar las resistencias estatóricas” (Automatismo industrial, 2019).

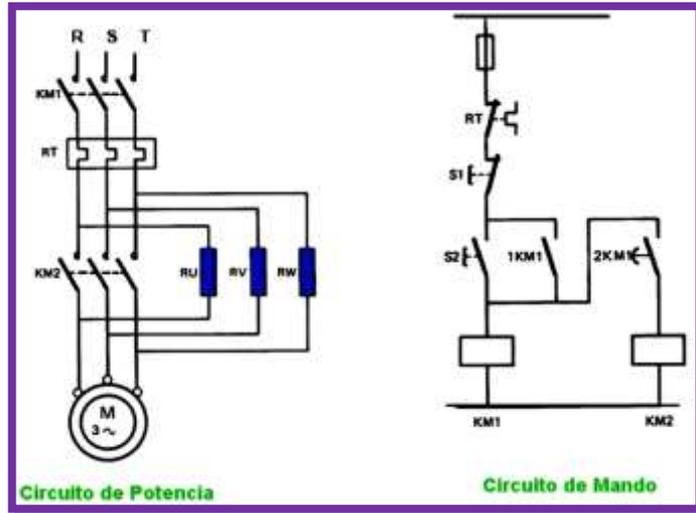


Figura 20. Diagrama de arranque por resistencias estáticas de un motor eléctrico.

Fuente: <https://images.app.goo.gl/se8XXsZynGrh5hmz6>

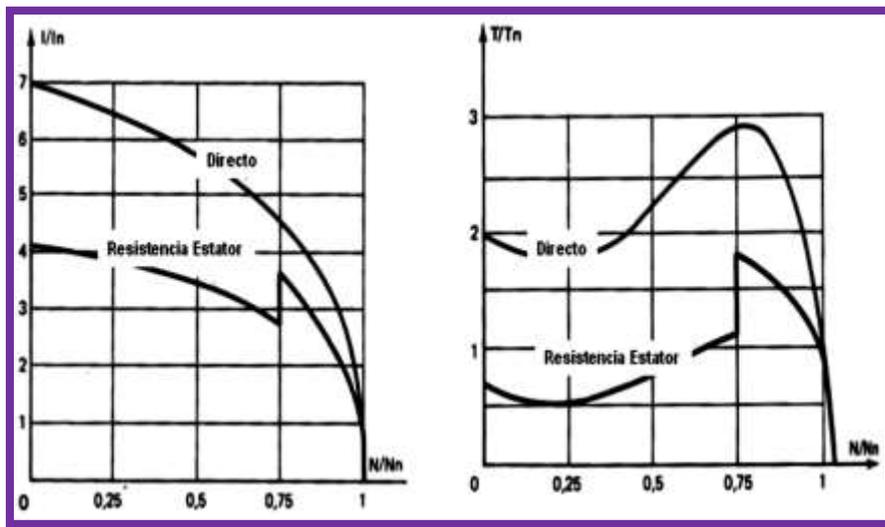


Figura 21. Curvas de corriente y torque de arranque mediante resistencias estáticas de un motor eléctrico.

Fuente: <http://endrino.pntic.mec.es/jhem0027/Máquina asincrona/motorasincrono7.htm#comienzo>

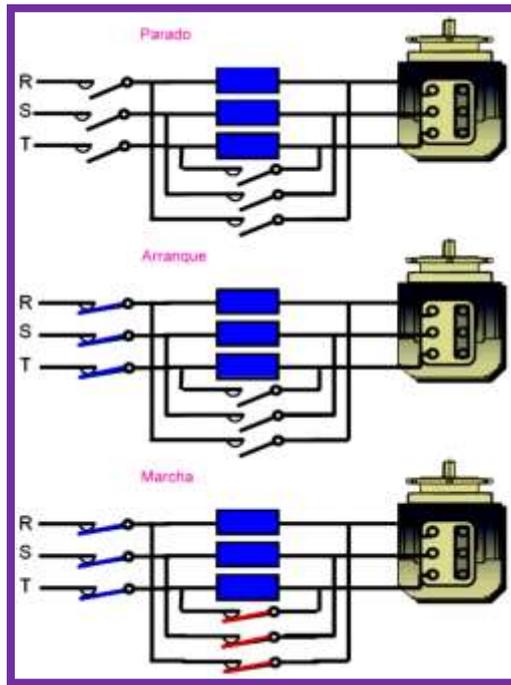


Figura 22. Diagrama eléctrico de arranque mediante resistencias estáticas.

Fuente:

https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINA_S_ELECTRICAS_U_3_v1_1

Diagrama de funcionamiento

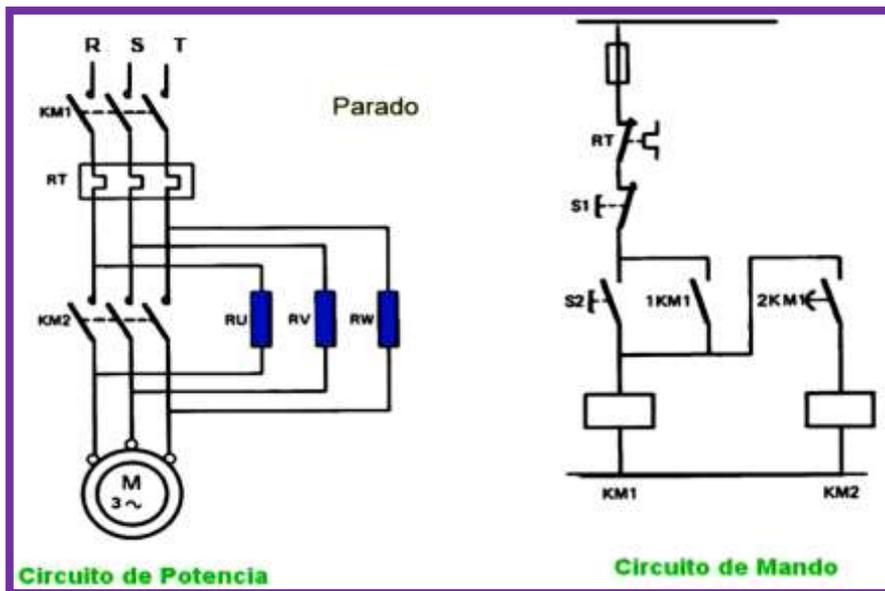


Figura 23. Arranque mediante resistencias estáticas, motor parado.

Fuente: https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINA_S_ELECTRICAS_U_3_v1_1

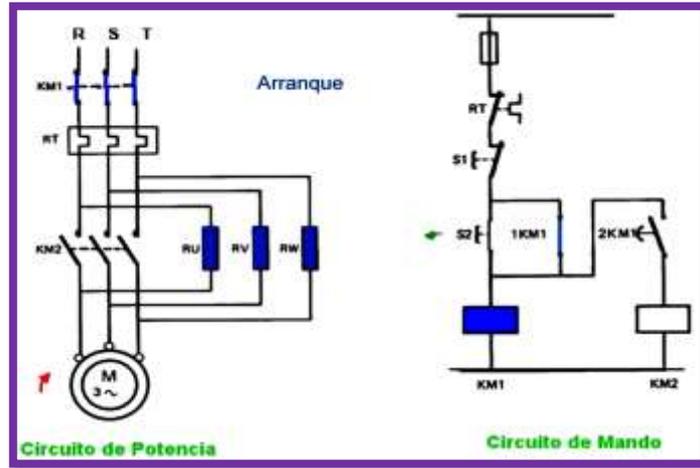


Figura 24. Arranque mediante resistencias estáticas.
Fuente:
https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINA_S_ELECTRICAS_U_3_v1_1

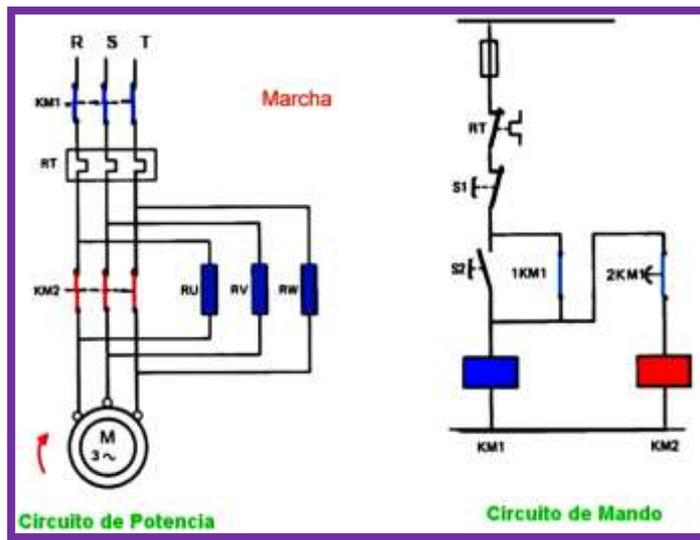


Figura 25. Arranque mediante resistencias estáticas, motor en marcha.
Fuente:
https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINA_S_ELECTRICAS_U_3_v1_1

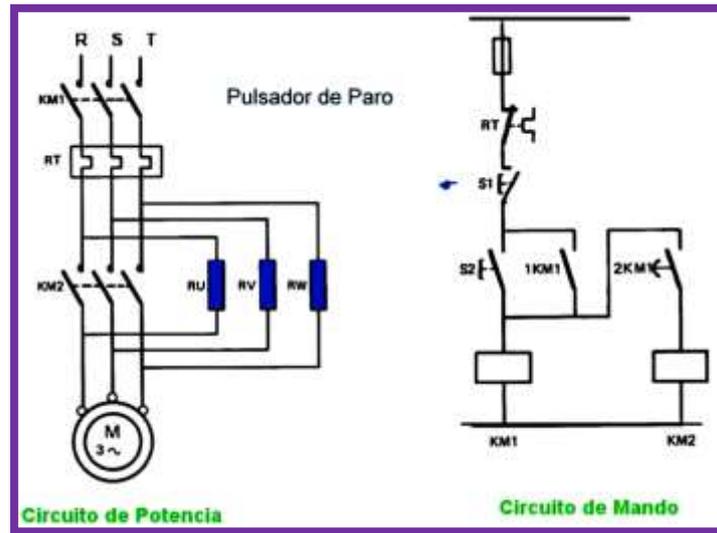


Figura 26. Arranque mediante resistencias estáticas, motor en paro.

Fuente:

https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINAS_ELECTRICAS_U_3_v1_1

2.2.4.4 Arranques por resistencias rotóricas

En este tipo de arranque se instalan resistencias en el circuito del rotor del motor.

La diferencia de los arrancadores estáticos, el torque de arranque es proporcional a la corriente tomada de la red. El número de escalones o pasos del arrancador está determinado por la corriente de arranque transitoria máxima admisible y por las características del motor.

Arranque Manual

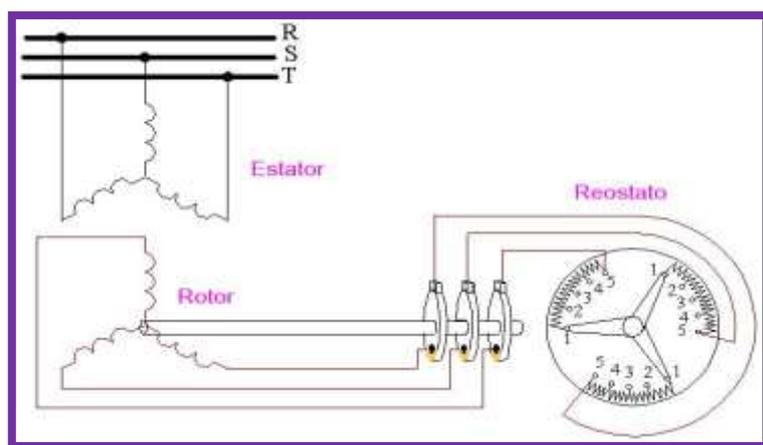


Figura 27. Diagrama de arranque mediante resistencias rotóricas.

Fuente:

https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINAS_ELECTRICAS_U_3_v1_1

2.2.4.5 ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR

“Los autotransformadores para arranque de motores reducen la corriente de arranque manteniendo la tensión baja aplicada durante la operación de puesta en marcha de motores síncronos y asíncronos” (Hilkar, 2019, p.1).

“Por lo general, el arranque directo del motor genera trastornos de tensión y estrés mecánico a los equipos. Es posible arrancar con una tensión reducida utilizando un autotransformador. El autotransformador reduce en gran medida la corriente de arranque con un moderado torque de arranque” (Hilkar, 2019, p.1).

“Están diseñados normalmente con tomas de tensión en 50, 65 y 80% de la tensión nominal. A diferencia de los sistemas de arranque basados en reactores, la tensión del motor es fija y se alcanza mayor reducción en la corriente de arranque con el mismo torque de arranque del motor” (Hilkar, 2019, p.1).

“El motor está conectado a las tomas en el autotransformador durante el período de arranque de tensión reducida. Con la tensión de arranque más baja, el motor consume menos corriente y desarrolla menos torque si es que estuviera conectado a la tensión de línea” (Hilkar, 2019, p.1).

Características de arranque.

- La tensión en el motor es menor que la tensión de línea (por relación de transformación).
- La corriente del motor excede la corriente de línea (por inverso de relación de transformación).
- El torque de arranque es reducido por el cuadrado de la tensión en el motor.

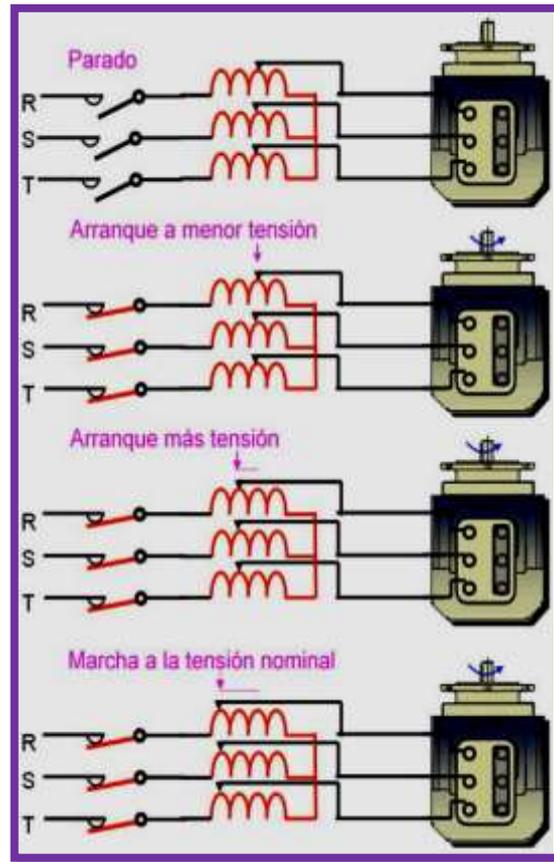


Figura 28. Diagrama de arranque por autotransformador.

Fuente:

https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINAS_ELECTRICAS_U_3_v1_1

Diagrama de funcionamiento

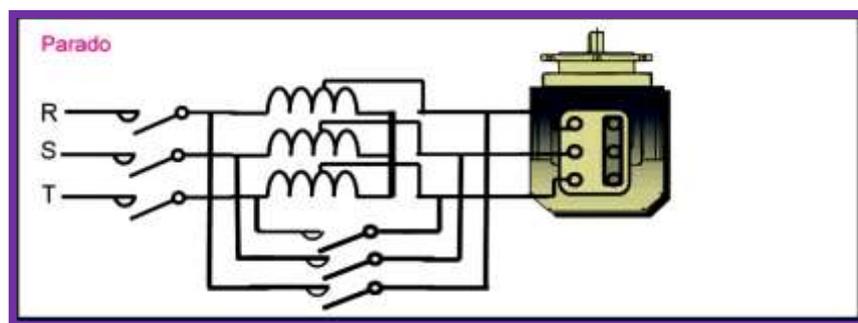


Figura 29. Diagrama de arranque por autotransformador, motor parado.

Fuente: https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINAS_ELECTRICAS_U_3_v1_1

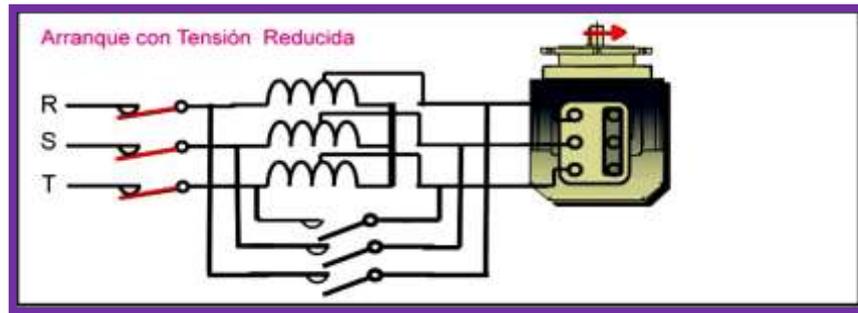


Figura 30. Diagrama de arranque por autotransformador, motor en arranque

Fuente: https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINAS_ELECTRICAS_U_3_v1_1

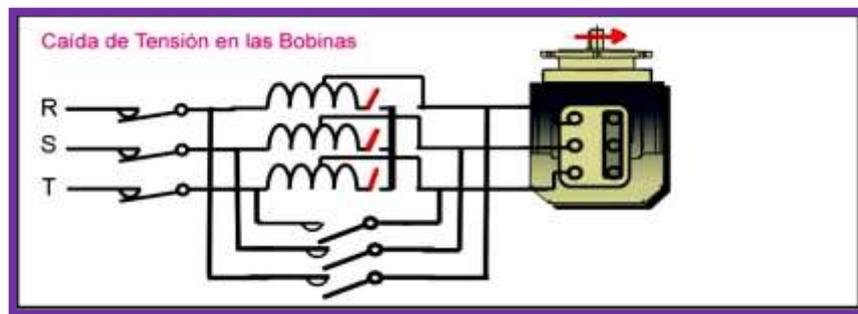


Figura 31. Diagrama de arranque por autotransformador, autotransformador en acción.

Fuente: https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINAS_ELECTRICAS_U_3_v1_1

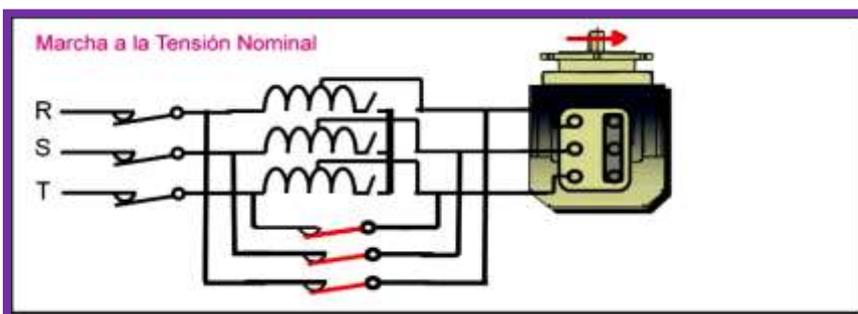


Figura 32. Diagrama de arranque por autotransformador, tensión normal.

Fuente: https://www.academia.edu/11361777/APUNTES_MÁQUINAS_ELECTRICAS_U_3_v1_1

2.2.4.6 Arrancadores suaves (Soft Star)

“En muchos casos, el arranque directo o el arranque estrella-triángulo del motor trifásico asíncrono no es la mejor solución ya que altas corrientes de pico pueden influir en el suministro eléctrico y un aumento repentino del par puede inducir a los componentes mecánicos de la máquina o al sistema a altos niveles de estrés” (Eaton, 2019, p.7).

“El arrancador suave proporciona una solución que permite un aumento continuo y lineal del par y ofrece la posibilidad de una reducción selectiva de la corriente de arranque. La tensión del motor se incrementa a partir de una tensión inicial y un tiempo de rampa de aceleración, seleccionados mediante selectores hasta llegar a la tensión nominal del motor. El arrancador también puede controlar la rampa de parada mediante la reducción de la tensión” (Eaton, 2019, p.7).

La curva característica del motor asíncrono trifásico solo se aplica cuando la tensión del motor es igual a la tensión de red (ULN). Si aplicamos una tensión inferior, obtendremos una reducción cuadrática en el par ($M \sim U^2$). “Cuando lo comparamos, por ejemplo, con un arranque estrella triángulo, la tensión del motor se reduce hasta el 58% ($\sim 1/\sqrt{3}$), y el par se reduce a alrededor del 33% (un tercio)” (Eaton, 2019, p.7).

“La diferencia entre las características de la carga (ML) y las características del par motor (MM), y por consiguiente la fuerza de aceleración, puede estar influida por medio del ajuste del voltaje del motor. El arrancador debería ser preferido para todas las aplicaciones con un arranque con carga (la carga no se puede conectar después de la puesta en marcha) que la configuración estrella-triángulo. Es una buena alternativa a la configuración en estrella-triángulo por razones económicas y también por razones de ahorro de energía, en particular para unidades de alta potencia” (Eaton, 2019, p.7).

“La tensión del motor en un arrancador se modifica por el control del ángulo de cada fase en media onda sinusoidal. Con este fin, dos tiristores en cada una de las fases están conectados en antiparalelo, uno de ellos para la media onda positiva y el otro para la media onda negativa” (Eaton, 2019, p.7).

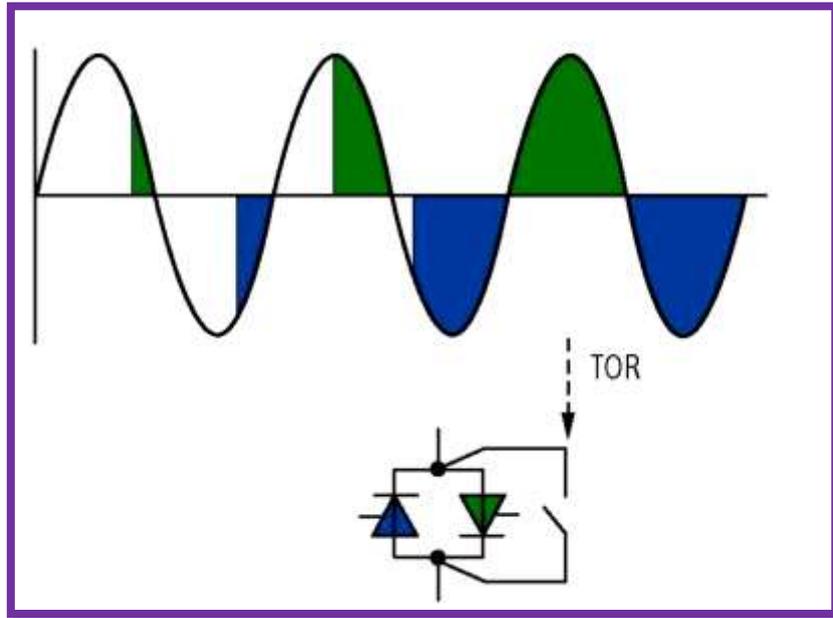


Figura 33. Diagrama de V-I de arrancador de estado sólido.
Fuente: <http://www.moeller.es/descarga.php?file=soporte/12/IT-EE09.pdf>

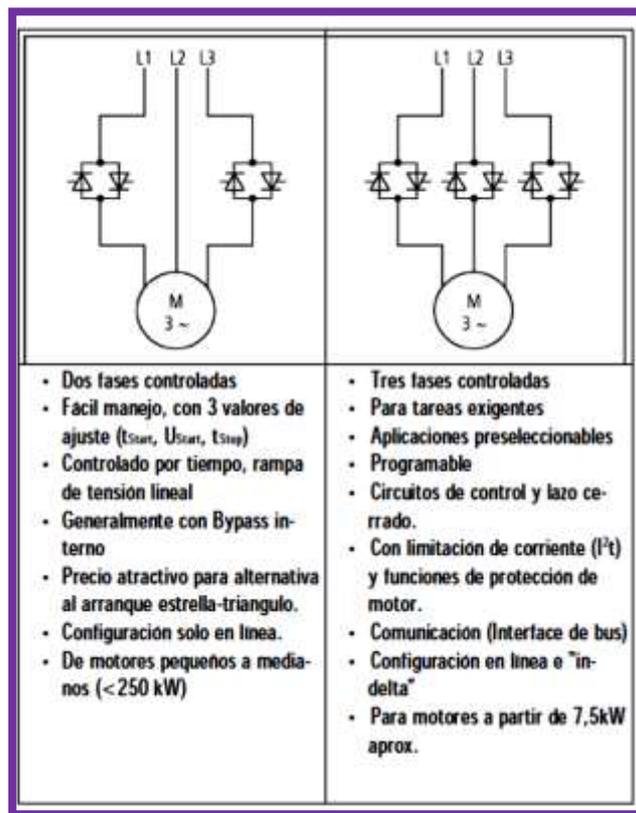


Figura 34. Características de los arrancadores de estado sólido.
Fuente: <http://www.moeller.es/descarga.php?file=soporte/12/IT-EE09.pdf>

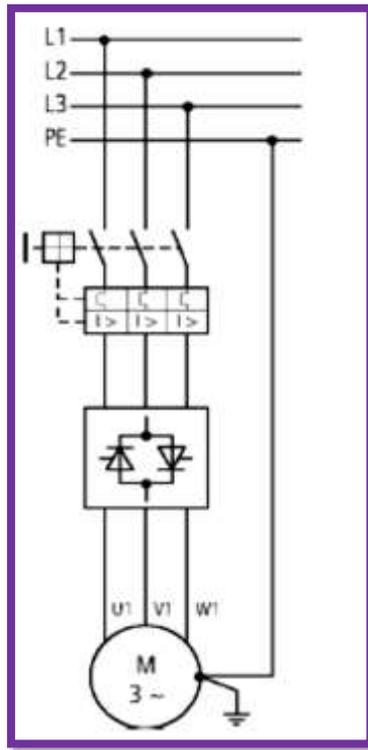


Figura 35. Diagrama de conexión de un arrancador de estado sólido.

Fuente:

<http://www.moeller.es/descarga.php?file=soporte/12/IT-EE09.pdf>

2.2.4.7 Variador de velocidad

El variador de velocidad, es en última instancia, la mejor solución para un arranque continuo y sin escalones de motor asíncrono trifásico. La limitación de corriente ajustable evita los picos de corriente en el suministro de red eléctrica y repentinas cargas en las partes mecánicas de la máquina y en los sistemas.

“Además del arranque suave, el variador de velocidad, también permite el control de la velocidad (frecuencia) del motor. Considerando que los motores estando conectados directamente a la red eléctrica solo pueden lograr las condiciones ideales de funcionamiento en el punto de estado de funcionamiento constante (= indicación de la placa de características), pueden ser utilizados en todo el rango de velocidades con el control de frecuencia, por ejemplo, desde 4 V a 0,5 Hz a 400 V 50 Hz. La relación constante de voltaje / frecuencia (V/f) garantiza puntos independientes que operan con el par nominal de la carga.” (Eaton, 2019, p.9).

En comparación con las soluciones anteriormente descritas, los convertidores de frecuencia parecen ser la solución más costosa a primera vista.

“El mayor coste de adquisición y las medidas adicionales sobre la instalación (cables blindados y filtro RFI para la compatibilidad electromagnética, EMC) son las principales razones. Pero durante una operación a largo plazo, el arranque suave del motor, además de la eficiencia energética y la optimización de procesos, muestra beneficios económicos. Esto es especialmente cierto para bombas y ventiladores. Por la adecuación de la velocidad de rotación del proceso de producción y la compensación de interferencias externas, el convertidor de frecuencia garantiza una vida útil más larga y una mejor seguridad funcional” (Eaton, 2019, p.9).

“Otras ventajas de los convertidores de frecuencia incluyen la estabilidad a altas velocidades con fluctuaciones en la carga (fluctuaciones por debajo de un 1%) y la opción de cambio en el sentido de giro. A medida que se genera el campo de rotación del convertidor de frecuencia, un simple comando de control es todo lo que se requiere para cambiar la secuencia de fases y la dirección de giro del motor. La protección electrónica del motor (control de I_{2t}) integrada en los convertidores de frecuencia también asegura un funcionamiento sin la necesidad de medidas adicionales de seguridad (relés de sobrecarga). Dependiendo del método de aplicación, parametrizar los rangos de temperatura en el convertidor de frecuencia proporcionan un mayor nivel de protección térmica del motor. La completa protección del motor también es posible en combinación con termistores. La detección de sobrecarga y subcarga también puede mejorar la seguridad operacional de la unidad” (Eaton, 2019, p.9).

“El variador de velocidad, funciona como un convertidor de energía de la alimentación de un motor. El convertidor obtiene la corriente activa desde la red eléctrica a través del rectificador y suministra al motor corriente activa y reactiva a través del inversor. La potencia reactiva necesaria para el funcionamiento del motor es proporcionada por los condensadores del circuito intermedio. En cuanto a la red eléctrica, se refiere, el convertidor de frecuencia se comporta prácticamente como una carga resistiva ($\cos \phi \sim 1$)” (Eaton, 2019, p.9).

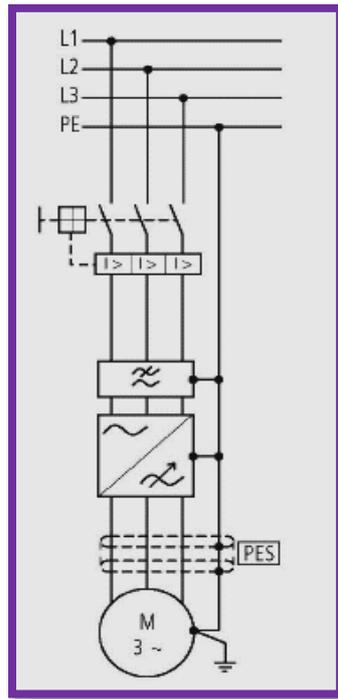


Figura 36. Diagrama de conexión de un convertidor de frecuencia.

Fuente:

<http://www.moeller.es/descarga.php?file=soporte/12/IT-EE09.pdf>

2.2.4.8 El estator

El estator es la parte elemental de los motores donde se obtiene el movimiento, el estator se mueve magnéticamente si le damos el correcto uso obtendremos movimiento generando producción en las diferentes industrias.

Los motores eléctricos por sus características de fabricación están expuestos a disturbios ocasionados por fallas de aislamiento producidos por recalentamiento, humedad, atascamiento, caídas de tensión, falta de fase, incluyendo descargas atmosféricas comúnmente conocidas como rayos.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Motor eléctrico.** Máquina eléctrica rotativa compuesta por rotor y estator, convierte la energía eléctrica en energía mecánica a través de sus campos magnéticos
- **Arranque electrónico de motores.** Método simple para control de motores controlando la aceleración, desaceleración del arranque y la parada, con el uso de dispositivos electrónicos de potencia.

- **Software Etap.** Compañía de Ingeniería analítica especializada en análisis, simulación, control monitoreo optimización de sistemas de energía eléctrica.
- **Software Digsilent.** Compañía consultora especializada en sistemas eléctricos de potencia para generación, transmisión, distribución y plantas industriales. Desarrolla el análisis de potencia y de aplicaciones también un sistema de supervisión de funcionamiento.
- **Par Motor.** Es la fuerza que ejerce el campo magnético de un motor sobre su eje o rotor para vencer gradualmente el movimiento hasta alcanzar el valor máximo con el que fue fabricado, también llamado Torque.
- **Corriente Eléctrica.** Flujo de electrones que circula por un conductor Unidad de medida es el amperio (A) instrumento de medida el amperímetro.
- **Frecuencia.** Pulso de onda sinusoidal que comprende ciclo positivo y negativo en un periodo de tiempo. Unidad de medida el Hertz, que equivale a 1 ciclo por segundo, en el Perú tenemos 60Hert.
- **RPM.** Abreviatura revoluciones por minuto, que significa ciclos desarrollados en un minuto (60 segundos).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO Y ALCANCE DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Método de investigación

En la presente investigación se utilizó el método experimental usado generalmente en investigaciones de nivel explicativo, donde se mide las variables dependientes en función de la variable experimental o independiente, Organiza un plan previo con la finalidad de investigar relaciones causa y efecto teniendo resultados de control o comparación (Anglas, 2017).

3.1.2 Tipo de la investigación

La investigación se basa en el siguiente tipo: El tipo de investigación Aplicada, también llamada investigación práctica o empírica, dirigida a resolver problemas de carácter práctico, aplica y utiliza los resultados en la investigación básica. (Anglas, 2017, p.42).

3.1.3 Nivel de la investigación

La investigación es de nivel explicativo, conocido también como estudios causales, va más allá de la descripción y la correlación, responden por las causas de los fenómenos (Anglas, 2017, p38).

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación Experimental, relaciona entre causa y efecto de una situación, se observa el resultado causado por la variable independiente sobre la variable dependiente (Torres, 2019, p.22).

Torres, F. Guía para la elaboración del plan de tesis: Taller de tesis. Arequipa: Universidad Continental, 2019.

Diseño Específico

La planificación de procedimientos destinados a manipular la variable independiente para medir el efecto que resulte una variable dependiente se considera entre los Diseños pre-experimentales. Para nuestra investigación usaremos el diseño de un solo caso con post prueba. Donde se administra un estímulo a un grupo y se aplica una medición (Anglas, 2017).

Su esquema es el siguiente:

GE: X O1

Dónde:

GE: Grupo experimental no aleatorio (Arranque directo, estrella triángulo, soft starter y variador de velocidad).

X: Tratamiento experimental.

O1: Medición 01 (costo de Arranque)

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población:

Sabemos que la población es una parte del universo o un conjunto de personas y objetos que van a ser investigados, en este caso de acuerdo con nuestro trabajo planteado, la población de estudio estará constituida por el conjunto de motores y sus respectivos arranques trifásicos de la planta industrial Corporación Rico SAC.

3.3.2 Muestra

Para el caso de los tipos de sistema de arranque de motores, a través del método de análisis y síntesis, para lo cual se ha elegido los siguientes arranques trifásicos con un motor de 30 KW de la planta industrial Corporación Rico SAC:

- Arranque directo.
- Arranque estrella triángulo.
- Arranque Soft starter.
- Arranque con Variador.

Muestreo no probabilístico. Todos los sujetos no tienen la misma posibilidad de ser elegidos en formar parte de una muestra el investigador decide de acuerdo a su

conveniencia. “Dentro de este muestreo se encuentra el muestreo por conveniencia donde el investigador decide en base a sus conocimientos quienes deben formar parte de la muestra” (Anglas, 2017, p.46).

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica en esta investigación es la observación cuantitativa.

3.4.1 Instrumentos

La elaboración del campo es experimental, ya que se realiza la simulación de los diferentes tipos de arranque de motores de la empresa Corporación Rico SAC.

Como instrumento se utiliza los Software de simulación Etap, donde se realizará arranques Directo, estrella triángulo, y variador de velocidad.

También se utiliza el software Digsilent donde se realizará arranques directos, arranque soft starter y estrella triángulo.

Cálculos en Excel, para determinar costos.

En el anexo D se realiza la simulación con el software Etap. del evento ocurrido en planta agropecuaria “Corporación Rico SAC”, como Memoria de cálculo eléctrico análisis de corto circuito y coordinación de protección.

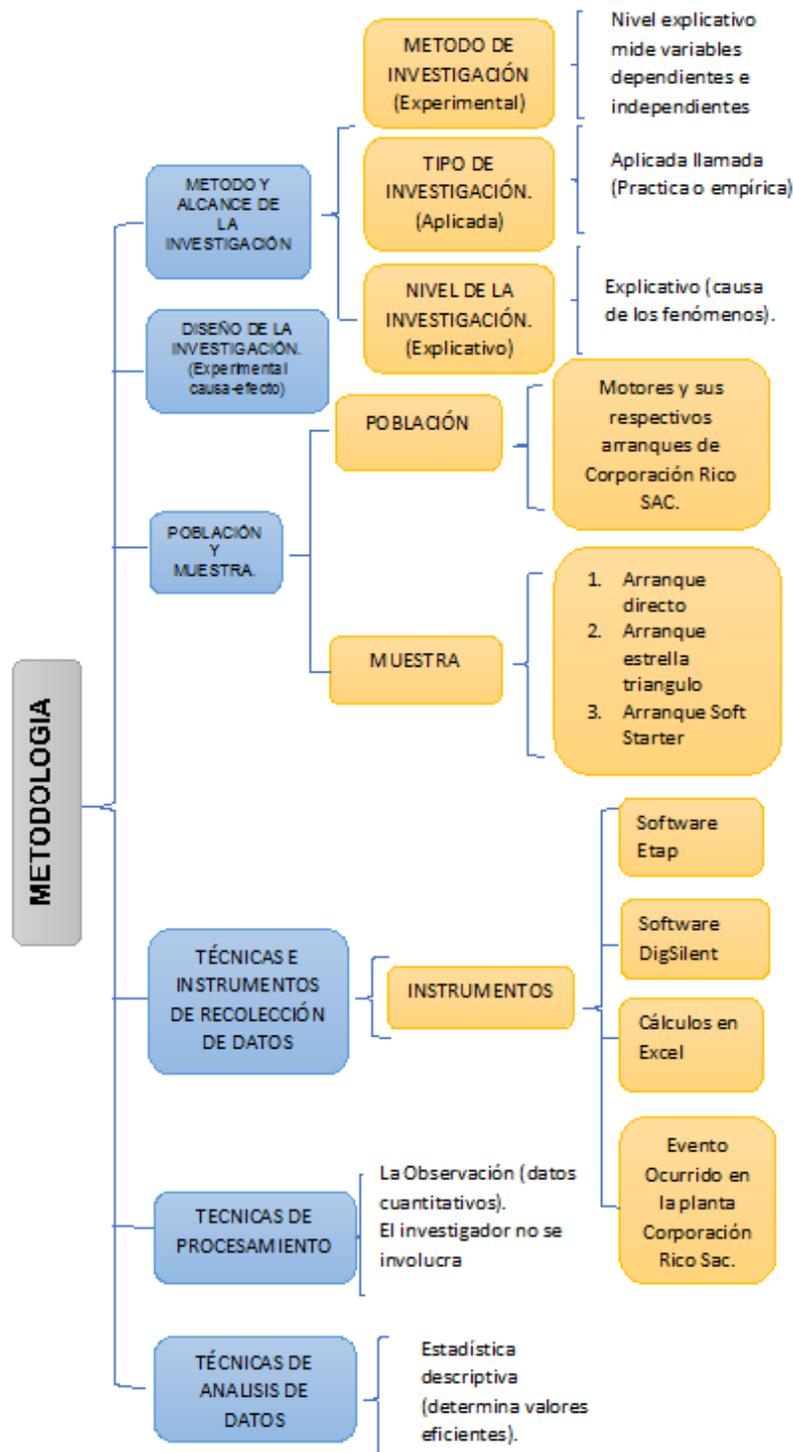


Figura 37. Diagrama de bloques de metodología de optimización.
Fuente: Elaboración propia.

Este grafico muestra la metodología determinando la secuencia para la verificación del objetivo principal, los resultados de los instrumentos nos muestran pruebas que facilitan la sustentación de la hipótesis presentada en la tesis.

A continuación, explicaremos la secuencia para realizar la simulación con el software ETAP.

Paso 1.

- Iniciar el software etapa realizar el diagrama unifilar tanto de la fuente como de los motores
- Ingresar los datos del motor Potencia=30 Hp, Tensión= 208-230/460V, Corriente 75-70/35 A, RPM=1800, Frecuencia= 60 Hz.
- Ingresar los datos del variador de velocidad, y su configuración de parámetros de control.
- Se analizará tres motores de 30 Hp el primero tendrá un arranque directo (Línea Verde) el segundo un arranque estrella triángulo (línea Roja) y el arranque con variador de velocidad (azul).

Paso 2

- Se obtiene los siguientes gráficos:
 - Tensión del motor en (%KV).
 - Velocidad del motor en (%).
 - Corriente en el motor en (FLA), siendo el 100% =33 amperios.
 - Deslizamiento (%), potencia Activa en (KW).
 - Torque del motor en (%).

Secuencia para realizar la simulación con el software DIGSILENT Power Factory

Paso 1.

- Iniciar el software DISILENT Power Factory realizar el diagrama unifilar tanto de la fuente como de los motores.
- Ingresar los datos del motor Potencia=30 Hp, Tensión= 208-230/460V, Corriente 75-70/35 A, RPM=1500, Frecuencia= 60 Hz.
- Ingresar los datos del motor.
- Ingresar los datos del soft starter y su configuración de parámetros de control bypass a los 1.6 segundos.
- Se analizará tres motores de 30 Hp el primero tendrá un arranque directo (Línea Roja) el segundo un arranque estrella triángulo (línea Azul) y el arranque estrella triángulo (Verde).

Paso 2

- Se obtiene los siguientes gráficos:
 - Tensión del motor en (KV).
 - Tensión de la barra en Kv y velocidad del motor en p.u.
 - Deslizamiento en p.u y corriente en amperios.
 - Potencia en KW, y torque en p.u.

Secuencia para realizar método de análisis técnico-económico.

Paso 1.

- Crear el nuevo documento Excel que nos servirá para determinar los cálculos:
 - 01 arranque Directo.
 - 02 arranque estrella triángulo.
 - 03 arranque Soft starter.
 - 04 arranque con variador de velocidad.
 - Resumen.
 - Consumo mensual.
- Ingresar los datos del motor Potencia=30 Kw, Tensión= 440V, Corriente 48 A, RPM=3558, Frecuencia= 60 Hz.
- En cada uno de os arranques se debe colocar las mediciones de potencia cada 15 minutos por un periodo de 24 horas donde se obtiene las gráficas de parámetros calculados.

Paso 2

- En el Resumen se designa.
 - a) Análisis de la energía. - Se calcula el consumo de Kwh por año.
 - E1= arranque directo.
 - E2= arranque estrella triángulo.
 - E3= arranque Soft starter.
 - E4= arranque con variador de velocidad.
 - Se realiza las comparaciones con E1-E4, E1-E3, E1-E2
 - b) Costo del variador. Se calcula el precio de cada variador y su instalación.
 - c) Costo del soft starter. Se calcula el precio de cada soft starter y su instalación
 - d) Costo anual (soles/año). Diferencia de costos con E1 en un año.
 - e) Retorno de la inversión. Cálculo del retorno de la inversión E1-E4 y E1-E3

Paso 3

- Se obtiene los resultados finales.

Memoria de cálculo eléctrico análisis de corto circuito y coordinación de protección.

Paso 1.

- Iniciar el software etap ingresar las condiciones climatológicas para la zona de estudio.
- Elaborar el diagrama unifilar del sistema con sus respectivas protecciones
- Ingresar los datos del motor transformador S=1250 KVA, Voltaje=10/0.44KV, DYN5.
- Ingresar los datos del variador de velocidad, y su configuración de parámetros de control.
- Ingresar los datos del motor P=3Hp, Voltaje= 0.44KV.
- Ingresar los datos del variador.

Paso 2

- Se obtiene los siguientes gráficos:
 - Tabla de falla perjudicial en la falla eléctrica.
 - Falla eléctrica en el tablero TB 292442_01,4.332 KA.
 - Falla trifásica en barra principal con un valor de 28.478 KA.

Paso 3

- Se obtiene los siguientes gráficos de resultados:
 - Coordinación de protección a fase relé 01 respecto a breaker principal.
 - Coordinación de protección del breaker CB principal respecto al CB3.
 - Coordinación de protección del breaker CB3 respecto al CB5.
 - Coordinación de protección del breaker CB5 principal respecto al CB9.
 - Coordinación de protección a tierra relé respecto a breaker principal.
 - Coordinación de protección del breaker principal respecto al breaker CB3.
 - Coordinación de protección del breaker CB3 respecto a breaker CB5.
 - Coordinación de protección del breaker CB5 respecto al CB9.

3.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO

La técnica básica es la Observación, permite registrar datos cuantitativos dentro de esta técnica la de no participante donde el investigador no se involucra en la actividad.

Registro de datos: El ingreso de datos se realiza en el software de simulación Etap, DigSilent, obteniendo resultados de comparación.

Gráficos de resultados. Se obtiene curvas de rendimiento comparativas para su mejor elección.

3.6 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Con el apoyo del Software Etap y Digsilent se aplica la estadística descriptiva para determinar cuáles son los valores óptimos en el arranque de motores y determinando la mejor opción.

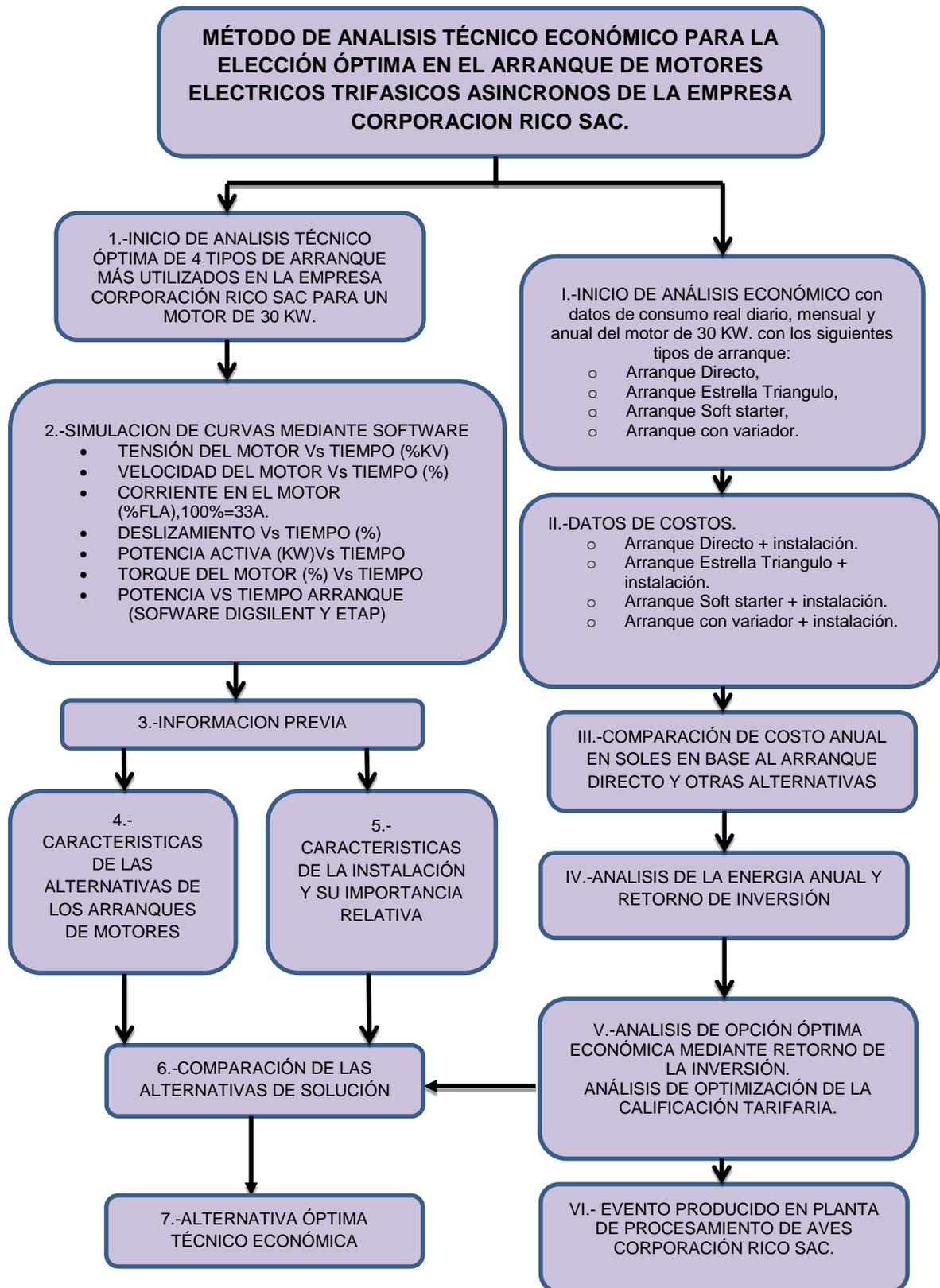


Figura 38. Método de análisis técnico económico para la elección óptima en el arranque de motores.
Fuente: Elaboración propia.

3.7 MÉTODO DE ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA ELECCIÓN ÓPTIMA EN EL ARRANQUE DE MOTORES ELECTRICOS TRIFÁSICOS ASÍNCRONOS DE LA EMPRESA CORPORACIÓN RICO SAC.

- 1) **Inicio de análisis técnico óptima.** En este estudio de investigación se realiza el diagrama de carga de motor mediante lecturas cada 15 minutos de cuatro tipos de arranque de motores de la empresa Corporación Rico SAC. Arranque Directo, Arranque Estrella Triángulo, Arranque Soft starter, Arranque con variador. En un periodo de tiempo de un día (24 horas).
- 2) **Simulación de curvas mediante software.** Con la ayuda de los softwares Etap y DigSilent podremos observar los diferentes resultados en los arranques de motores.
- 3) **Información previa.** Realizado en tablas según “Selección del sistema de barras” basado en el artículo en la AEP Revista Electrotecnia No 57 marzo 1975 Ingenieros Luis y Mario Valdivia. Se determina la importancia y los datos necesarios para analizar las diferentes alternativas y definir las características.
- 4) **Características de las alternativas de los arranques de motores.** Se considera que las características de los arranques inciden en las diferentes medidas en la elección óptima de arranque de motores. La información reunida, servirá para determinar la importancia que tiene una característica en comparación con las demás. En el cuadro 1 permite una evaluación ordenada de la siguiente manera.

Se compara dos alternativas analizando su importancia de cada uno de los arranques.

 - Se califica con uno (1) a la más importante y cero (0) a la menos importante.
 - Se realiza todas las comparaciones de las alternativas de dos en dos.
 - Se obtiene para cada alternativa un número de decisiones positivas. Se calcula el coeficiente de performance dividiendo este número entre el número total de decisiones positivas.
- 5) **Características de la instalación y su importancia relativa.** Realizado en el cuadro donde se realiza el siguiente procedimiento:
 - Se compara dos características analizando su importancia de cada uno de los arranques.

- Se califica con uno (1) a la más importante y cero (0) a la menos importante.
 - Se realiza todas las comparaciones de las características de dos en dos.
 - Se obtiene para cada característica un número de decisiones positivas. Se calcula el coeficiente de importancia relativa dividiendo este número entre el número total de decisiones positivas.
- 6) **Comparación de las alternativas de solución.** -Desarrollado en el cuadro N° 3. En los párrafos anteriores se han determinado dos tipos de coeficientes.
- Coeficiente de importancia relativa de cada una de las características.
 - Coeficiente de performance de cada alternativa con relación a cada característica.
 - El producto de los coeficientes en relación al coeficiente de importancia permitirá obtener un índice que valore la performance de cada alternativa referida a cada característica.
 - Se deben tener estos resultados de los productos (multiplicar) para todas las características, del mismo modo, cada alternativa tiene varios coeficientes de performance (Uno por cada característica).
 - La suma de los coeficientes permite obtener un índice de mérito que determina la elección óptima de arranque de motores.
- 7) **Alternativa óptima técnico económica.**
- De acuerdo con el análisis técnico concluimos que la mejor opción es el arrancador Soft Starter.
 - De acuerdo con el análisis Económico la mejor alternativa es la de arrancador Soft Starter.
 - Dando la conclusión final que un arranque suave de motores eléctricos asíncronos optimiza los costos según su uso en la industria.
 - El objetivo general se realizó determinando el tipo de arranque de motores eléctricos asíncronos que optimiza costos según su uso en la industria.
- l) **Inicio de análisis económico.** Se realiza la recolección de datos para un motor de 30Kw cada 15 minutos por un periodo de tiempo de 24 horas para los diferentes arranques Directo, estrella triángulo, soft starter, variador, teniendo como resultado gráficas de potencia activa y potencia reactiva. Se obtiene la Máxima demanda en horas punta (HP) y fuera de punta (HFP). del mismo

modo, la energía activa en hora punta (HP) y energía activa en hora fuera de punta HFP en día, mes y año.

- II) **Datos de costos.** Elaboración de costos de cada uno de los tipos de arranque de motores directo (E1), estrella triángulo (E2), softstarter (E3), variador (E4), en base a las cotizaciones de la empresa SONEPAR calculado más el costo de instalación.
- III) **Comparación de costo anual en soles en base al arranque directo.** Comparación obtenida de la diferencia del arranque directo y variador de velocidad, así como de las demás alternativas de los arranques de motores.
- IV) **Análisis de la energía anual y retorno de inversión.** Comparación de todas las alternativas de arranques de motores calculando el ahorro teniendo como resultado el precio en soles teniendo como referencia el costo de Kwh $MT3=0.1812$.
- V) **Análisis de opción óptima económica mediante retorno de la inversión.** - Se obtiene la mejor opción en retorno de inversión en 1,26 años que sería el menor tiempo de retorno.
- VI) **Evento producido en planta de procesamiento de aves corporación Rico SAC.** Se registra un evento ocurrido por mala conexión de variadores de velocidad y por consiguiente 12 variadores quemados tema que es investigado en esta tesis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

4.1.1 Simulación software etap (análisis técnico óptima)

El software ETAP es un software de Sistemas de Potencia reconocido a nivel mundial, en nuestra investigación lo usaremos para la simulación de arranque de motores.

A) Datos del motor de Caldera de vapor Cleaver Brooss

- Potencia : 30 HP
- Tensión : 208-230/460 V
- Corriente : 75-70/35 A
- R.P.M. : 1800
- frecuencia : 60 Hz

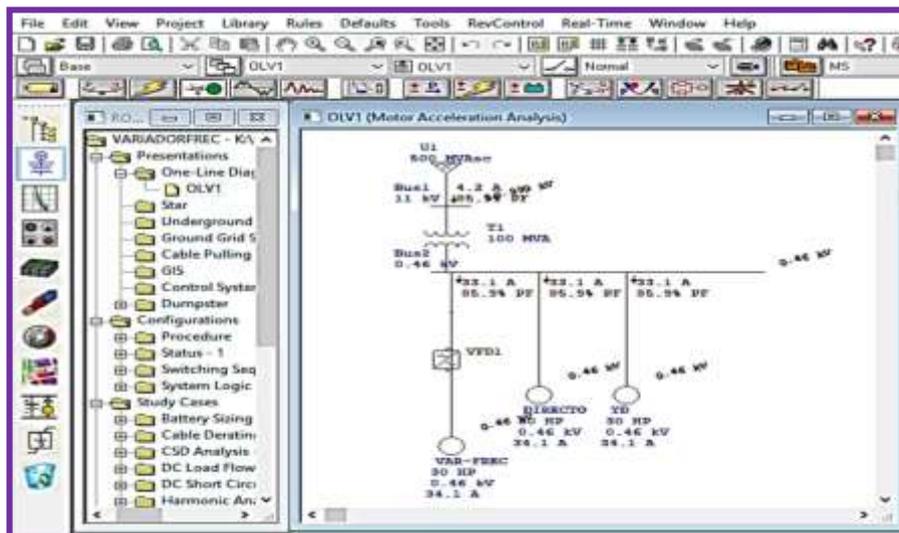


Figura 39. Simulación Software ETAP – Arranque de motores.

Fuente: Elaboración propia.

Datos de la simulación (motores)

a) Datos del motor

Induction Machine Editor - VAR-FREC

Cable/No	Cable Amp	Protection	Reliability	Remarks	Comment
Info	Nameplate	Imp	Model	Inertia	Load
1	30 HP 0.46 kV				Cable Info not available

Ratings

Design: Other

FL: 100% 75% 50% 0% OL: 100%

HP: 30 kV: 0.46 % PF: 86.28 82.12 72.39 0.59 86.28

kVA: 27.2 FLA: 34.12 % Eff: 95.37 96.51 97.41 0 95.37

% FLA: 100 77.88 56.35 38.04 100

% Slip: 2.77 RPM: 1750 Poles: 4 RPM: 1800 SF: 1

Library: []

Loading

Loading Category	% Loading	Motor Load			Feeder Loss	
		HP	kW	kvar	kW	kvar
1 Design	100	30	23.46	13.74	0	0
2 Normal	90	27	21.01	13.23	0	0
3 Backup	0	0	0.06	10.34	0	0
4 Winter Load	0	0	0.06	10.34	0	0
5 Summer Load	0	0	0.06	10.34	0	0
6 FL Reject	0	0	0.06	10.34	0	0
7 Emergency	0	0	0.06	10.34	0	0

Operating Load: 0 kW *j 0 kvar

Figura 40. Datos de motor ingresados al ETAP.
Fuente: Elaboración propia.

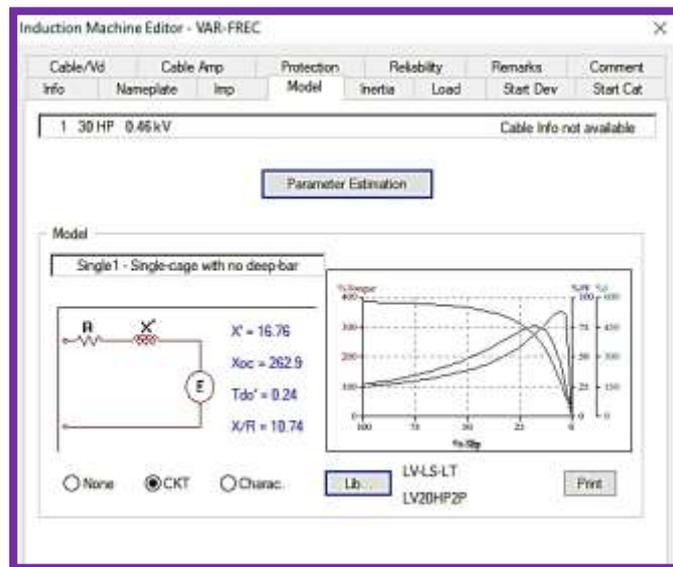


Figura 41. Datos del motor ingresados al ETAP.
Fuente: Elaboración propia.

b) Datos del Variador de Velocidad

The screenshot shows the 'Variable Frequency Drive Editor - VFD1' window. The 'Info' tab is active, displaying the following data:

- Rating: 0.46 kV, 30 HP
- Output:
 - HP: 30
 - kVA: 22.4
 - kV: 0.46
 - Max: 110 %
 - Min: 0 %
 - Freq: 50 Hz
 - FLA: 28.08
 - PF: 100 %
- Input:
 - kVA: 22.4
 - kV: 0.46
 - Freq: 60 Hz
 - FLA: 28.08
 - PF: 100 %
 - EFF: 100 %
- Bypass Switch Status:
 - Load Flow Analysis: Open, Close
 - Short Circuit Analysis: Open, Close
- SC Contribution to Output Term:
 - K: 150 %
 - Isc=K*FLA: 42.12 A
- Output Grounding:
 - Grounded
 - Earthing Type: TT
 - Rg: 0 Ohm

Figura 42. Datos del variador de velocidad.
Fuente: Elaboración propia.

c) Configuración del arranque Variador de Velocidad

The screenshot shows the 'Variable Frequency Drive Editor - VFD1' window with the 'Start Dev' tab active. The configuration is as follows:

- Rating: 0.46 kV, 30 HP
- Type: Frequency Control, V/Hz: Fixed, Variable, Current Limit: 150 %
- Control Scheme:

Active	Time second	Freq %	V/Hz %	Control Type
<input checked="" type="checkbox"/>	0	5	100	Ramp
<input checked="" type="checkbox"/>	7	100	100	Fixed
<input checked="" type="checkbox"/>	8			
- Waveform: A graph showing Frequency (Hz) vs Time (sec.). The frequency starts at 0 Hz at 0 seconds and ramps up to 50 Hz at 7 seconds, then remains constant at 50 Hz until 8 seconds. The current limit is indicated as 150%.

Figura 43. Configuración del Variador de Velocidad.
Fuente: Elaboración propia.

B) Gráficos de resultados:

Se analizará tres motores de 30 HP el primero tendrá un arranque directo (Línea Verde) el segundo un arranque Y (línea roja) y el arranque variador de Velocidad (Azul), tenemos los respectivos gráficos.

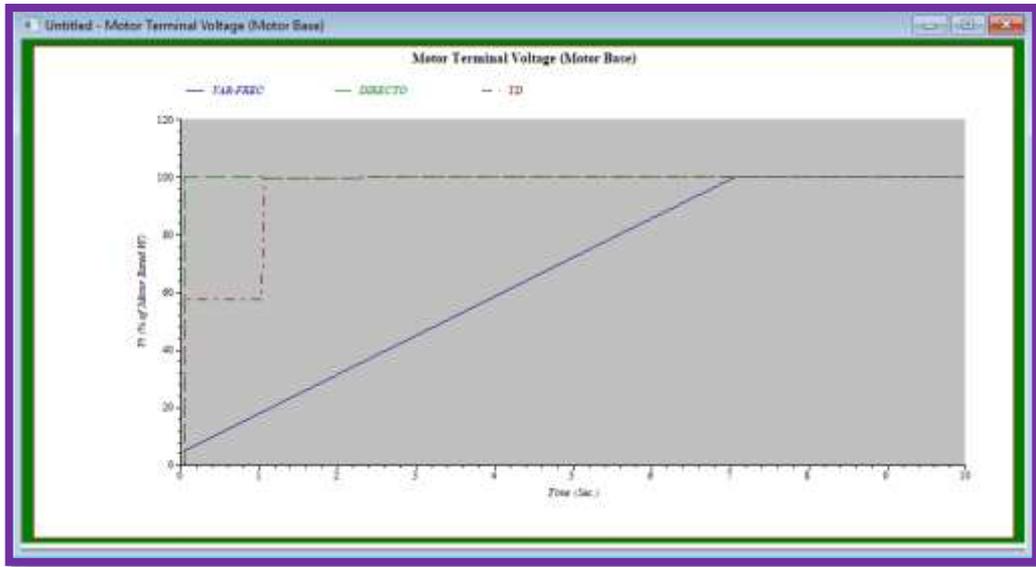


Figura 44. Tensión del motor en (% KV).
Fuente: Elaboración propia.

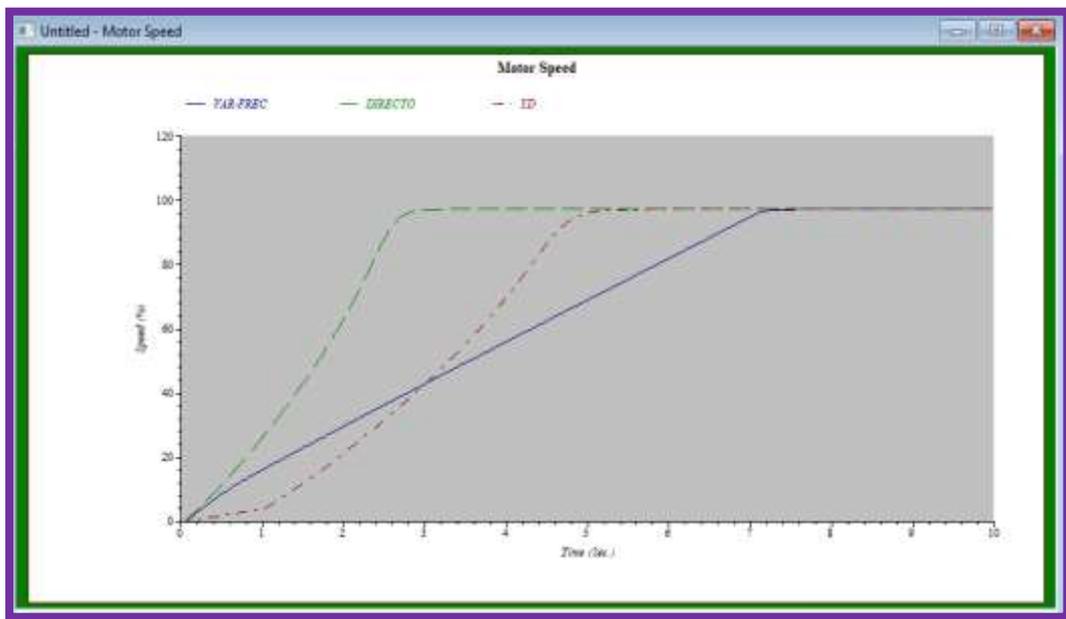


Figura 45. Velocidad del motor en (%).
Fuente: Elaboración propia.

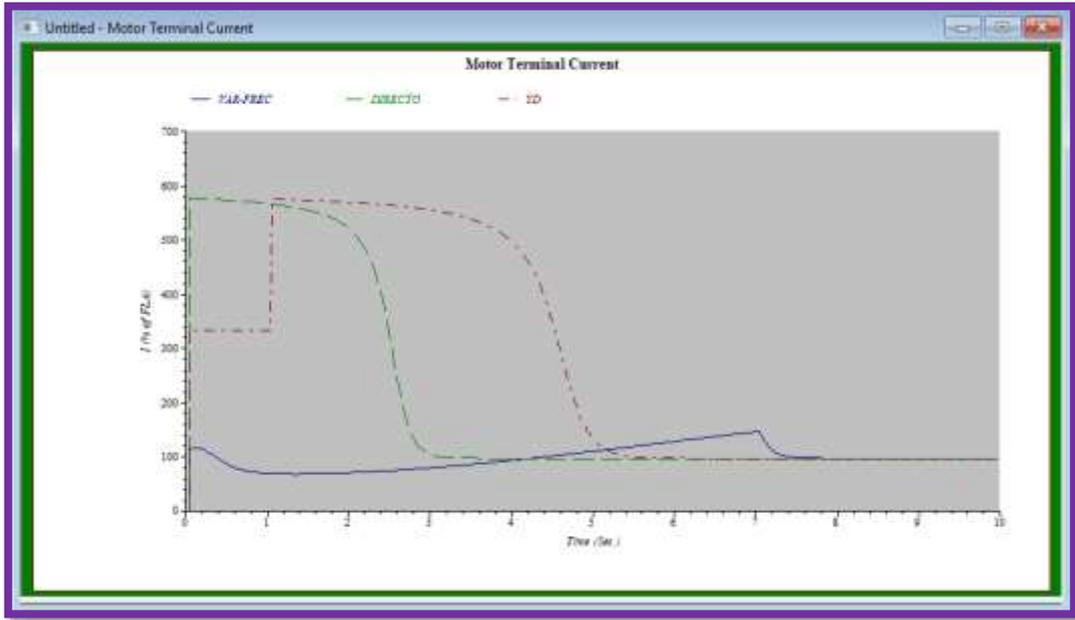


Figura 46. Corriente en el motor en (%FLA), siendo el 100% = 33 Amperios.
Fuente: Elaboración propia.

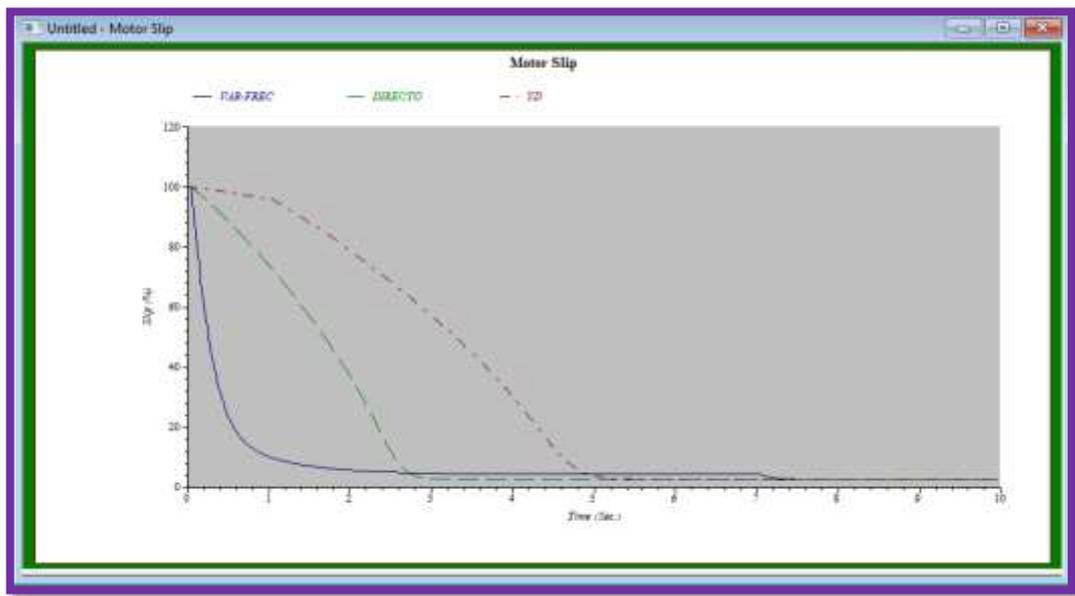


Figura 47. Deslizamiento en (%).
Fuente: Elaboración propia.

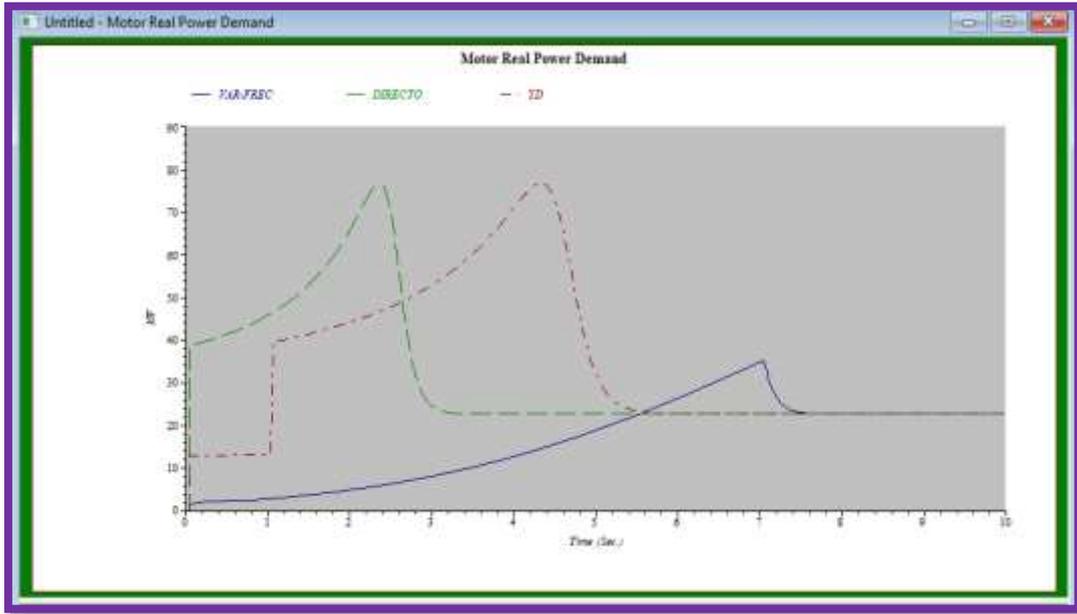


Figura 48. Potencia Activa en kW.
Fuente: Elaboración propia.

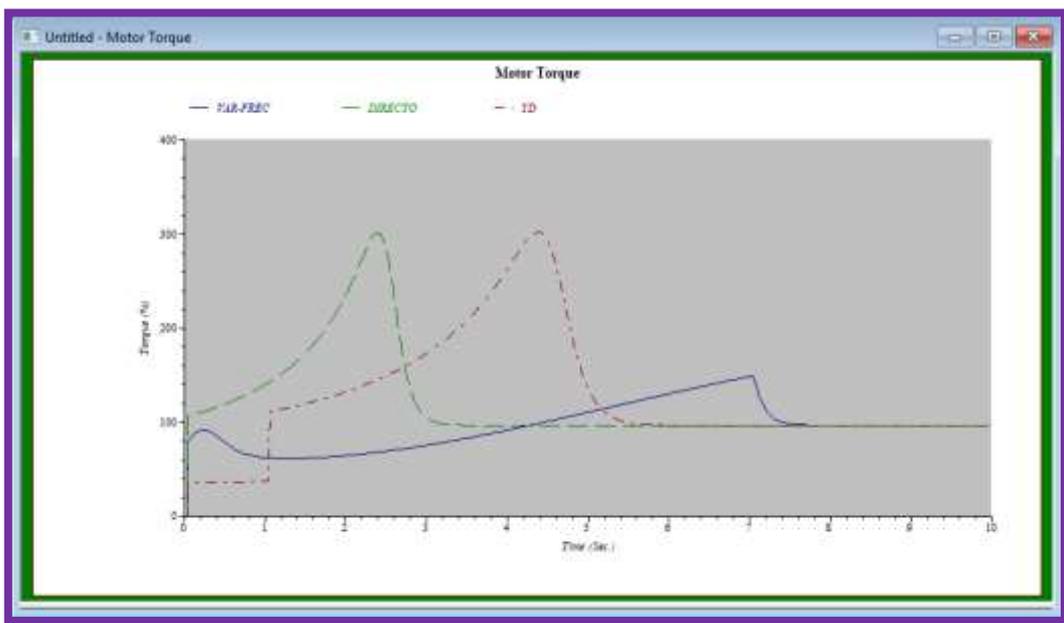


Figura 49. Torque del motor en (%).
Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.1 Análisis de resultados simulación software etap

- En la figura N°46 notamos que el arranque con Variador de Velocidad (línea azul) evita los picos de corriente elevados.
- En la figura N°44 la tensión se eleva progresivamente y de manera lineal hasta alcanzar el valor de la tensión de funcionamiento

- Además del arranque suave, el convertidor de frecuencia también permite el control de la velocidad (frecuencia) del motor.
- El convertidor de frecuencia garantiza una vida útil y más larga y una mejor seguridad funcional.

4.1.2 Simulación Software Digsilent (Análisis Técnico Óptima)

El software DIGSILENT es un software de Sistemas de Potencia reconocido a nivel mundial, en nuestra investigación lo usaremos para la simulación de arranque de motores.

A) Datos del motor

Potencia	:	30 HP
Tensión	:	208-230/460 V
Corriente	:	75-70/35 A
R.P.M.	:	1500
Frecuencia	:	60 Hz

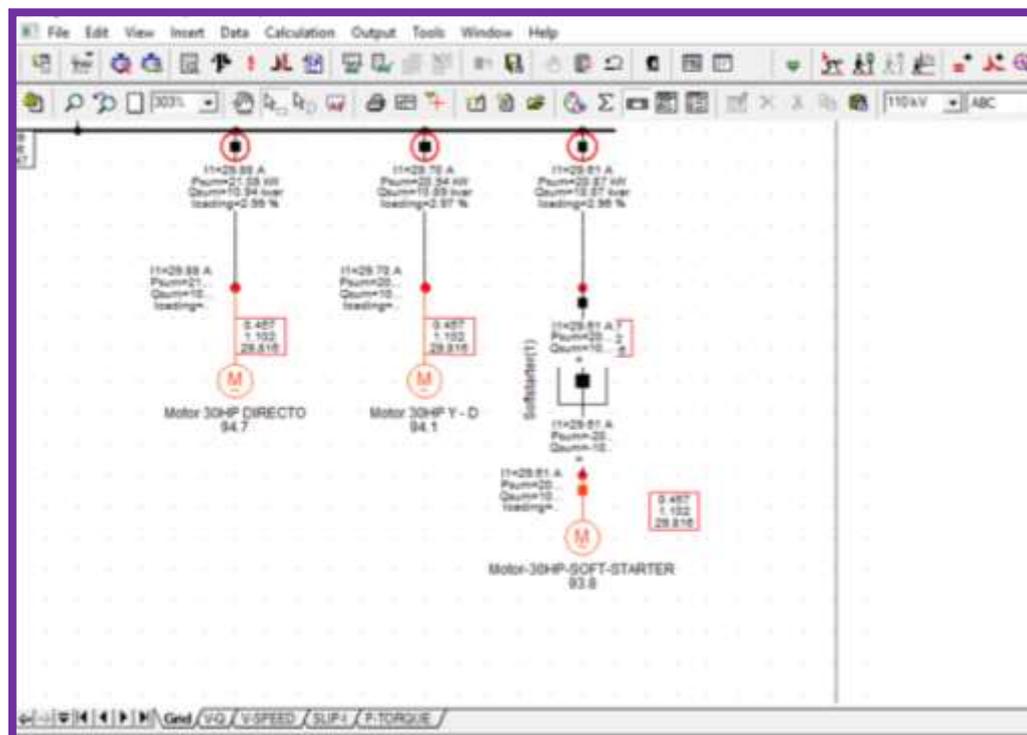


Figura 50. Simulación Software DIGSILENT – Arranque de motores.

Fuente: Elaboración propia.

a) Datos del motor

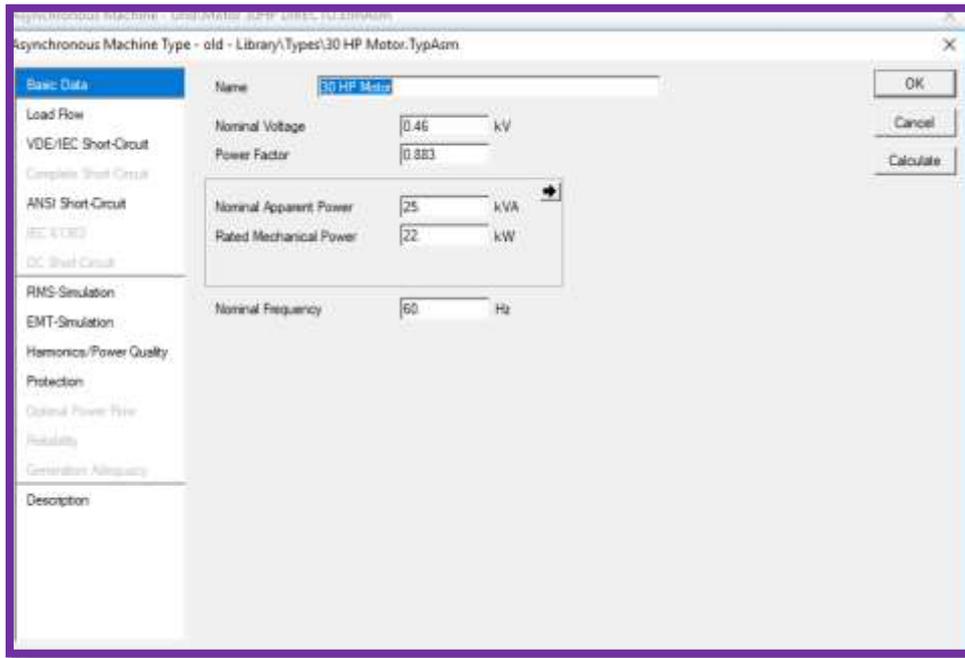


Figura 51. Datos de motor ingresados al Digsilent.
Fuente: Elaboración propia.

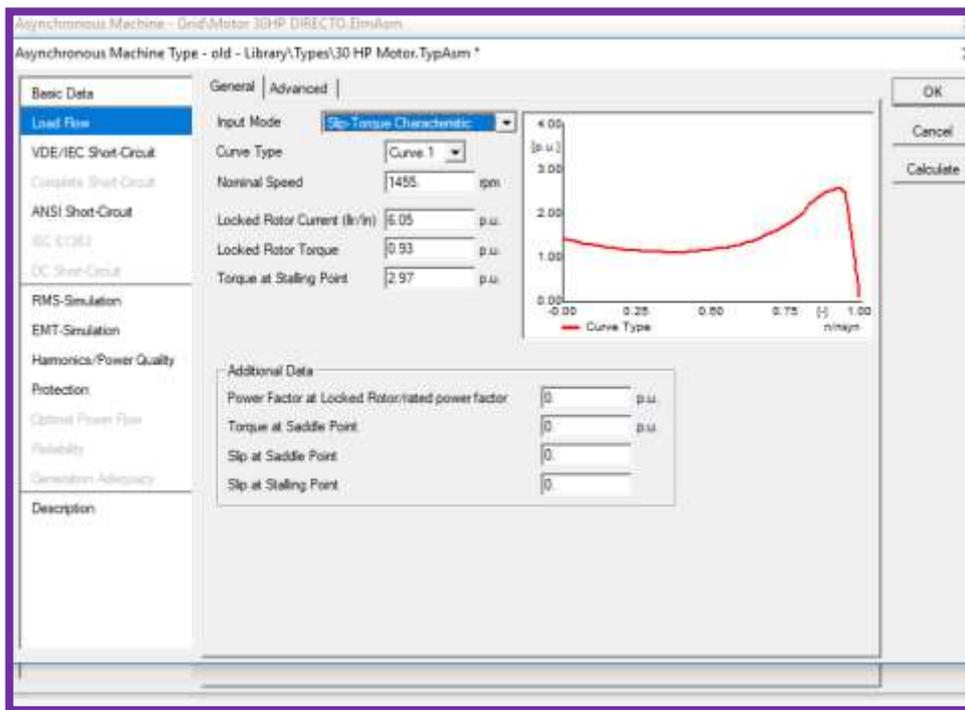


Figura 52. Datos del motor ingresados al Digsilent.
Fuente: Elaboración propia.

b) Datos del Soft Starter

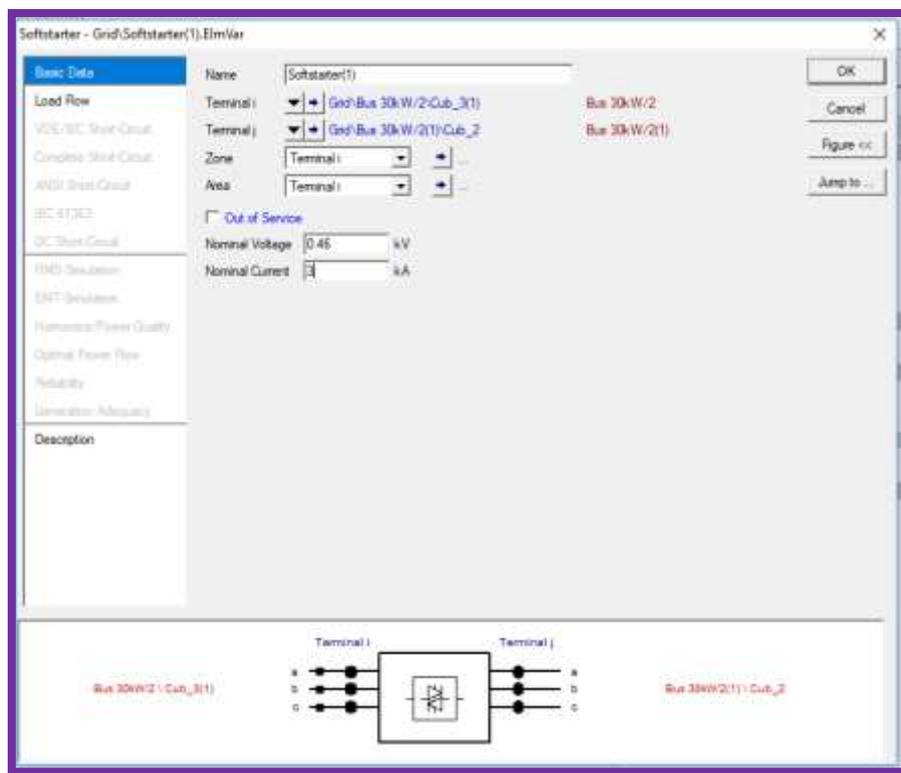


Figura 53. Datos del SOFSTARTER.
Fuente: Elaboración propia.

c) Configuración del arranque soft starter

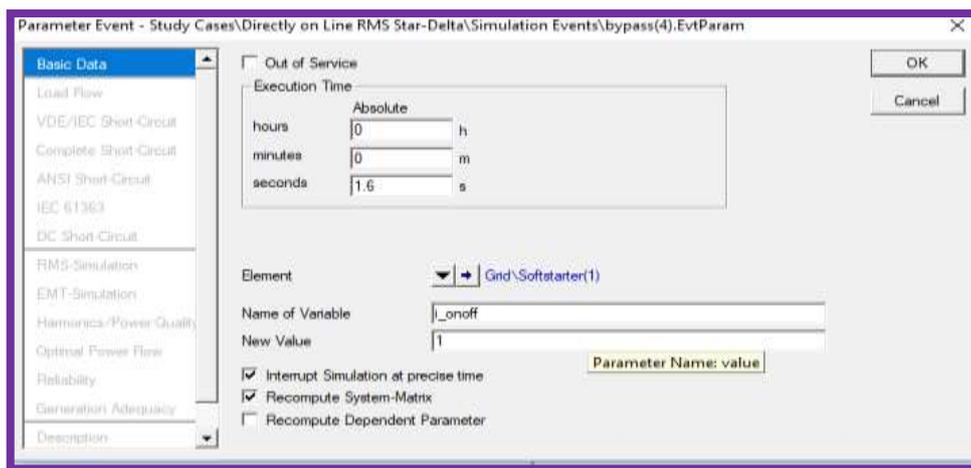


Figura 54. Bypass del Soft starter a los 1.6 segundos
Fuente: Elaboración propia.

B) Gráficos de resultados

Se analizará dos motores de 30 HP el primero tendrá un arranque directo (Línea Roja) el segundo un arranque Soft Starter (línea azul) y el arranque Y (Verde), tenemos los respectivos gráficos.

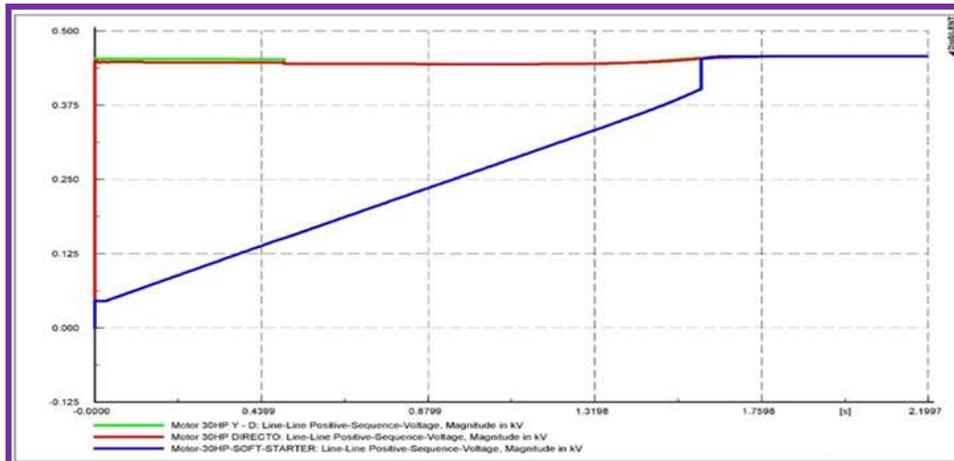


Figura 55. Tensión del motor en KV.

Fuente: Elaboración propia.

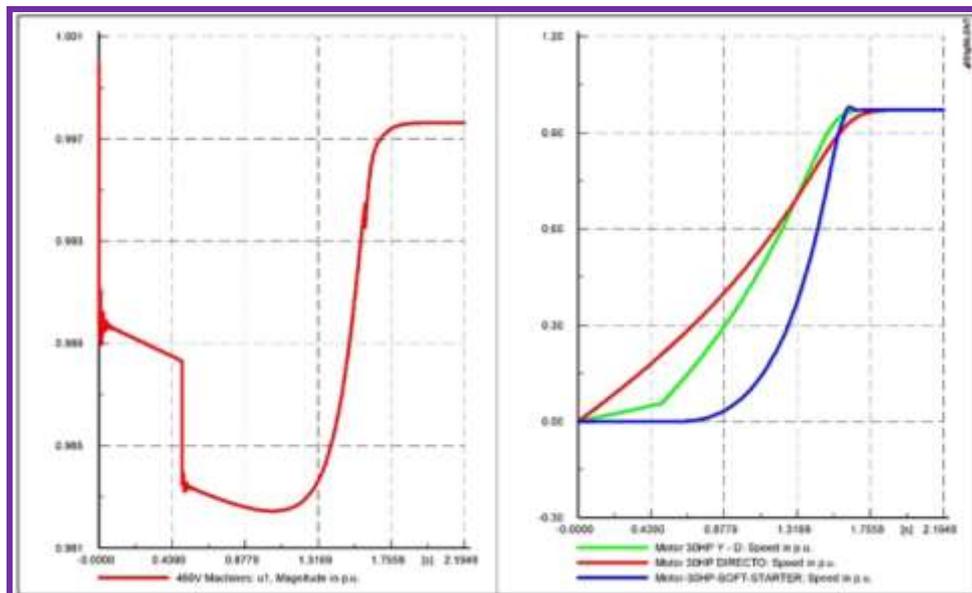


Figura 56. tensión en la barra en KV y velocidad del motor en p.u.

Fuente: Elaboración propia.

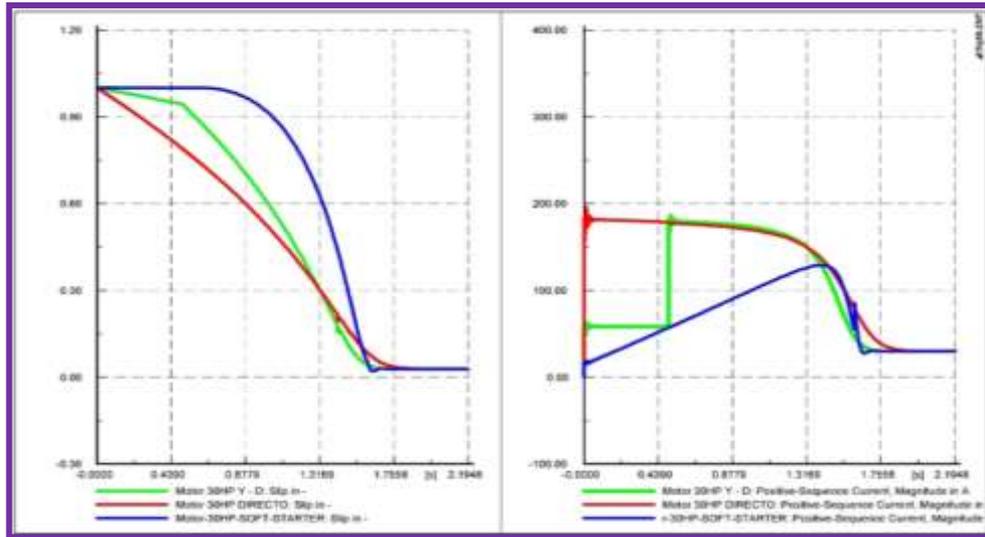


Figura 57. Deslizamiento en p.u y corriente en amperios.
Fuente: Elaboración propia.

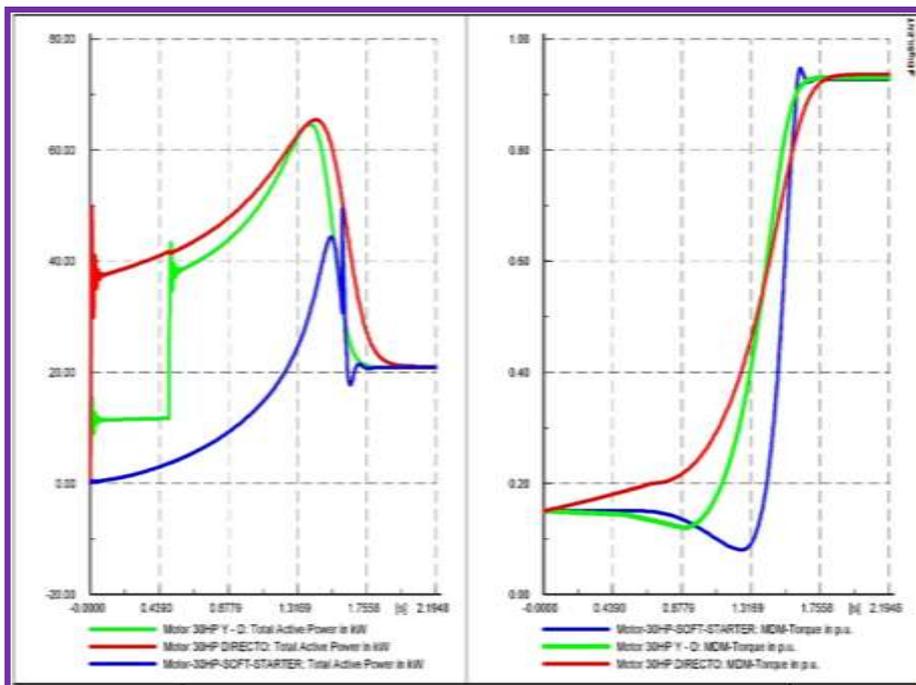


Figura 58. Potencia en kW y Torque en p.u.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.1 Análisis de resultado de simulación Software Digsilent.

- En la figura N°55, notamos que el arranque Soft starter (línea azul) la tensión aumenta linealmente hasta el tiempo de $t=1.5$ segundos cuando se actúa el bypass.
- En la figura N°57, vemos que la corriente en el arranque directo es aproximadamente 8 veces la corriente nominal, mientras el arranque soft starter

la corriente de arranque aumenta linealmente hasta un valor máximo de 5 veces la corriente nominal.

- De la figura N°58, notamos como el par motor del arranque soft starter tiene un par reducido comparado con el arranque directo.

4.1.3 Información previa (análisis técnico óptima)

Se debe determinar la importancia de la elección óptima, con todos los datos necesarios para analizar las diferentes alternativas y definir las características de la instalación y su importancia relativa para llegar a una alternativa de solución final.

4.1.3.1 Características de las alternativas de los arranques de motores

Realizado en tablas según: Valdivia, M. y Valdivia, L. (1975) Selección del sistema de barras. Donde se determina la importancia y los datos necesarios para analizar las diferentes alternativas y definir las características.

Tabla 1.

Cuadro de coeficiente de performance.

		Comparaciones de alternativas									
		1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4				
Características	Alternativas	1	2	3	4	5	6	Decisiones Positivas	Total de decisiones positivas	Coeficiente Performance	Mediciones
		TENSIÓN DEL MOTOR Vs TIEMPO (%KV)	Alternativa 01 Arranque Directo	0	0	0					
	Alternativa 02 Arranque Estrella Triangulo	1			0	0		1	0.167	55	
	Alternativa 03 Arranque Soft starter		1		1		0	2	0.333	6.73	
	Alternativa 04 Arranque con Variador			1		1	1	3	0.5	5	
VELOCIDAD DEL MOTOR Vs TIEMPO (%)	Alternativa 01 Arranque Directo	0	1	0				1	6	0.16666667	2.5
	Alternativa 02 Arranque Estrella Triangulo	1			1	0		2		0.333	5
	Alternativa 03 Arranque Soft starter		0		0		0	0		0.000	1.6
	Alternativa 04 Arranque con Variador			1		1	1	3		0.500	7
CORRIENTE EN EL MOTOR (%FLA),100%=33A. Vs TIEMPO	Alternativa 01 Arranque Directo	0	0	0				0	5	0	191.4=580%
	Alternativa 02 Arranque Estrella Triangulo	1			0	0		1		0.200	110.5=335%
	Alternativa 03 Arranque Soft starter		1		1		1	3		0.600	20.0=60%
	Alternativa 04 Arranque con Variador			0		1	0	1		0.200	36.4=110%
DESIZAMIENTO Vs TIEMPO (%)	Alternativa 01 Arranque Directo	1	0	0				1	6	0.16666667	2.8
	Alternativa 02 Arranque Estrella Triangulo	0			0	0		0		0.000	5
	Alternativa 03 Arranque Soft starter		1		1		0	2		0.333	1.64
	Alternativa 04 Arranque con Variador			1		1	1	3		0.500	1.4
POTENCIA ACTIVA (KW) Vs TIEMPO	Alternativa 01 Arranque Directo	1	0	0				1	6	0.16666667	78
	Alternativa 02 Arranque Estrella Triangulo	0			0	0		0		0.000	80
	Alternativa 03 Arranque Soft starter		1		1		0	2		0.333	50
	Alternativa 04 Arranque con Variador			1		1	1	3		0.500	36
TORQUE DEL MOTOR (%) Vs TIEMPO	Alternativa 01 Arranque Directo	0	0	0				0	4	0	300
	Alternativa 02 Arranque Estrella Triangulo	1			0	0		1		0.250	280
	Alternativa 03 Arranque Soft starter		1		1		1	3		0.750	90
	Alternativa 04 Arranque con Variador			0		0	0	0		0.000	140
COSTO	Alternativa 01 Arranque Directo	1	1	1				3	6	0.5	3193.00
	Alternativa 02 Arranque Estrella Triangulo	0			1	1		2		0.333	4813.18
	Alternativa 03 Arranque Soft starter		0		0		1	1		0.167	5407.53
	Alternativa 04 Arranque con Variador			0		0	0	0		0.000	13388.32

Fuente: Elaboración propia.

Se considera que las características de los arranques inciden en las diferentes medidas en la elección óptima de arranque de motores. La información reunida, servirá para determinar la importancia que tiene una característica en comparación con las demás. En el cuadro 1 permite una evaluación ordenada de la siguiente manera.

Se compara dos alternativas analizando su importancia de cada uno de los arranques:

- Se califica con uno (1) a la más importante y cero (0) a la menos importante.
- Se realiza todas las comparaciones de las alternativas de dos en dos.
- Se obtiene para cada alternativa un número de decisiones positivas. Se calcula el coeficiente de performance dividiendo este número entre el número total de decisiones positivas.

4.1.3.2 Características de la instalación y su importancia relativa

Tabla 2.

Cuadro de coeficiente de importancia relativa.

Característica	Comparaciones de características																					Decisiones Positivas	Total de decisiones positivas	Coeficiente Importancia Relativa
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21			
TENSIÓN DEL MOTOR Vs TIEMPO (%KV)	1	0	0	0	0	0																1	21	0.048
VELOCIDAD DEL MOTOR Vs TIEMPO (%)	0						0	1	0	0	1											2		0.095
CORRIENTE EN EL MOTOR (%FLA),100%=33A. Vs TIEMPO		1					1					1	1	1	1							6		0.286
DESUZAMIENTO Vs TIEMPO (%)			1					0				0				0	0	1				2		0.095
POTENCIA ACTIVA (KW) Vs TIEMPO				1					1			0				1			1	1		5		0.238
TORQUE DEL MOTOR (%) Vs TIEMPO					1					1			0			1		0		1		4		0.190
COSTO						1					0			0				0		0	0	1		0.048
	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	3-1	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	3-4	3-5	3-6	3-7	4-5	4-6	4-7	5-6	5-7	6-7			

Fuente: Elaboración propia.

Realizado en el cuadro Nro. 2 donde se realiza el siguiente procedimiento:

- Se compara dos características analizando su importancia de cada uno de los arranques.
- Se califica con uno (1) a la más importante y cero (0) a la menos importante.
- Se realiza todas las comparaciones de las características de dos en dos.

Se obtiene para cada característica un número de decisiones positivas. Se calcula el coeficiente de importancia relativa dividiendo este número entre el número total de decisiones positivas.

4.1.3.3 Comparación de las alternativas de solución

Tabla 3.

Cuadro de comparación de alternativas de solución.

Característica	Alternativa I			Alternativa II		Alternativa III		Alternativa IV	
	Coef. De imp.	Coef. Perf.	Indice total						
	Cuadro 02 (a)	Cuadro 01 (b)	(a)*(b)						
TENSIÓN DEL MOTOR Vs TIEMPO (%KV)	0.048	0	0.000	0.167	0.008	0.333	0.016	0.500	0.024
VELOCIDAD DEL MOTOR Vs TIEMPO (%)	0.095	0.16666667	0.016	0.333	0.032	0.000	0.000	0.500	0.048
CORRIENTE EN EL MOTOR (%FLA),100%=33A. Vs TIEMPO	0.286	0	0.000	0.200	0.057	0.600	0.171	0.200	0.057
DESILIZAMIENTO Vs TIEMPO (%)	0.095	0.16666667	0.016	0.000	0.000	0.333	0.032	0.500	0.048
POTENCIA ACTIVA (KW) Vs TIEMPO	0.238	0.16666667	0.040	0.000	0.000	0.333	0.079	0.500	0.119
TORQUE DEL MOTOR (%Vs TIEMPO	0.190	0	0.000	0.250	0.048	0.750	0.143	0.000	0.000
COSTO	0.048	0.5	0.024	0.333	0.016	0.167	0.008	0.000	0.000
INDICE DE MERITO			0.095		0.160		0.449		0.295
Rpta: Se debe usar el arranque soft starter para una elección óptima de arranque de motores									

Fuente: Elaboración propia.

- De acuerdo con el análisis técnico concluimos que la mejor opción es el arrancador Soft Starter.
- De acuerdo con el análisis Económico la mejor alternativa es la de arrancador Soft Starter.
- Dando la conclusión final que un arranque suave de motores eléctricos asíncronos optimiza los costos según su uso en la industria.
- El objetivo general se realizó determinando el tipo de arranque de motores eléctricos asíncronos que optimiza costos según su uso en la industria.

4.1.4 Método de análisis técnico-económico

Las industrias en todo el mundo cuentan con motores para diferentes procesos, los cuales son los encargados de realizar esfuerzos mecánicos, estos equipos concentran el mayor consumo de energía eléctrica y son el objetivo para estudio de ahorro de energía.

“La industria tiene una necesidad constante de optimizar todos sus procesos, de ahí la importancia de contar con herramientas que le permitan afrontar de manera rápida y concreta, las oportunidades de mejora que se presenten en su cotidiano funcionamiento, por tanto, conociendo que los motores de inducción representan una gran mayoría en esta y que acompañados de variadores de frecuencia, representan una gran alternativa de mejora, tanto en el ámbito productivo como en el energético, es de gran importancia establecer entonces, sistemas, metodologías que permitan evaluar donde, cómo y cuánto puede costar la implementación de dichos variadores de frecuencia” (Cuellar y Guevara, 2010, p.31).

4.1.4.1 Análisis técnico-económico.

Datos del Motor

Tabla 4.

Datos del motor

Compresor de aire Atlas Copco.						
Datos de placa de motor Atlas Copco.					consumo de arranque	
potencia	voltaje	amperaje	rpm	frecuencia	máximo	trabajo
30Kw	440 delta	48	3558	60	192.6	32.4
arranques por día			presión de trabajo			
14			min=122/Max=132 PSI			

Fuente: Elaboración propia.

a) Arranque directo

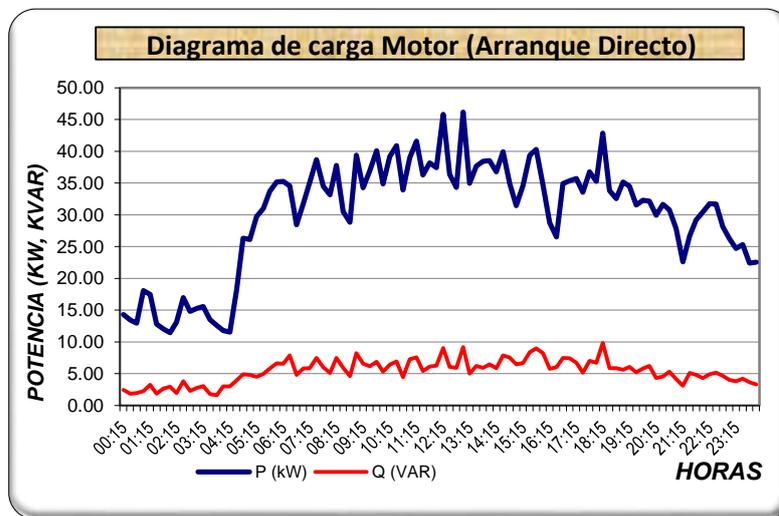


Tabla 5.

Máxima Demanda / Diagrama de carga (Arranque directo).

MAXIMA DEMANDA		
H.P.	42.85	KW
H.F.P.	46.17	KW
DIA	46.17	KW
ENERGÍA ACTIVA		
H.P.	164.27	kwh
H.F.P.	557.27	kwh
DIA	721.55	kwh

Fuente: Elaboración propia.

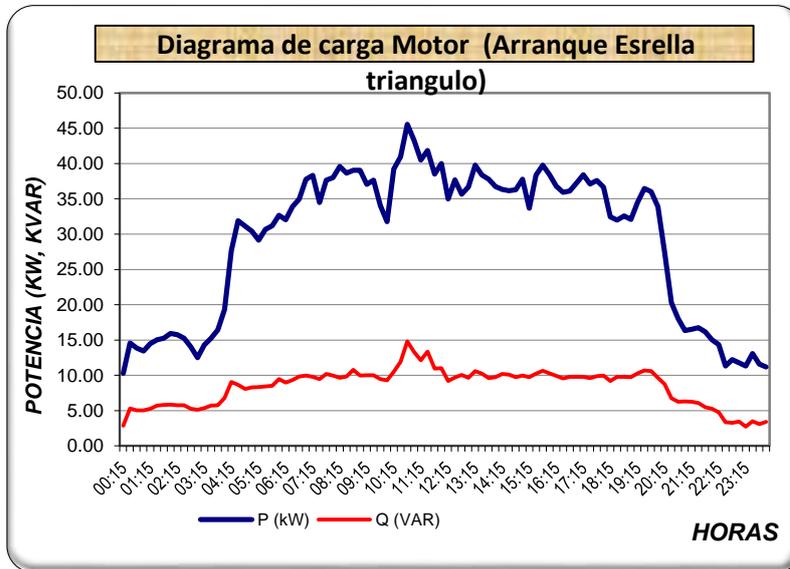
Máxima Demanda

- H.P. = Resulta de la Max. desde las 18.00 a las 23:00.
- H.F.P. = Resulta de la Max desde la 00:15 a las 24:00 menos 18.00 a las 23:00.
- DIA = Resulta de la Max desde las 00:15 a las 24:00.

Energía Activa

- Resulta de la suma desde las 18.00 a las 23:00.
- Resulta de la suma desde la 00:15 a las 24:00 menos 18.00 a las 23:00.
- Resulta de la suma desde las 00:15 a las 24:00.

b) Arranque estrella triángulo



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.

Máxima Demanda / Diagrama de carga (Arranque estrella triángulo).

MAXIMA DEMANDA		
H.P.	36.64	KW
H.F.P.	45.54	KW
DIA	45.54	KW
ENERGÍA ACTIVA		
H.P.	125.68	kwh
H.F.P.	573.71	kwh

DIA	699.38	kwh
-----	--------	-----

Fuente: Elaboración propia.

Máxima Demanda

- H.P. = Resulta de la Max. desde las 18.00 a las 23:00.
- H.F.P. = Resulta de la Max desde la 00:15 a las 24:00 menos 18.00 a las 23:00.
- DIA = Resulta de la Max desde las 00:15 a las 24:00.

Energía Activa

- Resulta de la suma desde las 18.00 a las 23:00.
- Resulta de la suma desde la 00:15 a las 24:00 menos 18.00 a las 23:00.
- Resulta de la suma desde las 00:15 a las 24:00.

c) Arranque soft starter

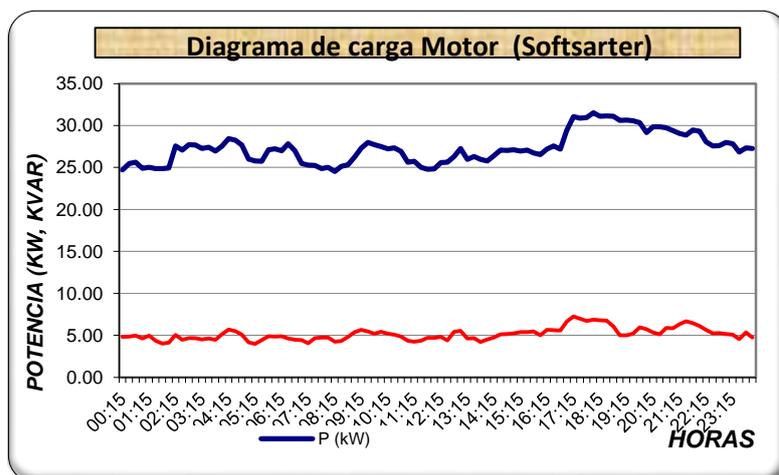


Tabla 7.

Máxima Demanda / Diagrama de carga (Soft starter).

MAXIMA DEMANDA		
H.P.	31.51	KW
H.F.P.	31.06	KW
DIA	31.51	KW
ENERGÍA ACTIVA		
H.P.	155.72	Kwh
H.F.P.	500.04	Kwh
DIA	655.76	Kwh

Fuente: Elaboración propia.

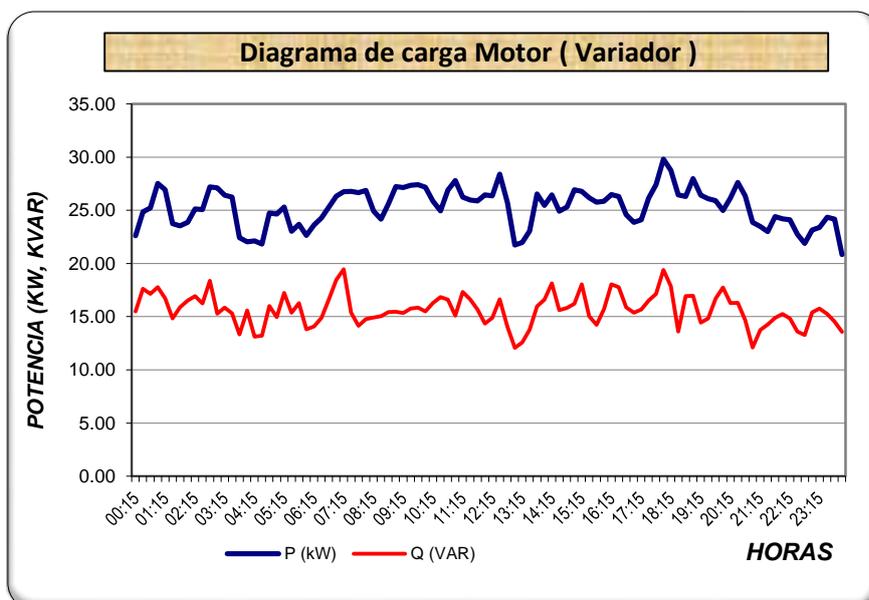
Máxima Demanda

- H.P. = Resulta de la Max. desde las 18.00 a las 23:00.
- H.F.P. = Resulta de la Max desde la 00:15 a las 24:00 menos 18.00 a las 23:00.
- DIA = Resulta de la Max desde las 00:15 a las 24:00.

Energía Activa

- Resulta de la suma desde las 18.00 a las 23:00.
- Resulta de la suma desde la 00:15 a las 24:00 menos 18.00 a las 23:00.
- Resulta de la suma desde las 00:15 a las 24:00.

d) Arranque variador de velocidad



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8.

Máxima Demanda / Diagrama de carga (Variador de velocidad). Fuente propia

MAXIMA DEMANDA		
H.P.	29.83	KW
H.F.P.	28.39	KW
DIA	29.83	KW

ENERGÍA ACTIVA		
H.P.	133.43	Kwh
H.F.P.	473.71	kwh
DIA	607.14	kwh

Fuente: Elaboración propia.

Máxima Demanda

- H.P. = Resulta de la Max. desde las 18.00 a las 23:00.
- H.F.P. = Resulta de la Max desde la 00:15 a las 24:00 menos 18.00 a las 23:00.
- DIA = Resulta de la Max desde las 00:15 a las 24:00.

Energía Activa

- Resulta de la suma desde las 18.00 a las 23:00.
- Resulta de la suma desde la 00:15 a las 24:00 menos 18.00 a las 23:00.
- Resulta de la suma desde las 00:15 a las 24:00.

4.1.4.2 Análisis económico

- Costo del variador:

Adjuntar cotización de los variadores de frecuencia.

- Costo de la instalación del variador:

Se calcula los costos de la instalación en un 10% del precio total del variador (STEBBINS, 1994).

- Cálculo del costo de la energía ahorrada.

Se tomará como base el costo actual del KWh (dato de la factura de la empresa)

- Cálculo del retorno de la inversión:

Se usará el cálculo por medio de la división entre los costos de adquisición e instalación y la energía ahorrada, esto da como resultado un valor en años.

$$retorno_de_inversion = \frac{Costo_adquisicion + Costo_instalacion}{Ahorro_soles}$$

- Determinar si el proyecto es viable económicamente.

Considerando lo calculado del retorno de la inversión y las normas de la compañía en relación al tiempo de recuperación de la inversión se determina si el análisis el viable económicamente.

4.1.4.3 Análisis de la energía anual y retorno de la inversión

- a) Análisis de la energía

Tabla 9.*Análisis de la Energía.*

MOTOR	NOMBRE	ARRANQUE	Kwh-año		kwh/día
30Kw/40 Hp	E1	DIRECTO	259,757.06	Energía. Activa día	721.55
30Kw/40 Hp	E2	ESTRELLA -TRIÁNGULO	251,778.43	Energía. Activa día	699.38
30Kw/40 Hp	E3	SOFSTARTER	236,075.22	Energía. Activa día	655.76
30Kw/40 Hp	E4	VARIADOR	218,570.42	Energía. Activa día	607.14

	Ahorro	Kwh/año	(%)	Kwh/día	(%)
Comparaciones	E1-E4	41,186.64	15.9%	114.4	15.9%
Comparaciones	E1-E3	23,681.85	9.1%	65.8	9.4%
Comparaciones	E1-E2	7,978.63	3.1%	22.2	3.4%
Comparaciones	E2-E3	15,703.22	6.2%	43.6	6.7%
Comparaciones	E2-E4	33,208.01	13.2%	92.2	15.2%
Comparaciones	E3-E4	17,504.80	7.4%	48.6	8.0%

Fuente: Elaboración propia.

b) Costo de variador de Frecuencia

Tabla 10.*Costo del Variador de frecuencia. Fuente propia*

	CANTIDAD	P.U (S./)	marca	COSTO (S./)
VARIADOR	1	12,171.20		12,171
INSTALACIÓN	1	1,217.12		1,217
TOTAL				13,388.32

Fuente: Elaboración propia.

c) Costo de Soft Starter

Tabla 11.*Costo del Soft Starter.*

	CANTIDAD	P.U (S./)	marca	COSTO (S./)
SOFSTARTER	1	4,916		4,915.94
INSTALACIÓN	1	492		491.59
TOTAL				5,407.53

Fuente: Elaboración propia.

d) Costo de Estrella triángulo.

Tabla 12.

Costo de estrella triángulo.

	CANTIDAD	P.U (S./)	marca	COSTO (S./)
ESTRELLA-TRIÁNGULO	1	4,375.62		4,375.62
INSTALACIÓN	1	437.56		437.56
TOTAL				4,813.18

Fuente: Elaboración propia.

e) Costo de Arranque Directo.

Tabla 13.

Costo de arranque Directo.

	CANTIDAD	P.U (S./)	marca	COSTO (S./)
DIRECTO	1	2,902.73		2,902.73
INSTALACIÓN	1	290.27		290.27
TOTAL				3,193.00

Fuente: Elaboración propia.

f) Ahorro costo Anual (Soles/Año)

Tabla 14.

Ahorro costo Anual (soles/año).

PRECIO x Kwh MT3	0.1812	
E1-E4	7,463.02	Ahorro. Soles/año

E1-E3	4,291.15	Ahorro. Soles/año
E1-E2	1,445.73	Ahorro. Soles/año
E2-E3	2,845.42	Ahorro. Soles/año
E2-E4	6,017.29	Ahorro. Soles/año
E3-E4	3,171.87	Ahorro. Soles/año

Fuente: Elaboración propia.

g) Retorno de la Inversión

Tabla 15.

Retorno de la Inversión.

RETORNO DE LA INVERSIÓN	E1-E4	1.79	año
RETORNO DE LA INVERSIÓN	E1-E3	1.26	año
RETORNO DE LA INVERSIÓN	E1-E2	3.33	año
RETORNO DE LA INVERSIÓN	E2-E3	1.90	año
RETORNO DE LA INVERSIÓN	E2-E4	2.22	año
RETORNO DE LA INVERSIÓN	E3-E4	4.22	año

Fuente: Elaboración propia.

- El retorno de la inversión de arranque con variador de velocidad respecto al arranque directo es aproximadamente 1.79 años.
- El retorno de la inversión de arranque con soft starter respecto al arranque directo es aproximadamente 1.26 años.

Se observa que el soft starter es la mejor alternativa económica ligeramente superior al arranque por variador de frecuencia, sin embargo, se debe tomar en cuenta la operación en ambos arranques para determinar la alternativa óptima, en este caso, un arranque con variador de frecuencia que tiene mejores prestaciones operativas.

4.1.4.4 Análisis de optimización de la calificación tarifaria

“Un factor a tener en cuenta para reducir costos de facturación es la calificación tarifaria. La calificación tarifaria solo se da en las opciones tarifarias MT3 y MT4.

La ventaja de ser calificado como un cliente calificado presente en fuera de punta, está en el precio unitario de la potencia de generación, es decir, para un cliente calificado

como fuera de punta el precio de la potencia es menor que la de un cliente calificado como presente en punta. Si el usuario está calificado como cliente presente en punta, debe evaluar la factibilidad de poder ser calificado como cliente fuera de punta.” Ministerio de Energía y Minas (2011, p.33).

<http://www.minem.gob.pe/archivos/prepublicacion-zmz7973zz4.PDF>

$$\text{Calificación Tarifaria}(CT) = \frac{\text{EA HP mes}}{\text{MD leída del mes} * \#\text{HP mes}}$$

EA HP mes: Energía activa consumida en horas punta del mes

M.D.H.F.P. leída mes: Máxima demanda leída del mes

HP mes: Número de horas punta del mes

Si el resultado es $\geq 0,50$, el cliente es considerado como cliente presente en punta.

Si el resultado es $< 0,50$, el cliente es considerado como cliente fuera de punta.

SUMINISTRO: SEAL

CONTRATO: 21XXXX
 SS.EE: 2806
 OPCIÓN TARIFARIA: MT3
 POTENCIA CONTRATADA: 1500.00 Kw.
 TIPO DE SUMINISTRO: TRIFÁSICO-aéreo
 UBICACIÓN DE MEDICIÓN: PMI
 CALIFICACIÓN: PRESENTE EN PUNTA.
 N° DE HORAS PUNTA: 130
 BASE DE MEDICIÓN: MEDICIÓN PERMANENTE

Tabla 16.

Análisis de optimización de la calificación tarifaria.

Mes	Fecha de Lectura	Energía Activa (Kwh)			Máxima Demanda (Kw)			Monto	Factor de factibilidad
		EA	EAHP	EAHFP	MD	MDHP	MDHFP		
202010	05/11/2020	477449	94549.8	382888.9	1113	1114.3	1113.3	126602.56	0.653

202009	07/10/2020	453418	92661.3	360747.1	1054	1054.6	1053.6	136283.02	0.677
202008	08/09/2020	449489	88453.4	361025.1	1028	1029.1	1028.1	120967.99	0.662
202007	06/08/2020	476338	90785.5	385542.5	1058	1058.9	1057.9	149727.27	0.660
202006	06/07/2020	442633	82056.9	360566.1	1080	1080.6	1079.6	123864.44	0.585
202005	05/06/2020	447033	84037.6	362984.9	1049	1050.3	1049.3	262366.88	0.616
202004	06/05/2020	427368	90215.5	337142.5	1050	1050.7	1049.7	127896.25	0.661

Fuente: Elaboración propia.

Con la ecuación tendremos un resultado de factor de factibilidad mensual donde se busca optimizar los costos de facturación para obtener los datos, si en el recibo no se tiene las horas punta del mes se deberá tener en cuenta el número de días de facturación que normalmente es de 31 días, cantidad de domingos y feriados del mes (05 días).

Horas punta por día desde las 18:00 horas a las 23:00 hora = 5 horas.

Número de horas punta al mes: (31 días-5 días) x 5 horas/día= 130 horas.

$$CT = \frac{94549}{1113.3 \times 130} = 0.653283$$

Para ser considerados clientes fuera de punta, se debió tener un factor menor a 0.5, con esta relación debemos de calcular cuanta energía se consumió en exceso en el mes de octubre.

Considerando un factor de 0.48 calcularemos la energía activa hora punta al mes
EAHP mes=0.48x 1113.3x130= 69469.92 Kwh.

El exceso de energía consumida en horas punta del mes de octubre fue:

Exceso de EA HP mes = 94549.8 Kwh.- 69469.92 Kwh.=25079.88 Kwh.

Se realiza la comparación de las tarifas de clientes en horas punta y clientes fuera de punta y se establece el ahorro con su respectivo porcentaje.

Tabla 17.

Costos de Cliente presente en punta.

MT3. Cliente presente en punta			
Cargos a facturar opción tarifaria:MT3	Consumos a facturar	Precio Unitario	Importe (s/.)
Cargo fijo		2.60	2.60
Energía Activa en horas punta	94549.8	0.1323	12508.9385

Energía activa en horas fuera de punta	382888.9	0.1055	40394.779
Potencia de generación:			
-Cliente presente en punta	1113.3	24.05	26774.865
-Cliente fuera de punta			
Potencia por uso de redes de Distribución.			
-Cliente presente en punta	1013.92	9.54	9672.7968
-Cliente fuera de punta			
Energía Reactiva	0	0.0364	0
TOTAL			89353.98

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18.

Costos Cliente fuera de punta.

MT3. Cliente fuera de punta			
Cargos a facturar opción tarifaria:MT3	consumos a facturar	Precio Unitario	Importe (S/.)
Cargo fijo		2.60	2.60
Energía Activa en horas punta	69469.92	0.1323	9190.87042
Energía activa en horas fuera de punta	382888.9	0.1055	40394.779
Potencia de generación:			
-Cliente presenta en punta	1113.3	14.8	16476.84
-Cliente fuera de punta			
Potencia por uso de redes de Distribución.			
-Cliente presenta en punta	1013.92	9.89	10027.6688
-Cliente fuera de punta			
Energía Reactiva	0	0.0364	0
TOTAL			76092.76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19.

Optimización Económica.

Optimización Económica	
Opción tarifaria	Importe (S/.)
Tarifa MT3 Cliente presente en punta	89353.98

Tarifa MT3 Cliente fuera de punta	76092.76
AHORRO ECONÓMICO	13261.22
% de Ahorro.	13.26

Fuente: Elaboración propia.

Se concluye que se tendrá un ahorro económico de 13261.22 que corresponde a 13.26 %. para la optimización de la calificación tarifaria.

4.1.5 Evento producido en planta de procesamiento de aves corporación Rico SAC.

4.1.5.1 Datos de suministro eléctrico de planta.

- Voltaje de subestación: 10.500V/440VAC.
- Frecuencia: 60 Hz.
- Sistema de distribución: IT, Neutro Flotante y tierra aislada.

Montaje de Maquinaria de producción

Instalación de tres líneas de producción con variadores de velocidad marca danfoos VLT 2800 tableros eléctricos con denominación 3x400-460VAC 50 Hz sistema de distribución TN-S Norma europea EN60204-1. Según fotografía consta con 4 variadores de velocidad cada tablero.



Figura 59. Tablero analizado 3x400-460 VAC.

Fuente: Elaboración propia.

27 de abril 2013.- Se produce parada de planta 12 variadores danfoos VLT 2800 fuera de servicio se desconoce lo sucedido se procede a cambiar por variadores locales se adjunta placa de características STR1.



Figura 60. Variador de velocidad Danfoss original.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.2 Resultado de la investigación.

Luego de desarmar el variador se encuentra en corto circuito la fuente de poder de todos los variadores, varistores abiertos y quemados.

Se averigua que sucedió justo en este momento de falla, en otra área se estaba probando un motor de 22Kw en la misma línea 440VAC dicho motor estaba a tierra lo que ocasiona que se cargue dicho pozo.



Figura 61. Falla de placa electrónica de variador de velocidad danfoss.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.3 Hipótesis

La hipótesis es que al momento de realizar prueba de motor de 22kw se produce retorno por tierra dañando los variadores, no se tomó en cuenta las especificaciones de los tableros y se conectan en una conexión IT

4.1.5.4 Conclusiones

Fabrica envía nuevos variadores para este tipo de conexión STR0



Figura 62. Instalación de nuevo variador danfoss.
Fuente: Elaboración propia.

En www.danfoss.com/Spain se encuentra disponible un configurador de convertidores de frecuencia. Se recomienda utilizar el configurador para obtener el número de pedido específico.

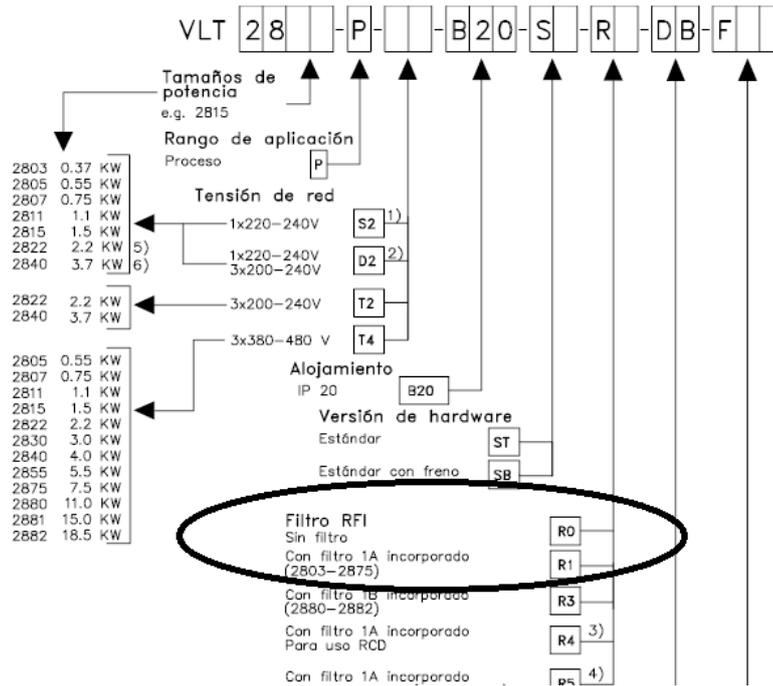


Figura 63. Descripción de tipo de variador danfoss.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez solucionado el problema se cambió la placa del gabinete eléctrico a sistema de distribución IT.



Figura 64. Tablero conexión IT.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.5 Análisis de resultado

La correcta selección del sistema de distribución fue uno de los factores que no se tomó en consideración.

Los variadores de velocidad deben ser seleccionados de acuerdo con la calidad de energía y sus protecciones

La conexión IT no es confiable para la electrónica de potencia, muchas de las máquinas con comunicación Sercos, Ethercat, etc. instalan transformadores de aislamiento DYN (delta estrella neutro) y obtienen sistema de conexión TNS.

En una conexión TNS la fuga de corriente a tierra se manifiesta como corto circuito saltando la protección y mantiene un pozo libre de tensión.

En una conexión IT cuando se produce una fuga de línea L1 los voltajes son:

$L1-L2 = 442$ L1- Tierra = cero

$L2-L3 = 443$ L2-Tierra = 442VAC

$L1-L3 = 442$ L3- Tierra=443VAC.

Se observa que la línea L1 es la misma que tierra por lo tanto el pozo a tierra está cargado con fase y retorna a los equipos produciendo disparos de protecciones en caso de variadores Fallo de ground o tierra.

Antecedente

El fabricante de Maquinaria (MULTIVAC, 2018) afirma que:

“El sistema IT es un tipo determinado de aplicación de una red de baja tensión destinado al suministro de corriente eléctrica en la ingeniería eléctrica.”

“Las máquinas no pueden conectarse directamente a un sistema IT. Las máquinas incluyen servo amplificadores y convertidores de frecuencia con los que las corrientes de fuga se conducen a tierra. Estas corrientes de fuga provocan la activación del dispositivo de control del aislamiento.

Con un transformador de aislamiento, podrá conmutarse del sistema IT al sistema TN-S (neutro y tierra en el transformador). La máquina se conectará al sistema TN-S”.

El siguiente diagrama eléctrico muestra el circuito que tiene que proporcionar el cliente:

- Sistema IT.
- Sistema TN-S.
- Transformador de aislamiento.

- Fusible de entrada.
- Máquina MULTIVAC.
- MULTIVAC.
- Conexión de red cliente.
- Control de faltas a tierra/de aislamiento.
- Descargador de chispa.

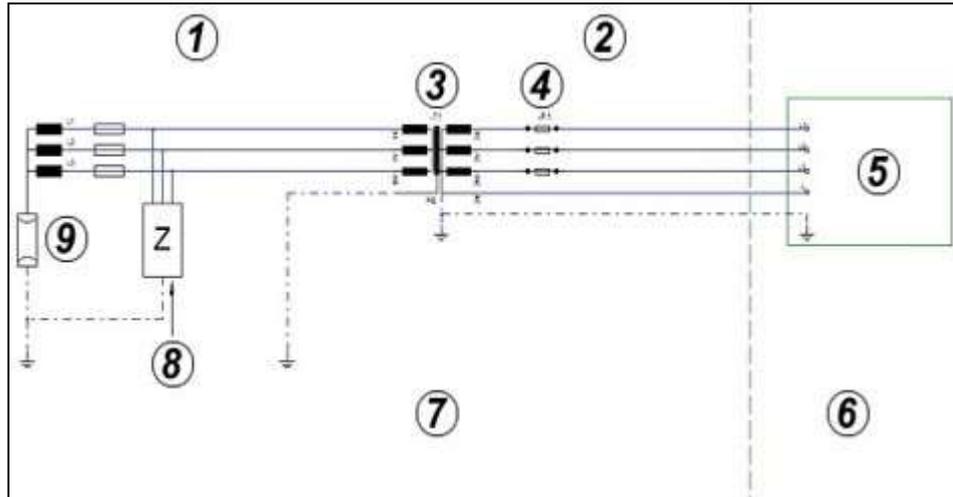


Figura 65. Circuito de conexión con transformador de aislamiento.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.6 Análisis del evento producido en planta de procesamiento de aves Corporación Rico SAC. con Software ETAP

Para evitar nuevos sucesos y fallas en la industria analizada, se procedió hacer un estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones con el sistema actual a fin de evitar futuros eventos que afecten a la planta de beneficio de aves Corporación Rico SAC. (Ver Anexo D)

4.1.5.7 Explicación de sistema de protección ante el retorno de corriente

Protección contra la reconexión automática de suministro. - En esta etapa se considera el circuito de mando lo que llamamos automantenimiento que evita la reconexión al momento de restablecer el suministro eléctrico.

Los motores que están expuestos a paradas inesperadas por corte de suministro eléctrico y que represente accidentes del personal, deberán tener un control de bloqueo de re-energización automática hasta su estado estacionario. El control del motor deberá dar tiempo a que el operador tome alguna medida para su re arranque y así evitar daños. Este

requerimiento no se usa para motores de emergencia o cuando la apertura del control no cause condiciones menos seguras (CNE-Suministro 2019, p69).

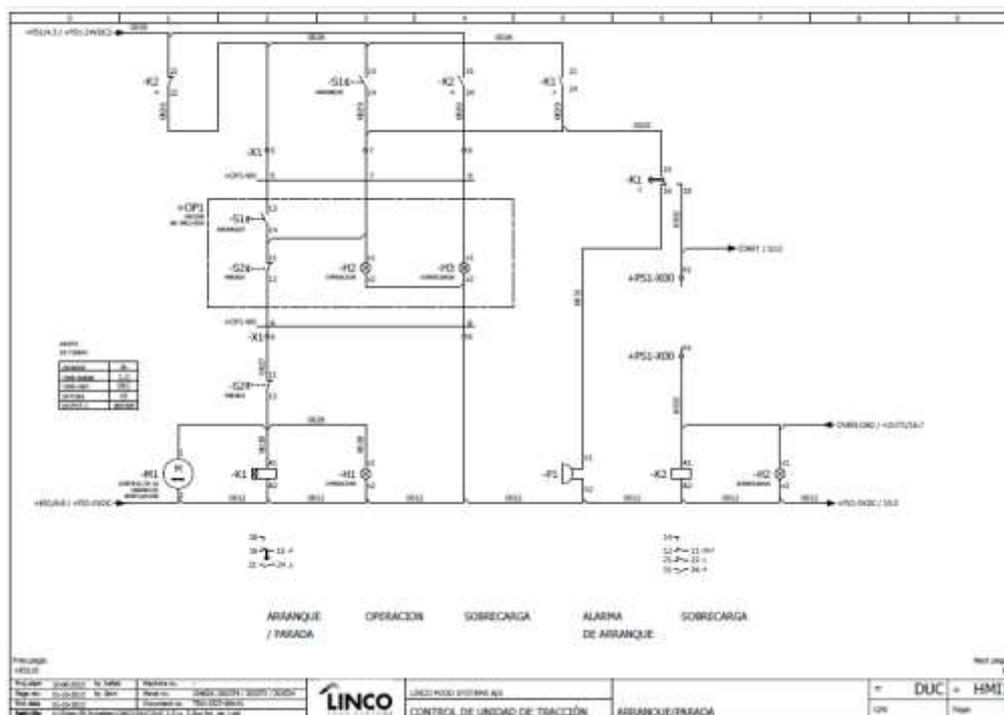


Figura 66. Circuito de control de unidad motriz.
Fuente: Elaboración propia.

Ante un retorno de corriente se tendrá en cuenta el diagrama eléctrico que para su interpretación es como sigue:

- 1) Los gabinetes eléctricos cuentan con pulsador de paro S2 y marcha S1.
- 2) Al pulsar la marcha se alertará por 5 segundos una alarma auditiva de prevención para luego dar paso a la activación de los variadores de velocidad.
- 3) Los arranques de motores de las unidades motrices están definidos con una aceleración de 2 segundos según parámetro (207) de configuración de los variadores danfoss para llegar a la velocidad establecida por un potenciómetro llegando a un máximo de 60 Hz.

Ante una falla ocurrida las protecciones de seguridad se activarán:

- 1) GV2-ME14.- (CIRCUIT BREAKER 6-10A.) protección contra sobre corriente y cortocircuito instalado por cada variador de velocidad.
- 2) El variador de velocidad (DANFOSS VLT 2822) está protegido por un termistor PTC coeficiente de temperatura positiva, que desactivara el variador por sobre

temperatura, además protege al motor de sobrecorriente I. máxima nominal parámetro 105.

Internamente el variador cuenta con las siguientes protecciones:

Error 4 Pérdida de fase de red (PÉRDIDA DE FASE DE RED).

Error 7 Sobretensión (SOBRET. DE ENLACE DE CC).

Error 8 Baja tensión (SUBT. DE ENLACE DE CC).

Error 10 Sobrecarga del motor (MOTOR, TIEMPO).

Error 11 Termistor del motor (TERMISTOR DEL MOTOR).

Error 12 Límite de intensidad (LIMITE DE INTENSIDAD).

Error 13 Sobre intensidad (SOBREINTENSIDAD).

Error 14 Fallo de conexión a tierra (FALLO DE CONEXIÓN A TIERRA).

Error 15 Fallo de modo de conmutación (FALLO DE MODO DE CONMUTACIÓN).

Error 16 Cortocircuito (CORTOCIRCUITO DE CORR.).

Error 35 Fallo en la carga de arranque (FALLO EN LA CARGA DE ARRANQUE).

Error 37-45 Fallo interno (FALLO INTERNO).

- 3) El motor tiene un termistor que protege al motor de sobre temperatura y está conectado al variador que activará la alarma 11

4.1.5.8 Consideraciones de las puestas a tierra para una selección óptima para el arranque de motores

Para una buena selección óptima de arranque de motores la puesta a tierra es muy importante en los variadores danfoos la corriente de fuga supera los 3.5 mA. Las conexiones deberán ser lo más cortas posibles

No instalar una buena toma a tierra puede causar lesiones graves incluso la muerte.

ALARMA 14: Fallo a tierra

“Hay una descarga de las fases de salida a tierra, ya sea en el cable que une el convertidor de frecuencia ajustable y el motor o en el propio motor. Apague el convertidor de frecuencia ajustable y solucione el fallo a tierra.

No conecte unidades de 400 V con filtros RFI a fuentes de alimentación con una tensión entre la fase y tierra de más de 300 V. Para redes de alimentación IT y tierra en triángulo, la tensión de red puede sobrepasar los 300 V entre fase y tierra. Las unidades

con el código R5 pueden conectarse a una fuente de alimentación de red con un máximo de 400 V entre fase y tierra” (DANFOSS, 2014, p.48).

4.1.5.9 Protección homopolar en la sala de motores

Protección homopolar en línea de media tensión. - La mayoría de empresas tienen actualmente sus redes en 10kv proyectadas a cambiarlas en 22.9kv, la diferencia está en que el sistema de 22.9 es una configuración en estrella en la que el neutro está conectado a tierra protegiendo el sistema contra fallas a tierra (protección homopolar). Pero un sistema en 10 kV. es un sistema en triángulo (Delta) por lo que no existiría un neutro aterrado, es por ello por lo que las empresas generadoras para proteger sus líneas exigen a todos los nuevos clientes las protecciones homopolares.

El suministro que es motivo de esta investigación cuenta con protección homopolar Marca Promelsa celda de llegada y protección 10Kv. 3F, 60Hz serie T02810201 OF281-02 con relay de protección de corriente IPR-A, y un Dispositivo de distribución de Rmu (Rmu. Breve introducción. La resina de epoxy adoptada dieléctrica sólida de la unidad principal del anillo como el aislamiento)

La sala de tableros de motores cuenta con protección homopolar.

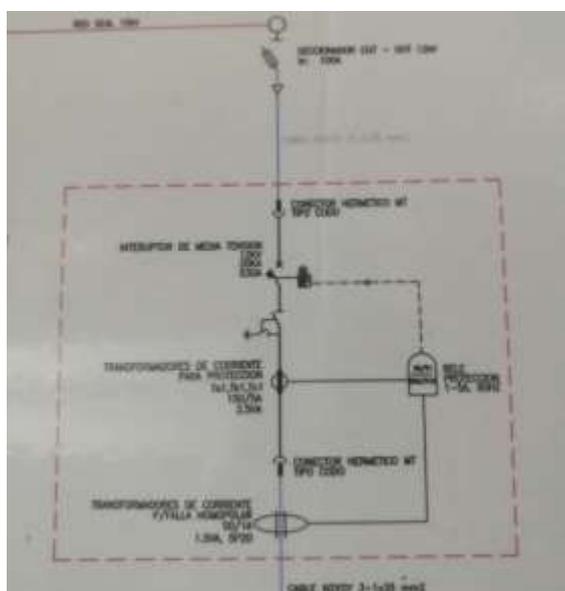


Figura 67. Diagrama de Circuito de protección homopolar.

Fuente: Elaboración propia.

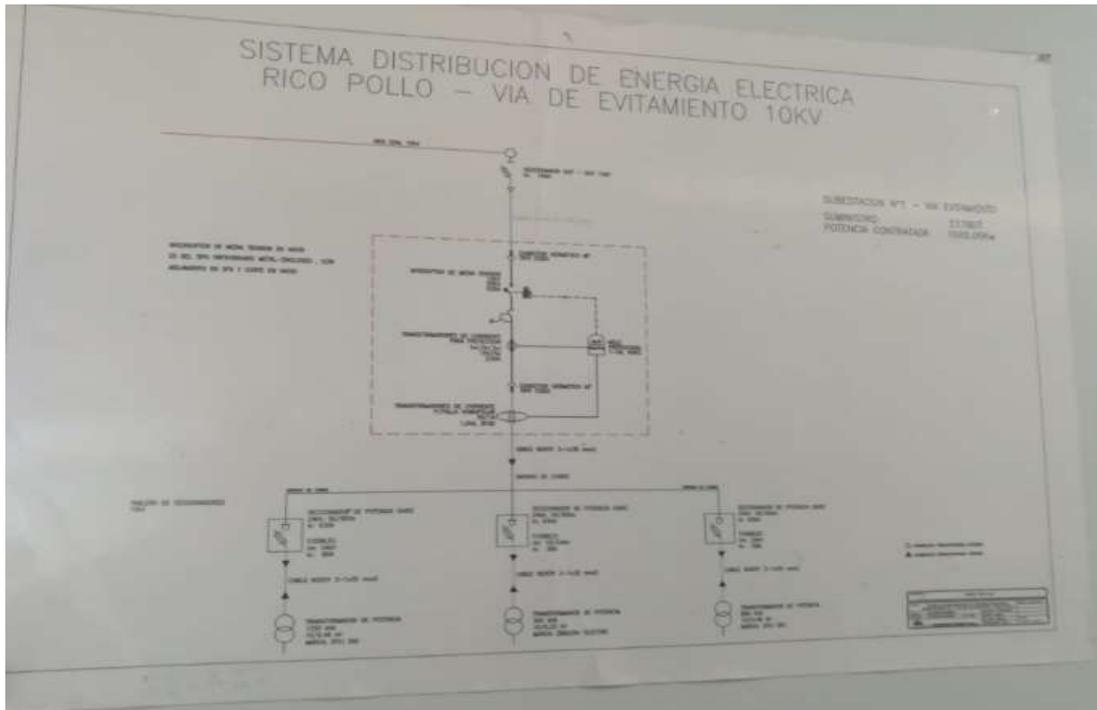


Figura 68. Circuito protección homopolar media tensión.
Fuente: Elaboración propia.

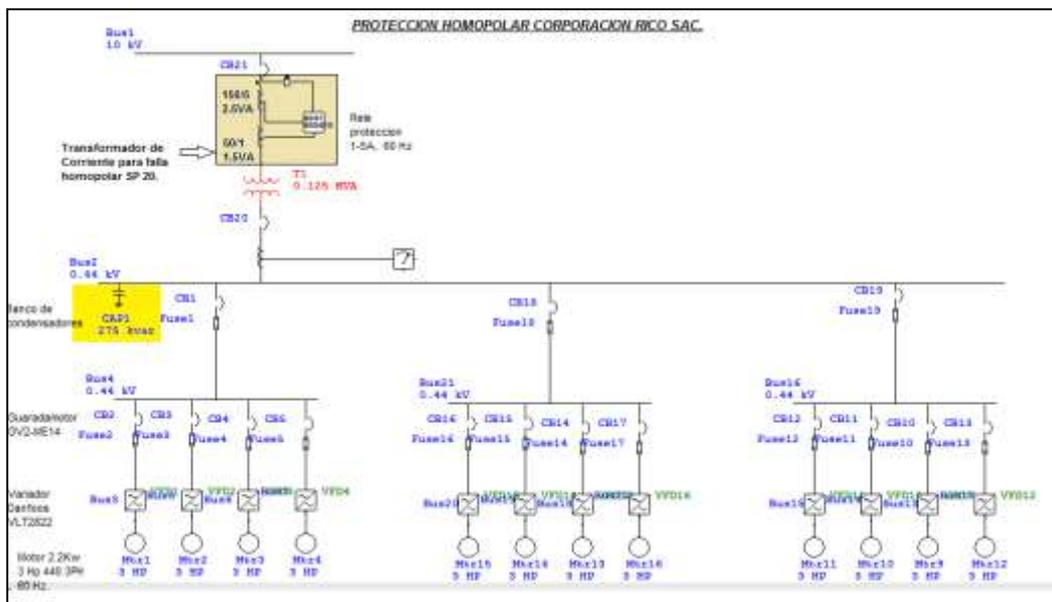


Figura 69. Circuito protección homopolar completa.
Fuente: Elaboración propia.

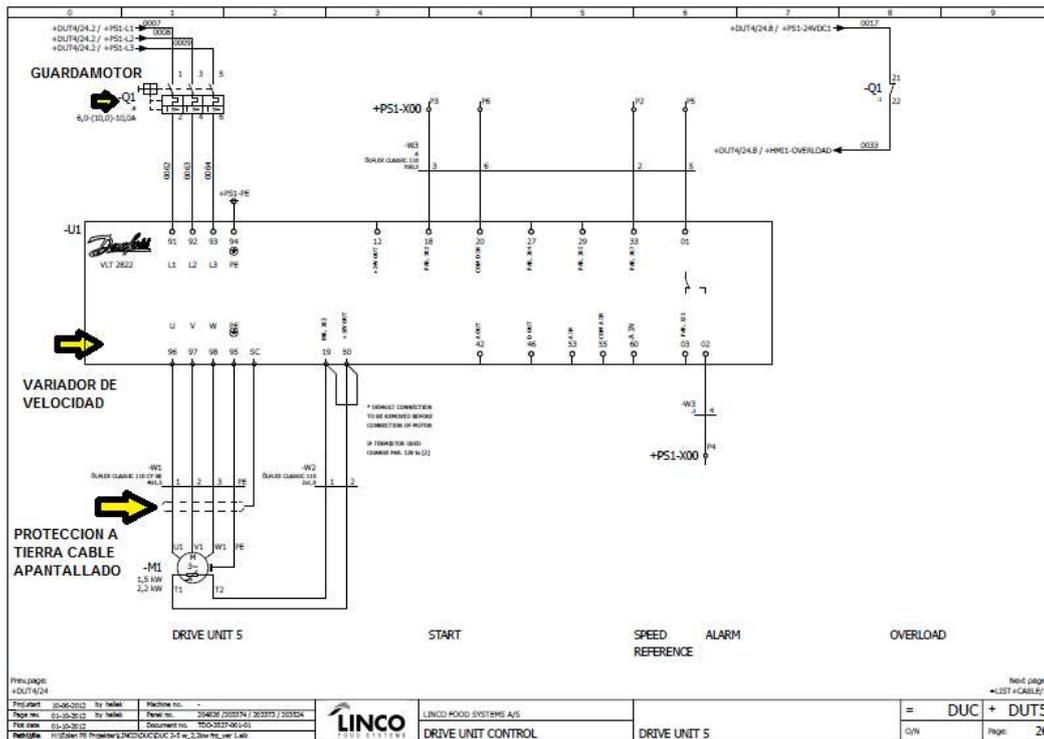


Figura 70. Circuito protección homopolar en motor.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.10 Cuadro de máxima demanda funcionalidad de cada motor con su factor de simultaneidad y de potencia

Tabla 20.

Cuadro de demanda máxima.

CUADRO DE DEMANDA MAXIMA DE MOTORES						
CUADRO DE DEMANDA MAXIMA DE TABLEROS DE CONTROL TG1, TG2 Y TG3						
Circuito	Puntos	C.U. (w/pto)	Pot. Inst. (w)	F.D.	F.S.	Máx. Dem. (w)
Unidad Motriz 1 sacrificio						
motoreductor 2.2 kw	4.00	2,200.00	8,800.00	0.85	0.75	5,610.00
Unidad Motriz 2 Visceracion						
motoreductor 2.2 kw	4.00	2,200.00	8,800.00	0.85	0.75	5,610.00
Unidad Motriz 3 Clasificadora						
motoreductor 2.2 kw	4.00	2,200.00	8,800.00	0.85	0.75	5,610.00
Control y mando	1.00	500.00	500.00	0.80	0.80	320.00
TOTAL		P.I. =	26,900.00	M.D. =	17,150.00	
CALCULO JUSTIFICATIVO DE SUB ALIMENTADOR TG 2						
Voltaje 3f (Volt) = 440		Factor de potencia = 0.80				
Voltaje 3f (Volt) = 380		Eficiencia = 0.85				
Voltaje 1f (Volt) = 220		Sistema = 3F				
I conductor (A) = 33.29		I diseño (A) = 41.61				
Conductor de Cobre (mm2) = 6.00		Tipo de Conductor = NPT				
Interruptor Termomagnético (A) = 3x50		I max (A) = 45				
Longitud del Conductor (m) = 16		Ø Ducto (mm) = 25				
Caída de Tensión (Volt) = 3.36		% Caída de Tensión = 0.76				

Fuente: Elaboración propia.

En este cuadro se encuentran los siguientes cálculos:

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} * U_1 * \cos\varphi * \epsilon}$$

Dónde:

I_c= Intensidad del conductor.

P= Potencia (MD).

U₁=Voltaje 3f.

€= Eficiencia.

$$\Delta u = \frac{\sqrt{3} * I_d * \rho * L}{S}$$

Dónde:

Δu=Caída de tensión.

I_d= Corriente de diseño.

ρ= Resistividad del conductor.

L=longitud del cable.

S=sección del cable en mm².

$$I_d = I_c * 1.25$$

Dónde:

I_d = Intensidad de diseño.

I_c = Intensidad del conductor.

1.25 = Nota 4: Para factores de potencia de 90% y 80%, los valores de la Tabla deben multiplicarse por 1,1 y 1,25 respectivamente CNE (utilización Pág. 69).

$$MD = P * FD * FS$$

Dónde:

MD = Máxima Demanda.

P = Potencia Instalada.

FD=Factor de demanda.

FS= Factor de simultaneidad.

Tabla 21.*Tabla de cálculo de sección nominal de conductores*

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

Fuente: <https://images.app.goo.gl/fkzyi5tvTmzMSvnZ6>

NPT

Usos

En aparatos o equipos sujetos a desplazamientos, arrollamientos o vibraciones y para todo tipo de instalaciones móviles; también se puede usar en embarcaciones navales. Servicio pesado NPT (STO).

Descripción

Dos, tres o cuatro conductores de cobre electrolítico recoocido, flexible, cableado en haz, aislados con PVC, conductores cableados, relleno de PVC y cubierta exterior común de PVC.

Características

Gran flexibilidad, terminación compacta, resistente a la abrasión y humedad. Retardante a la llama.

Marca

INDECO S.A. NPT 0.6/1 kV <Sección> <Año> <Medrado Secuencia>

Calibres

10 AWG – 500 MCM.

Embalaje

En rollos estándar de 100 metros hasta el 10 AWG. En carretes de madera del 8 AWG hasta 500 MCM.

Colores

Aislamiento: 2 conductores: blanco y negro.
 3 conductores: blanco, negro y rojo.
 4 conductores: blanco, negro, rojo y amarillo.

Cubierta Exterior: Negro



Norma(s) de Fabricación
 NTP-IEC 60502-1

Tensión de servicio
 0.6/1kV

Temperatura de operación
 70°C

Figura 71. Ficha técnica de cable NPT INDECO.
Fuente: <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000579.pdf>

TABLA DE DATOS TECNICOS NPT (STO) - SERVICIO PESADO

CALIBRE N° x AWG	N° HILOS	DIAMETRO HILO mm	DIAMETRO CONDUCTOR mm	ESPEORES		DIAMETRO EXTERIOR mm	PESO kg/km	AMPERAJE * A
				ASLAMIENTO mm	CUBIERTA mm			
2 x 8	154	0.255	3.88	1	1.8	17.1	452	40
2 x 6	259	0.251	4.96	1	1.8	19.3	624	55
3 x 8	154	0.255	3.88	1	1.8	18.1	543	35
3 x 6	259	0.251	4.96	1	1.8	20.4	754	45
3 x 4	161	0.402	6.26	1.2	1.8	24.1	1109	60
3 x 2	256	0.402	7.86	1.2	1.8	27.9	1608	80
3 x 1/0	1064	0.251	10.11	1.4	2	34.1	2456	100
3 x 2/0	1311	0.251	11.22	1.4	2.1	36.7	2930	116
4 x 10	98	0.255	2.90	1	1.8	17.3	462	21
4 x 8	154	0.255	3.88	1	1.8	19.6	657	30
4 x 6	259	0.251	4.96	1	1.8	22.2	923	40
4 x 4	161	0.402	6.26	1.2	1.8	26.8	1394	55
4 x 2	256	0.402	7.86	1.2	1.9	30.8	2010	75
4 x 1/0	1064	0.251	10.11	1.4	2.2	37.8	3094	90
4 x 2/0	1311	0.251	11.22	1.4	2.3	40.7	3696	102
4 x 3/0	1634	0.251	12.53	1.6	2.4	45.3	4587	116
4 x 4/0	2072	0.251	14.13	1.6	2.6	50.0	5678	137

(*) Temperatura ambiente: 30°C

e-mail / ventas@indec.com.pe / marketing@indec.com.pe / web / www.indec.com.pe Page 2 -
 Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos y dimensiones contenidos en la documentación técnica o comercial de INDECO, son puramente indicativos y no serán contractuales para INDECO, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de INDECO.

Figura 72. Ficha técnica de cable NPT INDECO.
Fuente: <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000579.pdf>

4.1.5.11 Implementación de banco de condensadores para corregir el factor de potencia en corporación Rico SAC.

A) Implementación de banco de condensadores

Introducción: La empresa Corporación Rico SAC. con sede en la localidad de Arequipa, ha solicitado presentar a bien la propuesta económica de tableros de banco de condensadores con regulador automático del factor de potencia.

Marco Teórico:

a) Factor de Potencia:

Definimos el factor de potencia como el cociente de la relación entre la potencia activa y la potencia aparente; eso es:

$$FP = \frac{P}{S}$$

Además, se suele entender al factor de potencia como un término que describe que cantidad de energía eléctrica se ha convertido en trabajo.

Lógicamente el valor ideal del FP es de 1, lo que indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo. Por otro lado, un factor menos a la unidad representa ciertas complicaciones.

Visto desde términos técnicos, existen 3 clases de potencias que intervienen en la determinación del factor de potencia:

- Potencia Activa: Es la que se aprovecha como trabajo.
- Potencia Reactiva: Requerida por los equipos inductivos, como motores y transformadores.
- Potencia Aparente: Suma geométrica de las potencias activa y reactiva.

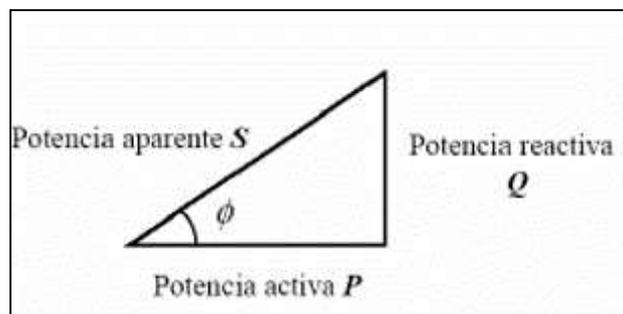


Figura 73. Triángulo de potencias.

Fuente: <https://images.app.goo.gl/cumjLfhD6o8xYGwQ9>

De donde observamos que el FP sería, además de la primera relación antes mencionada, el $\cos \varphi$. Este ángulo nos indica si las señales de voltaje y corriente se encuentran en fase.

Notamos entonces claramente, que el valor del ángulo φ depende del cateto Potencia reactiva.

b) Problemas por bajo factor de potencia

- Problemas técnicos:
 - Mayor consumo de corriente.
 - Aumento de las pérdidas en conductores.
 - Sobrecarga de transformadores, generadores y líneas de distribución.
 - Incremento de las caídas de voltaje.
- Problemas económicos:
 - Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de corriente.
 - Penalización de hasta un 120 % del costo de la facturación.

c) Beneficios por corregir el factor de potencia

- Beneficios en los equipos:
 - Disminución de las pérdidas en conductores.
 - Reducción de las caídas de tensión.
 - Incremento de la vida útil de las instalaciones.
 - Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores de potencia, líneas y generadores.
- Beneficios económicos:
 - Reducción de los costos por facturación eléctrica.
 - Eliminación del cargo por bajo factor de potencia (Consumo de energía reactiva).

d) Compensación del factor de potencia

- Bancos de Condensadores

Son equipos que se instalan en los sistemas eléctricos de baja, media y alta tensión, ya que son de utilidad para corregir el factor de potencia y así evitar las penalizaciones que la empresa suministradora impone, mejorar el perfil de voltaje, principalmente durante condiciones de arranque de motores o conexión de cargas de gran magnitud.

La instalación e implementación de los bancos de capacitores supone numerosas ventajas al emplearse en los sistemas industriales:

- Mejora en el factor de potencia de la instalación.
- Evitar la penalización que las compañías suministradoras puedan imponer.
- Mejora en la calidad de la tensión.
- El suministro eléctrico podrá soportar cargas adicionales lo cual es un beneficio para compañías en expansión.
- La mejora del factor de potencia contribuye a la optimización del tiempo de vida de todas las instalaciones y aparatos eléctricos
- Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores de potencia, líneas y generadores.

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

- De acuerdo con los datos recopilados, se tiene consumo de energía reactiva y un promedio de carga de un 66% en los transformadores.
- Para tener disponibilidad de potencia en los transformadores se tiene que instalar bancos de condensadores, donde estos deberán de ser diseñados con posibilidad de aumentar la potencia reactiva.

RETORNO DE INVERSIÓN.

De acuerdo con lo revisado en los números de contrato N° 21XXXX, perteneciente a la subestación que proporciona energía a la planta de Corporación Rico SAC. con sede en la ciudad de Arequipa.

FACTURA N° DE CONTRATO 21XXXX

DETALLE DEL CONSUMO						
DESCRIPCION		Energía Activa (kwh)		Maxima demanda (KW)		Energía
		Hora Punta	Fuera Punta	Hora Punta	Fuera Punta	Reactiva (KVARh)
Lectura Anterior	26/02/2014	206.5299	906.7448			826.7644
Lectura Actual	31/03/2014	242.2472	1065.4987	0.3754	0.4032	968.4718
Diferencia		35.7173	158.7539			141.7074
Factor de Medicion		2000.0000	2000.0000	2000.0000	2000.0000	2000.0000
Consumo		71434.6000	317507.6000	750.8000	806.4000	283414.8000

DETALLE DE LA FACTURACION			
DESCRIPCION	Facturado	Tarifa (S/.)	Importe (S/.)
POTENCIA POR DISTRIBUIDORA	806.00 KW	10.3500	8.362.00
POTENCIA POR GENERADORA	806.40 KW	36.7800	29.852.00
ENERGIA HORA PUNTA	71434.60 KWH	0.1595	11.393.82
ENERGIA HORA FUERA PUNTA	317507.60 KWH	0.1395	44.392.31
ENERGIA REACTIVA	196732.06 KVARh	0.0361	6.019.03

Figura 74. Facturación de costo de energía reactiva.
Fuente: Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A. SEAL

Tabla 22.

Costo de tablero de banco de condensadores.

Tabla de costos de tableros de compensación de energía reactiva

PROPUESTA	POTENCIA DE BANCO DE CONDENSADORES	TRANSFORMADOR	SUBTOTAL S/.	IGV 18% S/.	TOTAL S/.
ING-20150142B RPOLLO	275 KVAR	1.25 MVA 10/0.44kV	23253.82	4185.69	27439.51
TOTAL				S/. 27439.51	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la realización de la propuesta y para la evaluación de costos se está considerando como costos totales:

- Costo de energía reactiva (contrato N° 21XXX): S/. 6,019.03 + IGV.

Por lo tanto, el costo total a pagar por el contrato es: S/. 6019.03 + IGV.

Para ver el tiempo de recuperación de la inversión realizará será:

$$Tr = \frac{CT}{CFR}$$

Tr: Tiempo de recuperación de inversión.

CT: Costo de tableros de banco de condensadores sin IGV.

CFR: Costo de facturación Total de energía reactiva.

$$Tr = \frac{27439.51}{6019.03}$$

$$Tr = 4.55$$

Por lo tanto, el tiempo de recuperación de la inversión es de 5 meses.

P= 1250 kva= 1000 KW.

Q=1000 * tan ((acos 0.97)) =250.62 KVAR.



Figura 75. Banco de condensadores automático.
Fuente: Elaboración propia.

 	PROTOCOLO INSPECCIÓN DE TABLEROS ELECTRICOS	AMN-2015-04 Versión: 06 Marzo: 2015 Aprobación: 2015																																																																																								
1. DATOS Nro: FTAB-0F900062																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">CLIENTE: RICO POLLO SAC.</td> </tr> <tr> <td>TABLERO: BANCO DE CONDENSADORES TD-B3 275KVAR (6 PASOS)</td> <td>TOPOLOGIA: 440V, 3Ø, 60Hz</td> </tr> <tr> <td>Nº SERIE: 20150062</td> <td>FECHA: 30/05/2015</td> </tr> </table>			CLIENTE: RICO POLLO SAC.		TABLERO: BANCO DE CONDENSADORES TD-B3 275KVAR (6 PASOS)	TOPOLOGIA: 440V, 3Ø, 60Hz	Nº SERIE: 20150062	FECHA: 30/05/2015																																																																																		
CLIENTE: RICO POLLO SAC.																																																																																										
TABLERO: BANCO DE CONDENSADORES TD-B3 275KVAR (6 PASOS)	TOPOLOGIA: 440V, 3Ø, 60Hz																																																																																									
Nº SERIE: 20150062	FECHA: 30/05/2015																																																																																									
2. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">2.1 TABLERO ELECTRICO</td> </tr> <tr> <td>MARCA: SCHNEIDER ELECTRIC</td> <td>MODELO: AUTOSOPORTADO</td> </tr> <tr> <td>DIMENSIONES: 1000*800*600 mm</td> <td>Alt*Anch*Profundidad (mm)</td> </tr> <tr> <td>NORMATIVA: ENE</td> <td>GRADO DE PROTECCIÓN: IP66</td> </tr> <tr> <td colspan="2">PINTURA Y COLOR: RESINA EPOXI-POLESTER TEXTURIZADO, RAL 7062</td> </tr> <tr> <td colspan="2">OBSERVACIONES: CONFORME</td> </tr> </table>			2.1 TABLERO ELECTRICO		MARCA: SCHNEIDER ELECTRIC	MODELO: AUTOSOPORTADO	DIMENSIONES: 1000*800*600 mm	Alt*Anch*Profundidad (mm)	NORMATIVA: ENE	GRADO DE PROTECCIÓN: IP66	PINTURA Y COLOR: RESINA EPOXI-POLESTER TEXTURIZADO, RAL 7062		OBSERVACIONES: CONFORME																																																																													
2.1 TABLERO ELECTRICO																																																																																										
MARCA: SCHNEIDER ELECTRIC	MODELO: AUTOSOPORTADO																																																																																									
DIMENSIONES: 1000*800*600 mm	Alt*Anch*Profundidad (mm)																																																																																									
NORMATIVA: ENE	GRADO DE PROTECCIÓN: IP66																																																																																									
PINTURA Y COLOR: RESINA EPOXI-POLESTER TEXTURIZADO, RAL 7062																																																																																										
OBSERVACIONES: CONFORME																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="7">2.2 EQUIPAMIENTO</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">PASO</th> <th rowspan="2">INTERRUPTOR MODELO</th> <th colspan="2">INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO</th> <th colspan="2">CONDENSADORES</th> <th rowspan="2">CONTACTOR DE PASO (KVAR)</th> </tr> <tr> <th>CORRIENTE NOMINAL (A)</th> <th>PODER DE SUPTURA (KA)</th> <th>UNID.</th> <th>POTENCIA (KVAR)</th> </tr> <tr> <td>INT. GENERAL</td> <td>NEXA60N</td> <td>630</td> <td>42</td> <td>---</td> <td>275</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>PASO 1</td> <td>EKC100N100</td> <td>50</td> <td>10</td> <td>1</td> <td>1X25</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>PASO 2</td> <td>EKC100N100</td> <td>100</td> <td>10</td> <td>2</td> <td>1X25</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>PASO 3</td> <td>EKC100N100</td> <td>100</td> <td>10</td> <td>2</td> <td>1X25</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>PASO 4</td> <td>EKC100N100</td> <td>100</td> <td>10</td> <td>2</td> <td>1X25</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>PASO 5</td> <td>EKC100N100</td> <td>100</td> <td>10</td> <td>2</td> <td>1X25</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>PASO 6</td> <td>EKC100N100</td> <td>100</td> <td>10</td> <td>2</td> <td>1X25</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>PASO 7</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td colspan="2">CONTROLADOR:</td> <td colspan="5">REGULADOR DE ENERGIA REACTIVA VARLOGS NRC1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">RESULTADO:</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">CONFORME</td> </tr> </table>			2.2 EQUIPAMIENTO							PASO	INTERRUPTOR MODELO	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO		CONDENSADORES		CONTACTOR DE PASO (KVAR)	CORRIENTE NOMINAL (A)	PODER DE SUPTURA (KA)	UNID.	POTENCIA (KVAR)	INT. GENERAL	NEXA60N	630	42	---	275	---	PASO 1	EKC100N100	50	10	1	1X25	25	PASO 2	EKC100N100	100	10	2	1X25	40	PASO 3	EKC100N100	100	10	2	1X25	40	PASO 4	EKC100N100	100	10	2	1X25	40	PASO 5	EKC100N100	100	10	2	1X25	40	PASO 6	EKC100N100	100	10	2	1X25	40	PASO 7	---	---	---	---	---	---	CONTROLADOR:		REGULADOR DE ENERGIA REACTIVA VARLOGS NRC1					RESULTADO:		CONFORME				
2.2 EQUIPAMIENTO																																																																																										
PASO	INTERRUPTOR MODELO	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO		CONDENSADORES		CONTACTOR DE PASO (KVAR)																																																																																				
		CORRIENTE NOMINAL (A)	PODER DE SUPTURA (KA)	UNID.	POTENCIA (KVAR)																																																																																					
INT. GENERAL	NEXA60N	630	42	---	275	---																																																																																				
PASO 1	EKC100N100	50	10	1	1X25	25																																																																																				
PASO 2	EKC100N100	100	10	2	1X25	40																																																																																				
PASO 3	EKC100N100	100	10	2	1X25	40																																																																																				
PASO 4	EKC100N100	100	10	2	1X25	40																																																																																				
PASO 5	EKC100N100	100	10	2	1X25	40																																																																																				
PASO 6	EKC100N100	100	10	2	1X25	40																																																																																				
PASO 7	---	---	---	---	---	---																																																																																				
CONTROLADOR:		REGULADOR DE ENERGIA REACTIVA VARLOGS NRC1																																																																																								
RESULTADO:		CONFORME																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4">2.3 EMBARRAMIENTO DE COBRE</th> </tr> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>ESPESOR</th> <th>ANCHO</th> <th>CAPACIDAD DE CORRIENTE</th> </tr> <tr> <td>BARRAS PRINCIPALES</td> <td>10mm</td> <td>40mm</td> <td>750A</td> </tr> <tr> <td>BARRAS A INT. ALIMENTADORES</td> <td>2mm</td> <td>12mm</td> <td>150A</td> </tr> <tr> <td>BARRA TIERRA</td> <td>2mm</td> <td>20mm</td> <td>600A</td> </tr> <tr> <td>RESULTADO:</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">CONFORME</td> </tr> </table>			2.3 EMBARRAMIENTO DE COBRE				DESCRIPCIÓN	ESPESOR	ANCHO	CAPACIDAD DE CORRIENTE	BARRAS PRINCIPALES	10mm	40mm	750A	BARRAS A INT. ALIMENTADORES	2mm	12mm	150A	BARRA TIERRA	2mm	20mm	600A	RESULTADO:	CONFORME																																																																		
2.3 EMBARRAMIENTO DE COBRE																																																																																										
DESCRIPCIÓN	ESPESOR	ANCHO	CAPACIDAD DE CORRIENTE																																																																																							
BARRAS PRINCIPALES	10mm	40mm	750A																																																																																							
BARRAS A INT. ALIMENTADORES	2mm	12mm	150A																																																																																							
BARRA TIERRA	2mm	20mm	600A																																																																																							
RESULTADO:	CONFORME																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">2.4 CONTROL DE AJUSTE DE TORQUE</th> </tr> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>TORQUE MINIMO (Nm)</th> <th>TORQUE DE AJUSTE (Nm)</th> </tr> <tr> <td>SISTEMAS DE BARRAS - PERIÓ M3</td> <td>8</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>SISTEMAS DE BARRAS - PERIÓ M5</td> <td>20</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>SISTEMAS DE BARRAS - PERIÓ M10</td> <td>30</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS TIPO RIEL DIN</td> <td>2,5</td> <td>3,5</td> </tr> <tr> <td>INTERRUPTOR GENERAL</td> <td>20</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS E2C</td> <td>15</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">TORQUIMETRO DE GOLPE - TRUPER</td> </tr> <tr> <td>RESULTADO:</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CONFORME</td> </tr> </table>			2.4 CONTROL DE AJUSTE DE TORQUE			DESCRIPCIÓN	TORQUE MINIMO (Nm)	TORQUE DE AJUSTE (Nm)	SISTEMAS DE BARRAS - PERIÓ M3	8	10	SISTEMAS DE BARRAS - PERIÓ M5	20	25	SISTEMAS DE BARRAS - PERIÓ M10	30	35	INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS TIPO RIEL DIN	2,5	3,5	INTERRUPTOR GENERAL	20	25	INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS E2C	15	20	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:	TORQUIMETRO DE GOLPE - TRUPER		RESULTADO:	CONFORME																																																											
2.4 CONTROL DE AJUSTE DE TORQUE																																																																																										
DESCRIPCIÓN	TORQUE MINIMO (Nm)	TORQUE DE AJUSTE (Nm)																																																																																								
SISTEMAS DE BARRAS - PERIÓ M3	8	10																																																																																								
SISTEMAS DE BARRAS - PERIÓ M5	20	25																																																																																								
SISTEMAS DE BARRAS - PERIÓ M10	30	35																																																																																								
INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS TIPO RIEL DIN	2,5	3,5																																																																																								
INTERRUPTOR GENERAL	20	25																																																																																								
INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS E2C	15	20																																																																																								
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:	TORQUIMETRO DE GOLPE - TRUPER																																																																																									
RESULTADO:	CONFORME																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4">2.5 PRUEBAS DE AISLAMIENTO</th> </tr> <tr> <td>TENSION DE PRUEBA</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">500 VDC</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">MEDICIÓN ENTRE FASES</td> <td>S-S</td> <td>S-T</td> <td>S-T</td> </tr> <tr> <td>550 MΩ</td> <td>550 MΩ</td> <td>550 MΩ</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">MEDICIÓN ENTRE FASES Y TIERRA</td> <td>S-TIERRA</td> <td>T-TIERRA</td> <td>T-TIERRA</td> </tr> <tr> <td>550 MΩ</td> <td>550 MΩ</td> <td>550 MΩ</td> </tr> <tr> <td>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">MEGOMETRO FLUKE - 1506</td> </tr> <tr> <td>RESULTADO:</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">CONFORME</td> </tr> </table>			2.5 PRUEBAS DE AISLAMIENTO				TENSION DE PRUEBA	500 VDC			MEDICIÓN ENTRE FASES	S-S	S-T	S-T	550 MΩ	550 MΩ	550 MΩ	MEDICIÓN ENTRE FASES Y TIERRA	S-TIERRA	T-TIERRA	T-TIERRA	550 MΩ	550 MΩ	550 MΩ	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:	MEGOMETRO FLUKE - 1506			RESULTADO:	CONFORME																																																												
2.5 PRUEBAS DE AISLAMIENTO																																																																																										
TENSION DE PRUEBA	500 VDC																																																																																									
MEDICIÓN ENTRE FASES	S-S	S-T	S-T																																																																																							
	550 MΩ	550 MΩ	550 MΩ																																																																																							
MEDICIÓN ENTRE FASES Y TIERRA	S-TIERRA	T-TIERRA	T-TIERRA																																																																																							
	550 MΩ	550 MΩ	550 MΩ																																																																																							
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:	MEGOMETRO FLUKE - 1506																																																																																									
RESULTADO:	CONFORME																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">2.6 PRUEBAS DE TENSION REQUERIDA</th> </tr> <tr> <td>TENSION DE FUERZA</td> <td>TENSION NOMINAL</td> <td>TENSION DE PRUEBA</td> </tr> <tr> <td>220V_{ac}</td> <td>440V_{ac}</td> <td>445V_{ac}</td> </tr> <tr> <td>TENSION DE CONTROL</td> <td>220V_{ac}</td> <td>225V_{ac}</td> </tr> <tr> <td>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">MULTIMETRO FLUKE - 976 TRUE RMS</td> </tr> <tr> <td>RESULTADO:</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CONFORME</td> </tr> </table>			2.6 PRUEBAS DE TENSION REQUERIDA			TENSION DE FUERZA	TENSION NOMINAL	TENSION DE PRUEBA	220V _{ac}	440V _{ac}	445V _{ac}	TENSION DE CONTROL	220V _{ac}	225V _{ac}	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:	MULTIMETRO FLUKE - 976 TRUE RMS		RESULTADO:	CONFORME																																																																							
2.6 PRUEBAS DE TENSION REQUERIDA																																																																																										
TENSION DE FUERZA	TENSION NOMINAL	TENSION DE PRUEBA																																																																																								
220V _{ac}	440V _{ac}	445V _{ac}																																																																																								
TENSION DE CONTROL	220V _{ac}	225V _{ac}																																																																																								
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:	MULTIMETRO FLUKE - 976 TRUE RMS																																																																																									
RESULTADO:	CONFORME																																																																																									

Figura 76. Protocolo de Banco de condensadores automático.
Fuente: Elaboración propia.

		PROTOCOLO INSPECCIÓN DE TABLEROS ELECTRICOS	AMI-2015-04 Versión: 04 Revisión: 2015 Aprobación: 2015
2.7 OBSERVACIONES GENERALES			
<ul style="list-style-type: none">- El Banco de Condensadores tiene un <u>pequeño</u> defecto para poder suministrar condensadores.- El transformador de corriente es de 1200 S.A.- Todo el equipamiento es en la Marca SCHNEIDER ELECTRIC.			
2.8 VALIDACION			
 EICH PAOLO ENRIQUEZ F. INSPECCION		 CARLOS ALBERTO MATTA CHINGUEL INGENIERO ELECTRICISTA Reg. CIP N° 164082 AFROBACION	

Figura 77. Protocolo de Banco de condensadores automático.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.12 Ferroresonancia en la empresa Corporación Rico SAC.

Si, existe ferroresonancia en la planta evidencia que se queman las resistencias de los capacitores de los bancos de condensadores fijos.

La ferro-resonancia existe cuando X_c y X_L en serie, conformado por los cables de media tensión y el transformador, se caracteriza por sobre voltajes e irregulares formas de onda.

Efectos de la ferroresonancia

- Altos voltajes de picos
- Excesivo ruido más de audible
- Formas de onda irregulares

4.1.5.13 Plano de ubicación de la empresa Corporación Rico SAC.



Figura 78. Ubicación de Corporación Rico SAC.

Fuente: Elaboración Propia.

https://earth.google.com/web/search/Rico+Pollo+Evitamiento,+Via+de+Evitamiento,+Cerro+Colorado/@-16.3932318,-71.5836099,2329.83523221a,1008.65123836d,35y,0h,45t,0r/data=CqUBGnsSdQoIMHg5MTQyMzU4ZTE4ZjlxZjlxOjB4MjEzYmFhNGZiN2YxNDEzYRIJv9jWqmQwwCHMh1bdWeVRwCo6UmljbyBQb2xsbyBFdml0YW1pZW50bywgVmlhIGRIIEV2aXRhbWllbnRvLjB4ZDZlZjYyBDb2xvcmFkbXgCIAEiJgokCUhm3BLSrEJAEYB6_7LmqkJAGUAsavYKzV3AieL8XBOtz13AKAI

4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para la prueba de hipótesis se realizó la prueba de Anova de un solo factor para cuatro muestras independientes utilizando el software Minitab.

Prueba Anova es un análisis de varianzas, se utiliza a una base de datos para comparar las medias entre las muestras.

La prueba de tukey, agrupa las medias en diferentes familias y compara entre sí, con el fin de identificar si una de ellas difiere entre las otras, solo se debe usar cuando todos los tratamientos tienen la misma cantidad de repeticiones y el interés es relacionar cada una de las medias.

- Errores alfa (tipo 1). Se da cuando hay un falso positivo quiere decir se rechaza una hipótesis nula asegurando diferencia de medias, pero no es así.
- Error beta (tipo 2). Se da cuando hay un falso negativo Se aprueba la hipótesis nula pero realmente si existe una diferencia entre las medias.

Planteamiento de la hipótesis:

Hipótesis alterna (H_1): Un arranque suave de motores eléctricos asíncronos optimiza los costos según su uso en la industria.

Hipótesis nula (H_0): Un arranque suave de motores eléctricos asíncronos no optimiza los costos según su uso en la industria.

ANOVA: Coeficiente vs. Alternativas, características

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna No todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Alternativas	Fijo	4	1, 2, 3, 4
Características	Fijo	7	A, B, C, D, E, F, G

Análisis de varianza de Coeficiente

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Alternativas	3	0.01048	0.003493	2.12	0.133
Características	6	0.01349	0.002248	1.37	0.281
Error	18	0.02963	0.001646		
Total	27	0.05360			

- Excel para alternativas = (5%GL alternativa GL error).

Se rechaza la H_0 si: $F_c \geq F_{\alpha, gln, gld} = 2.12 \geq 3.1599$.

B	C	D	E
3.15990759			
2.661304523			

- Excel para características= 5%GL características GL error).

Se rechaza la H_0 si : $F_c \geq F_{\alpha, gln, gld} = 1.37 \geq 2.6613$.

B	C	D	E
3.15990759			
2.661304523			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0.0405706	44.72%	17.08%

Tabla 23.

Tabla de características y alternativas.

Variable de bloqueo	Alternativas			
	1	2	3	4
Características				
A	0.0000	0.0008	0.016	0.024
B	0.016	0.032	0.000	0.048
C	0.0000	0.057	0.171	0.057
D	0.016	0.000	0.032	0.048
E	0.040	0.000	0.079	0.119
F	0.000	0.048	0.143	0.000
G	0.024	0.016	0.008	0.000

Fuente: Elaboración Propia.

Información del factor: Con 4 alternativas es decir cuatro niveles.

Análisis de la varianza de un factor (Anova): Compara la hipótesis nula que son iguales frente a la hipótesis alterna por lo menos una es diferente frente a las demás.

Grados de libertad: Número total de observaciones menos 1 (N-1).

Valor f: Determina si la variabilidad de las medias de los grupos es mayor que las observaciones dentro de los grupos. Si el cociente es alto se concluye que no todas las medias son iguales.

Valor p: Es la probabilidad que mide la evidencia en contra la hipótesis nula.

R2 cuadrado: Porcentaje de variación en la respuesta que se explica por el modelo

R2 cuadrado ajustado: Porcentaje de variación en la respuesta que se explica por el modelo ajustado para el número de predictores en el modelo relativo al número de observaciones. R 2 ajustado se calcula como 1 menos la relación del cuadrado medio del error (MSE) con el cuadrado medio total (CM Total).

La media desviación estándar. Medida de dispersión indica que tan dispersos están los datos con respecto a la media.

Cuadros ICC simultáneo. Comparación de parejas de las diferentes medias.

Explicación de las alternativas con la media máxima.

Tabla 24.

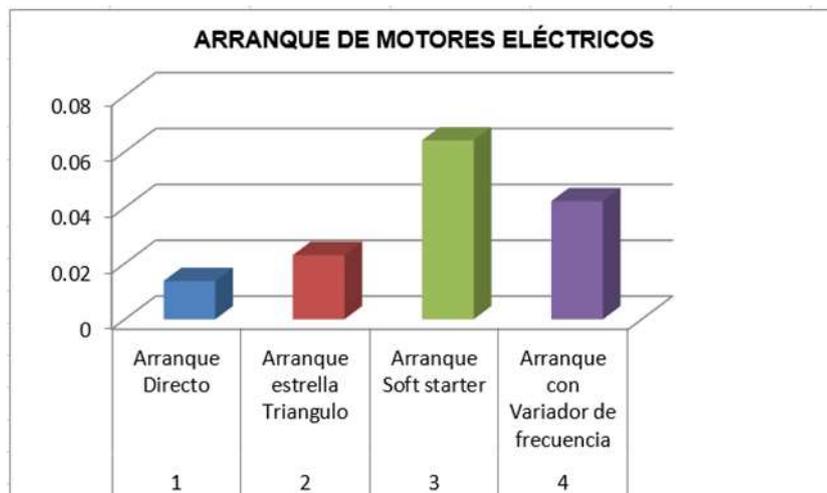
Tabla conclusiones de alternativas con media máxima.

Alternativa	Descripción	Conclusión
1	Arranque Directo	Según la gráfica de intervalos de coeficientes vs alternativas al 95% IC para la media se obtiene 0.01371.
2	Arranque estrella Triángulo	Según la gráfica de intervalos de coeficientes vs alternativas al 95% IC para la media se obtiene 0.02300.
3	Arranque Soft starter	Según la gráfica de intervalos de coeficientes vs alternativas al 95% IC para la media se obtiene 0.0641 concluyendo que es media máxima afirmando la hipótesis de la tesis.
4	Arranque con Variador de frecuencia	Según la gráfica de intervalos de coeficientes vs alternativas al 95% IC para la media se obtiene 0.0423.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25.

Cuadro de la media máxima de arranque de motores



Fuente: Elaboración propia

ANOVA de un solo factor: Coeficiente vs. Alternativas.

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales.

Hipótesis alterna No todas las medias son iguales.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Alternativas	4	1, 2, 3, 4

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Alternativas	3	0.01048	0.003493	1.94	0.149
Error	24	0.04312	0.001797		
Total	27	0.05360			

- Excel para características= 5%GL características GL error)

Se rechaza la Ho si: $F_c \geq F_a$, $g_{ln}, g_{ld} = 1.94 \geq 3.00878657$

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0423860	19.55%	9.50%	0.00%

Medias

Alternativas	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	7	0.01371	0.01512	(-0.01935, 0.04678)
2	7	0.02300	0.02307	(-0.01006, 0.05606)
3	7	0.0641	0.0689	(0.0311, 0.0972)
4	7	0.0423	0.0410	(0.0092, 0.0754)

Desv.Est. agrupada = 0.0423860

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Alternativas	N	Media	Agrupación
3	7	0.0641	A
4	7	0.0423	A
2	7	0.02300	A
1	7	0.01371	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

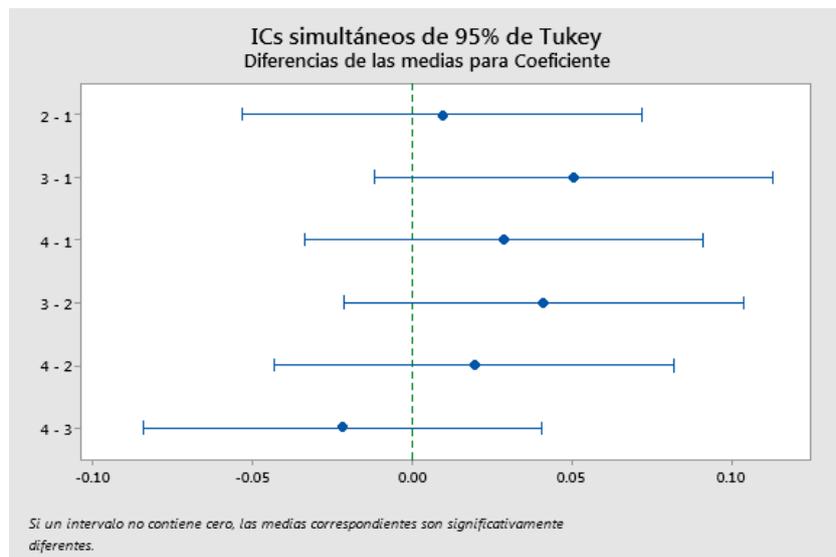


Figura 79. Diferencias de medias para coeficiente.
Fuente: Elaboración propia.

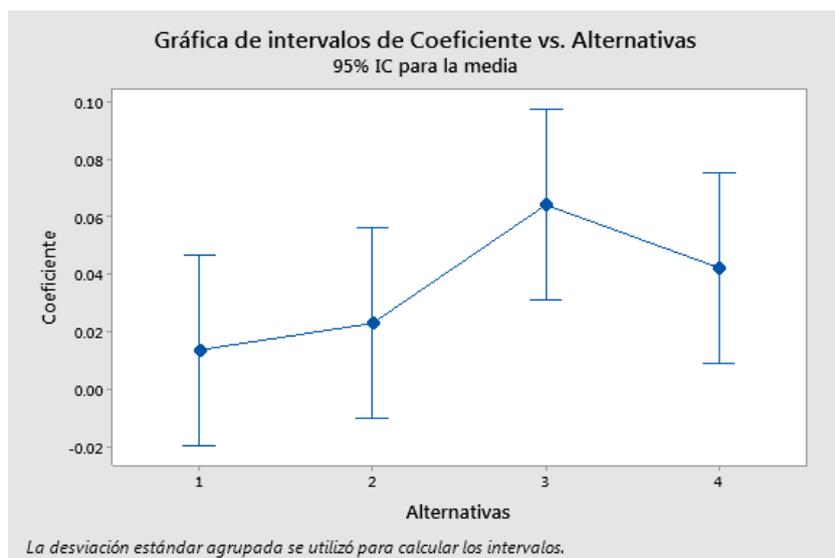


Figura 80. Grafica de intervalos de coeficientes vs. Alternativas.
Fuente: Elaboración propia.

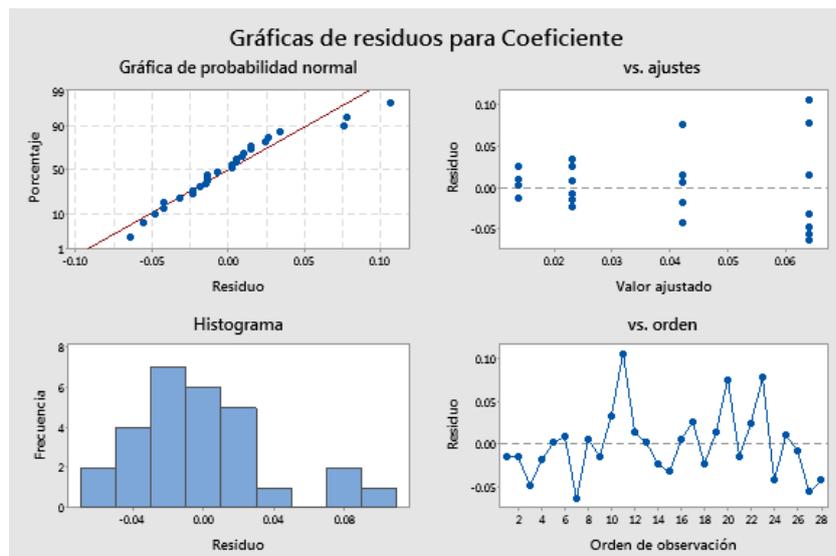


Figura 81. Gráfica de residuos para coeficiente. Fuente propia.
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica de normalidad se cumple cuando los puntos están cerca de la línea

4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Después de los resultados encontrados, aceptamos la hipótesis que establece que un arranque suave de motores eléctricos asíncronos optimiza los costos según su uso en la industria.

Esta tesis se elabora con datos de campo, las limitaciones que se tiene son de no poder determinar efectos en mayores capacidades por ser de alto riesgo; los resultados se pueden aplicar en otros campos porque el tema es amplio para su estudio, los resultados tienen relación con lo que afirman:

Zapana (2020), quien señala que de acuerdo con el análisis de arranque directo vs arranque electrónico de un motor de inducción trifásico de 1.5 Hp marca Weg 220VAC conexión delta se obtiene en base a 15 lecturas un ahorro de energía en el arranque de 65.24%.

Barriga y Zambrano (2011), realiza la aportación de la electrónica de potencia y variadores de motores, donde mejora los arranques de motores de inducción usando dos configuraciones de circuitos tiristores conectados en anti paralelo y además un inversor trifásico con la finalidad de reducir la corriente de arranque e incrementando su torque, contribuyendo en el conocimiento académico para motores de inducción de jaula de ardilla, demostrando las mejoras de ahorro de energía eléctrica, evitando las perturbaciones

ocasionadas por dichos arranques, como también desgastes mecánicos, alineación y fricción.

La evidencia obtenida en la planta de beneficio de aves Corporación Rico SAC. fue suficiente para determinar el resultado.

Se plantea una nueva hipótesis observando los resultados: "El sistema de puesta a tierra conexión TN-S es la más recomendable y segura para los arranques electrónicos"

4.3.1 Recomendaciones

4.3.1.1 Criterios para la selección de un motor asíncrono trifásico

La razón principal para la selección de un motor trifásico en la industria es la selección óptima sin que presente problemas en su puesta en marcha, debemos tener en cuenta los siguientes criterios:

- Tipo de Conexión y sistema con el que cuenta la empresa o suministro. - Es muy importante saber el tipo de conexión de la sub estación ya sea TT, TN, IT y el sistema que puede ser monofásico o trifásico. Según el CNE (Suministro) Anexo A-3, Tipos de esquemas de puesta a tierra Pág. 32.
- Voltaje de las instalaciones para control y mando. - El voltaje determina el tipo de conexión interna de los motores, también el voltaje de control pudiéndose usar transformadores o fuentes de alimentación que bajen la tensión a 220, 110, 24 VAC o DC según su aplicación
- Frecuencia de suministro eléctrico. - Es importante determinar la frecuencia para un buen cálculo ya que determina la velocidad máxima del motor según placa.
- Carga que moverá el motor. - El dimensionamiento de la carga del motor se determina generalmente por la potencia sin sobredimensionar controlando la temperatura de trabajo.
- Tipo de arranque de motor. - Los diferentes tipos de arranque de motor poseen una disminución de torque de arranque que afecta la potencia del motor en su arranque.
- Velocidad de trabajo de motor. -La velocidad depende su aplicación para lo cual está fabricado ya sea:
 - 2 polos= 3600RPM.
 - 4 polos= 1800RPM.
 - 6 polos= 1200 RPM.
 - 8 polos= 900 RPM.

Considerar que se puede controlar con variadores de velocidad.

- Ambiente de trabajo del motor. - Considerar que los motores están fabricados para una altura no mayor a 1000 msnm. esto afecta su rendimiento, además la temperatura del ambiente y su ventilación.

4.3.1.2 Protección y control de seguridad para motores eléctricos.

- Protección contra la reconexión automática de suministro. En esta etapa se considera el circuito de mando lo que llamamos automantenimiento que evita la reconexión al momento de restablecer el suministro eléctrico.
Los motores que están expuestos a paradas inesperadas por corte de suministro eléctrico y que represente accidentes del personal, deberán tener un control de bloqueo de reenergización automática hasta su estado estacionario. El control del motor deberá dar tiempo a que el operador tome alguna medida para su re arranque y así evitar daños. Este requerimiento no se usa para motores de emergencia o cuando la apertura del control no cause condiciones menos seguras (CNE-Suministro 2019, p.68).
- Protección por pérdida de fase. Dispositivo de control constante que corta el suministro una vez que falte una fase ya sea por corto circuito abriendo el fusible, caso contrario el motor se quemará con dos fases.
- Protección por sobre corriente. Las sobre corrientes pueden ser producidas por fallas mecánicas del motor estado de rodaje, pérdida de aislamiento, para este caso se colocan relés térmicos que cortaran el paso de la corriente en el devanado protegiendo el motor.
- Protección por inversión de fase. Esta protección determina la rotación del motor pudiendo ocasionar graves lesiones en el personal y la máquina, para esta protección se colocan relés de protección de fase
- Protección de los desbalances de voltaje. El desbalance de voltaje ocurre en sistemas de conexión trifásica en estrella más neutro, cuando sus cargas están desbalanceadas ocurre la variación de tensión, el motor se quemará por recalentamiento para esto se coloca relés de desbalance trifásico

4.3.1.3 Criterios de selección de controles y protecciones para motores eléctricos

- Verificar tipo de corriente, tensión de alimentación y la frecuencia: Antes de conectar el motor se tiene que verificar estas características.

- Potencia Nominal de carga. - la potencia debe estar calculada para la carga que va a mover tomando en cuenta los factores que hagan que pierda su capacidad.
- Régimen de Arranque, condiciones de servicio. - El valor elevado de los arranques de motor produce recalentamiento. Si el intervalo de tiempo es corto, la temperatura de los bobinados aumentará ocasionando daños y reduciendo la vida útil del motor. La Norma IEC 34-12 establece un régimen de arranque mínimo de motores donde deben ser capaces de soportar:
 - Dos arranques sucesivos, el primero con el motor frío, a temperatura ambiente, el segundo después pero cuando logre desacelerar en reposo.
 - Un arranque con motor caliente con las bobinas a temperatura de trabajo
- Tipo de circuito. Se considera la coordinación de potencia y el diseño del control.
- Categoría de empleo: De acuerdo al par en la relación a la velocidad y corriente de arranque los motores de inducción trifásicos de jaula de ardilla, son clasificados en categorías de acuerdo a su carga (IEC 34-12).
 - Categoría N: par de arranque normal, corriente de arranque normal deslizamiento bajo. Motores comerciales normales en el mercado, Bombas, máquinas industriales, ventiladores.
 - Categoría H: Par de arranque Alto, corriente de arranque normal, bajo deslizamiento Ejemplo: Zarandas, cargadores, transportadores, molinos.
 - Categoría D: par de arranque alto, corriente de arranque normal, deslizamiento alto más de 5% usados donde la carga presenta variaciones (picos). Aplicados en prensas excéntricas grúas, guinches.

CONCLUSIONES

- Se determina la influencia del arranque directo, arranque estrella triángulo, soft starter, variador de frecuencia de un motor eléctrico asíncrono en la optimización de costos según su uso en la industria.
- Se elige la metodología adecuada para el arranque de un motor eléctrico optimizando sus costos según su uso en la industria.
- Se identifica las características técnicas necesarias para el arranque de motores eléctricos asíncronos que optimicen costos según su uso en la industria.
- Para optimizar el costo en función de la energía, se recomienda arranque tipo soft starter y variador de velocidad porque hay un ahorro de energía, tal como se confirmó en el análisis técnico económico
 - En el análisis de energía anual, se concluye que hay un ahorro con respecto al arranque directo, tal como se describe a continuación: Directo vs estrella triángulo=3.1%; Directo vs Soft Starter = 9.1%; Directo Vs Variador =15.9%.
 - En el análisis de retorno de la inversión se concluye: el retorno de la inversión de arranque con variador de velocidad respecto al arranque directo es aproximadamente 1.79 años.
 - El retorno de la inversión de arranque con soft starter respecto al arranque directo es aproximadamente 1.26 años.
- El arranque directo. Se concluye que es usado generalmente para motores de jaula de ardilla donde se requiera un alto par de arranque como, por ejemplo: ventiladores de tiro forzado en calderas. De acuerdo con las simulaciones en el Software DigSilent se concluye que la corriente de arranque directo es 8 veces la nominal de placa. Es más perjudicial y no es óptimo.
- El arranque estrella triángulo. Se concluye que este arranque tiene la ventaja que reduce la intensidad de arranque a la tercera parte de la absorbería en comparación con un arranque directo, esta reducción también se da en el torque, es usado generalmente en los compresores de aire comprimido, dándole un arranque suave. De las simulaciones en el software etap se observa el consumo de corriente es de 340% por un segundo y luego 400% por 4 segundos sumando un total de 5 segundos de disparo, teniendo en cuenta que el 100% será 33 Amperios. Fig. 46 por lo tanto no es una selección óptima.

- Arranque con soft starter. Se concluye que según su aplicación este dispositivo electrónico permite controlar el arranque y la parada de motores de inducción cuidando el acoplamiento mecánico y disminuyendo el consumo de energía eléctrica es aplicado en los compresores de tornillo en Refrigeración por Amoniaco. De acuerdo a las simulaciones realizadas en el DigSilent se observa que el consumo es en forma ascendente y gradual desde un inicio de 20 amperios en tiempo cero segundos, llegando a un pico de 130 amperios en 1,4 segundos y así bajar a su nominal promedio de 30 amperios en 1.6 segundos Fig. 57. Se concluye que en costos de equipo es el mejor, es una elección óptima de estos 4 tipos de arranque
- Arranque con variador de velocidad. Se concluye que es un arranque suave de motores eléctricos asíncronos que optimiza los costos según su uso en la industria, es usado casi similar a un partido o Soft Starter, con la diferencia que se puede controlar la velocidad mediante la frecuencia controlando la rampa de aceleración o partida, también la desaceleración o parada, se puede controlar por diferentes medios como un potenciómetro, miliamperios, voltaje, o también selección de lógica binaria. Un ejemplo de su aplicación se usa en la elaboración de pasta para la industria alimentaria pudiendo seleccionar las siguientes velocidades:
 - velocidad 1= 22.6Hz (665rpm).
 - velocidad 2= 37 Hz (1099 rpm).
 - velocidad 3= 88.4Hz (2632 rpm).
 - velocidad 4= 93,2Hz (2777rpm).
 - velocidad 5= 98.1Hz (2922 rpm).
 - velocidad 6= 107.7Hz (3210 rpm).
- De acuerdo a las simulaciones realizadas en el software etap, se observa que la corriente en el motor es de 120% en tiempo cero y bajando a 80% en tiempo 0.8 segundos, para luego subir hasta 125% en tiempo 7 segundos y bajar a su nominal de 100% en 7.5 segundos; cabe aclarar que este parámetro es regulable y se controla con el parámetro de aceleración del motor en el variador de velocidad Fig. 46. Se concluye que es una elección óptima de arranque de motor eléctrico trifásico asíncrono en la industria, por el ahorro de energía eléctrica, prestaciones en el control de velocidad en todo momento, evita picos de corriente, durabilidad en los acoplamientos y partes mecánicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGLAS, Z. Manual Autoformativo: Seminario de tesis II. Huancayo: Universidad Continental, 2017. ISBN electrónico N.º 978-612-4196.
- AUTOMATISMO INDUSTRIAL. "Arranque mediante resistencias estatóricas. 2019, [fecha de consulta: 28 de Julio del 2019]. Disponible en: <https://automatismoindustrial.com/d-automatizacion/1-6-logica-cableada/arranque-mediante-resistencias-estatoricas/?msg=fail&shared=email>.
- BARRIGA, C. y ZAMBRANO, J. Arranque de un motor de inducción usando control difuso. *Tecnura*, 2011, 15(30), 32-43. e-ISSN: 2248-7638
- BOSE, B. Power Electronics and Motion Control-Technology status and recent trends. *IEEE Transactions on Industry Applications*. 1993, 29(5), 265-273. ISSN: 2250-3676.
- CALCINA, A. Optimización del Funcionamiento de un motor de Inducción para el Ahorro de energía eléctrica en el Laboratorio UNCP. Tesis(Magister en Tecnología Energética), Huancayo, 2016, 145 pp.
- CUELLAR, A. y GUEVARA, F. Análisis Técnico-Económico del ahorro de energía en motores de inducción mediante la aplicación de variadores de frecuencia. . Santiago de Cali: Universidad Autónoma de occidente, Colombia, 2010. 55. Pp. [fecha de acceso: 23 agosto 2020]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/1237/3/TID00375.pdf>
- CHAPMAN, S. Máquinas Eléctricas. 5ta edición, editorial Mc Graw-Hill Interamericana, S.A. 2000, 521 pp, ISBN: 978-607-15-0724-2.
- EATON ELECTRIC. Arranque y Control De Motores Trifásicos Asíncronos", [en línea], [fecha de consulta: 28 de Julio del 2019], disponible en: <http://www.moeller.es/descarga.php?file=soporte/12/IT-EE09.pdf>
- ENRÍQUEZ, G. Control de motores eléctricos. Editorial Limusa 2010, 316 pp, ISBN 9789681855659.
- ESSS SIMULATING THE FUTURE. Optimización en Ingeniería. 2016, [fecha de acceso:21 de agosto 2020]. Disponible en: <https://www.esss.co/es/blog/optimizacion-en-ingenieria/> .
- FRAILE, J. Estudio del comportamiento de la máquina asíncrona utilizando MATLAB®/Simulink .. 1, 2007, Vol. 2. ISSN 1932-8540 © IEEE.
- FRAILE, J. Máquinas eléctricas. 6ta edición, Mc Graw-Hill Interamericana de España, 2008, 834 pp, ISBN: 978-84-481-6112-5.

- GARCIA, A., ZAPATA, M., ESTRADA, J., y GARCÍA, J. Sobretensiones en Arrancadores con Autotransformador Causadas por la Desconexión del Interruptor Principal en el Arranque de los Motores. La Serena, Chile: s.n., 2018, Vol. 29. ISSN 0718-0764.
- GIL, J., GÓMEZ, P. y NÚÑEZ, JOSÉ. Aplicación de sistemas embebidos en el arranque de un motor eléctrico de corriente alterna. Tesis(Título de Ingeniero Electricista). Lima: Universidad Nacional del Callao, 2018, 97 pp. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/2840>
- HERNÁNDEZ, S., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, L. Metodología la ingeniería Industrial. 4ta Edición. México: Editorial McGraw-hill, 2006. ISBN: 970-10-5753-8.
- HILKAR. Autotransformadores para arranque de motores. 2021. [fecha de consulta: 28 de junio del 2021], disponible en: <http://www.hilkar.com/es/autotransformadoresdearranque.html>
- JIMENEZ, N., MACAS, B. y RAMIREZ, F. Diseño y construcción de un banco de pruebas para arranque suave de motores asíncronos trifásicos con un sistema de adquisición de datos” Tesis: (Ingeniero Electromecánico) . Loja: Universidad Nacional de Loja, 2010, 259 pp. Disponible en: <http://192.188.49.17/jspui/handle/123456789/16962>
- LOBOSCO, O. Selección y aplicación de motores eléctricos. Barcelona: Marcombo, 1989. pág. 372. Vol. 1.
- LLACZA, H. Informe Final: Efectos de los armónicos en los motores eléctricos al controlar su velocidad. Lima: Universidad Nacional del Callao, 2013, 66 pp. Disponible en: http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/1946/Llacza_Informefinal_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Guía de Orientación para la selección de tarifa Eléctrica para usuarios en media tensión. 2011, 40 pp. Disponible en: <http://www.minem.gob.pe/archivos/prepublicacion-zmz7973zz4.PDF>
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. R. M. N.º 162-2001-EM/SG. Resolución Ministerial que Establece el Proyecto del Código Nacional de Electricidad-Utilización. Prepublicado en la página Web del Ministerio de Energía y Minas, Lima, Perú, 17 de enero de 2006.
- PAREDES, B. Optimización en ingeniería. Brasil: Universidad Federal de santa Catarina, 2016. [fecha de acceso: 21 agosto 2020]. Disponible en: <https://www.esss.co/es/blog/optimizacion-en-ingenieria/>.
- SEDANO MONTES, P.M; GÓMEZ. (2016). “Diseño de un sistema de arranque electrónico para la puesta en marcha de motores síncronos” [En línea]. Tesis (Título de

Ingeniero Electrónico). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2016, 89 pp.
Disponible en:
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7577?show=full>

STEBBINS, W. Are you certain you understand the economics for applying ASD systems to centrifugal loads?. Greenville, USA, 1994. [fecha de acceso: 23 agosto 2020].
Disponible en:
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=320725&isnumber=7694>

TORRES, F. Guía para la elaboración del plan de tesis. Taller de tesis. Arequipa: Universidad Continental, 2019.

VALDIVIA, M. y VALDIVIA, L. Selección del sistema de barras. Revista Electrotécnica. 1975, 57. EAP Asociación electrotécnica Peruana [en línea], [fecha de consulta: 28 de Noviembre del 2020], disponible en: <http://www.aep-peru.org/category/publicaciones/#>.

ZAPANA, L. Diseño e implementación de un módulo didáctico para el arranque electrónico de motores eléctricos de inducción por controlador lógico programable (PLC). Tesis (Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2020, p.125. [fecha de acceso: 12 febrero 2020].
Disponible en: [HYPERLINK
http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/9885](http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/9885)

ANEXOS.

ANEXO A.- MATRIZ DE CONSISTENCIA GENERAL.

ELECCIÓN ÓPTIMA DE ARRANQUE DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS ASÍNCRONOS SEGÚN SU USO EN LA INDUSTRIA

Tabla 26.

MATRIZ DE CONSISTENCIA GENERAL.

Planteamiento del problema	Marco teórico	Metodología
Problema general	Antecedentes	Método de la investigación
¿Cuál es el tipo de arranque de motores eléctricos asíncronos que optimiza costos según su uso en la industria?	NACIONAL:	Método Experimental.
Problemas específicos	Zapana (2020). Diseño e implementación de un módulo didáctico para el arranque electrónico de motores eléctricos de inducción por controlador lógico programable (PLC). Tesis de pregrado. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú. Realiza la implementación, el diseño y posteriormente el análisis de un módulo didáctico para un arranque electrónico de motores eléctricos de inducción por un controlador lógico programable (PLC) cuya hipótesis presenta que el módulo de arranque de motores de inducción de jaula de ardilla nos permite conocer la programación y su configuración en los variadores de velocidad y los Controladores lógicos programables llegando a obtener que el módulo didáctico cumple con sus características de diseño y evaluación practica para el arranque de motores de inducción de jaula de ardilla por (PLC).Además se implementaron guías de prácticas para procedimientos de operación obteniendo registro de datos para análisis de parámetros eléctricos y físicos contribuyendo a los laboratorios de las escuelas profesionales.	Tipo de investigación
¿Cómo influye el arranque directo, estrella triángulo, soft starter, variador de velocidad de un motor eléctrico asíncrono en la optimización de costos según su uso en la industria?	De acuerdo al análisis de arranque directo vs arranque electrónico de un motor de inducción trifásico de 1.5 hp marca weg 220VAC conexión delta se obtiene en base a 15 lecturas un ahorro de energía en el arranque de 65.24% Pág. 93.	Aplicada
		Nivel de la investigación
		Nivel explicativo.
		Diseño de la investigación
		Diseño de investigación experimental, de un solo caso con post prueba.
		Su esquema es el siguiente: GE: X O1
		Donde: GE: Grupo experimental no aleatorio (Arranque directo, estrella triángulo, soft starter y variador de velocidad). X: Tratamiento experimental. O1: Medición 01 (costo de Arranque)
		Variables
		VARIABLE INDEPENDIENTE
		Técnicas – Económicas (Características) <ul style="list-style-type: none"> • Tensión del motor vs tiempo (%kv) • Velocidad del motor vs tiempo (%)

Planteamiento del problema	Marco teórico	Metodología
	<p>Perú. El objetivo es diseñar un sistema embebido para arranque de un motor de corriente alterna asíncrono, usando una programación lógica que usan los electricistas a nivel de circuitos de control, obteniendo con la utilización de sistemas embebidos donde será posible diseñar e implementar el arranque de un motor eléctrico obteniendo un diseño de sistema embebido para motores de corriente alterna, mediante lógicas de programación que maneja los electricistas, el arranque estrella triángulo es de fácil manejo desde un sistema embebido minimiza cables tiene una tasa interna de retorno TIR de 18.1% comparado con el convencional de 13.2% además el proyecto cumple con la investigación y propósito para un arranque YD se usa el compilador PCW en el cual se escribe el programa para ser convertido a formato hexadecimal legible por el micro controlador PIC 16F877A con un programa Proteus y lenguaje de programación C.</p> <p>Sedano. (2016) "Diseño de un sistema de arranque electrónico para la puesta en marcha de motores síncronos" Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. El objetivo principal es diseñar un arranque automático de un motor síncrono usando micro controladores además de controlar la corriente de excitación ante las variaciones de la carga su hipótesis está dada en la capacidad de controlar la eficiencia del motor en base a su carga. Se ha alcanzado el objetivo general con el diseño y simulación de un arranque automatizado para motores síncronos usando micro controladores y también la regulación de corriente en la bobina de excitación por variación de carga.</p> <p>INTERNACIONAL: BARRIGA. C. y ZAMBRANO, J. Arranque de un motor de inducción usando control difuso. Tecnura [en línea]. 2011. Vol. 15. No. 30. ISSN 0123-921X. El artículo presenta la lógica difusa para la electrónica de potencia y drivers de motores donde mejora el arranque de un motor de inducción usando dos configuraciones de circuitos: series de tiristores conectados en anti-paralelo y además un inversor trifásico con la finalidad de reducir la corriente de arranque e incrementando su torque. Este artículo ha contribuido con el enriquecimiento académico enfocado al control de motores de inducción de jaula de ardilla y demostrando las mejoras de ahorro de energía eléctrica evitando las perturbaciones ocasionadas por dichos arranques y evitando desgaste por acoplamientos mecánicos, alineación y fricción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Corriente en el motor (%<i>I</i>_{fla}), 100%=33a. vs tiempo • Deslizamiento vs tiempo (%) • Potencia activa (kw) vs tiempo • Torque del motor (%) vs tiempo • Costo <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • KV= Kilovoltios • % porcentaje de velocidad • Amperios • % porcentaje de deslizamiento • Kw =Kilowatts • % porcentaje de torque • Soles
Objetivo general		VARIABLE DEPENDIENTE
Determinar el tipo de arranque de motores eléctricos asíncronos que optimiza costos según su uso en la industria.		<p style="text-align: center;">Elección óptima (Alternativas)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Arranque Directo 2. Arranque Estrella triángulo 3. Arranque con Soft starter 4. Arranque con Variador de velocidad <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coeficientes de performance • Coeficiente de importancia relativa.
Objetivo específico		POBLACIÓN
Determinar la influencia del arranque directo, arranque estrella triángulo, soft		<p>Tipos de Arranque de motores trifásicos</p> <p>Muestra</p> <p>Muestreo no probabilístico de tipo Muestreo por conveniencia</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Arranque directo.

Planteamiento del problema	Marco teórico	Metodología
<p>starter, variador de frecuencia de un motor eléctrico asíncrono en la optimización de costos según su uso en la industria.</p> <p>Elegir la metodología adecuada para el arranque de un motor eléctrico optimizando sus costos según su uso en la industria</p> <p>Identificar las características técnicas necesarias para el arranque de motores eléctricos asíncronos que optimicen costos según su uso en la industria</p>	<p>L FRAYLE, J. Estudio del comportamiento de la máquina asíncrona utilizando MATLAB®/Simulink. IEEE-RITA. 2007. Vol. 2. No. 1. ISSN 1932-8540 © IEEE. El uso de simuladores adecuados (Software) es fundamental para el desarrollo de las herramientas didácticas. Los programas son diseñados para simular y ver el comportamiento de los parámetros asignados donde nos permita mejorar aspectos teóricos y simulaciones en laboratorio este artículo está dividido en tres apartados: teoría, laboratorio y resolución de problemas. En conclusión, se obtiene resultados favorables donde se pueden modificar parámetros significativos en tiempo real logrando simulaciones y conclusiones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Arranque estrella triángulo. ○ Arranque soft starter ○ Arranque variador de velocidad.
Hipótesis general	<p>GARCÍA, M. et al. Sobretensiones en Arranadores con Autotransformador Causadas por la Desconexión del Interruptor Principal en el Arranque de los Motores. Inf. tecnol. [en línea]. 2018 vol. 29. No. 3. ISSN 0718-0764. Las fallas ocasionadas por sobretensiones ocasionadas por re encendidos de los motores eléctricos trifásicos por apertura del interruptor del neutro son factores que se deben tener en cuenta para una conexión segura. [7]. Hugo Florencio (2013). Los variadores de velocidad y los motores tienen una importancia en la industria, la electrónica de potencia lo convierte en cargas alineales dentro los sistemas de potencia, contaminando la red de armónicos aumentando la posibilidad de resonancia, debido al banco de condensadores para corregir el factor de potencia los armónicos producen baja calidad de suministro de energía eléctrica.</p>	Técnicas e instrumentos de medición
Un arranque suave de motores eléctricos asíncronos optimiza los costos según su uso en la industria	<p>MACAS, B. y RAMIREZ, F (2010). Diseño y construcción de un banco de pruebas para arranque suave de motores asíncronos trifásicos con un sistema de adquisición de datos. Trabajo de titulación AEIRNRR:1042. Universidad Nacional de Loja, Ecuador, 2010. Se propone usar equipos que nos permita el análisis estudio y funcionamiento en los motores asíncronos trifásicos apoyados en sistemas de adquisición de datos para controlar la aceleración y el control de torque.</p>	<p>La observación de la simulación es cuasi- experimental, ya que el resultado no puede ser controlado y solo se observa las curvas de rendimiento dependiendo sus variables se realiza el registro de los resultados para una mejor elección.</p> <p>La comparación de alternativas y características para obtener Coeficientes de performance y coeficiente de importancia relativa</p>
Hipótesis específica	Técnicas e instrumentos de medición	Técnicas de procesamiento
El arranque directo, estrella triángulo, soft starter, variador de frecuencia de	Teoría básica	<ul style="list-style-type: none"> • Técnica La observación cuantitativa
	Motor eléctrico. Tensión.	<ul style="list-style-type: none"> • Instrumentos . Se utiliza los Software de simulación Etap, donde se realizará arranques Directo, estrella triángulo, y variador de velocidad. También se utiliza el software Disiglent donde se realizará arranques directo, arranque soft starter y estrella triángulo. Cálculos en Excel, para determinar costos. alternativas y características para obtener coeficientes de performance y coeficiente de importancia relativa.

Planteamiento del problema	Marco teórico	Metodología
<p>motores eléctricos asíncronos optimiza los costos según su uso en la industria.</p> <p>La metodología de características técnicas, características de instalación y retorno de inversión optimizan la elección del arranque de un motor eléctrico según su uso en la industria.</p> <p>Simulando el arranque de motores se identifica las características técnicas necesarias para el arranque de motores eléctricos asíncronos que optimicen costos según su uso en la industria.</p>	<p>Software Etap. Software Digsilent. Frecuencia. Par Motor. Corriente eléctrica. RPM.</p> <p>Definición conceptual</p> <p>Motor eléctrico. -Máquina eléctrica rotativa compuesta por rotor y estator, convierte la energía eléctrica en energía mecánica a través de sus campos magnéticos.</p> <p>Arranque electrónico de motores. - método simple para control de motores controlando la aceleración, desaceleración del arranque y la parada, con el uso de dispositivos electrónicos de potencia.</p> <p>Software Etap.- Compañía de Ingeniería analítica especializada en análisis, simulación, control monitoreo optimización de sistemas de energía eléctrica.</p> <p>Software Digsilent.- Compañía consultora especializada en sistemas eléctricos de potencia para generación, transmisión, distribución y plantas industriales. Desarrolla el análisis de potencia y de aplicaciones también un sistema de supervisión de funcionamiento.</p> <p>Par Motor. – Es la fuerza que ejerce el campo magnético de un motor sobre su eje o rotor para vencer gradualmente el movimiento hasta alcanzar el valor máximo con el que fue fabricado, también llamado Torque.</p> <p>Corriente Eléctrica. – Flujo de electrones que circula por un conductor Unidad de medida es el amperio (A) instrumento de medida el amperímetro.</p> <p>Frecuencia. - Pulso de onda sinusoidal que comprende ciclo positivo y negativo en un periodo de tiempo. Unidad de medida el Hertz, que equivale a 1 ciclo por segundo, en el Perú tenemos 60Hertz.</p> <p>RPM. -abreviatura revoluciones por minuto, que significa ciclos desarrollados en un minuto (60 segundos).</p>	<p>En el anexo D se realiza la simulación con el software Etap. del evento ocurrido en planta “Corporación Rico SAC”. como Memoria de cálculo eléctrico análisis de corto circuito y coordinación de protección.</p> <p>Técnicas de análisis de datos</p> <p>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO.</p> <p>La técnica básica es la Observación, permite registrar datos cuantitativos dentro de esta técnica la de no participante donde el investigador no se involucra en la actividad.</p>

Planteamiento del problema	Marco teórico	Metodología

Fuente: Elaboración propia.

VARIABLES/DIMENSIONES/INDICADORES/INSTRUMENTOS

Tabla 27.

Variables/dimensiones/indicadores/instrumentos.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Uso de los motores (Independiente)	Tensión del motor	KV= Kilovoltios	Software Etap/digSilent
	Velocidad del motor	% porcentaje de velocidad	Software Etap/digSilent
	Corriente en el motor	Amperios	Software Etap/digSilent
	Deslizamiento	% porcentaje de deslizamiento	Software Etap/digSilent
	Potencia Activa	Kw=Kilowatts	Software Etap/digSilent
	Torque del motor	% porcentaje de torque	Software Etap/digSilent
	Costos de Consumo de energía eléctrica, inversión.	soles	Hojas de cálculo en Excel.
Tipo de Arranque <i>1. Arranque Directo</i> <i>2. Arranque Estrella triángulo</i> <i>3. Arranque con Soft starter</i> <i>4. Arranque con Variador de velocidad</i>	Comparación de alternativas y características	- Coeficientes de performance - Coeficiente de importancia relativa.	Hojas de cálculo en Excel.

ANEXO B.- OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 28.

Operacionalización de las variables.

Variables	Tipos de variables	Definición conceptual	Indicadores	Dimensiones	Instrumentos
Uso de motores	Independiente	Elaboración más conveniente con recursos bajos para obtener el mejor tipo de arranque de motores.	Tensión del motor	KV= Kilovoltios	Software Etap/digSilent
			Velocidad del motor	% porcentaje de velocidad	Software Etap/digSilent
			Corriente en el motor	Amperios	Software Etap/digSilent
			Deslizamiento	% porcentaje de deslizamiento	Software Etap/digSilent
			Potencia Activa	Kw=Kilowatts	Software Etap/digSilent
			Torque del motor	% porcentaje de torque	Software Etap/digSilent
			Costos de Consumo de energía eléctrica, inversión.	Soles.	Hojas de cálculo en Excel.
<i>Tipo de Arranque.</i> 1. Arranque Directo. 2. Arranque Estrella triángulo. 3. Arranque con Soft starter. 4. Arranque con Variador de velocidad.	Dependiente	Proceso de elaborar una selección que permita reducciones de costos.	- Coeficientes de performance. - Coeficiente de importancia relativa.	Comparación de alternativas y características.	Hojas de cálculo en Excel.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO C.- CUADRO DE CONSISTENCIA.

Tabla 29.

Cuadro de consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>General</p> <p>¿Cuál es el tipo de arranque de motores eléctricos asíncronos que optimiza costos según su uso en la industria?</p> <p>Específico</p> <p>¿Cómo influye el arranque directo, arranque estrella triángulo, soft starter, variador de frecuencia de un motor eléctrico asíncrono en la optimización de costos según su uso en la industria?</p> <p>¿Qué metodología se debe aplicar para elegir el arranque de un motor eléctrico optimizando sus costos según su uso en la industria?</p> <p>¿De qué manera se puede obtener las características técnicas necesarias para</p>	<p>General</p> <p>Determinar el tipo de arranque de motores eléctricos asíncronos que optimiza costos según su uso en la industria.</p> <p>Específico</p> <p>Determinar la influencia del arranque directo, arranque estrella triángulo, soft starter, variador de frecuencia de un motor eléctrico asíncrono en la optimización de costos según su uso en la industria.</p> <p>Elegir la metodología adecuada para el arranque de un motor eléctrico optimizando sus costos según su uso en la industria.</p> <p>Identificar las características técnicas necesarias para el arranque de motores eléctricos asíncronos que optimicen costos según su uso en la industria.</p>	<p>General</p> <p>Un arranque suave de motores eléctricos asíncronos optimiza los costos según su uso en la industria.</p> <p>Específico</p> <p>El arranque directo, estrella triángulo, soft starter, variador de frecuencia de motores eléctricos asíncronos optimiza los costos según su uso en la industria.</p> <p>La metodología de características técnicas, características de instalación y retorno de inversión optimizan la elección del arranque de un motor eléctrico según su uso en la industria.</p> <p>Simulando el arranque de motores se identifica las</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Uso de motores</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tensión de motor • Velocidad del motor • Corriente de motor • Deslizamiento • Potencia Activa • Torque de motor • Costos de Consumo de energía, inversión. <p>Variable dependiente</p> <p><i>Tipo de arranque</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Arranque Directo 2. Arranque Estrella triángulo 3. Arranque con Soft starter 4. Arranque con variador de velocidad. <p>Indicadores</p> <p><i>-Coeficientes de performance</i></p>	<p>MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Método de la investigación Método experimental • Tipo de la investigación ✓ Aplicada • Nivel de la investigación <u>nivel explicativo</u> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Diseño de Investigación Experimental de un solo caso con post prueba Su esquema es el siguiente: GE: X O1 Dónde: GE: Grupo experimental no aleatorio (Arranque directo, estrella triángulo, soft starter y variador de velocidad). X: Tratamiento experimental. O1: Medición 01 (costo de Arranque)</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Población Tipos de Arranque de motores trifásicos • Muestra.

<p>elegir el tipo de arranque de motores eléctricos asíncronos que optimicen costos según su uso en la industria?</p>		<p>características técnicas necesarias para el arranque de motores eléctricos asíncronos que optimicen costos según su uso en la industria</p>	<p>-<i>Coefficiente de importancia relativa.</i></p>	<p>Muestreo no probabilístico de tipo Muestreo por conveniencia</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Arranque directo. ○ Arranque estrella triángulo. ○ Arranque soft starter ○ Arranque variador de velocidad. <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Técnica La observación cuantitativa • Instrumentos Se utiliza los Software de simulación Etap, donde se realizará arranques Directo, estrella triángulo, y variador de velocidad. También se utiliza el software Disiglent donde se realizará arranques directo, arranque soft starter y estrella triángulo. Cálculos en Excel, para determinar costos. Alternativas y características para obtener coeficientes de performance y coeficiente de importancia relativa. En el anexo D se realiza la simulación con el software Etap. del evento ocurrido en planta "Corporación Rico SAC". como Memoria de cálculo eléctrico análisis de corto circuito y coordinación de protección <p>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO. La técnica básica es la Observación, permite registrar datos cuantitativos dentro de esta técnica la de no participante donde el investigador no se involucra en la actividad.</p>
---	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO D.- MEMORIA DE CÁLCULO ELÉCTRICO ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN CORPORACIÓN RICO SAC.

1. CONSIDERACIONES GENERALES

El uso de motores en las plantas industriales presenta problemas ya sea por su construcción, tipo de arranque y factores climatológicos que dañan la calidad de energía.

1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA

1.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS Y AMBIENTALES

Las condiciones climatológicas de la zona del proyecto que se utilizaran en el presente estudio, son las que se refiere principalmente a los valores de temperatura media, máxima, mínima, etc. Propias del proyecto que se obtiene del código nacional de electricidad suministro.

En general, las condiciones climatológicas para la zona de estudio, presenta los siguientes valores.

- Altitud : 2800 m.s.n.m
- Temperatura ambiente mínima absoluta : 0°C
- Temperatura ambiente máxima absoluta : 30°C
- Temperatura ambiente promedio : 10°C
- Humedad relativa promedio : 30 a 80%
- Presión barométrica : 555 mm Hg
- Precipitación pluvial : 40.7 mm
- Polución del ambiente : Muy alto
- Nivel isoceraunico : 15 días/tormenta eléctrica al año
- Factor de corrección por altura : 1.225
- Zona sísmica : Zona 4 según U.B.C

1.1.2. DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA

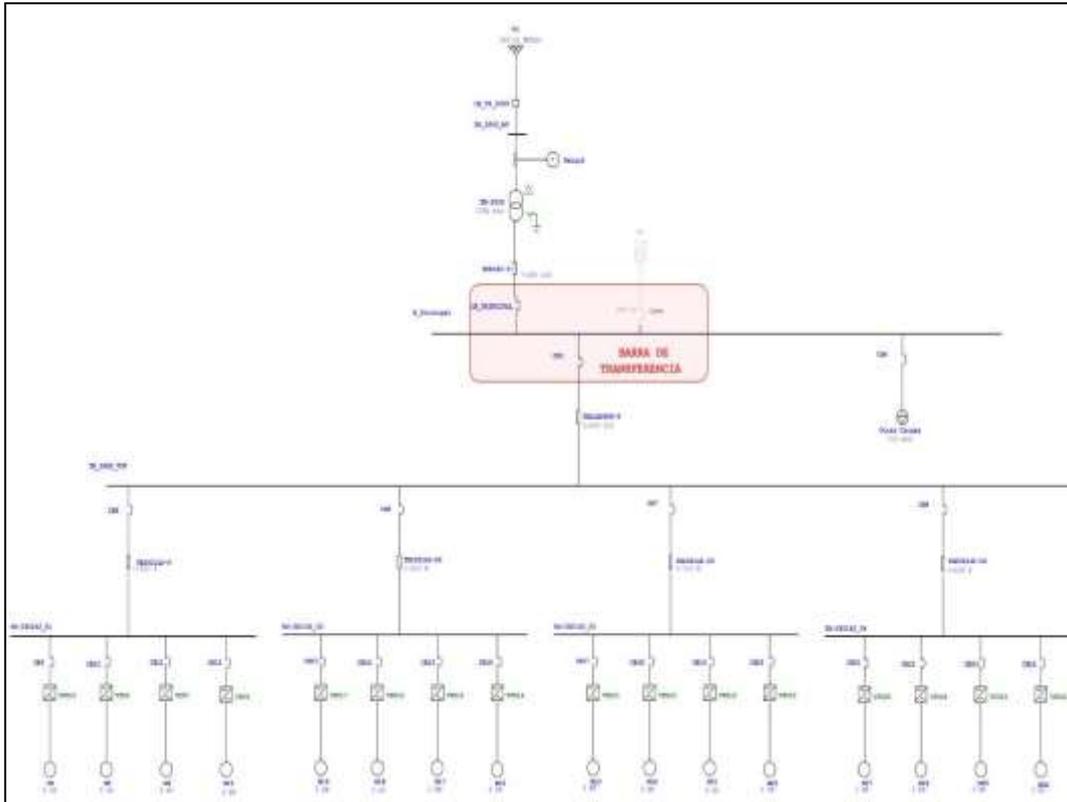


Figura 82. Diagrama unifilar del sistema.

Fuente: Elaboración propia.

1.1.3. ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO DEL SISTEMA

1.1.3.1 TIPOS DE FALLA

Se analizarán las fallas en las diferentes barras del diagrama unifilar, comparando las fallas trifásicas, monofásicas, y bifásicas para determinar la más perjudicial.

“Una falla puede presentarse en cualquier punto del sistema eléctrico y se define como un evento de naturaleza aleatoria que altera el flujo normal de la corriente, ocasionando sobretensiones, caídas de voltaje. estas pueden ser originadas por fallas mecánicas, contaminación, operación de interruptores, incorrecta mano de obra, entre otras” (Galván, M., 2018, p. 6).

“Se puede clasificar dos tipos de falla: asimétricas y simétricas. Las principales hacen referencia a fallas con uno o dos conductores abiertos, dichas condiciones originan desbalance entre fases y por tanto, se les llama fallas asimétricas. Estas son: falla línea a tierra, doble línea a tierra y falla de línea a línea. Las fallas asimétricas son las más comunes, entre el 70 % y 80% de las fallas en la red eléctrica son fallas líneas a tierra” (Galván, M., 2018, p. 6).

“En los sistemas industriales, los estudios de fallas trifásicas son frecuentemente los únicos que son considerados, esto debido a que, aunque es la menos común, es el tipo de falla que produce la máxima corriente de cortocircuito” (Galván, M., 2018, p. 7).

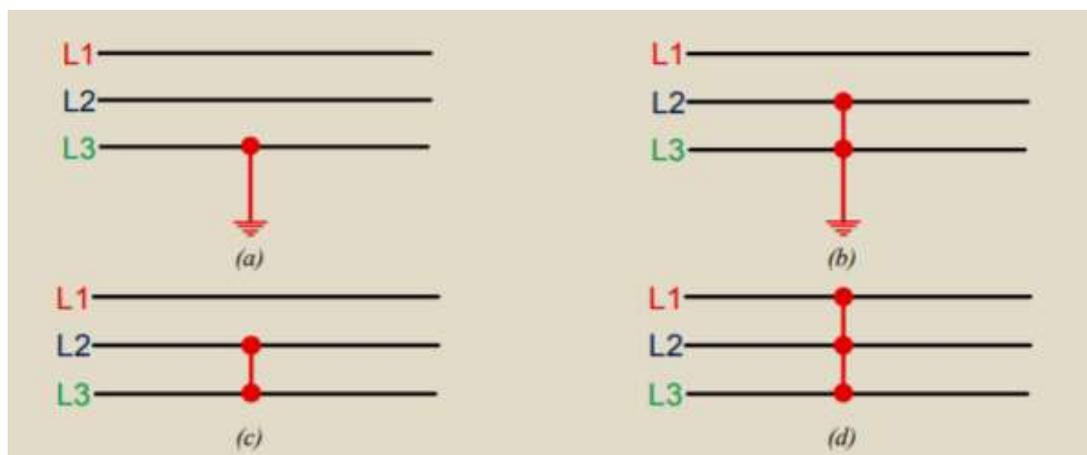


Figura 83. a) falla línea a tierra b) doble línea a tierra c) línea a línea d) trifásica.

Fuente: Tesis Maria Natalia Galvan Osuna. “Cálculo de Cortocircuito de un Sistema IEEE de 13 buses considerando TAPS no nominales”. <https://vdocuments.mx/download/clculo-de-cortocircuito-de-un-sistema-ieee-de-13-43-simulacin-etap-el>

1.1.4. CORTOCIRCUITO

“Un cortocircuito puede aparecer incluso en sistemas de potencia bien diseñados, causando corrientes transitorias de magnitud mucho mayor que la corriente nominal del sistema. Esto da como resultado en perjudiciales esfuerzos electrodinámicos y térmicos en conductores y equipos, que pueden ocasionar incendios y explosiones. en un intento de limitar el cortocircuito a la zona de falla del sistema eléctrico, se emplean interruptores y otros dispositivos de protección capaces de operar bajo las condiciones de cortocircuito sin daños. Cuanto más rápida sea la operación de los dispositivos de detección e interrupción menor será los daños causados por la falla y mejor será la respuesta del sistema sin perder sincronismo” (Galván, M., 2018, p. 7).

“La selección apropiada de los interruptores dependerá de la corriente que fluye inmediatamente después de que el cortocircuito ocurre y de la corriente que el interruptor debe interrumpir. En el análisis de cortocircuito se calculan los valores de estas dos corrientes para la falla en varios puntos del sistema. En base a estos cálculos se determinan los valores de operación de los relevadores que controlan a los interruptores” (Galván, M., 2018, p. 7).

1.1.5. MODELO DE ELEMENTOS

1.1.5.1. SUMINISTRO

“Un gran número de establecimientos industriales y comerciales se encuentran lejos de las plantas de generación, en estos casos se dice que el sistema de suministro es un sistema infinito. Es decir, el punto de conexión es un bus infinito, donde la compañía suministradora es modelada por una fuente de voltaje y una impedancia subtransitoria. Generalmente la compañía suministradora proporciona información acerca de su valor de potencia de cortocircuito” (Galván, M., 2018, p. 11).

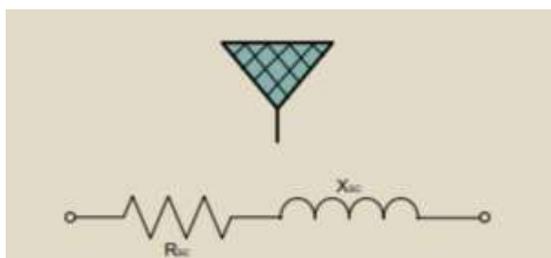


Figura 84. Circuito equivalente de la acometida considerado para el análisis de cortocircuito.

Fuente: Tesis María Natalia Galvan Osuna, titulada “Cálculo de Cortocircuito de un Sistema IEEE de 13 buses considerando TAPS no nominales”. <https://vdocuments.mx/download/clculo-de-cortocircuito-de-un-sistema-ieee-de-13-43-simulacin-etap-el>

1.1.5.2 MOTORES

Los motores de inducción aportan corriente de cortocircuito, esta se genera por la inercia de la carga que mueve al rotor en presencia de flujo magnético producido por inducción desde el estator del motor, comportándose como un generador. La aportación de este tipo de motores a la corriente de falla dura de 2 a 3 ciclos, esto es debido a que el flujo disminuye rápidamente después de ocurrida la falla.

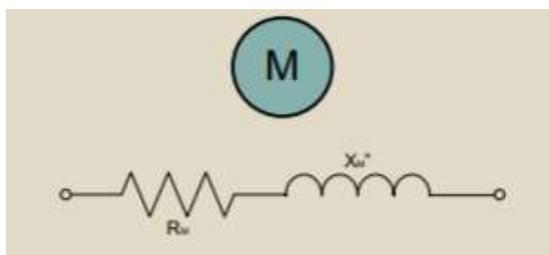


Figura 85. Circuito equivalente de un motor. Fuente internet

Fuente: Tesis María Natalia Galvan Osuna, titulada “Cálculo de Cortocircuito de un Sistema IEEE de 13 buses considerando TAPS no nominales”. <https://vdocuments.mx/download/clculo-de-cortocircuito-de-un-sistema-ieee-de-13-43-simulacin-etap-el>

1.1.6. NORMAS Y REFERENCIAS

“Los métodos analíticos comúnmente utilizados para el cálculo de las corrientes de falla trifásica son: el método óhmico, el método de los KVA equivalentes, el método punto a punto y el método Zbus. Debido al tamaño y la complejidad de muchos sistemas industriales actuales, la matriz de impedancias Zbus es un equivalente del sistema y proporciona información de todos los buses” (Galván, M., 2018, p. 14).

1.1.7. SIMULADOR ETAP

“En el mercado existen programas computacionales que realizan estudios de cortocircuito, cuyo costo depende de su exactitud, sofisticación y limitantes en cuanto a las dimensiones del sistema. Entre ellos se encuentra el software ETAP. este software es desarrollado por ingenieros para manejar diversidad de sistemas de energía para una amplia gama de industrias” (Galván, M., 2018, p. 16).

1.1.8. Datos del transformador

S=1250 KVA

10/0.44 KV

Dyn 5



Figura 86. Transformador trifásico.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 87. Transformador trifásico de potencia.
Fuente: Elaboración propia.

1.1.9. Datos del Motor

P= 3HP

V= 0.44 KV.

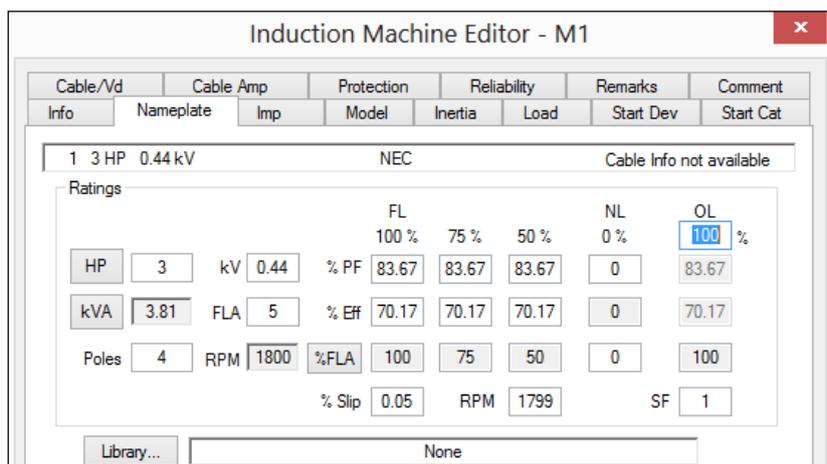


Figura 88. Datos del motor de 3 HP.
Fuente: Elaboración propia.

1.1.10. Datos del Variador

Figura 89. Datos del variador.
Fuente: Elaboración propia.

1.1.11. RESULTADOS

Tabla 30.

Resultado de la falla trifásica.

Tabla: Calculo de Corto circuito en Barras principales

ID de Barra	Tensión [kV]	Capacidad Barra	Trifásico			Bifásico			Bifásico a Tierra			Monofásico		
			(1/2) Ciclo	(4) Ciclos	(30) Ciclos	(1/2) Ciclo	(4) Ciclos	(30) Ciclos	(1/2) Ciclo	(4) Ciclos	(30) Ciclos	(1/2) Ciclo	(4) Ciclos	(30) Ciclos
B_Principal	0.44	65	28.48	26.30	24.86	24.66	22.78	21.53	27.92	26.15	24.96	27.08	25.73	24.79
TB_LOAD_VDF	0.44	65	22.87	21.45	20.48	19.80	18.58	17.74	21.96	20.82	20.04	20.72	19.93	19.36
TB-292142_01	0.44	20	4.32	4.29	4.26	3.74	3.71	3.69	4.06	4.04	4.03	3.64	3.63	3.61
TB-292142_02	0.44	20	4.32	4.29	4.26	3.74	3.71	3.69	4.06	4.04	4.03	3.64	3.63	3.61
TB-292142_03	0.44	20	4.32	4.29	4.26	3.74	3.71	3.69	4.06	4.04	4.03	3.64	3.63	3.61
TB-292142_04	0.44	20	4.32	4.29	4.26	3.74	3.71	3.69	4.06	4.04	4.03	3.64	3.63	3.61

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla notamos que la falla más perjudicial es la falla trifásica

1.1.12. GRÁFICOS

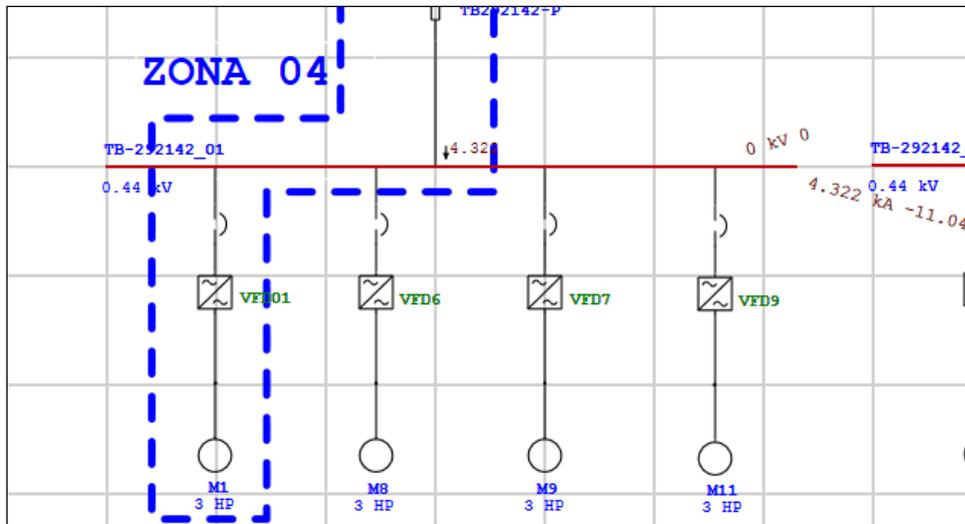


Figura 90. Falla trifásica en el tablero TB 292442_01, 4.332 KA.
Fuente: Elaboración propia.

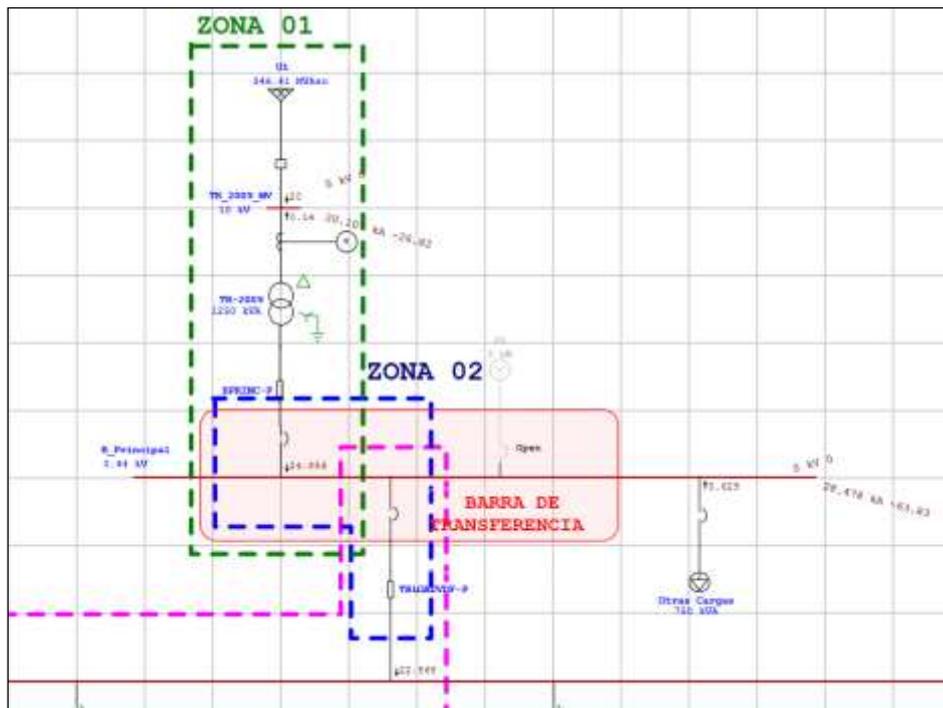


Figura 91. Falla trifásica en barra principal con un valor de 28.478 KA.
Fuente: Elaboración propia.

1.1.13. CONCLUSIONES

- Los métodos para el cálculo que utiliza el software están en conformidad con las normas de AMSI / IEEE.
- La falla trifásica es la peor y más perjudicial para la planta.

1.2. COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA

La protección de la vida humana y la preservación de los bienes son dos factores importantes en el diseño del sistema eléctrico. un sistema eléctrico defectuoso en las instalaciones de producción industrial, donde la continuidad de la producción es crítica, puede llegar a ocasionar pérdidas financieras considerables a causa del tiempo de inactividad de los empleados y la maquinaria debido a una interrupción del sistema.

El sistema de protecciones juega un papel muy importante en los sistemas de potencia eléctrica, tiene como objetivo minimizar los daños que pudieran sufrir el equipo y las personas ante la presencia de fallas, al mismo tiempo que aseguran el menor tiempo de interrupción posible. La combinación de diferentes estudios es requerida para la selección de los dispositivos que protegerán al sistema de sobre corrientes; tales como interruptores y fusibles, cuya función es aislar la zona de falla con los menores daños al circuito y al equipo. las demás partes del sistema, como cables e interruptores de desconexión, deben ser capaces de soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos debido al flujo de altas corrientes.

1.2.1. INFORMACIÓN UTILIZADA PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO

Cuando se realiza el estudio de coordinación de protecciones de un sistema se debe contar con la siguiente información:

- Diagrama unifilar del sistema donde figure la configuración actual del sistema.
- Diagrama unifilar donde se indique la ubicación de los relés de protección, así como de los breakeres.
- Información de breaker, marca, modelo ajustes de protección.

1.2.2. TIPOS DE UNIDADES

La protección de sobre corriente emplea varios tipos de unidades de protección, las unidades de sobre corriente se clasifican en función de su tiempo de operación estableciéndose las siguientes:

a) Unidad instantánea

El relé opera en forma instantánea cuando la corriente medida supera el umbral establecido. se emplean para eliminar en forma inmediata los cortocircuitos

b) Unidad de tiempo definido

El relé opera después de un tiempo ajustado, cuando la corriente medida supera el umbral establecido. esta unidad se puede obtener usando una unidad instantánea y un temporizador que produzca el retardo necesario.

c) Unidad de tiempo dependiente

“La principal característica de esta unidad es que el tiempo de operación depende de la intensidad medida, es decir, mientras mayor sea la corriente medida, menor es su tiempo de operación. existen varios tipos de curva de operación, dependiendo del grado en que el tiempo de operación disminuye al aumentar la corriente de falla, sin embargo, son tres las normalizadas: tipo inverso, muy inverso y extremadamente inverso. estas curvas son las más empleadas en un sistema eléctrico ya que permiten una buena coordinación entre relés ubicados en distintos lugares” (Chavesta, 2013, p. 14).

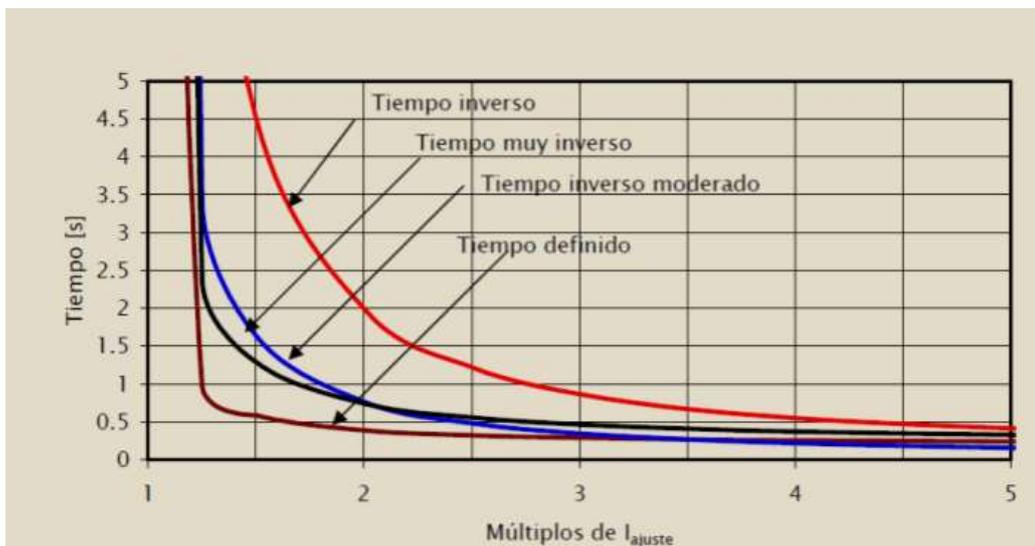


Figura 92. Tipos de curvas de los relés de tiempo inverso.

Fuente: <https://images.app.goo.gl/DvRFfKcJ8a8CXbLq6>

1.2.3. Descripción de la metodología usada

- Paso 01: determinar la topología del sistema bajo estudio, garantizando el conocimiento de los valores nominales de elementos y de operación del sistema.
- Paso 02: definir los parámetros de ajuste como tiempo de respaldo y valores de K, así como las características de los relés involucrados.
- Paso 03 calcular la I_{cc} para los barrajes del sistema y además obtener la I_n y RTC para cada relé y breaker.
- Paso 04: hallar la corriente de arranque.
- Paso 05: determinar el valor del día para cada relé.
- Paso 06: verificar si todos los relés fueron ajustados. el procedimiento termina cuando todos los relés tienen definidos sus parámetros del ajuste” (Bedoya. M. y Cadavid. F., 2015, p. 23).

1.2.4. RESULTADOS GRÁFICOS

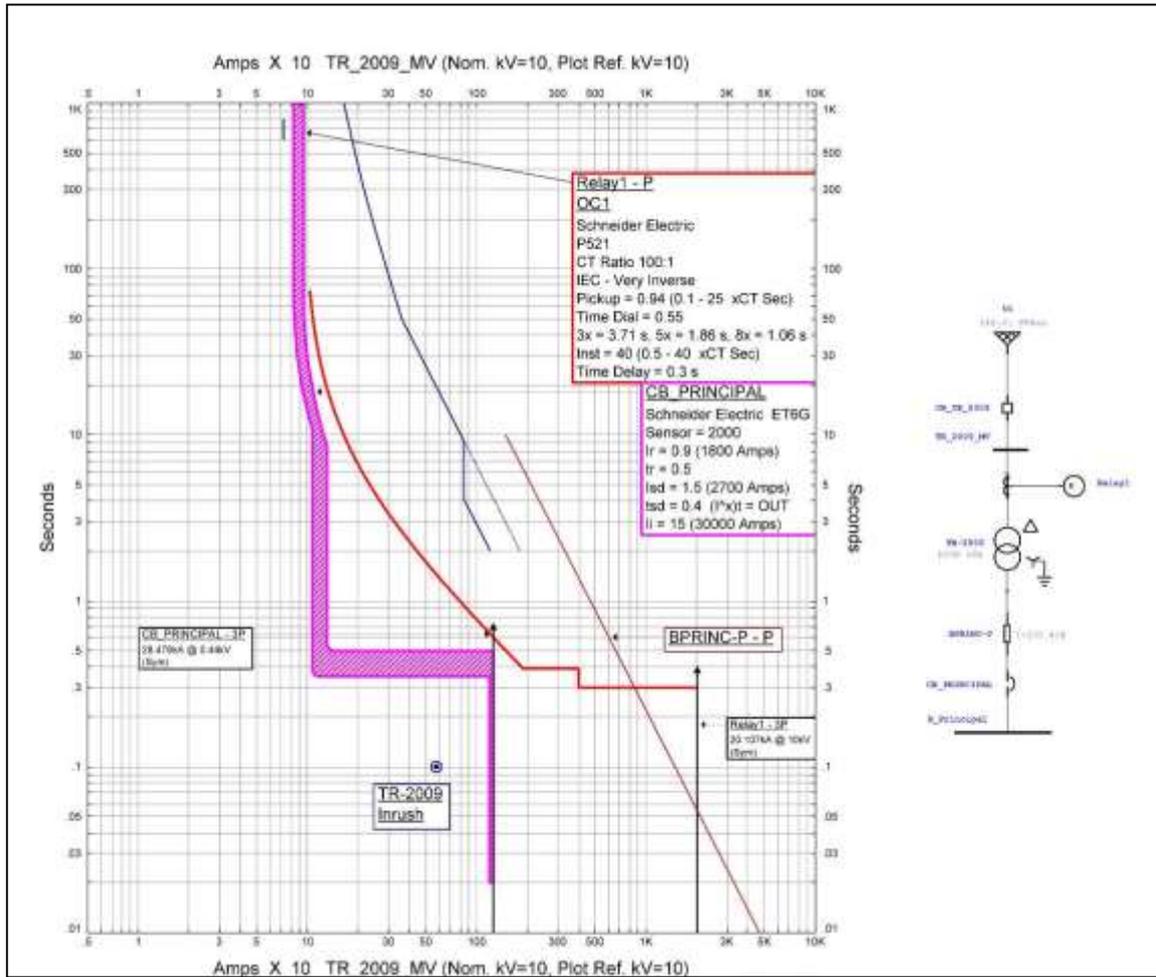


Figura 93. Coordinación de protección a fase relé 01 respecto a breaker principal.
Fuente: Elaboración propia.

De la figura 93 se concluye que existe selectividad entre los breakeres.

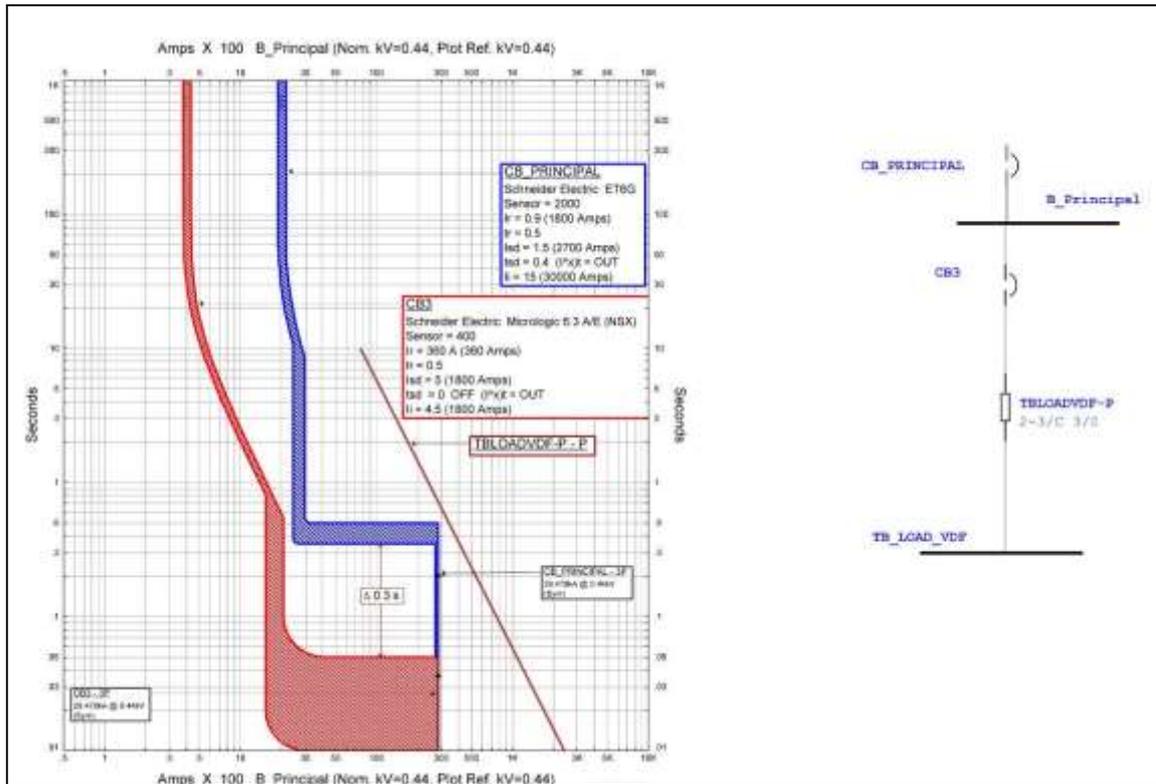


Figura 94. Coordinación de protección del breaker CB principal respecto al CB3.
Fuente: Elaboración propia.

De la figura 94 se concluye que existe selectividad entre los breakeres.

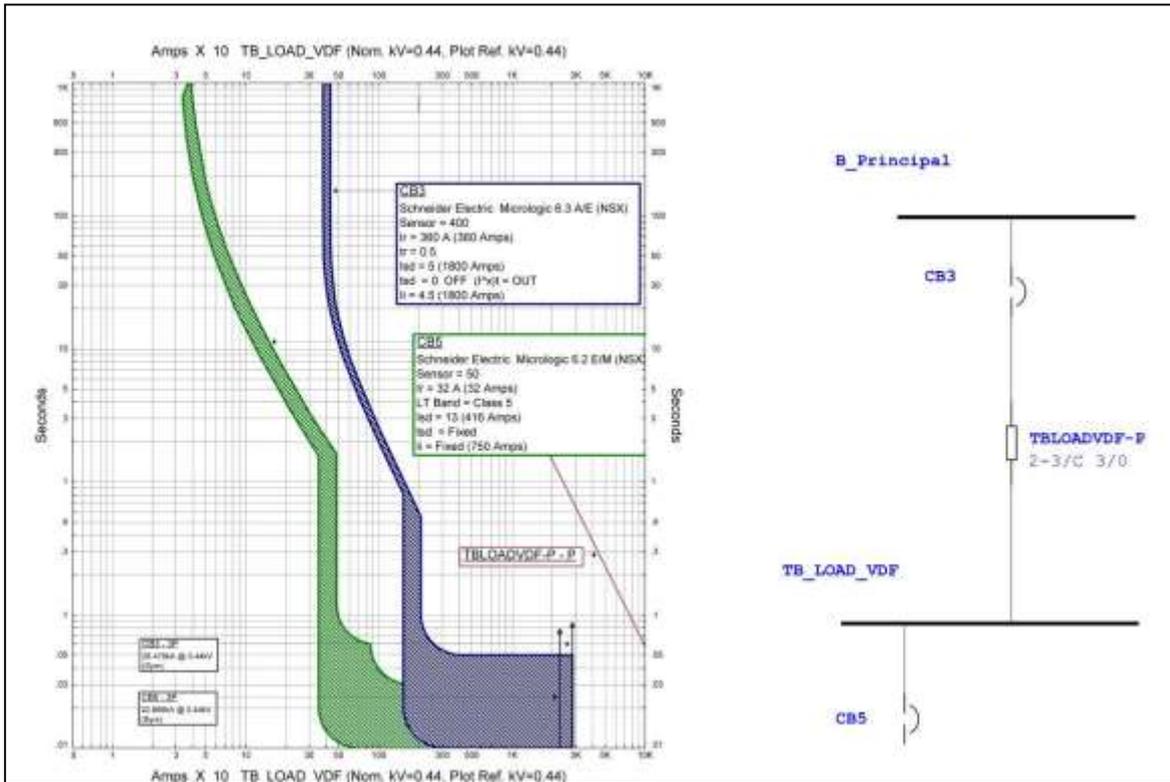


Figura 95. Coordinación de protección del breaker CB3 respecto al CB5.
Fuente: Elaboración propia.

De la figura 95 se concluye que existe selectividad entre los breakeres.

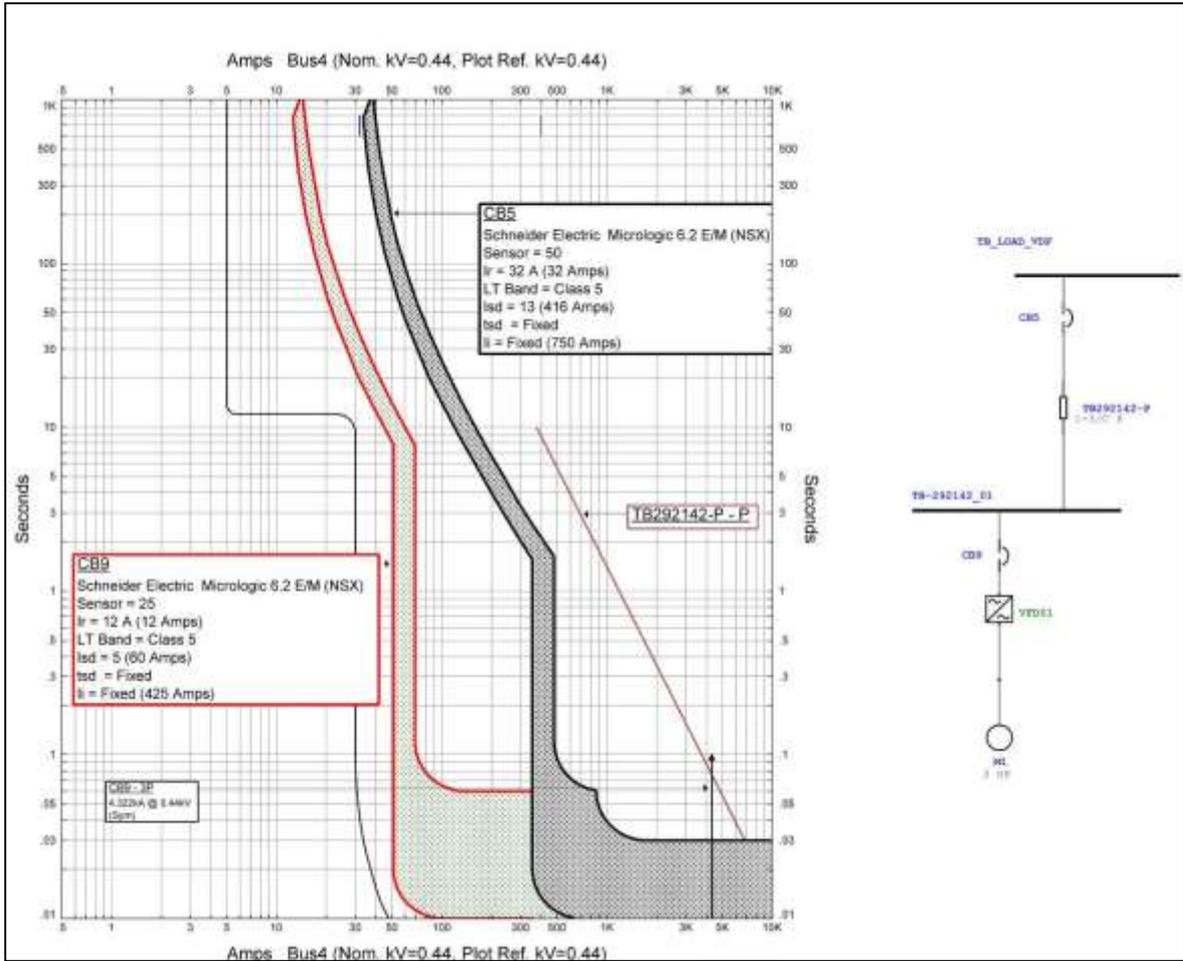


Figura 96. Coordinación de protección del breaker CB5 respecto al CB9.
Fuente: Elaboración propia.

De la figura 96 se concluye que existe selectividad entre los breakeres.

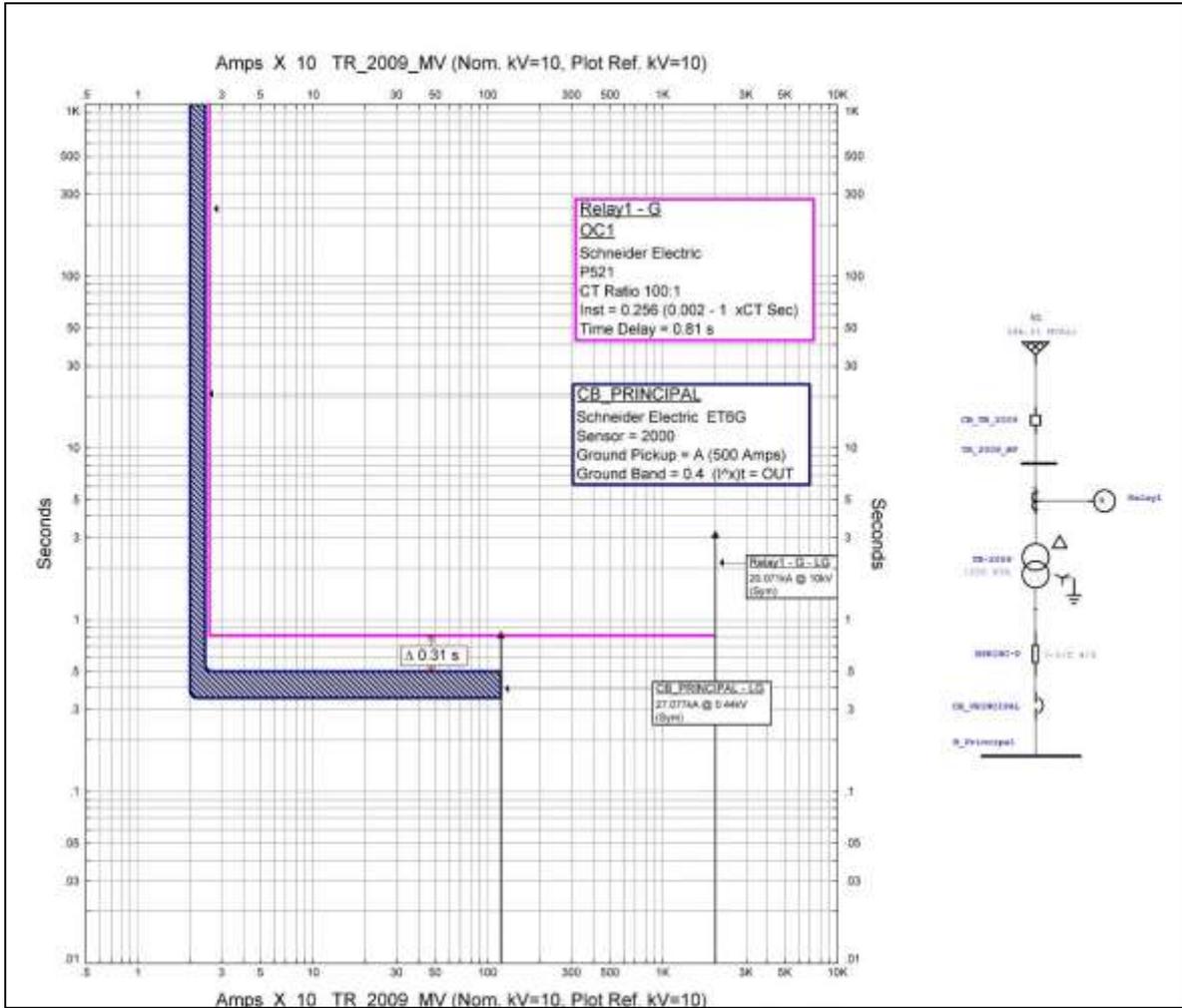


Figura 97. Coordinación de protección a tierra Relé respecto a Breaker principal.
Fuente: Elaboración propia.

De la figura 97 se concluye que existe selectividad entre los breakeres.

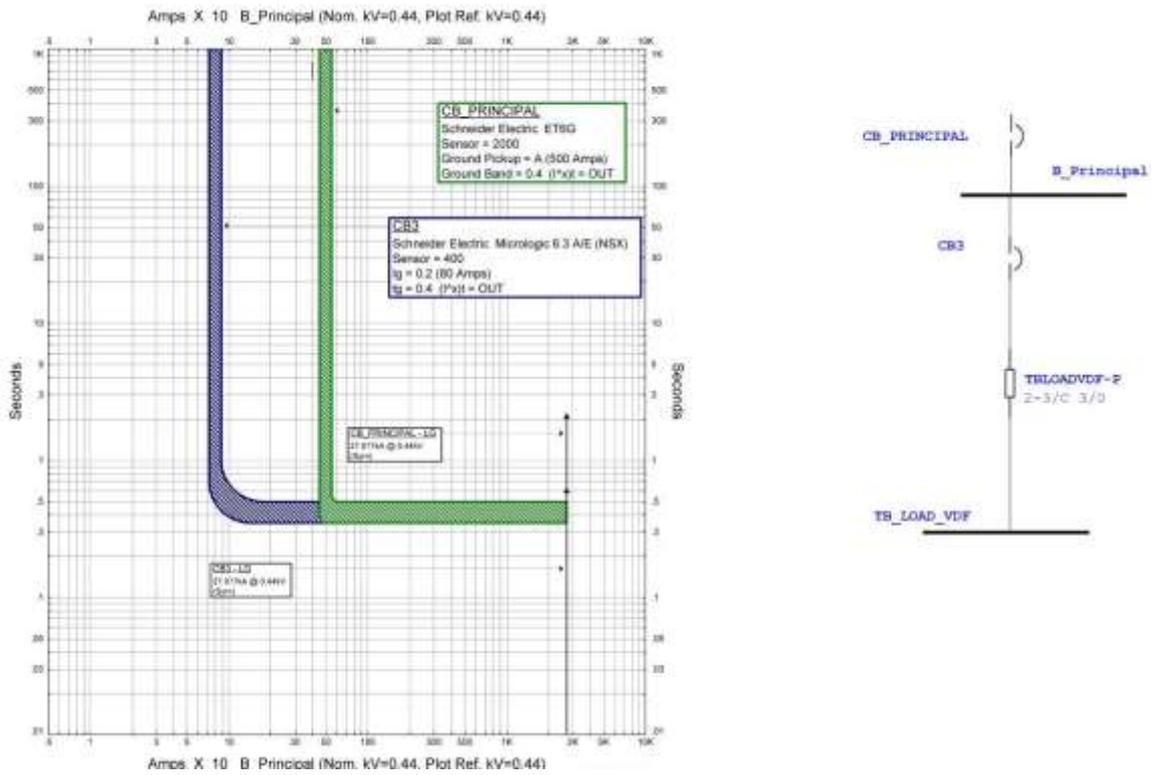


Figura 98. Coordinación de protección de Breaker principal respecto a breaker CB 3.
Fuente: Elaboración propia.

De la figura 98 se concluye que existe selectividad entre los breakeres.

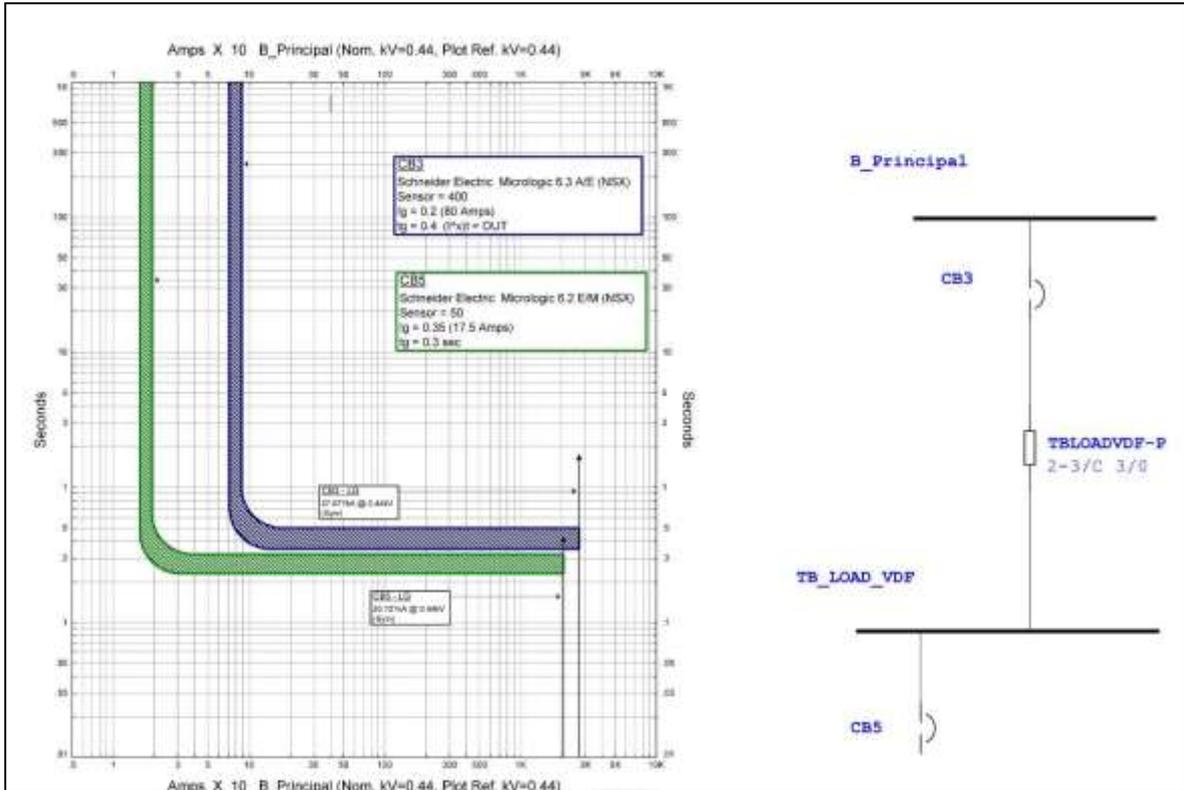


Figura 99. Coordinación de protección de Breaker CB3 respecto a breaker CB 5.
Fuente: Elaboración propia.

De la figura 99 se concluye que existe selectividad entre los breakeres.

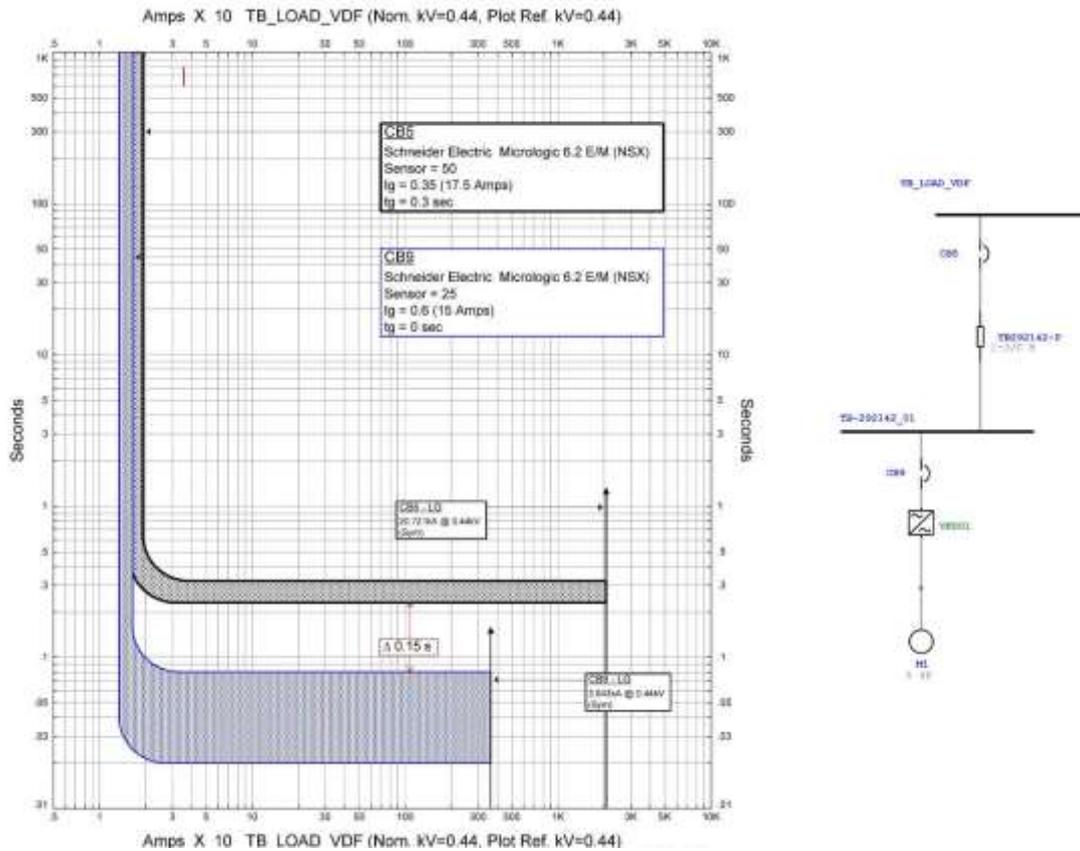


Figura 100. Coordinación de protección de Breaker CB5 respecto a breaker CB9.
Fuente: Elaboración propia.

De la figura 100 se concluye que existe selectividad entre los breakeres.

1.2.5. CONCLUSIONES

- Se concluye que existe selectividad entre los breakeres.
- Ante el evento de una falla trifásica los breakeres actuarán, permitiendo despejar la falla evitando daños en la industria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- GALVÁN, M. Cálculo de cortocircuito de un sistema IEE de 13 buses considerando taps no nominales. Baja California: Universidad Autónoma de Baja California. 2018, 49 pp. Disponible en: <https://vdocuments.mx/download/clculo-de-cortocircuito-de-un-sistema-ieeee-de-13-43-simulacin-etap-el>
- CHAVESTA, J. metodología para la elaborar la actualización de estudios de coordinación de protecciones de un sistema electrico interconectado. Tesis (Título de ingeniero electricista). Lima: Universidad Nacional del Callao. 2013, 285 pp. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/323?show=full>
- CAVAVID, F. y BEDOYA, M. coordinación de relés de sobrecorriente en sistemas de distribución con penetración de generación distribuida. Tesis (Título Ingeniero Electricista). Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. 2015, 57 pp. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/5177>

ANEXO E.- LICENCIAS, AUTORIZACION DE PUBLICACION, CONSTANCIAS.

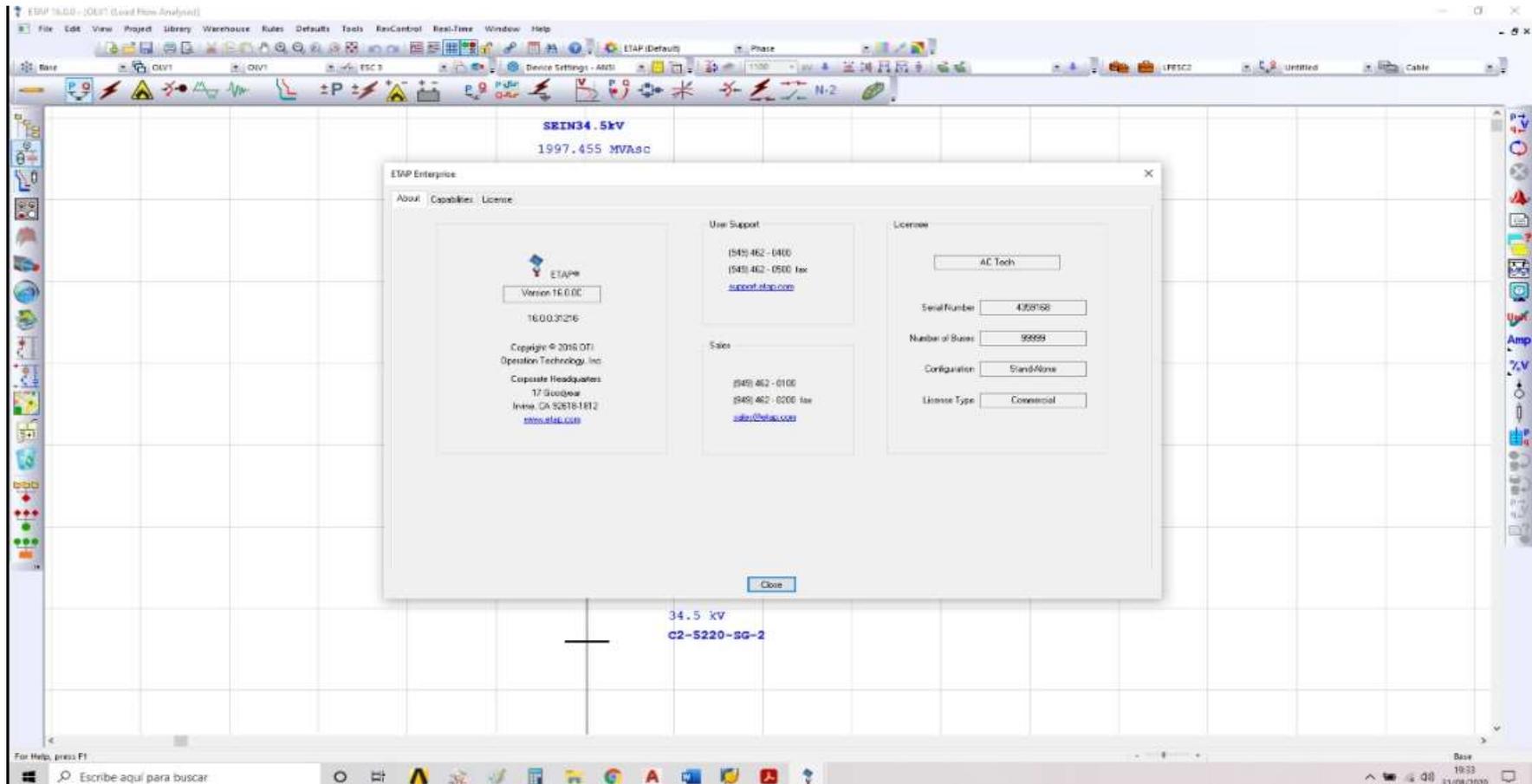


Figura 101. Licencia software Etap (Demo).
Fuente: Elaboración propia.

Arequipa, 29 de Agosto del 2020

Señor(es):

A quien corresponda

De nuestra consideración:

Yo, Harry Nestor Roland Carrasco Zuñiga, identificado con DNI 08040103, como gerente general de la empresa CELICON Ingenieros S.A.C., identificada con RUC 20496535066 y con domicilio legal en Calle Chimbote 403, Urb. San Martin de Socabaya, Distrito de Socabaya, Provincia y Departamento de Arequipa, por la presente, autorizamos al Sr. Luis Alberto Huaman Cruz, identificado con DNI 29692013, para el uso de nuestro software ETAP v16, para el desarrollo de su tesis de titulación como Ing. Electricista.

Se emite este documento para los fines que el Sr. Luis Alberto Huaman Cruz considere necesarios.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente:



Harry Nestor Roland Carrasco Zuñiga
Gerente General
CELICON INGENIEROS S.A.C.

Figura 102. Autorización de la empresa Celicon Ingenieros SAC. para uso del software Etap.
Fuente: Elaboración propia.

ORDEN DE COMPRA N° 007 - 2017

Fecha : 2017 FEBRERO 03
 Señores : ELECTRO INTEGRAL S.A.S.
 Attn : SRA. ROSA VÁSQUEZ
 Ref : PROPUESTA N° ETAP 94-2016-REV.00

Estimados señores:

Por medio de la presente, tenemos el bien remitirles nuestra ORDEN DE COMPRA por lo siguiente:

Item	Descripción	Und	Cant.	P. Unit.	P. Parcial
1	ETPA Recuspoen - 1000 bus Stand alone: • Base Module • Load Flow / Voltage Drop • Power Studies & Single Phase Systems (Requires Load Flow) • Short-Circuit ANSI / IEC • Arc Flash - IEEE 1584 / NFPA70E (Requires Short Circuit) • Star - Protective Device Coordination & Sequence of Operation	Und	1	6,591.00	6,591.00
SUB TOTAL				USD	6,591.00
I.G.V.				USD	1,186.38
TOTAL				USD	7,777.38

CONDICIONES COMERCIALES
 PRECIOS : EN DÓLARES AMERICANOS
 I.G.V. : INCLUIDO EN EL TOTAL
 F/PAGO : P/FACTURA 15 DÍAS
 ENTREGA : 20 DÍAS HÁBILES

FACTURAR A NOMBRE DE:
 CELICON INGENIEROS S.A.C.
 CHIMBOTE N° 403, URB. SAN MARTÍN
 DE SOCABAYA, SOCABAYA, AREQUIPA
 RUC: 20496635086

CORPORACIÓN ELECTROINTEGRAL
 S.A.C. Ingenieros y Consultores S.A.C.

 Ing. Harry Carasco Zuñiga
 Gerente General

Figura 103. Orden de Compra del software Etap.
Fuente: Elaboración propia.

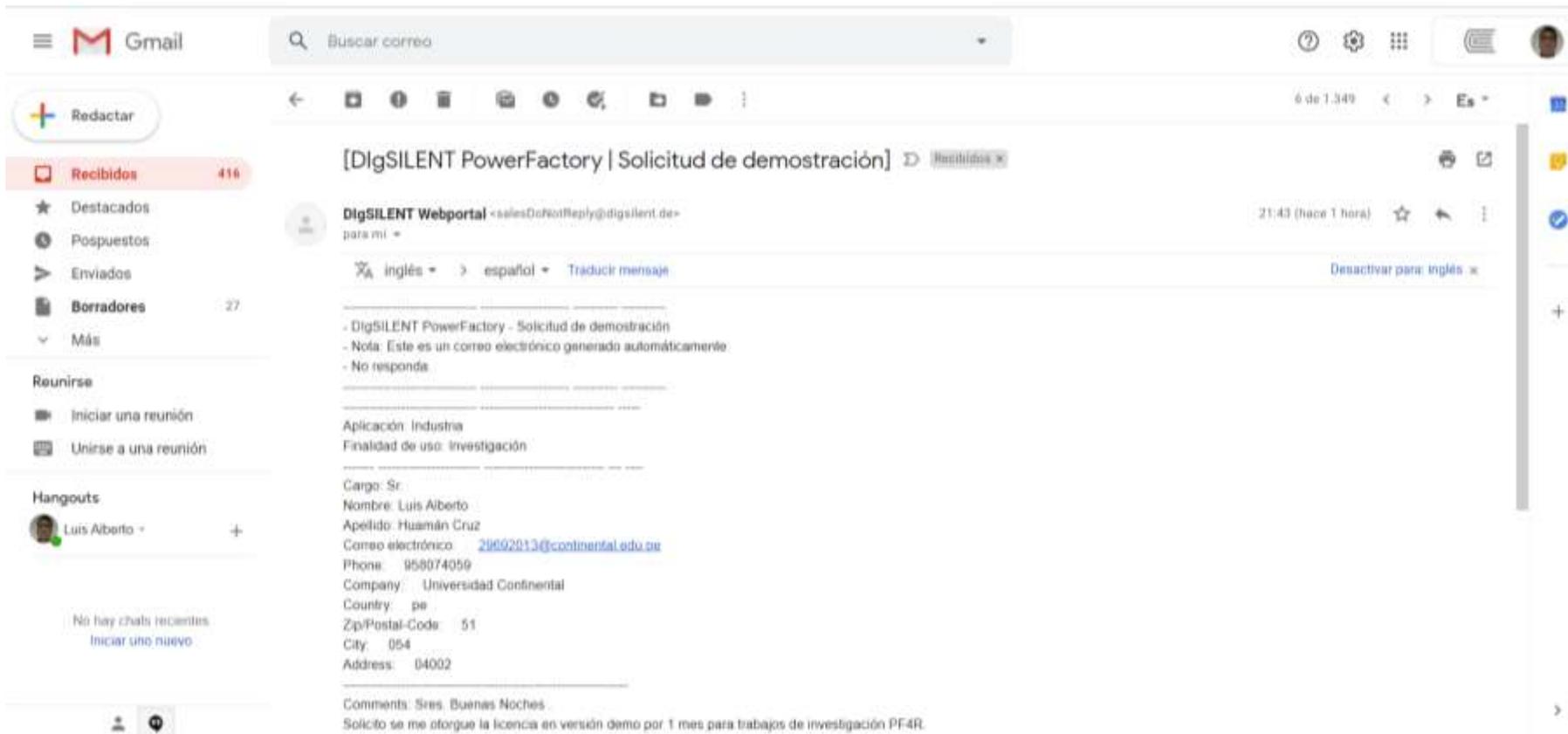


Figura 104. Solicitud de Licencia software DigSILENT (Demo).
Fuente: Elaboración propia.

PowerFactory Demo

Muchas gracias por su interés en nuestro [software Digsilent PowerFactory](#) . Si lo desea, recibirá una licencia de demostración que le permitirá conocer más sobre la capacidad de nuestro software.

Sus códigos de acceso y datos de licencia

Acceso al centro de soporte	
Inicio de sesión de usuario:	29692013@continental.edu.pe
Contraseña:	[REDACTED]
Centro de soporte:	www.digsilent.de/en/support.html
Área de descarga:	www.digsilent.de/en/download/member.html
Licencia de PowerFactory	
Clave de activación:	[REDACTED]
Tipo de licencia:	Demostración para un solo usuario
Validez:	Por tiempo limitado, 28 días a partir de la fecha de emisión

Figura 105. Clave de activación de licencia Digsilent.
Fuente: Elaboración propia.

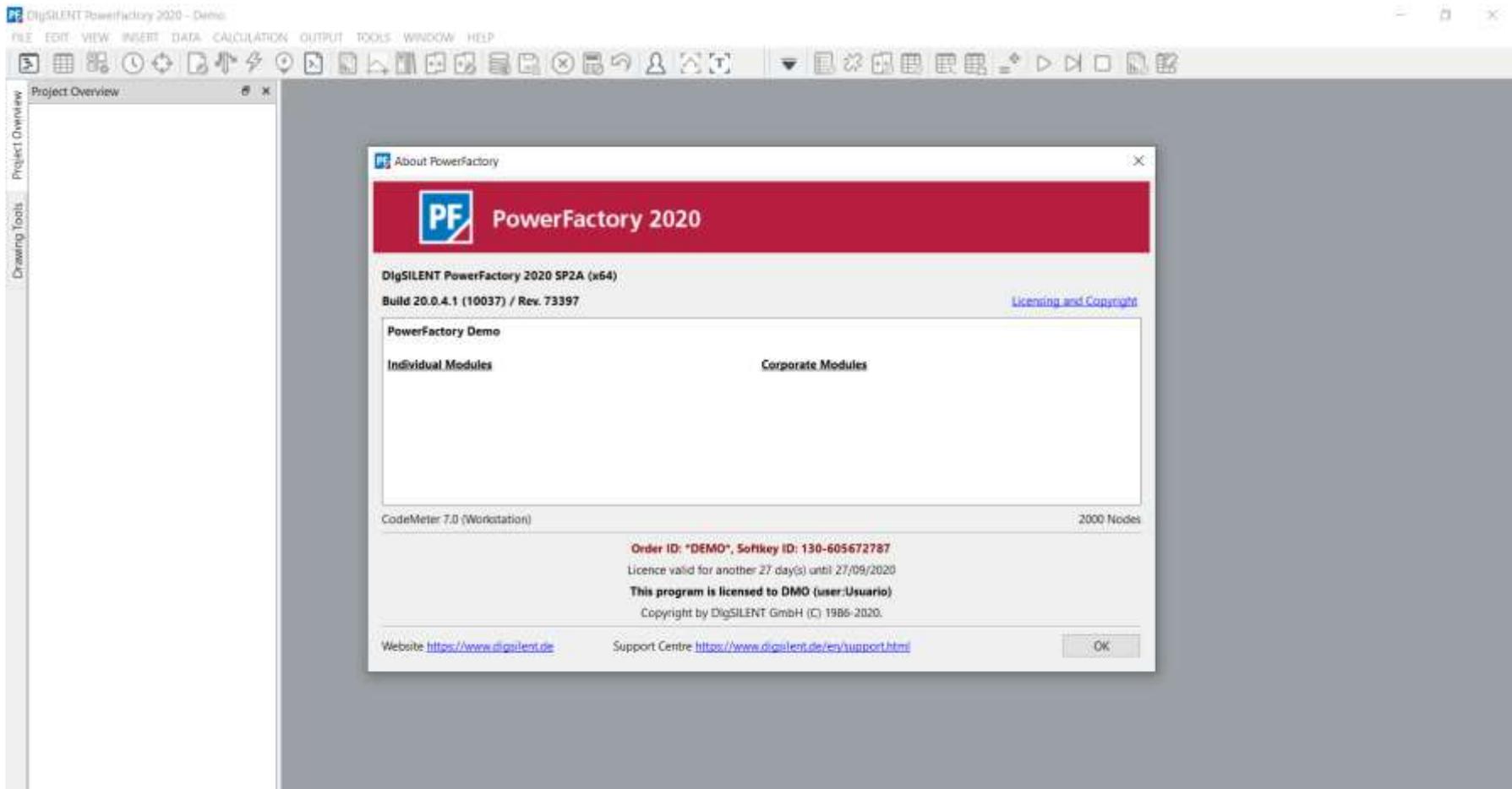


Figura 106. Activación de software DigSILENT (DEMO).
Fuente: Elaboración propia.



AUTORIZACION DE PUBLICACION.

El que suscribe ING JAVIER MARTIN LOPEZ ZAPATA
Vicepresidente de Operaciones, en representación de la Empresa **CORPORACION RICO SAC**

HACE CONSTAR:

Que, al Señor(a): **HUAMÁN CRUZ LUIS ALBERTO**

Identificado(a) con D.N.I.: 29692013.

Se le autoriza el uso de las fotos o figuras, junto con sus datos técnicos del evento producido en la planta de procesamiento de aves **CORPORACION RICO SAC**.

Se expide la presente autorización a solicitud del interesado, para los tramites de tesis titulada: "ELECCIÓN ÓPTIMA DE ARRANQUE DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS ASÍNCRONOS SEGÚN SU USO EN LA INDUSTRIA" en la Universidad Continental.

Arequipa, 23 de septiembre del 2020

ING. JAVIER MARTIN LOPEZ ZAPATA
DNI: 06460673



Figura 107. Autorización de publicación de la empresa "Corporación Rico SAC".
Fuente: Elaboración propia.



11232



CONSTANCIA DE TRABAJO

El que suscribe, LIC. JULIA CHAVEZ CHAVEZ
apoderado, en representación de la Empresa CORPORACION RICO SAC

HACE CONSTAR :

Que, el Señor(a) : **HUAMAN CRUZ, LUIS ALBERTO**
identificado(a) con D.N.I. : 29692013
labora en nuestra empresa desde el : 02/08/2004 hasta la fecha. Desempeñado el
cargo de :

SUP MTO - ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los tramites :
ESTUDIOS

Arequipa, 24 de septiembre del 2020

CORPORACION RICO S.A.S.

JULIA CHAVEZ CHAVEZ
APODERADA

LIC. JULIA CHAVEZ CHAVEZ
D.N.I.: 29411374

Impr. freddy.comara - 24/09/2020 14:04

CORPORACIÓN RICO SAC - Vía de Evitamiento # 123 - Cerro Colorado ☎ (51)(54) 605300 📠 2648 - Arequipa
Sor Mate # 125 Of. 205 - Miraflores ☎ (51) (1) 448-8188 📠 (51) (1) 448-7065 / Car. Panamericana Sur Mza. B Lote. 12 Z.I. Asoc. Agrícola Concordia - Villa El Salvador - Lima
www.ricopollo.pe

Figura 108. Constancia de trabajo en "Corporación Rico SAC".
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO F. COTIZACIONES DE ARRANCADORES DE MOTORES



SONEPAR PERU SAC
RUC : 20111740438

COTIZACION N° 931303

Cliente : HUAMAN CRUZ, LUIS
Dirección : AREQUIPA
Atención : CLIENTE VARIOS AREQUIPA
Referencia :
Fecha : 01/12/2020
Teléfono :
Fax :

It	Cod.Iglo	Descripción	Cod.Proov.	Marca	Cant	UM	T.Ent	Unit \$/IGV	Total \$/IGV	Unit C/IGV	Total C/IGV
1		PROTECCION MOTOR DE 30 KW 40 HP CON ARRANQUE DIRECTO						0	0	0	0.00
2	36116Q70116	GUARDAMOTOR MAGNETICO 3P 100A 415VAC 70KA COMPACT NSX LV429760	(*) LV429760	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	2 Dias	633.012	633.01	746.954	746.95
3	36216Q70230	CONTACTOR POTENCIA MAGNETICO 3P 65A AC3 220VAC 1NA+1NC TESYS LC1D65AM7	LC1D65AM7	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	485.769	485.77	573.207	573.21
4	36126Q70034	RELE SOBRECARGA TERMICO 48-65A 1NA+1NC TESYS LRD365	LRD365	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	291.452	291.45	343.913	343.91
5	62114C10033	TABLERO MURAL METALICO GRIS IP66 800X 600X 300MM C/PLACA ATLANTIC 036937	036937	LEGRAND	1	Pza.	Inmediato	491.186	491.19	579.600	579.60
6	32116QH0043	PULSADOR LUMIN. RASANTE METAL ROJO 22MM 220-240VAC C/LED 1NA+1NC HARMONY XB4BW34M5	XB4BW34M5	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	91.613	91.61	108.103	108.10
7	32116QH0044	PULSADOR LUMIN. RASANTE METAL VERDE 22MM 220-240VAC C/LED 1NA+1NC HARMONY XB4BW33M5	XB4BW33M5	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	91.613	91.61	108.103	108.10
8	32166QH0049	PULSADOR PARADA EMERGENCIA HONGO 40MM ROJO 22MM 1NC HARMONY XB4BS6442	XB4BS6442	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	66.873	66.87	78.910	78.91
9	13133WW0009	CONDUCTOR ELECTRICO 1KV VULCANIZADO 4X6AWG NEGRO NPT	10000804	INDECO	10	M	2 Dias	27.590	275.90	32.556	325.56
10	13323W0020	CONDUCTOR ELECTRICO 300V 16AWG AZUL AUTOMOTRIZ GPT-3	10000673	INDECO	50	M	Inmediato	0.651	32.53	0.768	38.40

(*) PRODUCTO SE TRAE SOLO BAJO PEDIDO, NO SE ACEPTA DEVOLUCION NI ANULACION

CUENTAS CORRIENTES: BCP SOL: 215-1208754-0-50 BCP USD: 215-1184073-1-59

CONDICIONES DE PAGO :

Condición de Pago : Contado

Moneda : SOL
Validez de Precios : 10 Días
Lugar de Entrega :

Gestor Comercial : Ana Maria Lazo Aquis
Movil : 950976030 / 992746311
Email : ana.lazo@ampingenieros.pe
Elaborado por : Lazo Aquis
Quejas y/o Sugerencias: librodereclamaciones@sonepar.pe

Observaciones :

Total Neto	2,459.94
Dcto Adic	0
I.G.V.(18%)	442.79
Total Cotizado \$/.	2,902.73

LA PRESENTE COTIZACION, ESTÁ SUJETA A LAS CONDICIONES GENERALES DE VENTA, DETALLADA EN NUESTRA PÁGINA WEB: WWW.SONEPAR.PE

CONDICIONES GENERALES DE VENTA SONEPAR PERU S.A.C.

1. ACEPTACION DE LA OFERTA:

1.1. Este documento y su aceptación constituyen las condiciones generales de venta de los productos y/o servicios incluidas en la misma. Para aceptar nuestra oferta silvase enviar una Orden de Compra debidamente firmada por el representante autorizado de su empresa o utilizar nuestra propia oferta; para tal efecto, el presente documento debe ser devuelto, con las firmas de sus representantes legales autorizados.

SUC. LIMA - MIRAFLORES
Jr. Yanosay 1870 Urb. Cañara
Rios - Cercado Lima
Telf: 713 0442
ventasmiraflores@vyf.pe

SUC. LIMA - BAMBAS
Jr. Bambas 449
Rios - Cercado Lima
Av. Guillermo Dansey
451 Int. 12-13
Telf: 719 4251
ventasbambas@vyf.pe

SUC. NORTE - CHICLAYO
Calle Diego Feme N° 532 -
Chiclayo - Lambayeque
Telf: 511741 624535
ventaschiclayo@dirome.pe

SUC. LIMA - STA ANITA
Av. Los Ruzes Nº 584
Telf: 717 8934
ventasantaanita@vyf.pe

SUC. NORTE - TRUJILLO
Av. America Sur 2621
Telf: 511441 203610
ventasamerica@dirome.pe

SUC. NORTE - TRUJILLO
Jr. Unión 232
Telf: 511441 203613
ventasunion@dirome.pe

SUC. NORTE - PIURA
Av. Los Cocos 595 MZ J
LT 1 Urb Grau - Piura
Telf: 511731 320844
ventaspiura@dirome.pe

SUC. SUR - AREQUIPA
C/1 Fco Gomez de la Torre 105
Urb La Victoria - Arequipa
Telf: 511541 285040
ventasarequipa@ampingenieros.pe

Figura 109. Cotización de Arranque Directo.

Fuente: Elaboración propia.



SONEPAR PERU SAC
RUC : 20111740438

COTIZACION N° 931300

Cliente : HUAMAN CRUZ, LUIS
Dirección : AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
Atención : CLIENTE VARIOS AREQUIPA
Referencia :
Fecha : 01/12/2020
Teléfono :
Fax :

It	Codigo	Descripcion	Cod.Proov.	Marca	Cant	UM	T.Ent	Unit S/IGV	Total S/IGV	Unit C/IGV	Total C/IGV
1		ARRANQUE DE MOTOR DE 30 KW 40 HP CON ESTRELLA TRIANGULO CON DISYUNTOR Y PROTECCION CONTRA LAS SOBRECARGAS POR RELE TERMICO SUELTO						0	0	0	0.00
2	36116Q70112	GUARDAMOTOR MAGNETICO 3P 65A 400/415VAC 50KA TESYS GV3L65	(*) GV3L65	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	3 Dias	590.868	590.87	697.224	697.22
3	36216Q70230	CONTACTOR POTENCIA MAGNETICO 3P 65A AC3 220VAC 1NA+1NC TESYS LC1D65AM7	LC1D65AM7	SCHNEIDER ELECTRIC	3	Pza.	Inmediato	485.769	1,457.31	573.207	1,719.62
4	36126Q70034	RELE SOBRECARGA TERMICO 48-65A 1NA+1NC TESYS LRD365	LRD365	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	291.452	291.45	343.913	343.91
5	36326Q70177	BLOCK CONTACTO TEMPORIZADOR ESTRELLA TRIANGULO 1-300 1NA+1NC TESYS LADG2	(*) LADG2	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	3 Dias	318.808	318.81	376.193	376.19
6	62114C10033	TABLERO MURAL METALICO GRIS IP66 800X 600X 300MM C/PLACA ATLANTIC 036937	036937	LEGRAND	1	Pza.	Inmediato	491.186	491.19	579.600	579.60
7	32116QH0043	PULSADOR LUMIN. RASANTE METAL ROJO 22MM 220-240VAC C/LED 1NA+1NC HARMONY XB4BW34M5	XB4BW34M5	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	91.613	91.61	108.103	108.10
8	32116QH0044	PULSADOR LUMIN. RASANTE METAL VERDE 22MM 220-240VAC C/LED 1NA+1NC HARMONY XB4BW33M5	XB4BW33M5	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	91.613	91.61	108.103	108.10
9	32166QH0049	PULSADOR PARADA EMERGENCIA HONGO 40MM ROJO 22MM 1NC HARMONY XB4B08442	XB4B08442	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	66.873	66.87	78.910	78.91
10	13133WW0009	CONDUCTOR ELECTRICO 1KV VULCANIZADO 4X6AWG NEGRO NPT	10000804	INDECO	10	M	2 Dias	27.590	275.90	32.556	325.56



SONEPAR PERU SAC
RUC : 20111740438

COTIZACION N° 931300

Cliente : HUAMAN CRUZ, LUIS
Dirección : AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
Atención : CLIENTE VARIOS AREQUIPA
Referencia :
Fecha : 01/12/2020
Teléfono :
Fax :

It	Codigo	Descripcion	Cod.Proov.	Marca	Cant	UM	T.Ent	Unit S/IGV	Total S/IGV	Unit C/IGV	Total C/IGV
11	13323W50020	CONDUCTOR ELECTRICO 300V 16AWG AZUL AUTOMOTRIZ GPT-3	10000573	INDECO	50	M	Inmediato	0.651	32.53	0.768	38.40

(*) PRODUCTO SE TRAE SOLO BAJO PEDIDO, NO SE ACEPTA DEVOLUCION NI ANULACION

CUENTAS CORRIENTES: BCP SOL: 215-1206754-0-50 BCP USD: 215-1184073-1-59

CONDICIONES DE PAGO :

Condición de Pago : Contado

Gestor Comercial : Ana Maria Lazo Aquisé
Movil : 950978030 / 992746311

Total Neto	3,708.15
Dcto Adic	0
I.G.V.(18%)	667.47
Total Cotizado S/.	4,375.62

Figura 110. Cotización de Arranque estrella triángulo.
Fuente: Elaboración propia.



SONEPAR PERU SAC
RUC : 20111740438

COTIZACION N° 931297

Cliente : HUAMAN CRUZ, LUIS
Dirección : AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
Atención : CLIENTE VARIOS AREQUIPA
Referencia :
Fecha : 01/12/2020
Teléfono :
Fax :

It	Código	Descripción	Cod.Proov.	Marca	Cant	UM	T.Ent	Unit S/IGV	Total S/IGV	Unit C/IGV	Total C/IGV
1		ARRANQUE DE MOTOR DE 30 KW 40 HP CON ARRANCADOR ESTADO SOLIDO ATS22						0	0	0	0.00
2	37116Q20025	ARRANCADOR ELECTRONICO SUAVE 75A 25/50HP 220/440VAC ALTISTART ATS22D75S6	(*) ATS22D75S6	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	15 Dias	2,422.417	2,422.42	2,858.452	2,858.45
3	36116Q70059	GUARDAMOTOR MAGNETO-TERMICO 3P 48-65A 400/415VAC 50KA TESYS GV3P65	GV3P65	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	693.921	693.92	818.827	818.83
4	62114C10033	TABLERO MURAL METALICO GRIS IP66 800X 600X 300MM C/PLACA ATLANTIC 036937	036937	LEGRAND	1	Pza.	Inmediato	491.186	491.19	579.600	579.60
5	32116QH0043	PULSADOR LUMIN. RASANTE METAL ROJO 22MM 220-240VAC C/LED 1NA+1NC HARMONY XB4BW34M5	XB4BW34M5	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	91.613	91.61	108.103	108.10
6	32116QH0044	PULSADOR LUMIN. RASANTE METAL VERDE 22MM 220-240VAC C/LED 1NA+1NC HARMONY XB4BW33M5	XB4BW33M5	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	91.613	91.61	108.103	108.10
7	32166QH0049	PULSADOR PARADA EMERGENCIA HONGO 40MM ROJO 22MM 1NC HARMONY XB4BS8442	XB4BS8442	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	66.873	66.87	78.910	78.91
8	13133WW0009	CONDUCTOR ELECTRICO 1KV VULCANIZADO 4X6AWG NEGRO NPT	10000604	INDECO	10	M	2 Dias	27.590	275.90	32.556	325.56
9	13323WS0020	CONDUCTOR ELECTRICO 300V 16AWG AZUL AUTOMOTRIZ GPT-3	10000673	INDECO	50	M	Inmediato	0.651	32.53	0.768	38.40

(*) PRODUCTO SE TRAE SOLO BAJO PEDIDO. NO SE ACEPTA DEVOLUCION NI ANULACION

CUENTAS CORRIENTES: BCP SOL: 216-1206754-0-50 BCP USD: 215-1184073-1-59

Total Neto 4,168.05
Dcto Adic 0
I.G.V.(18%) 749.89
Total Cotizado S/. 4,915.94

CONDICIONES DE PAGO :

Condición de Pago : Contado

Moneda : SOL
Validez de Precios : 10 Días
Lugar de Entrega :

Gestor Comercial : Ana Maria Lazo Aquisse
Movil : 950976030 / 992746311
Email : ana.lazo@ampingenieros.pe
Elaborado por : Lazo Aquisse
Quejas y/o Sugerencias: librodereclamaciones@sonepar.pe

Observaciones :

LA PRESENTE COTIZACIÓN, ESTÁ SUJETA A LAS CONDICIONES GENERALES DE VENTA, DETALLADA EN NUESTRA PÁGINA WEB: WWW.SONEPAR.PE

CONDICIONES GENERALES DE VENTA SONEPAR PERU S.A.C.

1.ACEPTACION DE LA OFERTA:

1.1. Este documento y su aceptación constituyen las condiciones generales de venta de los productos y/o servicios incluidos en la misma. Para aceptar nuestra oferta sírvase enviar una Orden de Compra debidamente firmada por el representante autorizado de su empresa o utilizar nuestra propia oferta; para tal efecto, el presente documento debe ser devuelto, con las firmas de sus representantes legales autorizados.
1.2. El pedido efectuado por el cliente, bajo esta oferta, no será considerado definitivo, hasta la aprobación por parte de Sonepar Peru S.A.C. por escrito, con envío de confirmación de pedido.

2.MODIFICACION Y CANCELACION DEL PEDIDO

SUC. LIMA - MIRAFLORES
Jr. Yunay 1870 Urb Chacra
Riqa - Cercado Lima
Telf: 713 0442
ventasmiraflores@vyf.pe

SUC. LIMA - CERCADO
Jr. Bambas 449
Telf: 719 5905
Av. Guillermo Dansey
481 Int. 12-13
Telf: 719 4251
ventasbambas@vyf.pe

SUC. NORTE - CHICLAYO
Calle Diego Ferré N° 532 -
Chiclayo - Lambayeque
Telf: 51(74) 624535
ventaschiclayo@dirome.pe

SUC. LIMA - STA ANITA
Av. Los Ruiseñores 584
Telf: 717 2934
ventasantaanita@vyf.pe

SUC. NORTE - TRUJILLO
Av. America Sur 2621
Telf: 51(44) 203610
ventasamerica@dirome.pe

SUC. NORTE - TRUJILLO
Jr. Unión 232
Telf: 51(44) 203613
ventasunion@dirome.pe

SUC. NORTE - PIURA
Av. Los Cocos 595 MZ J
LT 1 Urb Grau - Piura
Telf: 51(73) 320844
ventaspiura@dirome.pe

SUC. SUR - AREQUIPA
Cll Fco Gómez de la Torre 105
Urb La Victoria - Arequipa
Telf: 51(84) 289040
ventasarequipa@ampingenieros.pe

Figura 111. Cotización de Arrancador de Estado Sólido (Soft starter).

Fuente: Elaboración propia.



Cliente : HUAMAN CRUZ, LUIS
 Dirección : AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
 Atención : CLIENTE VARIOS AREQUIPA
 Referencia :
 Fecha : 01/12/2020
 Teléfono :
 Fax :

SONEPAR PERU SAC
 RUC : 20111740438

COTIZACION N° 931295

It	Código	Descripción	Cod.Proov.	Marca	Cant	UM	T.Ent	Unit S/IGV	Total S/IGV	Unit C/IGV	Total C/IGV
1		ARRANQUE DE MOTOR DE 30 KW 40 HP CON VARIADOR						0	0	0	0.00
2	37216QD0043	VARIADOR TRIFASICO 40HP/30KW 380-480VAC 51.5A IP21 ALTIVAR PROCESS ATV930D30N4	(*) ATV930D30N4	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	2 Dias	8,570.955	8,570.95	10,113.727	10,113.73
3	36116Q70059	GUARDAMOTOR MAGNETO-TERMICO 3P 48-65A 400/415VAC 50KA TESIS G3P65	G3P65	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	693.921	693.92	818.827	818.83
4	62114C10033	TABLERO MURAL METALICO GRIS IP66 800X 600X 300MM C/PLACA ATLANTIC 036937	036937	LEGRAND	1	Pza.	Inmediato	491.186	491.19	579.600	579.60
5	32116QH0043	PULSADOR LUMIN. RASANTE METAL ROJO 22MM 220-240VAC C/LED 1NA+1NC HARMONY XB4BW34M5	XB4BW34M5	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	91.613	91.61	108.103	108.10
6	32116QH0044	PULSADOR LUMIN. RASANTE METAL VERDE 22MM 220-240VAC C/LED 1NA+1NC HARMONY XB4BW33M5	XB4BW33M5	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	91.613	91.61	108.103	108.10
7	32166QH0049	PULSADOR PARADA EMERGENCIA HONGO 40MM ROJO 22MM 1NC HARMONY XB4BS8442	XB4BS8442	SCHNEIDER ELECTRIC	1	Pza.	Inmediato	66.673	66.67	78.910	78.91
8	13133WW0009	CONDUCTOR ELECTRICO 1KV VULCANIZADO 4X6AWG NEGRO NPT	10000804	INDECO	10	M	2 Dias	27.590	275.90	32.556	325.56
9	13323WS0020	CONDUCTOR ELECTRICO 300V 16AWG AZUL AUTOMOTRIZ GPT-3	10000673	INDECO	50	M	Inmediato	0.651	32.53	0.768	38.40

(*) PRODUCTO SE TRAE SOLO BAJO PEDIDO, NO SE ACEPTA DEVOLUCION NI ANULACION

CUENTAS CORRIENTES: BCP SOL: 215-1206754-0-50 BCP USD: 215-1184073-1-50

Total Neto	10,314.58
Dcto Adic	0
I.G.V.(18%)	1,856.62
Total Cotizado S/.	12,171.20

CONDICIONES DE PAGO :

Condición de Pago : Contado

Moneda : SOL
 Validez de Precios : 10 Días
 Lugar de Entrega :

Gestor Comercial : Ana Maria Lazo Aquisé
 Movil : 950976030 / 992746311
 Email : ana.lazo@ampingenieros.pe
 Elaborado por : Lazo Aquisé
 Quejas y/o sugerencias: librodereclamaciones@sonepar.pe

Observaciones :

LA PRESENTE COTIZACIÓN, ESTÁ SUJETA A LAS CONDICIONES GENERALES DE VENTA, DETALLADA EN NUESTRA PÁGINA WEB: WWW.SONEPAR.PE

CONDICIONES GENERALES DE VENTA SONEPAR PERU S.A.C.

1.ACEPTACION DE LA OFERTA:

1.1. Este documento y su aceptación constituyen las condiciones generales de venta de los productos y/o servicios incluidos en la misma. Para aceptar nuestra oferta sírvase enviar una Orden de Compra debidamente firmada por el representante autorizado de su empresa o utilizar nuestra propia oferta; para tal efecto, el presente documento debe ser devuelto, con las firmas de sus representantes legales autorizados.

1.2. El pedido efectuado por el cliente, bajo esta oferta, no será considerado definitivo, hasta la aprobación por parte de Sonepar Perú S.A.C. por escrito, con envío de confirmación de pedido.

2.MODIFICACION Y CANCELACION DEL PEDIDO

SUC. LIMA - MIRAFLORES
Jr. Yunosay 1870 Urb Chacra
Ríos - Cercado Lima
Telf: 713 0442
ventasmiraflores@vyf.pe

SUC. LIMA - CERCADO
Jr. Bambas 449
Telf: 719 5505
Av. Guillermo Dansey
481 Int. 12-13
Telf: 719 4251
ventasbambas@vyf.pe

SUC. NORTE - CHICLAYO
Calle Diego Ferré N° 532 -
Chiclayo - Lambayeque
Telf: 51(74) 624535
ventaschiclayo@dirome.pe

SUC. LIMA - STA ANITA
Av. Los Ruizeflores 594
Telf: 717 8934
ventasantaanita@vyf.pe

SUC. NORTE - TRUJILLO
Av. America Sur 2621
Telf: 51(44) 203610
ventasamerica@dirome.pe

SUC. NORTE - TRUJILLO
Jr. Unión 232
Telf: 51(44) 203613
ventasunion@dirome.pe

SUC. NORTE - PIURA
Av. Los Cocos 595 MZ J
LT 1 Urb Grau - Piura
Telf: 51(73) 320844
ventaspiura@dirome.pe

SUC. SUR - AREQUIPA
C/ Fco Gomez de la Torre 105
Urb La Victoria - Arequipa
Telf: 51(54) 289040
ventasarequipa@ampingenieros.pe

Figura 112. Cotización de Arrancador con Variador de Velocidad.

Fuente: Elaboración propia.