

PUESTA EN MARCHA DEL BANCO DE ENTRENAMIENTO PARA MANIOBRA
DE MOTORES DE INDUCCION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA
MECATRONICA DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL
INGENIERÍA MECATRÓNICA
CÚCUTA
2022-2

PUESTA EN MARCHA EN MARCHA DEL BANCO DE ENTRENAMIENTO PARA
MANIOBRA DE MOTORES DE INDUCCION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA
MECATRONICA DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



REALIZADO POR

JESUS DAVID PEÑALOZA CORZO

TESIS DE INVESTIGACION

DIRECTOR

ING. LUIS EVELIO PRADO PEREZ

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL
INGENIERÍA MECATRÓNICA
CÚCUTA
2022-2

DEDICATORIA

La tesis realizada primero que todo es dedicada a mi madre maría amparo peñaloza corzo que con su dedicación, apoyo y coraje logro darme el apoyo necesario para poder realizar mis estudios y resaltar todo el esfuerzo que hizo con tal de verme estudiar en una universidad y así tener un logro para mi vida como lo es ser un profesional , se dedica esta tesis al cuerpo de docentes que con su conocimiento y dedicación a educarnos logramos adquirir los conocimientos necesarios para el desarrollo de este proyecto.



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerle a Dios por bendecirme por haber llegado hasta donde estoy y haberme dado la oportunidad de cursar esta carrera.

A mi madre por el apoyo incondicional que recibí por parte de ella durante el transcurso de mi carrera profesional.

A mi director de trabajo de grado por ser mi principal colaborador durante todo este proceso, quien con su conocimiento y enseñanza permitió el desarrollo de este trabajo.



RESUMEN

Este proyecto inicia con el análisis detallado del banco de entrenamiento para arranque y maniobra de motores de inducción para esto se realizó el estudio de cada uno de los sistemas que lo componen, se requirió la búsqueda de catálogos suministrados por parte del fabricante donde se vio cómo funcionaba cada elemento del mismo y así se comprobó que el diseño suministrado concordaba con el banco que se tiene en el laboratorio. Realizado esto se dio la puesta en marcha del mismo el cual requirió de encenderlo y mirar que funcionaba y que no, finalizado esto se permitirá que los estudiantes de ingeniería mecatronica de la universidad de pamplona sede villa del rosario puedan realizar prácticas donde apliquen los conocimientos adquiridos en clase a su vez esto se organizaron los datos obtenidos a lo largo de todo el trabajo, para así poder dejar una guía detallada sobre el banco de entrenamiento.

Palabras claves: Banco, motores, electrónica, aprendizaje.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido	
RESUMEN	5
INTRODUCCION.....	11
1 IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	12
1.1 TITULO.....	12
1.2 EL PROBLEMA.....	12
1.2.1 JUSTIFICACION	13
1.2.2 Justificacion.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3 OBJETIVOS.....	14
1.3.1 OBJETIVO general.....	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	14
1.4.1 Alcances	14
1.4.2 Limitaciones	14
2 Marco teorico y estado del arte.....	15
2.1 ESTADO DEL ARTE	15
2.2 MARCO TEÓRICO	19
Motor eléctrico	19
Partes de un motor eléctrico:	20
Tipos de arranque	21
Arranque directo:.....	21
Conexión estrella:	23
Conexión triángulo (delta):	24
Conexión estrella-delta:.....	24
Conexión delta-estrella:.....	26
Arranque con variador de frecuencia	27
Arranque con arrancador suave	30
Esquemas de arranque de motores	32
¿Qué es mantenimiento?.....	38

Objetivo del mantenimiento.....	39
Importancia del mantenimiento.....	40
Mantenimiento tipos.....	41
Historia del mantenimiento.....	42
Clasificación de mantenimiento.....	43
¿Qué es el mantenimiento preventivo?	43
Mantenimiento de tipo correctivo	45
Mantenimiento predictivo:.....	47
3 CARACTERIZACION DEL BANCO.....	51
CARACTERÍSTICAS DEL BANCO.....	51
Sistemas de arranque	51
Esquema de control de banco	52
Descripción y funcionamiento de cada componente del banco.....	54
El micromaster 420	54
Arrancador suave SIRIUS 3RW4024	61
Totalizador	65
.....	70



TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Banco de prueba modular para arranque de motor	15
Figura 2 Modulo de banco de motores SIDILAB.....	16
Figura 3 Bornes de conexión	16
Figura 4 Modulo de banco de motores CHOIEO sin medidores de variables.....	17
Figura 5 Banco de pruebas para motores eléctricos.....	18
Figura 6 Motor eléctrico de 1/2 HP	19
Figura 7 circuito simplificado arranque directo	22
Figura 8 Aceleración motor.....	23
Figura 9 Conexión estrella.....	23
Figura 10 Conexión delta.....	24
Figura 11 Diagrama esquemático de un motor arranque estrella-delta	25
Figura 12 Diagrama esquemático de un motor trifásico delta-estrella	27
Figura 13 Rampas lineales T1 y T2	28
Figura 14 Rampa S.....	28
Figura 15 Rampa U.....	29
Figura 16 Arrancador suave	30
Figura 17 Circuito SCR	31
Figura 18 Esquema arranque directo	33
Figura 19 Esquema de arranque estrella triangulo.....	33
Figura 20 Esquema de arranque triangulo estrella.....	34
Figura 21 Esquema de arranque con variador de frecuencia.....	34
Figura 22 esquema arranque con arrancador suave	35
Figura 23 Tipos de arranque para un motor	36
Figura 24 mantenimiento	38
Figura 25 Mantenimiento correctivo	43
Figura 26 Modos mantenimiento	50
Figura 27 esquema de potencia del banco	51
Figura 28 Esquema de control del banco.....	52
Figura 29 Dimensiones del banco	52
Figura 30 Esquema MICROMASTER 420	56
Figura 31 Conexión MICROMASTER 420.....	57
Figura 32 Instalación típica MICROMASTER 420	58
Figura 33 MICROMASTER 420.....	58
Figura 34 MICROMASTER laboratorio.....	60
Figura 35 modo funcionamiento arrancador suave	61
Figura 36 posicionamiento arrancador suave.....	63
Figura 37 Arrancador suave 3RW4024	64
Figura 38 Arrancador suave laboratorio	64
Figura 39 Totalizador laboratorio	65

Figura 40 Motor eléctrico laboratorio	66
Figura 41 Contactor	67
Figura 42 Switche.....	67
Figura 43 Switche.....	68
Figura 44 Switche.....	68
Figura 45 Pulsador.....	69
Figura 46 Panel digital.....	69
Figura 47 Luz piloto	70
Ilustración 48 Borneras	70

TABLA DE TABLAS

Tabla 1 Características arranque de motores	32
Tabla 2 características para los diferentes tipo de arranque de motor	37
Tabla 3 Diferencias tipos de mantenimiento	49
Tabla 4 Análisis de equipos del banco de arranque y maniobra de motores de inducción	53
Tabla 5 Equipos de control	54
Tabla 6 Equipos de medición	54
Tabla 7 Bornes de conexión MICROMASTER 420	57
Tabla 8 Botones en el panel BOP	59

INTRODUCCION

En este proyecto se describe de forma detallada el funcionamiento del banco de arranque y maniobra de motores inducción para el aprendizaje de los estudiantes del programa de ingeniería mecatrónica de la universidad de pamplona sede villa del rosario.

El banco cuenta Motor trifásico, 3Hp, 220 voltios de 2 polos, con bornera para conexión con 3 terminales a su vez posee un variador de velocidad de referencia MICROMASTER 420 de la marca SIEMENES y además un arrancador suave y otros componentes los cuales son pantalla led pulsadores contactores y seleccionadores y así mismo posee los distintos tipos de arranques los cuales son:

- Arranque directo
- Arranque estrella-delta
- Arranque con variador de velocidad
- Arranque con arrancador suave, con corriente reducida

En este trabajo también incluye unas guías prácticas, para el manejo del banco arranque y maniobra de motores de inducción, cuenta con un manual de mantenimiento para el banco de prácticas.

1 IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1 TITULO

Puesta en marcha en marcha del banco de entrenamiento para maniobra de motores de inducción del programa de ingeniería mecatrónica de la universidad de pamplona

1.2 EL PROBLEMA

1.2.1 Planteamiento del problema

El motor eléctrico de corriente alterna es ampliamente utilizado a nivel industrial para diferentes aplicaciones como bombas, bandas transportadoras, ascensores, molinos, ventiladores, compresores, extrusoras, por mencionar solo algunos. Existen diferentes tipos de motores dependiendo de la aplicación, con diferentes tipos de conexiones para su operación. Por otra parte una de las áreas de formación de la ingeniería mecatrónica de la universidad de pamplona es la de máquinas eléctricas y control en la cual se abordan diferentes temáticas relacionadas con la automatización es aquí donde los motores eléctricos desempeñan un papel importante siendo uno de los actuadores más presentes a nivel industrial, por este motivo la universidad de pamplona adquirió en los últimos años un banco de entrenamiento para arranque y maniobra de motores de inducción que permiten fortalecer la formación en este campo tales como los motores trifásicos, variadores de velocidad y sus tipos de configuraciones. El laboratorio de ingeniería mecatrónica de la universidad de pamplona cuenta actualmente con un banco de entrenamiento para arranque y maniobra de motores. Pero debido a falta de mantenimiento se encuentra sin funcionamiento se pretende realizar su puesta en marcha para esto es necesario estudiar todos los sistemas que lo componen y para así lograr su respectiva reparación. Para evitar que los diferentes sistemas que componen el banco vuelvan a fallar es necesario realizar un plan de mantenimiento con el fin de preservar su funcionamiento. De acuerdo a esto los estudiantes del programa de ingeniería mecatrónica podrán aplicar los conocimientos adquiridos en las aulas en este caso ya más a nivel aplicativo [1].

1.2.1. JUSTIFICACION

El banco didáctico de entrenamiento para arranque y maniobra de motores eléctricos busca contribuir con la formación académica de los estudiantes de Ingeniería mecatronica, donde se crea la posibilidad de realizar prácticas que aportan a los conocimientos adquiridos en clases en temas relacionados a motores eléctricos ,circuitos eléctricos, control y electrónica.

El banco didáctico de entrenamiento para arranque y maniobra de motores eléctricos permitirá que estudiantes de la Universidad de pamplona sede villa rosario realicen prácticas de conexiones con motores trifásicos, por medio de elementos como son: contactores, auxiliares, variador de velocidad y sus diferentes tipos de configuración de arranque, en un ambiente más didáctico para la fácil manipulación y conexión de los elementos. Podrán además llevar a cabo este proceso mediante unas guías instructivas que se elaborarán previamente.

Además, este proyecto de grado busca facilitar la enseñanza con el fin de que estudiantes de la Universidad de pamplona del programa de ingenieria mecatronica se familiaricen con los elementos que habitualmente son usados fuera del aula como por ejemplo en entornos industriales. Así mismo, facilitar el conocimiento de uso de motores trifásicos, contactores, temporizadores, variadores de velocidad, entre otros. También, se podrá realizar prácticas de potencia y control de las diferentes formas de conectar motores trifásicos a las diferentes tensiones y frecuencias

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Puesta en marcha del banco de entrenamiento para arranque y maniobra de motores de inducción del programa de ingeniería mecatronica de la universidad de pamplona

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los diferentes componentes del banco de entrenamiento para arranque y maniobra de motores de inducción.
- Estudiar los tipos de arranque de los motores eléctricos y sus posibles configuraciones.
- Formular el plan de mantenimiento para el banco de entrenamiento para arranque y maniobra de motores.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances

Este proyecto consiste en la puesta en marcha del banco de arranque y maniobra de motores de inducción de la universidad de pamplona sede villa del rosario, para el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería mecatrónica.

1.4.2. Limitaciones

- EL banco de prácticas de motores tendrá un máximo de 1 motor para la realización de las prácticas
- El banco solo podrá seleccionar un tipo de arranque a la vez
- El método de control será realizado mediante pulsadores y seleccionadores

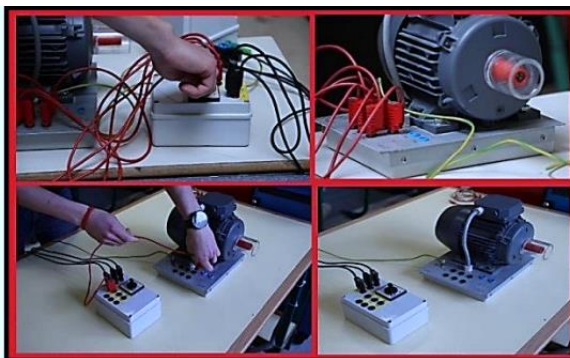
2 MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1 ESTADO DEL ARTE

A continuación, se presentan varios antecedentes sobre la implementación de bancos de motores eléctricos; se podrá observar su importancia, los resultados que se obtuvieron y las conclusiones que cada uno de los autores pudo determinar.

Špan, Farkaš, Mikic, Romih y Senica 7 estudiantes de ingeniería eléctrica de Eslovenia, diseñaron módulos separados para poder conectar un motor trifásico en configuración estrella – delta, la idea de estos módulos es poder utilizar, únicamente lo básico y necesario para diseñar, implementar y conectar dicho motor. Con estos módulos se pueden realizar múltiples conexiones como arranques directos, arranques suaves detección de fallas a la hora de conectar motores eléctricos; medir sus diferentes variables. En la figura 1 se aprecia el banco de pruebas realizado por los autores del proyecto:

Figura 1 Banco de prueba modular para arranque de motor



Fuente: ŠPAN, Andraž; FARKAŠ Luka; MIKIC Urban; et al. How to connect AC motor in Delta star configuration. Eslovenia. Better Electro-World Slovenian Meeting. 2018. 26p [2].

La empresa Sidilab (sistemas Didácticos de Laboratorio) con sede en Villaviciosa de Odón, ubicada en Madrid España, ofrece a sus clientes diferentes opciones de bancos de pruebas para motores eléctricos, a base de contactores, plc, y demás artículos relacionados con el control de motores eléctricos, En la figura 2 se puede observar un banco de pruebas de motores modular, con un motor trifásico de 2HP y 6 bornes.

Figura 2 Modulo de banco de motores SIDILAB



Sidilab también ofrece diferentes tipos de motores según sus bornes de conexión, como se muestra en la figura 3.

Figura 3 Bornes de conexión



Fuente: SIDELAB. Banco de ensayo para maquinas eléctricas. [En Línea].

Recuperado en 2019-10-31. Disponible en: <https://www.sidilab.com> [3].

La empresa China CHOIEO, ofrece diferentes tipos de bancos de motores para pruebas de motores eléctricos a diferentes voltajes, estos bancos están diseñados y contruidos para fines educativos, con los cuales sus clientes pueden desarrollar diferentes prácticas con motores eléctricos, en la siguiente figura 4 se muestra el modelo de uno de los bancos de pruebas de motores eléctricos

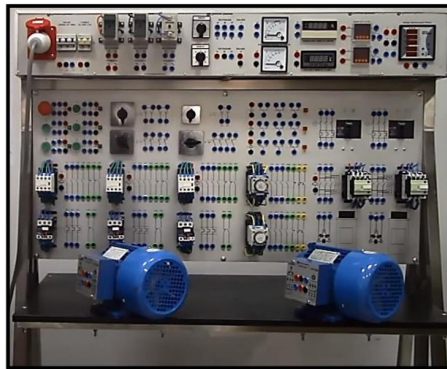
Figura 4 Modulo de banco de motores CHOIEO sin medidores de variables



Fuente: CHOIEO. Módulo de banco de motores [En Línea]. Recuperado en 2019-10- 31. Disponible en: <http://www.choieo.com> [4].

Los estudiantes de La universidad Nacional del Callao, con sede en Perú, diseñaron, e implementaron un banco de motores trifásico, al cual le incluyeron contactores, botones pulsadores, elementos de protección industrial, para la realización de diferentes prácticas con motores eléctricos. Estas prácticas se pueden llevar a cabo de diferentes formas ya que el banco está diseñado para darle un uso didáctico y por tal motivo está abierto a diferentes conexiones con motores eléctricos, como son arranques estrella delta, inversión de giro, secuencias y cascadas de arranques de motores. En la figura 5 se muestra el banco de pruebas implementado por los estudiantes

Figura 5 Banco de pruebas para motores eléctricos



Fuente: PIZARRO Antony ROQUE. Arranque estrella- triángulo. Universidad Nacional del Callao, ingeniería Eléctrica y Electrónica, Julio 2015 [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=BGIL0oSLa1o> [5].

“Elección óptima de arranque de motores eléctricos trifásicos asíncronos según su uso en la industria” El autor muestra la investigación 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 [6].

“Desarrollo de plan de mantenimiento en motores” el autor en este trabajo va a identificar un tipo de mantenimiento de los Motores Eléctricos teniendo en cuenta las causas con mayor continuidad (tipos de falla, apariencia e historial del mantenimiento del motor) y a establecer las causas o problemas con conllevan a las fallas eléctricas de los motores [7].

“Mantenimiento y reparación de motores eléctricos sincrónicos” El autor en su trabajo final de Master consiste en el análisis del motor eléctrico síncrono así como su descripción, tipos de motores sincrónicos los componentes, principales fallas y sus causas con la finalidad hacer un detalle del proceso de mantenimiento y aspectos a tener en consideración [8].

“Algoritmo robusto para el diagnóstico de fallas eléctricas en el motor de inducción trifásico basado en herramientas espectrales y ondelatas” En este trabajo el autor presenta un conjunto de herramientas basadas en la transformada rápida de Fourier (TRF) y la transformada discreta ondeleta (TDO) Haar, Daubechies y Coiflet utilizando el módulo del vector espacial instantáneo (VEI) de las corrientes de

estator del motor de inducción trifásico para diagnosticar fallas en el estator y en el rotor. Se efectúa un estudio en simulación y una validación experimental de fallas eléctricas del estator para cortocircuito entre espiras de un mismo devanado y problemas de fisura de barra y anillo de cortocircuito de rotor [9].

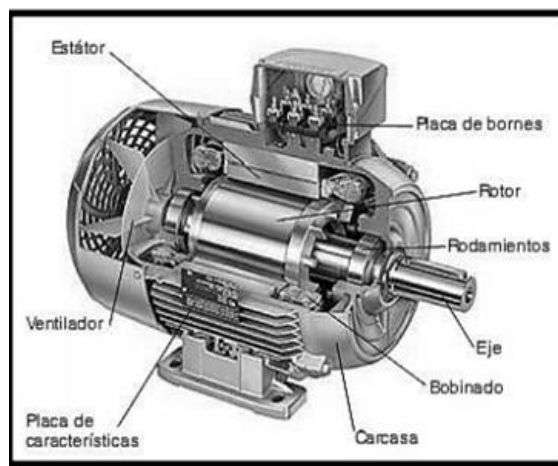
“Interfaz para la selección de motores de jaula de ardilla” En este artículo el autor desarrolla un algoritmo para la selección de motores de inducción trifásicos de jaula de ardilla, partiendo del conocimiento de la aplicación. El algoritmo es implementado en Microsoft Excel y parte de una metodología desarrollada que tiene en cuenta factores importantes, que en ocasiones se omiten y que intervienen en dicha selección. Todo con el fin de proporcionar una herramienta práctica que permite minimizar las fallas a causa de la mala selección y garantizar así, la continuidad del servicio [10].

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 MOTOR ELÉCTRICO

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos motores son reversibles, pueden transformar energía mecánica en eléctrica y se conocen como generadores En la Figura 9 se muestran un motor eléctrico de ½ HP [11].

Figura 6 Motor eléctrico de 1/2 HP



Fuente: MOTOREX. Tipos de motor eléctrico. (En línea) Recuperado en 2019-10-31. Disponible en: <http://www.motorex.com.pe/blog/tiposmotorelectrico-cerrado-abierto/> 53p [12].

2.2.2 PARTES DE UN MOTOR ELÉCTRICO:

Dentro de las características fundamentales de los motores eléctricos, éstos se hallan formados por varios elementos, sin embargo, las partes principales son: el estator, la carcasa, la base, el rotor, la caja de conexiones, las tapas y los cojinetes. No obstante, un motor puede funcionar solo con el estator y el rotor.

Estator

El estator es el elemento que opera como base, permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. El estator no se mueve mecánicamente, pero si magnéticamente. Existen dos tipos de estatores: polo saliente y ranurado. El estator está constituido principalmente de un conjunto de láminas de acero al silicio, que tienen la habilidad de permitir que pase a través de ellas el flujo magnético con facilidad; la parte metálica del estator y los devanados proveen los polos magnéticos. Los polos de un motor siempre son pares (pueden ser 2, 4, 6, 8, 10, etc.), por ello el mínimo de polos que puede tener un motor para funcionar es dos [\[13\]](#).

Rotor

El rotor es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica. Los rotores, son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete, y pueden ser básicamente de tres tipos: ranurado, polos salientes y jaula de ardilla [\[14\]](#).

Carcasa

La carcasa es la parte que protege y cubre al estator y al rotor, el material empleado para su fabricación depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación. Así pues, la carcasa puede ser: totalmente cerrada, abierta, a prueba de goteo, a prueba de explosiones y de tipo sumergible [\[15\]](#).

Base

La base es el elemento en donde se soporta toda la fuerza mecánica de operación del motor puede ser de dos tipos base frontal y base lateral [\[16\]](#).

Caja de conexiones

Por lo general, en la mayoría de los casos los motores eléctricos cuentan con caja de conexiones. La caja de conexiones es un elemento que protege a los conductores que alimentan al motor, resguardándolos de la operación mecánica del mismo, y contra cualquier elemento que pudiera dañarlos [\[17\]](#).

Tapas

Son los elementos que van a sostener en la gran mayoría de los casos a los cojinetes o rodamientos que soportan la acción del rotor [18].

Cojinetes

También conocidos como rodamientos, contribuyen a la óptima operación de las partes giratorias del motor. Se utilizan para sostener y fijar ejes mecánicos, y para reducir la fricción, lo que contribuye a lograr que se consuma menos potencia [19].

Actualmente en el banco de arranque y maniobra de motores se cuenta con el siguiente motor trifásico

2.2.3 TIPOS DE ARRANQUE

- Arranque directo
- Arranque delta estrella
- Arranque estrella delta
- Arranque estrella
- Arranque delta
- Arranque con variador de frecuencia
- Arranque con arrancador suave

Funcionamiento de los tipos de arranque de motor

Actualmente existen algunas conexiones fundamentales de los motores trifásicos: Todo esto con el fin de disminuir la corriente producida en el arranque del motor en haremos el estudio de cada una de ellas todo con el fin de seleccionar cual es la mejor en cuanto a eficiencia de arranque del motor.

ARRANQUE DIRECTO:

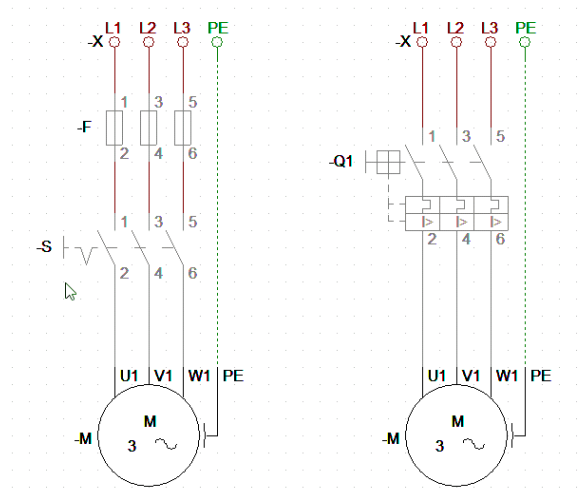
Este tipo de arranque es el más simple, consiste en conectar directamente el motor a la fuente de alimentación, cuando el motor arranca actúa como un transformador secundario, porque está en cortocircuito, la corriente se induce en el rotor. Es importante, por lo tanto, se obtiene un pico importante en la red. La corriente de arranque es de 5 a 8 veces la corriente nominal. A pesar de las ventajas de esta

conexión, debido a la simplicidad de la conexión, el inicio rápido y el bajo costo, solo es posible usar este inicio en los siguientes casos [21]:

- La potencia del motor es débil en comparación con la potencia de la fuente de alimentación de CA para limitar la alta corriente que produce.
- La máquina accionada no requiere mayor velocidad y tiene un dispositivo mecánico (como un reductor) que evita el arranque repentino.
- El par de arranque debe ser alto.

En la figura 7 se observa el circuito simplificado de un arrancador de este tipo para un motor trifásico de inducción. Como se ve en dicha figura, la conexión se hace de manera directa a las líneas AC de la red de distribución, teniendo todo el voltaje de la misma aplicada entre los bornes del motor y contando con el 100% del torque de arranque del motor (locked rotor torque). Durante este arranque la corriente es de aproximadamente el 600% del valor de corriente nominal (full load) y la duración de la aceleración del motor es de aproximadamente 8 segundos, como se aprecia en la figura 8 para un motor NEMA B

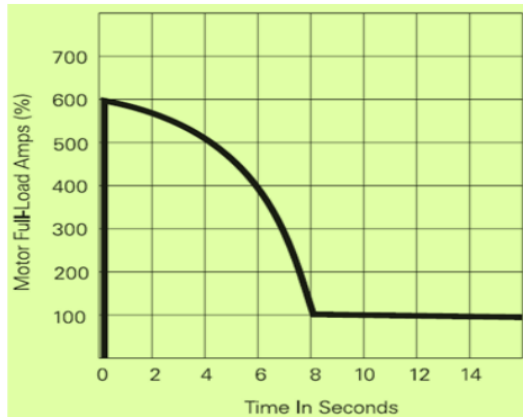
Figura 7 circuito simplificado arranque directo



Fuente: profetolocka. Arranque de motor directo. [En Línea]. Recuperado en 2021-06-28. Disponible en: <https://www.profetolocka.com.ar/2021/06/28/arranque-del-motor-asincrono-trifasico/> [22].

Curva de corriente de arranque contra tiempo de motor NEMA B

Figura 8 Aceleración motor

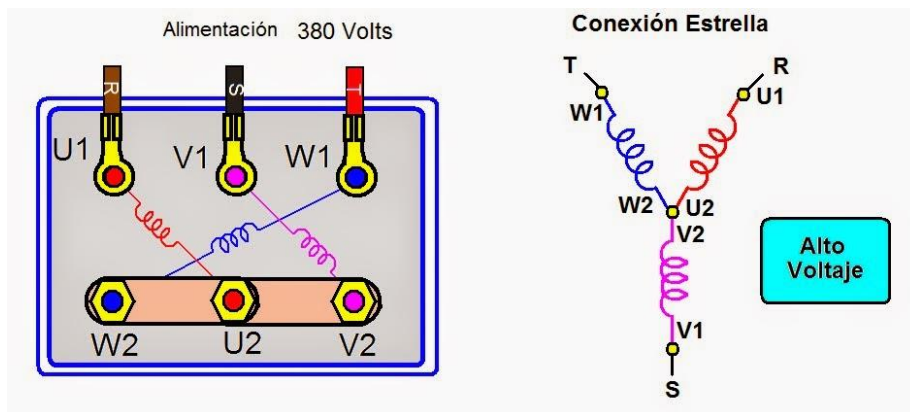


Fuente: inducor. Motor eléctrico. [En Línea]. Disponible en: <https://www.inducor.com.ar/academicos/calculo-de-maquinas-electricas/maquinas-electricas-capitulo5b.html> [23]

CONEXIÓN ESTRELLA:

Se podría definir como en la conexión estrella, los finales de las fases están unidos conjuntamente en un punto común (centro de estrella), y cada principio de fase va conectado a una de las líneas de alimentación de la red, en la figura 9. El nombre de estrella con que se designa dicha conexión es debido a la forma que adoptan las fases en el esquema de la misma, y se representa abreviadamente por el símbolo **Y** [24].

Figura 9 Conexión estrella

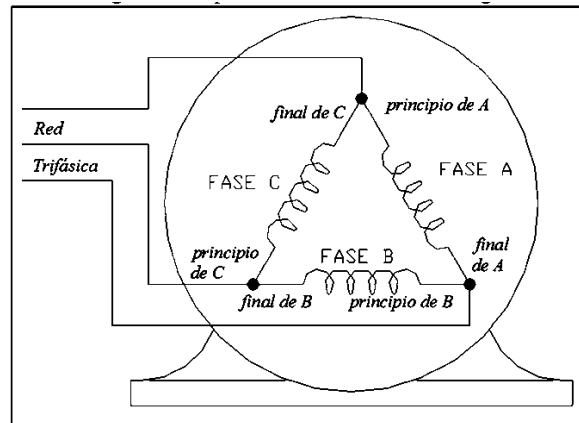


Fuente: Coparoman. Motores eléctricos trifásicos. [En Línea]. Recuperado en 2014-09-20. Disponible en: <https://coparoman.blogspot.com/2014/09/motores-electricos-trifasicos-de-6.html> [25].

CONEXIÓN TRIÁNGULO (DELTA):

Se podría definir como la conexión es en triángulo cuando el final de cada fase está unido al principio de la siguiente. En el esquema de la figura 10, que muestra esta conexión se aprecia que el final de la fase A está unido al principio de la fase B, y el final de la fase B al principio de la fase C, y el final de la fase C al principio de la fase A. De cada punto de unión o vértice parte una conexión hacia la red. También se habría obtenido una conexión en triángulo uniendo el final de la fase A al principio de la fase C, el final de la fase C al principio de la fase B, y el final de la fase B al principio de la fase A. El examen de la figura 10 justifica el nombre dado a esta conexión, que abreviadamente se representa por el símbolo Δ [26].

Figura 10 Conexión delta

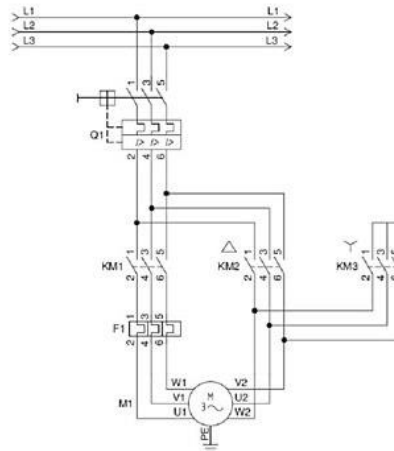


Fuente: Apcotech. Conexiones eléctricas. [En Línea]. Recuperado en 2016-08-16. Disponible en: <http://www.apcotech.com/BLOG/uncategorized/conexiones-electricas-tipo-estrella-y-delta-que-son-y-para-que-nos-sirven/> [27].

CONEXIÓN ESTRELLA-DELTA:

Este tipo de arranque es el más usado en los motores de inducción asíncronos y consiste en arrancar el motor en estrella con una tensión aproximada de 3 veces menor a la nominal del motor y luego de transcurrir un tiempo en esta conexión, mediante contactores pasar a la conexión delta disminuyendo así en gran medida la corriente de arranque del motor [28] en la figura 28 podemos ver el diagrama esquemático de un arranque en estrella-delta.

Figura 11 Diagrama esquemático de un motor arranque estrella-delta



Fuente: Wikipedia. Conexiones estrella-triángulo. [En Línea]. Recuperado en 2022-10-18. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Conexi%C3%B3n_estrella_tri%C3%A1ngulo [29].

VENTAJAS: Esta conexión no presenta problemas con los componentes en sus voltajes de terceros armónicos, puesto que se consume una corriente circulante en el lado de la delta (triángulo). Es conveniente para los transformadores reductores de tensión, debido a las características inherentes de los enrollamientos en estrella para altas tensiones y de los enrollamientos en triángulo para las bajas tensiones. No presenta problemas con los componentes en sus voltajes de terceros armónicos, puesto que se consume una corriente circulante en el lado de la delta (triángulo). El neutro del primario se puede conectar con la tierra. El neutro del primario se mantiene estable por el secundario en triángulo. Es estable con respecto a cargas desequilibradas, debido a que la delta redistribuye cualquier desequilibrio que se presente.

DESVENTAJAS: Esta conexión tiene como desventaja que el voltaje secundario se desplaza en retraso 30° con respecto al voltaje primario del transformador, lo cual ocasiona problemas en los secundarios si se desea conectar en paralelo con otro transformador, siendo uno de los requisitos para conectar en paralelo, que los ángulos de fase de los secundarios del transformador deben ser iguales. No se puede disponer de un neutro en el secundario para conectar con la tierra o para una distribución de cuatro cables, a menos que se disponga de un aparato auxiliar. Un defecto en una fase hace que no pueda funcionar la unidad trifásica, hasta que se le repare. El enrollamiento en el delta puede resultar débil mecánicamente en el caso de un transformador elevador con una tensión en el secundario muy alta, o con una tensión secundaria medianamente alta y potencia pequeña [30].

CONEXIÓN DELTA-ESTRELLA:

Este tipo de conexión no presenta muchos inconvenientes, pues su utilización ha de ser adecuada a las características generales que presenta la conexión en triángulo y estrella. Es muy empleado como conexión para transformadores elevador al principio de la línea y no al final, porque cada fase del devanado primario ha de soportar la tensión entre fase de red en la figura 12 podemos ver el diagrama esquemático de conexión del arranque delta-estrella.

VENTAJAS: No presenta problemas con las componentes en sus voltajes de terceros armónicos. Es muy útil para elevar el voltaje a un valor muy alto. Utilizando esta conexión en el lado de alta, se puede poner a tierra el neutro permitiendo que quede limitado el potencial sobre cualquier carga. Al producirse un desequilibrio en la carga, no motiva asimetría del flujo, por producirse un reparto entre las tres columnas del primario. Las ventajas que esta conexión presenta y los escasos inconvenientes motivan la utilización de este transformador tanto en transmisión como en distribución de energía.

DESVENTAJAS: La falla de una fase deja fuera de operación al transformador. No se dispone de neutro en el primario para conectarlo con la tierra. Esto no es precisamente un inconveniente, pues, por lo general en el circuito del primario del transformador hay una toma de tierra, sea en el generador, sea en el secundario del transformador elevador de tensión. El devanado en delta puede ser mecánicamente débil. Debido al desplazamiento que existe en las fases entre las mitades de los enrollamientos, que están conectados en serie para formar cada fase, los enrollamientos que están en estrella interconectadas, requieren de un 15.5% más de cobre, con el consiguiente aumento del aislamiento total. El tamaño del armazón, debido a las razones expuestas anteriormente, es mayor con el aumento consiguiente del coste del transformador [31].

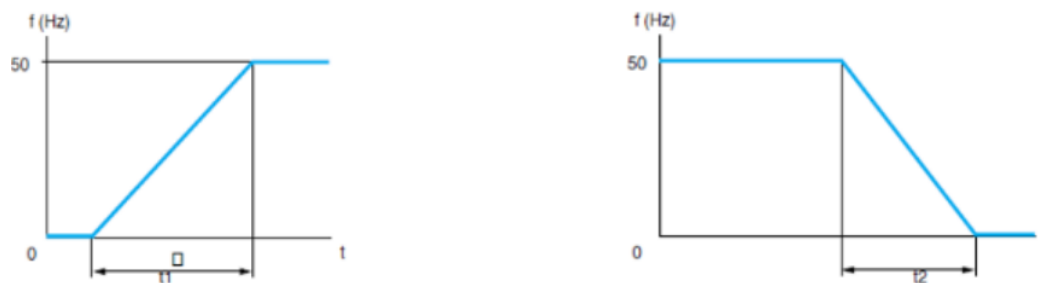
evitando los arranques y paradas bruscos del motor y las caídas de tensión en la línea de alimentación.

Podemos ajustar el tiempo de arranque o parada ajustando el tiempo en que tarda el motor en conseguir la velocidad nominal. Para ello ajustaremos el tiempo de las rampas de aceleración y deceleración.

Existen diferentes formas de las rampas de aceleración y deceleración, la más sencilla es la rampa lineal, en la que la velocidad del motor aumenta de manera lineal con el tiempo.

Rampas lineales. Ajustamos el tiempo de aceleración con t_1 y el tiempo de deceleración con t_2 [34].

Figura 13 Rampas lineales T_1 y T_2

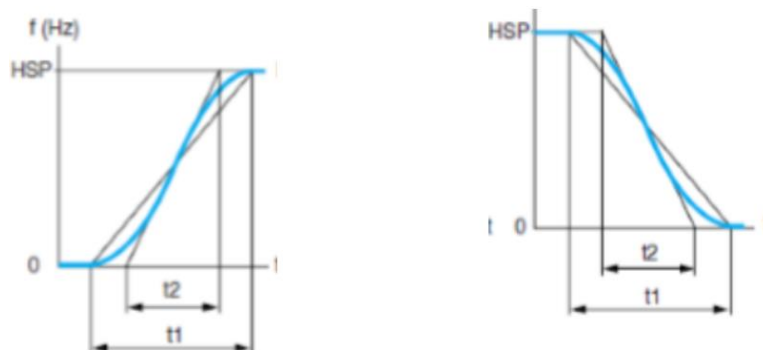


Fuente: Autores

Rampa en S. En este tipo de rampa al principio y al final de la rampa la aceleración es más suave que en la rampa lineal. En cambio en el tiempo t_2 alrededor del 50 % de la velocidad la aceleración es más pronunciada.

Este tipo de rampa se usa en aparatos de elevación para personas donde perseguimos eliminar las sacudidas en el arranque y la parada debido al juego mecánico del sistema mecánico.

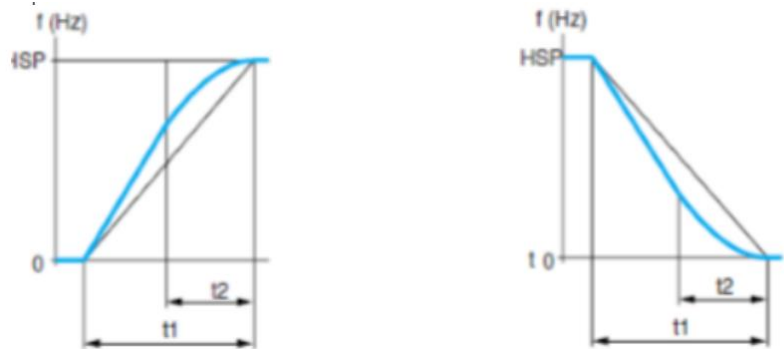
Figura 14 Rampa S



Fuente: Autores

Rampa en U. En la rampa en U la aceleración es más brusca al principio y más suave al final al alcanzar la velocidad nominal en la rampa de aceleración o la parada en la rampa de deceleración. Muy útil en sistemas hidráulicos para evitar el golpe de ariete por paradas rápidas de bombas.

Figura 15 Rampa U



Fuente: Autores

Límites de velocidad:

Los variadores permiten fijar los límites de velocidad máximos y mínimos. La velocidad máxima suele ser la frecuencia base de la red eléctrica. Aunque también es posible trabajar a mayores velocidades siendo consciente de que el par motor decrecerá drásticamente a frecuencias superiores a la frecuencia base.

El límite de velocidad inferior suele ser cero, aunque en ocasiones esté límite nos lo fija la aplicación en velocidades distintas de cero. Por ejemplo pensemos en una bomba hidráulica subiendo agua hasta un depósito situado en una colina, existirá una velocidad mínima por debajo de la cual la bomba no es capaz de llenar el depósito.

Frecuencias ocultas:

En ventiladores, turbinas o compresores pueden existir frecuencias en las que la máquina comience a vibrar y esta vibración vaya aumentando de manera descontrolada. La máquina está funcionando a la frecuencia de resonancia.

En todos los variadores vamos a poder evitar estas frecuencias definiendo unas frecuencias ocultas, frecuencias en las que el variador dará un salto evitando permanecer mucho tiempo en ellas.

Control de velocidad:

Mediante parámetros vamos a poder memorizar diferente velocidad de funcionamiento del variador. Para activar estas velocidades lo haremos por combinación de entradas digitales.

Si disponemos únicamente de una entrada digital para seleccionar velocidades podremos elegir entre dos velocidades, entrada digital no activada, primera velocidad y entrada digital activada segunda velocidad. La primera velocidad suele ser la velocidad máxima o la velocidad que se obtiene por referencia del potenciómetro y la segunda se fija en parámetro.

Si disponemos de dos entradas digitales para seleccionar velocidad podremos elegir 2 elevado a 2 velocidades, es decir cuatro velocidades.

Con tres entradas podríamos seleccionar 2 elevado a 3, ocho velocidades, y así sucesivamente.

ARRANQUE CON ARRANCADOR SUAVE

¿Qué es un arrancador suave?

El arrancador suave es un dispositivo de control de motores trifásicos que permite el arranque y paro del motor de manera suave y lenta.

En lugar de operar a tensión plena directamente, como los arrancadores a tensión plena, los arrancadores suaves administran el voltaje y lo van suministrando de forma paulatina, protegiendo al motor y a su vez este optimiza tiempo y recursos al reducir los mantenimientos por desgaste [35].

Figura 16 Arrancador suave



Fuente: Inmaelectro. Arrancador suave. [En Línea]. Disponible en: <http://www.inmaelectro.com/productos/siemens/arrancadores-suaves/> [36].

¿Cómo funcionan los arrancadores suaves?

Los motores de inducción demandan una corriente de arranque bastante elevada, que va desde 3 hasta 15 veces la corriente nominal, lo que a largo plazo puede dañar al motor y la red de alimentación.

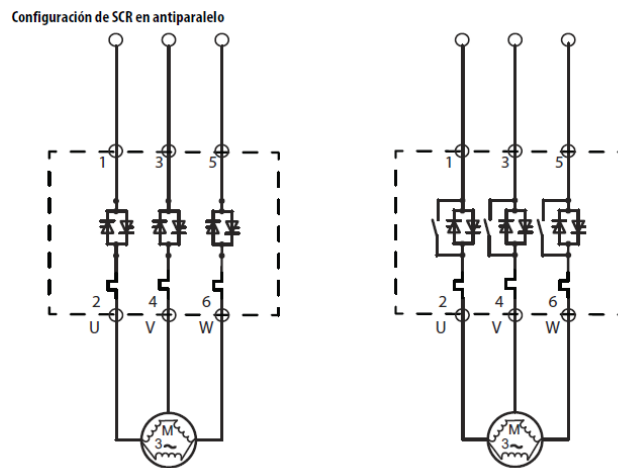
Los arrancadores suaves, al controlar el voltaje eficazmente y suministrarlo de forma gradual hasta la nominal de funcionamiento del motor, controlan la corriente de

arranque que consume el motor y el par que se genera, evitando así el pico que se genera en la corriente de arranque.

La forma de controlar el suministro de voltaje es por medio de un algoritmo donde se controlan 3 pares de SCR en una configuración anti paralelo que nos ayuda a arrancar o parar el motor.

Este arreglo nos permite controlar el voltaje de corriente alterna al cambiar el ángulo de disparo cada medio ciclo. Así el voltaje se va aumentando de forma gradual hasta llegar a su voltaje pleno o proporciona el voltaje de acuerdo a la limitación de corriente [37].

Figura 17 Circuito SCR



Fuente: Autor

Ventajas de los arrancadores suaves

Los arrancadores suaves nos proporcionan una aceleración de forma gradual y un paro controlado sin picos de corrientes, ni desgastes en el motor por acciones mecánicas.

Algunos de los beneficios más importantes de los arrancadores suaves son los siguientes [38]:

- Optimización en el arranque y paro del motor
- Aumento de la productividad
- Ahorro de energía
- Protección de motor
- Aumento de vida útil del motor

- Protege la línea eléctrica de alimentación de los picos de corriente

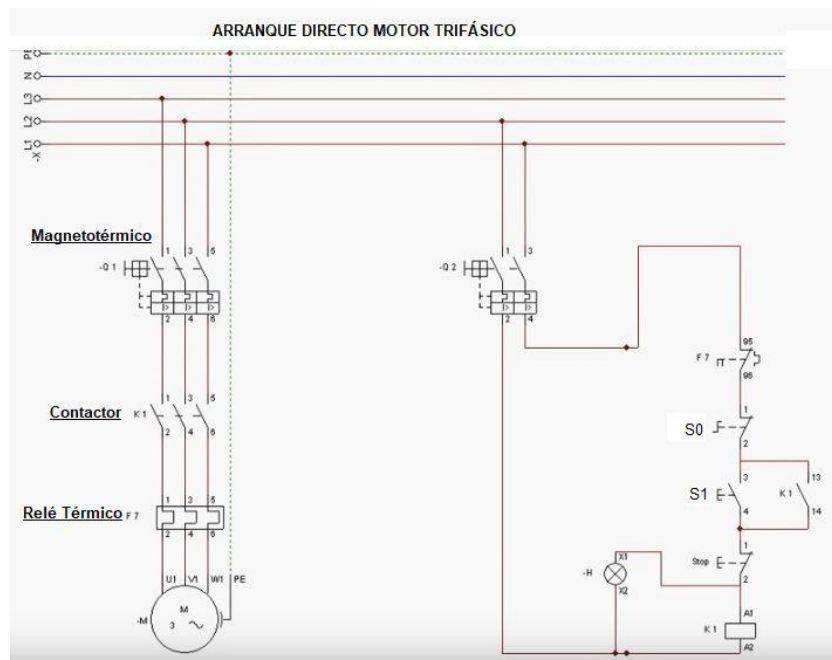
ESQUEMAS DE ARRANQUE DE MOTORES

Los arranques para motores eléctricos polifásicos, son seleccionados acorde al sistema de aplicación que se desee emplear considerando las ventajas y desventajas que el mismo esquema ofrece. Entre los esquemas más usados tenemos: arranque directo; arranque estrella triángulo; arranque mediante autotransformador; arranque mediante resistencia estatóricas; y arranque de motores mediante arrancadores y variadores. Las características se la presentan acorde a la siguiente tabla de los arranques [39]:

Tabla 1 Características arranque de motores

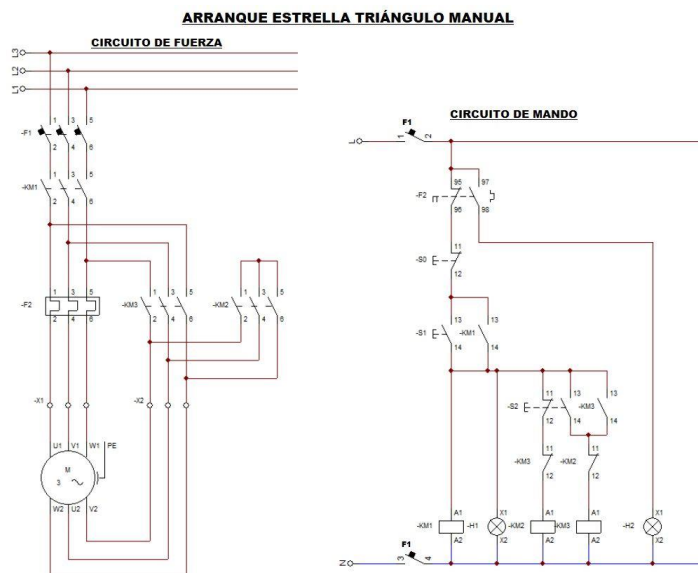
Características	Arranque directo	Arranque estrella-triángulo	Arranque por autotransformador	Arranque rotórico
Intensidad de arranque	4 a 8 In	1,2 a 2,5 In	1,5 a 2 In	1,5 a 2 In
Par de arranque	1,5 a 2 Cn	0,4 a 0,8 Cn	0,5 a 0,8 Cn	1,2 a 5 Cn
Ventajas	Par de arranque elevado	Pequeña punta de arranque	Pequeña punta de arranque	Buena relación par intensidad
Inconvenientes	Punta de arranque muy Elevada	Pequeño par de arranque	Pequeño par de arranque	Coste elevado
Aplicaciones	Motores pequeños o con amortiguación del arranque	Motores con arranque en vacío	Motores de gran potencia	Arranques a plena carga

Figura 18 Esquema arranque directo



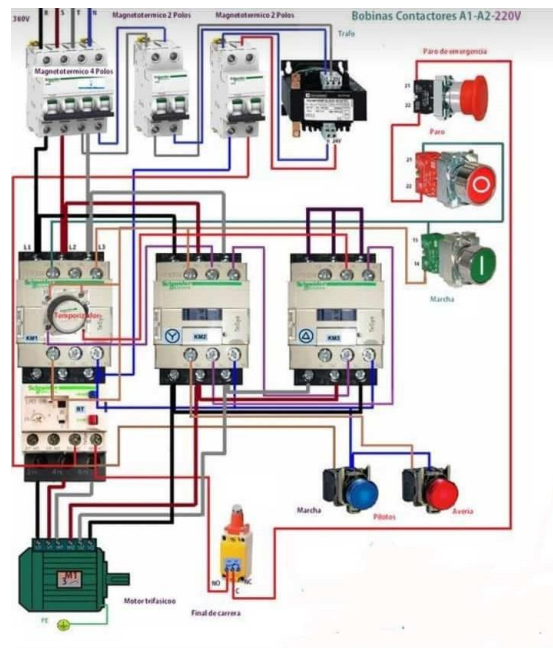
Fuente: Pinterest. Arranque directo. [En Línea]. Disponible en: <https://ar.pinterest.com/pin/806636983271601579/> [40].

Figura 19 Esquema de arranque estrella triángulo



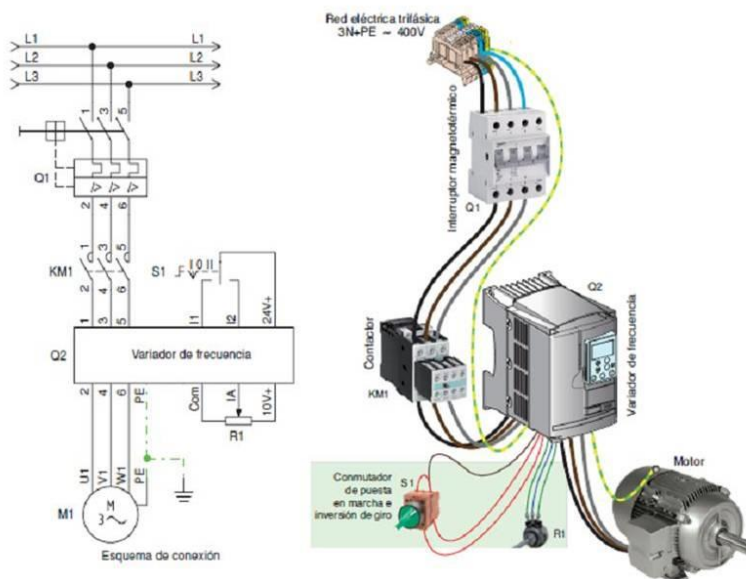
Fuente: Areatecnologica. Arranque estrella triángulo. [En Línea]. Disponible en: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/arranque-estrella-triangulo.html> [41].

Figura 20 Esquema de arranque triangulo estrella



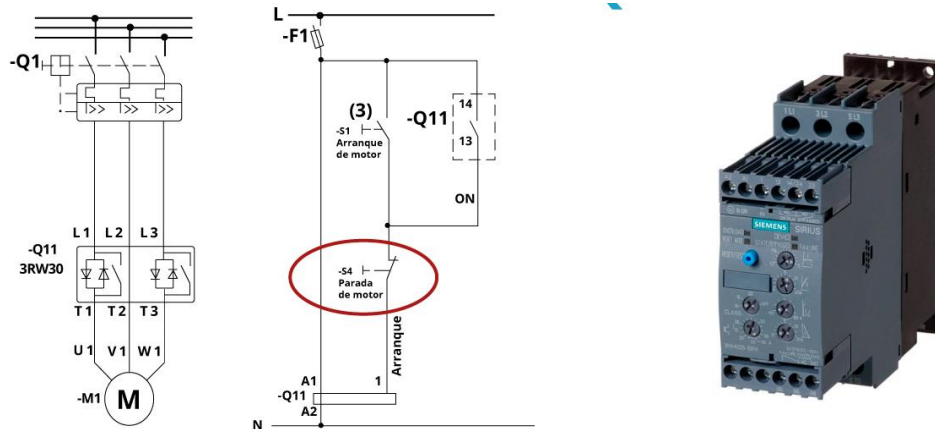
Fuente: sensoricx. Arranque delta-estrella. [En Línea]. Disponible en: <https://sensoricx.com/maquinas-electricas/arranque-estrella-delta-con-inversor-de-giro-de-motor/>.

Figura 21 Esquema de arranque con variador de frecuencia



Fuente: Automatismoindustrial. Formación para la industria 4.0. [En Línea]. Disponible en: <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/1-7-arrancadores-electronicos-y-variadores-de-velocidad/arrancadores-electronicos/> [42].

Figura 22 esquema arranque con arrancador suave



Fuente: YouTube. Como utilizar un arrancador suave. [En Línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=Lf8lrJtg4OI> [43].

Tabla 2 características para los diferentes tipo de arranque de motor

<i>Tipos de arranque de motores</i>				
Características	Arranque directo	Arranque estrella triangulo	Arranque suave	Variador de frecuencia
ventajas	Arrancador simple Buen par de arranque equipo barato	Arrancador mas complicado Reduccion de la corriente de arranque	Instalacion simple Arranque suave y progresivo No hay perdida de tension de red Mayor Ahorro electrico Control de tiempo de arranque	Reduccion del consumo de energia electrica por efectos de reduccion Del pico Del par de arranque Ahorro en mantenimiento por no contar con piezas mecanicas Proteccion del motor
desventajas	Punta de intensidad muy importante en el arranque No admite arranque lento y progresivo	Menor par de arranque Corte de tension al pasar de Estrella a triangulo	Costo mas elevado Par reducido en el arranque	Limitacion de la corriente de arranque La instalacion, programacion y mantenimiento debe ser por personal autorizado Las averias Del variador no son reparables Instalacion sin funcionamiento
Aplicaciones	Para motores que accionan pequeñas y medianas potencias. Muy empleados en estos casos	Maquinas de pequeña potencia que arranca en carga Maquinas de media potencia que arrancan en vacio Ventiladores y bombas centrifugas de pequeña potencia	Bombas Cintas transportadoras Compresores Ventiladores Agitadores/Mezcladores Molinos/Machacadores	Bandas transportadoras Gruas Ascensores Bombas centrifugas Ventiladores Generacion de energia eolica

De acuerdo al análisis echo en la tabla 2 donde se nota las diferentes características para cada uno del tipo de arranque de motor, se pudo concluir que el mejor es el arranque con variador de frecuencia ya que permite un amplio rango de aplicaciones y su consumo energético es menor.

2.2.4 ¿QUÉ ES MANTENIMIENTO?

El mantenimiento es el procedimiento por el cual se trata un bien determinado de manera que el paso del tiempo, el uso o el cambio de circunstancias externas no lo afecten. Hay muchos campos en los que se puede aplicar el término, ya sea para bienes físicos o virtuales. Así, es posible referirse al mantenimiento de una casa, una obra de arte, un vehículo, un programa o conjunto de programas, un sistema, etc. El mantenimiento suele ser realizado por especialistas en la materia.

Figura 24 mantenimiento



Fuente: Envira. Que diferentes tipos de mantenimiento existe en una empresa. [En Línea]. Disponible en: <https://envira.es/es/diferentes-tipo-de-mantenimiento-existen-empresa/> [44].

El mantenimiento es especialmente importante en los bienes necesarios para la producción de bienes y servicios. De este modo, todos aquellos elementos que se requieren como parte de un proceso de producción económico se probarán regularmente para llegar a una conclusión sobre su mantenimiento. Así, por ejemplo, la maquinaria necesaria en una fábrica y de la que depende la producción, seguramente contará con personal para asegurar su correcto funcionamiento diario, realizando el mantenimiento necesario para que esta circunstancia se produzca de forma regular.

Se puede hacer una distinción entre los diferentes tipos de mantenimiento con el fin de dar una idea general de las posibilidades que pueden existir. Así, podemos referirnos a un mantenimiento vinculado a la conservación, es decir, a un conjunto de actividades encaminadas a revertir el deterioro causado por el uso; al mantenimiento preventivo, que trata de prevenir problemas y deficiencias en el futuro; al mantenimiento correctivo, cuando se realizan tareas que tienden a reparar defectos y problemas que se producen en el bien considerado; y, por último, al mantenimiento vinculado a la actualización de alguna característica del equipo (este tipo de procedimiento es típico de los distintos tipos de software).

En áreas críticas donde los equipos deben estar siempre operativos, existen protocolos y un alto grado de sofisticación en las tareas de mantenimiento. Esto sucede principalmente porque cualquier fracaso puede resultar en pérdidas económicas significativas, por lo que es preferible asumir los costos del personal dedicado especialmente a esa tarea. Para ayudar a cumplir estos objetivos, también puede haber software especializado disponible para ayudar a los técnicos a realizar sus tareas de conservación. A este nivel de criticidad, el procedimiento suele seguir unas pautas claras y precisas que suelen mejorarse con el tiempo para evitar dejar las circunstancias al azar [\[45\]](#).

OBJETIVO DEL MANTENIMIENTO

Mantenimiento se define como el conjunto de actividades que tratan de compensar la degradación que el tiempo y el uso provocan en equipos e instalaciones. Los departamentos de mantenimiento, teniendo en cuenta esta definición, tratan de asegurar cuatro objetivos básicos: **disponibilidad, fiabilidad, vida útil y coste**. En este artículo se detallan estos cuatro objetivos y como la adecuada **gestión del mantenimiento** ayuda a conseguir estos resultados.

El objetivo fundamental de mantenimiento no es, contrariamente a lo que se cree y se practica en muchos departamentos de mantenimiento, reparar urgentemente las averías que surjan. El departamento de mantenimiento de una industria tiene cuatro objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo [\[46\]](#):

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad.
- Cumplir un valor determinado de fiabilidad.
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación.

La disponibilidad es la probabilidad de que un sistema esté en funcionamiento o listo para usarse. En otras palabras, puede describirse como el período de tiempo en que el activo debe estar en funcionamiento. Para calcular la disponibilidad, hay que comparar las horas en las que el activo estuvo disponible con las horas de trabajo planificadas. Esta es la fórmula para calcular la disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{horas disponibles}}{\text{horas planificadas}} \times 100\%$$

En una situación ideal, la disponibilidad de los activos debería ser del 99.999%. En el mundo real, se debe intentar lograr una disponibilidad del 90% o más. La disponibilidad también puede corresponder a una proporción (por ejemplo, 9/10). En cualquier caso, la disponibilidad es igual a las horas de trabajo divididas por las horas planificadas.

Ocasionalmente, la disponibilidad se expresa en unidades de tiempo (por ejemplo, semanas o meses). Esta medida representa el tiempo que esperamos que un activo funcione durante un cierto período [47].

La fiabilidad puede definirse como la probabilidad de que un sistema se mantenga operativo durante un determinado periodo de tiempo bajo condiciones ambientales normales. Esta función difiere de la disponibilidad en que la primera sólo implica el fallo del sistema, mientras que la disponibilidad afecta al fallo y a la capacidad de recuperación [48].

IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

En el mundo moderno estamos acostumbrados a hacer uso de todo tipo de Dispositivos Tecnológicos, teniendo la aplicación de diferentes ciencias y disciplinas que buscan darnos una mejora en nuestro bienestar, acercándonos a los Servicios y satisfaciendo nuestras necesidades básicas para el desempeño de diferentes campos, desde Medios de Transporte hasta el acceso a la Luz, Gas y Agua en el hogar.

Como es de suponer, su uso genera diferentes Desgaste y Fallos, perdiendo progresivamente el rendimiento y las cualidades que tenían sus condiciones en el momento en que se consideran «De Fábrica» por lo que con el transcurso de los años es necesario un cambio, siendo esta necesidad pasible de prolongarse en un periodo mayor si se tienen los cuidados necesarios.

Es en estos cuidados donde viene a la mente la palabra Mantenimiento, que consiste en la realización periódica de diferentes tareas que buscan conservar de la mejor manera posible las condiciones que presenta un Artículo Tecnológico,

pudiendo ser realizadas periódicamente o teniendo la necesidad de ser realizadas por un tiempo o periodo de uso determinado.

Uno de los ejemplos más prácticos que nos ayuda a entender este concepto es el caso de los Automóviles, donde se realizan diferentes Tareas de Mantenimiento programadas alrededor del Kilometraje que hemos realizado con el vehículo, realizando Cambios de Aceite, el reemplazo de los Filtros de Aire así como de diferentes repuestos y piezas que son vitales para la operación, de lo contrario pueden ocurrir fallas que se derivarán en daños que tienen un Costo de Reparación muy alto.

Pero no sólo debemos considerar la realización de Tareas de Mantenimiento como la sustitución o cambio de una pieza en particular, sino que también debemos realizar comprobaciones y mediciones periódicas de los diferentes niveles que recomiende o sugiera el fabricante, siendo el caso más conocido del Aceite Lubricante, al que debemos añadir si hay escasez, mediante el uso de la Barra de Medición.

La importancia de la realización de la misma reside principalmente en una Función Preventiva, evitando que las piezas y partes vitales para el funcionamiento de un determinado artefacto se desgasten, o haciendo que su funcionalidad o utilidad se prolongue más tiempo, aumentando su Ciclo Vital y que un dispositivo pueda ser utilizado el mayor tiempo posible sin necesidad de ser cambiado para ser considerado defectuoso [49].

MANTENIMIENTO TIPOS

Las siguientes definiciones se pueden diferenciar en las operaciones de mantenimiento:

- Mantenimiento: conjunto de actividades que tienen por objeto preservar o reactivar un equipo para cumplir sus funciones.
- Mantenimiento de la conservación: Está destinado a compensar el deterioro del equipo que se ha visto afectado por el uso, en función de las condiciones físicas y químicas a las que ha sido sometido. En el mantenimiento de la conservación se pueden diferenciar:
- Mantenimiento correctivo: Se encarga de corregir los fallos o averías observadas.
- Mantenimiento correctivo inmediato: Es el que se realiza inmediatamente de aparecer la avería o avería, con los medios disponibles, destinados a tal fin.
- Mantenimiento correctivo diferido: Cuando se produce la avería o fallo, se produce una parada de la instalación o equipo en cuestión, para posteriormente hacer frente a la reparación, solicitando los medios para ello.

- Mantenimiento preventivo: Este mantenimiento tiene por objeto garantizar la fiabilidad de los equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o una avería por cualquier deterioro.
- Mantenimiento programado: Realizado por programa de revisiones, por tiempo de operación, kilometraje, etc.
- Mantenimiento predictivo: Es el que realiza las intervenciones prediciendo el momento en que el equipo estará fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en que se deben realizar las reparaciones.
- Mantenimiento de la oportunidad: Es el que aprovecha las paradas o periodos de no utilización del equipo para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento del equipo en el nuevo periodo de utilización.
- Actualización de mantenimiento: Su objetivo es compensar la obsolescencia tecnológica o las nuevas necesidades que no existían en el momento de la construcción o que no se tuvieron en cuenta, pero que deberían tenerse en cuenta.

HISTORIA DEL MANTENIMIENTO

Antes de 1750, el 75% de la población vivía de la agricultura. Se dedicaron a cultivar para subsistir, pero no comercializaron la producción. Las obras fueron realizadas artesanalmente y la maquinaria existente fue accionada por elementos mecánicos, aprovechando la propia naturaleza (ríos, cascadas, vientos, etc.).

Sólo el 25% de la población vivía en las ciudades.

A mediados del siglo XVIII, hacia 1780, se produjo un cambio en la vida del hombre y de la sociedad. La máquina de vapor fue inventada en 1782 por el escocés James Watt, lo que significó la invención y el desarrollo del ferrocarril: pasaron de moverse de 40 km/día (a caballo) a poder moverse a 30/40 km/hora. Se inventó el barco de vapor y se mecanizó la agricultura y la ganadería.

Todas estas innovaciones condujeron al extraordinario desarrollo de dos industrias: la del hierro y la del carbón. Esto trajo consigo el éxodo masivo de jornaleros del campo a la ciudad, con el claro objetivo de trabajar en las nuevas fábricas y explotaciones de estas industrias.

A finales del siglo XVIII – principios del XIX, con el nacimiento de las primeras máquinas surge la necesidad de repararlas cuando se rompen para continuar la producción. Se controlaron las averías y paradas de las máquinas, así como los accidentes de trabajo, con el fin de evitar o reducir los retrasos en la producción.

Así, hacia 1920, aparece el concepto de mantenimiento correctivo, que conceptualmente sólo se ocupa de la reparación de la máquina cuando ésta se ha parado o ha fallado [50].

CLASIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento del tipo preventivo:

El mantenimiento preventivo es una parte importante de la gestión de cualquier tipo de infraestructura, contribuyendo al aumento de la vida útil de los equipos, a la reducción de los períodos de inactividad no deseados y, en última instancia, a la reducción de los costes de mantenimiento a largo plazo.

En esta guía definitiva de Infraspeak, exploraremos qué es el mantenimiento preventivo y en qué consiste, por qué es tan importante, cuáles son sus ventajas y desventajas, cómo crear un plan de mantenimiento preventivo y esbozar un cronograma. Proporcionamos también ejemplos y un modelo de plan de mantenimiento preventivo en Excel, para descargar gratuitamente.

¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO?

El mantenimiento preventivo consiste en intervenciones que previenen las averías y disminuyen la probabilidad de que un activo falle. Es decir, se trata de un tipo de mantenimiento planificado que se realiza incluso cuando un equipo mantiene su capacidad operativa. Puede ser tan simple como la limpieza de los filtros de los aparatos de calefacción, ventilación y aire acondicionado, una inspección visual o una lubricación periódica, pero también incluye planes de inspección más complejos, planes de calibración y/o medición, detección de fugas de gas y otras revisiones cíclicas [51].

Figura 25 Mantenimiento correctivo



Fuente: Altertecnia. Mantenimiento correctivo vs preventivo. [En Línea]. Disponible en: <https://altertecnia.com/mantenimiento-correctivo-vs-preventivo/> [52]

Tipos de mantenimiento preventivo

En general, podemos dividir el mantenimiento preventivo en dos tipos principales:

Basado en el tiempo (*time-based*), es decir, revisiones periódicas realizadas en intervalos de tiempo previamente definidos, independientemente de la utilización de los activos (por ejemplo, la inspección periódica de los ascensores cada 2 años o de los montacargas cada 6 años).

Basado en la utilización (*usage-based*), es decir, basado en la utilización real de los activos, como la lubricación de una máquina cada x ciclos de producción (cada 500 utilizaciones, por ejemplo) o la revisión de los vehículos de la flota cuando alcanzan un determinado kilometraje (10.000 kms).

Hay quienes consideran que hay otros dos tipos de mantenimiento.

Mantenimiento predictivo y mantenimiento prescriptivo – como mantenimiento preventivo. Aun así, aunque comparten el objetivo de evitar las averías y el colapso de los activos, existen diferencias sustanciales entre estos tres tipos de mantenimiento:

El mantenimiento predictivo se centra en *prever* cuándo ocurrirá una avería para poder prevenirla. A diferencia del mantenimiento preventivo, que es programado y sigue marcos de tiempo o de uso predefinidos, se basa en la condición del equipo. Vea aquí más diferencias entre el mantenimiento predictivo y el mantenimiento preventivo.

El mantenimiento prescriptivo usa la Inteligencia Artificial para *prescribir* acciones de mantenimiento basadas en los datos e indicadores recogidos sobre cada equipo. Por lo tanto, requiere un alto nivel de informatización y está asociado a la Industria 4.0.

Aplicaciones del mantenimiento preventivo

¿En qué situaciones es aconsejable utilizar una estrategia de mantenimiento preventivo? ¿En qué casos es mejor mantener un enfoque puramente correctivo? Teniendo en cuenta los tipos mencionados anteriormente, veamos en qué situaciones se recomienda esta estrategia.

Cuando no utilizar el mantenimiento preventivo

Empecemos por descartar los activos en los que no podemos usar esta técnica. Si el mantenimiento preventivo se basa en la programación, los equipos que fallan de modo aleatorio se excluyen automáticamente – como una bombilla que se apaga, campanas, mandos con batería o descargas obstruidas?

En general, si no es posible establecer un patrón para los fallos de un activo, el mantenimiento preventivo no es la mejor opción.

Cuando se recomienda el mantenimiento preventivo

Del otro lado, tenemos los activos cuya probabilidad de fallo aumenta con el tiempo y el uso. En estos casos, hay un patrón – podemos programar el mantenimiento según las estadísticas sobre el funcionamiento esperado del equipo y las recomendaciones del fabricante.

¿Porque es tan importante el mantenimiento preventivo?

Como hemos visto, el mantenimiento preventivo aumenta la vida útil de los activos y el porcentaje de mantenimiento planificado. Pero ese no debe ser el único motivo para invertir en mantenimiento preventivo. En última instancia, el mantenimiento preventivo es también una gran manera de mantener satisfechos a sus clientes.

MANTENIMIENTO DE TIPO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo es la actividad técnica ejecutada cuando sucede una avería y tiene como objetivo, restaurar el activo para dejarlo en condiciones de que pueda funcionar como se pretende ya sea con su reparación o sustitución.

Eso no quiere decir que el Mantenimiento Correctivo sea apenas relevante cuando se adopta alguna otra estrategia de mantenimiento ya que puede usarse como estrategia en si misma o conjuntamente con otras estrategias de mantenimiento de activos [53].

Esperar a las averías

Por un lado, si se utiliza por sí mismo con una lógica de “funcionar hasta fallar”, no se ejecuta ninguna acción preventiva sobre los equipos que son dejados deliberadamente hasta que tienen una avería o desgaste de una pieza, la cual se repara o substituye después.

Esta estrategia es ideal para equipos de baja prioridad, es decir, aquellos sin los cuales las operaciones de la empresa pueden continuar funcionando con

normalidad. También se aplica a equipos de poco valor cuyo mantenimiento regular podría acabar costando más que una sencilla reparación o sustitución.

Sin embargo, si se aplica a equipos prioritarios, podrá llevar a tiempos de inactividad inesperados ya que probablemente tendrán que interrumpir las operaciones normales de la empresa. También, puede conllevar gastos muy elevados a largo plazo si se aplica a equipos de elevado valor.

El mantenimiento correctivo como parte de un plan mayor

Por otro lado, aún si hay planes de mantenimiento preventivo o mantenimiento predictivo que estén activos, el mantenimiento correctivo puede (y debe) ser considerado. En este caso, es conocido como Mantenimiento Reactivo.

Aún las estrategia de mantenimiento proactivo más eficaces de todas no tengan una tasa de éxito del 100%. Averías (aunque sean menos frecuentes) seguirán ocurriendo, que sean previstos o no. Se aconseja que se prepare para acciones correctivas por que continuarán a ser necesarias.

De acuerdo con la regla general (la del ratio mágico 80:20), apenas se debe emplear 20% del tiempo dedicado a mantenimiento a acciones correctivos, lo que resulta en el resultante 80% del tiempo siendo alocado al mantenimiento preventivo.

El Mantenimiento Correctivo es una estrategia impredecible que se debe usar cuidadosamente y exclusivamente para activos cuyo calapso no compromete las operaciones ni trae costos excesivos a la empresa.

Ventajas y desventajas mantenimiento correctivo

¿Cuáles son las ventajas?

- **Costos más bajos a corto plazo:** En lo que concierne a las actividades reactivas, hay muy poco que hacer después de la compra y antes que acontezca un problema.
- **Planificación mínima necesaria:** El Mantenimiento Correctivo consiste en corregir un fallo identificado en un componente específico de un equipamiento o instalación señalado en el momento, sin embargo, no hay la necesidad de una planificación ni compleja ni con mucha anticipación.
- **Proceso más sencillo:** El proceso es fácil de entender ya que solo se necesita actuar cuando acontezca algún tipo de problema;
- **Mejor solución en algunos casos:** Cuando sienta que los costos de parada y reparación en el caso de fallo serán menores que la inversión necesaria para el Mantenimiento Preventivo, El Mantenimiento Correctivo es la mejor solución.

¿Cuáles son las desventajas?

- **Impredecibilidad:** No se vigila el equipamiento después de la compra, por eso los fallos subsecuentes son altamente impredecibles.
- **Operaciones paradas:** Fallos inesperados pueden resultar en materiales indisponibles y, por eso, retrasar el tiempo necesario para una reparación lo que aumenta el tiempo de inactividad del equipamiento.
- **Equipamiento no maximizado:** Esta abordaje no protege o cuida del equipamiento lo que reduce la vida útil de los activos;
- **Costos más elevados a largo plazo:** Se aplica el Mantenimiento Correctivo cuando se siente que los costos de parada y reparación en casos de fallo serán menores que la inversión necesaria para un mantenimiento planeado. Pero eso no es el caso en todas las circunstancias. Cuando acontezca un fallo “catastrófico”, puede ser extremadamente oneroso y puede causar efectos negativos sobre la reputación, satisfacción del cliente, seguridad e impedir la capacidad de gestionar una empresa productiva e eficientemente.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO:

El mantenimiento predictivo es una técnica que utiliza herramientas y técnicas de análisis de datos para detectar anomalías en el funcionamiento y posibles defectos en los equipos y procesos, de modo que puedan solucionarse antes de que sobrevenga el fallo. Al igual que el análisis predictivo permite anticipar, por ejemplo, los movimientos de los mercados o las fluctuaciones en la demanda de energía, el mantenimiento predictivo utiliza el análisis de datos para adelantarse a los fallos de los sistemas y es parte fundamental del Internet Industrial de las Cosas [54].

Cómo funciona el mantenimiento predictivo

Para **hacer el seguimiento del estado de los equipos y avisar a los técnicos de los próximos fallos**, el mantenimiento preventivo cuenta con tres componentes principales:

- **Los sensores y los dispositivos conectados** instalados en las máquinas envían datos sobre el estado y el rendimiento de la máquina en tiempo real gracias a tecnologías del Internet de las Cosas (IoT), que permiten la comunicación entre las máquinas y los sistemas de análisis.

- **Las soluciones de software y el almacenamiento en la nube (*cloud computing*)** permiten aplicar la minería de datos (*data mining*) y recopilar y analizar enormes cantidades de datos usando aplicaciones de *big data*.
- **Los modelos predictivos** se alimentan con los datos procesados y utilizan tecnologías de aprendizaje automático (*machine learning*) para establecer patrones y comparaciones, elaborar predicciones de fallos y programar el mantenimiento antes de que ocurran.

Características del mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo permite que la frecuencia de mantenimiento sea lo más baja posible. Cuando simplemente se programa el mantenimiento cada cierto tiempo (preventivo), pueden ocurrir dos cosas: o bien se realiza cuando no es necesario —antes de tiempo o tarde—, incurriendo en costes evitables, o bien no es lo bastante frecuente, con el riesgo de que los equipos den fallos. Así pues, el objetivo del mantenimiento predictivo es optimizar el uso de los recursos de mantenimiento.

Ventajas del mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo garantiza que un equipo sólo se apague antes de un fallo inminente. Esto reduce los costes operativos, minimiza el tiempo de inactividad y mejora el rendimiento general de la maquinaria. Sin embargo, la inversión en los equipos de monitorización necesarios para este tipo de mantenimiento suele ser elevada, así como el nivel de conocimiento y la experiencia necesarios para interpretar los datos.

Técnicas del mantenimiento predictivo

Hay diversas técnicas ligadas al mantenimiento predictivo y, a continuación, repasamos algunas de ellas:

Termografía infrarroja

Las piezas y los componentes desgastados, incluidos los circuitos electrónicos, suelen emitir más calor de lo normal. Mediante el uso de cámaras de infrarrojos (IR), el personal de mantenimiento es capaz de detectar altas temperaturas (puntos calientes) en los equipos.

Monitoreo acústico

Con los sensores acústicos el personal de mantenimiento puede detectar fugas de gas, líquido o vacíos en los equipos. También se pueden detectar fricciones y tensiones en las máquinas procedentes de rodamientos desgastados o mal lubricados.

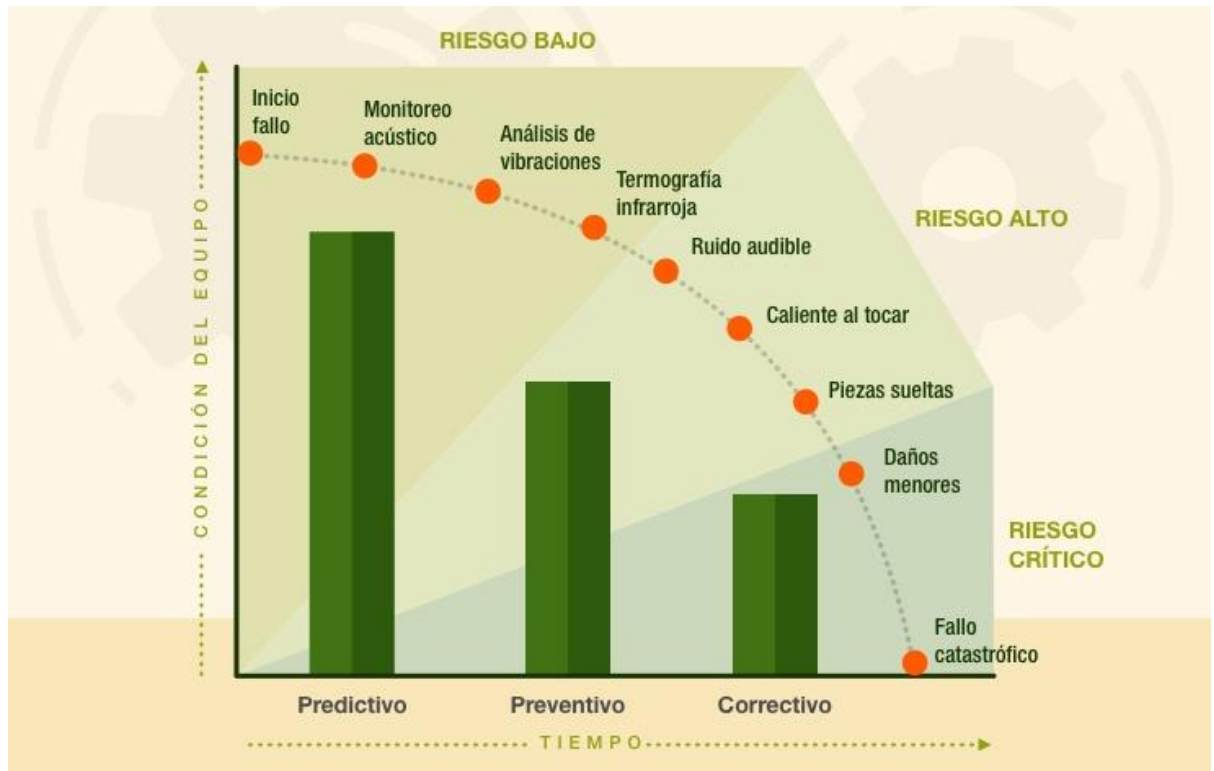
Mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo diferencias

Tabla 3 Diferencias tipos de mantenimiento

tipos de mantenimiento	
Preventivo	Consiste en inspeccionar la maquinaria cada cierto tiempo, independientemente de que lo requiera o no, o en hacerlo cuando se detecta algún síntoma (un ruido extraño, por ejemplo).
correctivo	También denominado reactivo o de averías, es el que se ejecuta cuando ya se ha producido el fallo y es necesario reparar el equipo dañado.
predictivo	Es un método de mantenimiento proactivo basado en datos y diseñado para analizar el estado de los equipos continuamente y predecir posibles averías.

¿Cuándo actúa cada tipo de mantenimiento y que señales detecta?

Figura 26 Modos mantenimiento



Fuente: Iberdrola. Mantenimiento predictivo, preventivo, correctivo. [En Línea]. Disponible en: <https://altertecnica.com/mantenimiento-correctivo-vs-preventivo/> [55].

3 CARACTERIZACION DEL BANCO

3.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL BANCO

El banco de entrenamiento permite evaluar diferentes sistemas de arranque de motores trifásicos de inducción (tipo jaula de ardilla), mediante la medición de parámetros como corriente, tensión y frecuencia.

SISTEMAS DE ARRANQUE

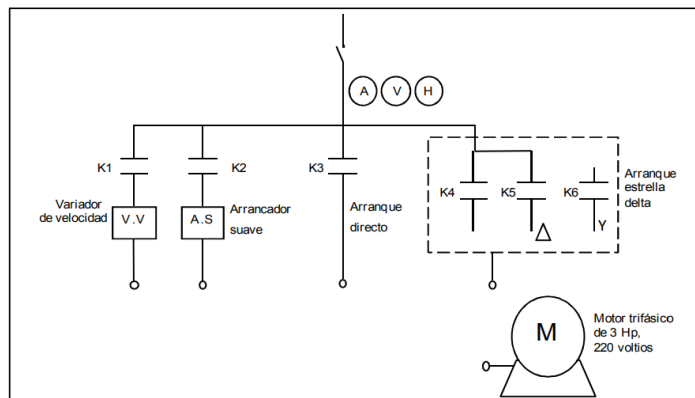
El banco permite los siguientes métodos de arranque de motores:

- Arranque directo
- Arranque estrella-delta
- Arranque delta-estrella
- Arranque con variador de velocidad
- Arranque con arrancador suave, con corriente reducida.

ESQUEMA DE POTENCIA DEL BANCO

Los equipos de potencia del banco se conectarán como se indica en el siguiente plano:

Figura 27 esquema de potencia del banco



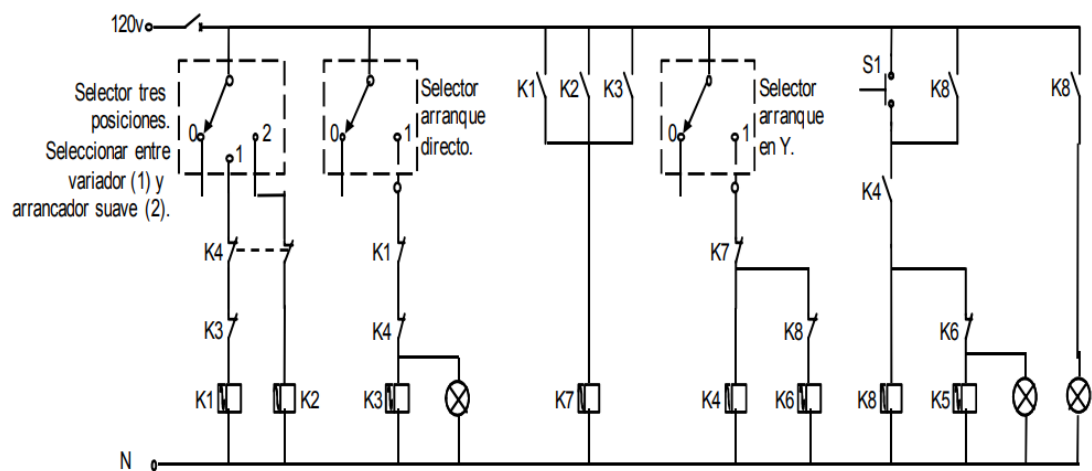
Fuente: autor

Como se aprecia en el plano anterior las conexiones entre los diferentes sistemas de arranque y el motor, deben ser realizadas por quien utilice el banco.

ESQUEMA DE CONTROL DE BANCO

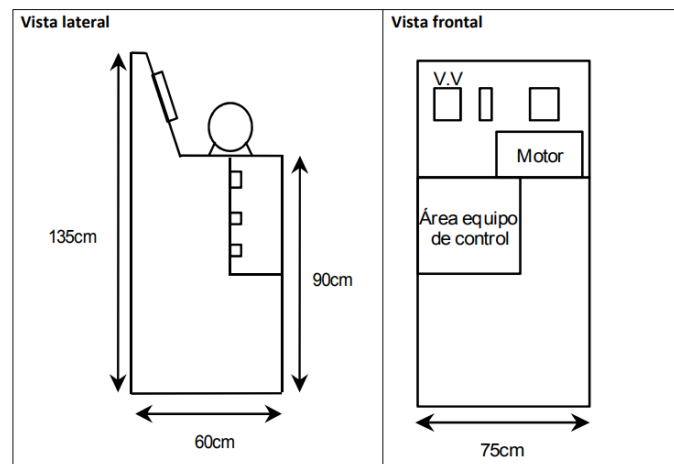
El sistema de control permite seleccionar el sistema de arranque que se desee probar, de tal forma que al seleccionar un sistema determinado, inhabilita las otras opciones de arranque. También permite combinar el arranque con arrancador suave y realizar el bypass una vez ejecutado el arranque.

Figura 28 Esquema de control del banco



Fuente: autor

Figura 29 Dimensiones del banco



Fuente: autor

El banco para maniobra y arranque de motores de inducción actualmente cuenta con los siguientes componentes

Listado de equipos

- 1 Pantalla digital
- 2 Variador de velocidad
- 3 Paro de emergencia
- 4 Totalizador
- 5 Breakers
- 6 Salidas de conexión
- 7 Motor eléctrico
- 8 Arrancador suave
- 9 Luz piloto
- 10 Switch

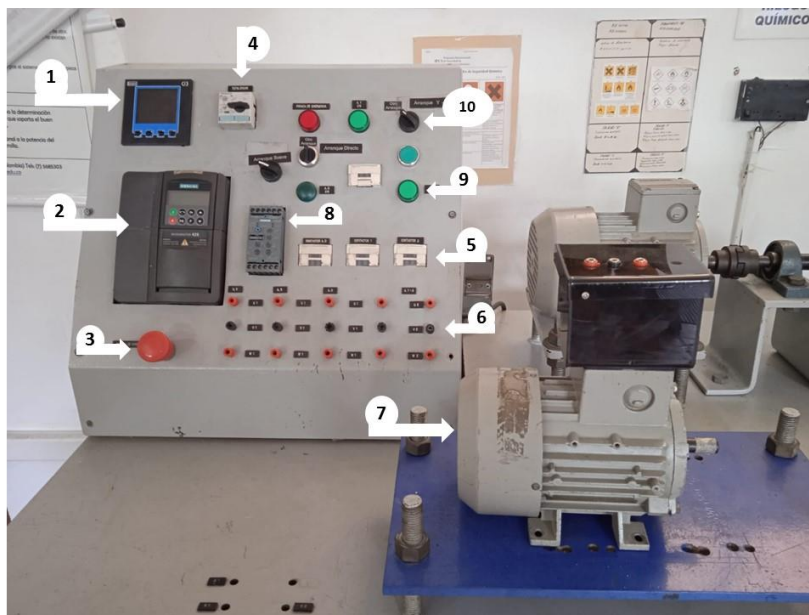


Tabla 4 Análisis de equipos del banco de arranque y maniobra de motores de inducción

Ítem		
1	Variador de velocidad para motor trifásico de 3Hp a 220 voltios. Con puerto de comunicación Modbus.	1
2	Arrancador suave para arranque y parada a tensión reducida y limitación de corriente para motor trifásico de 3Hp a 220voltios	1
3	Motor trifásico, 3Hp, 220 voltios de 2 polos, con bornera para conexión con 6 terminales (para realizar arranque estrella triángulo)	1
4	Guarda motor con protección magneto térmica, 8 Amperios, con contacto auxiliar de falla normalmente abierto.	1
5	Contacto tripolar con bobina de control a 110voltios AC 9 Amp, contacto auxiliar normalmente abierto.	6
6	Interruptor termo magnético mono polar de 3Amp	2

Tabla 5 Equipos de control

Equipos de control		
7	Switch selector de manija negra 3 posiciones fijas - 2NA	1
8	Switch selector de manija negra 2 posiciones fijas - 1NA	1
9	Luz piloto rojo de 120 voltios AC	2
10	Pulsador de hongo (seta) rojo Ø40 - 1 NC/ pulsar - tirar	1

Tabla 6 Equipos de medición

Equipo de medición (Opción #1)		
Ítem	Equipo	Cantidad
1	Panel digital para medición de voltaje, corriente, factor de potencia y frecuencia. Con transformador de corriente (CTs) incluido para corrientes máximas de 50 Amp.	1

3.1.2 DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DE CADA COMPONENTE DEL BANCO

EL MICROMASTER 420

La serie MICROMASTER 420 es una gama de convertidores de frecuencia (variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos. La gama de modelos disponible abarca de entrada monofásica de 120 W a entrada trifásica de 11 kW.

Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto les hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de protección ofrecen una protección excelente

tanto del convertidor como del motor.

Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, el MICROMASTER 420 es ideal para una gran gama de aplicaciones de control de motores simples. El MICROMASTER 420 puede utilizarse también en aplicaciones de control de motores más avanzadas usando sus extensas listas de parámetros.

El MICROMASTER 420 puede utilizarse tanto para aplicaciones aislado como integrado en sistemas de automatización.

Características

Características principales

- Fácil de instalar, parametrizar y poner en servicio
- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible
- Amplio número de parámetros que permiten configuraciones para cubrir una gran gama de aplicaciones
- Simple conexión de los cables
- Diseño modular para configuración extremadamente flexible
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor
- Opciones externas para comunicaciones por PC, panel BOP, panel AOP y tarjeta de comunicación Profibus

Características de presentaciones

- Flux Current Control (FCC) para respuesta dinámica y control de motor mejorados
- Fast Current Limitation (FCL) para funcionamiento con mecanismo exento de disparo
- Freno por inyección de corriente continua integrado
- Frenado combinado para mejorar el rendimiento del frenado
- Tiempos de aceleración/deceleración con redondeo de rampa programable
- Regulación usando función de lazo de regulación proporcional e integral (PI)

Características de protección

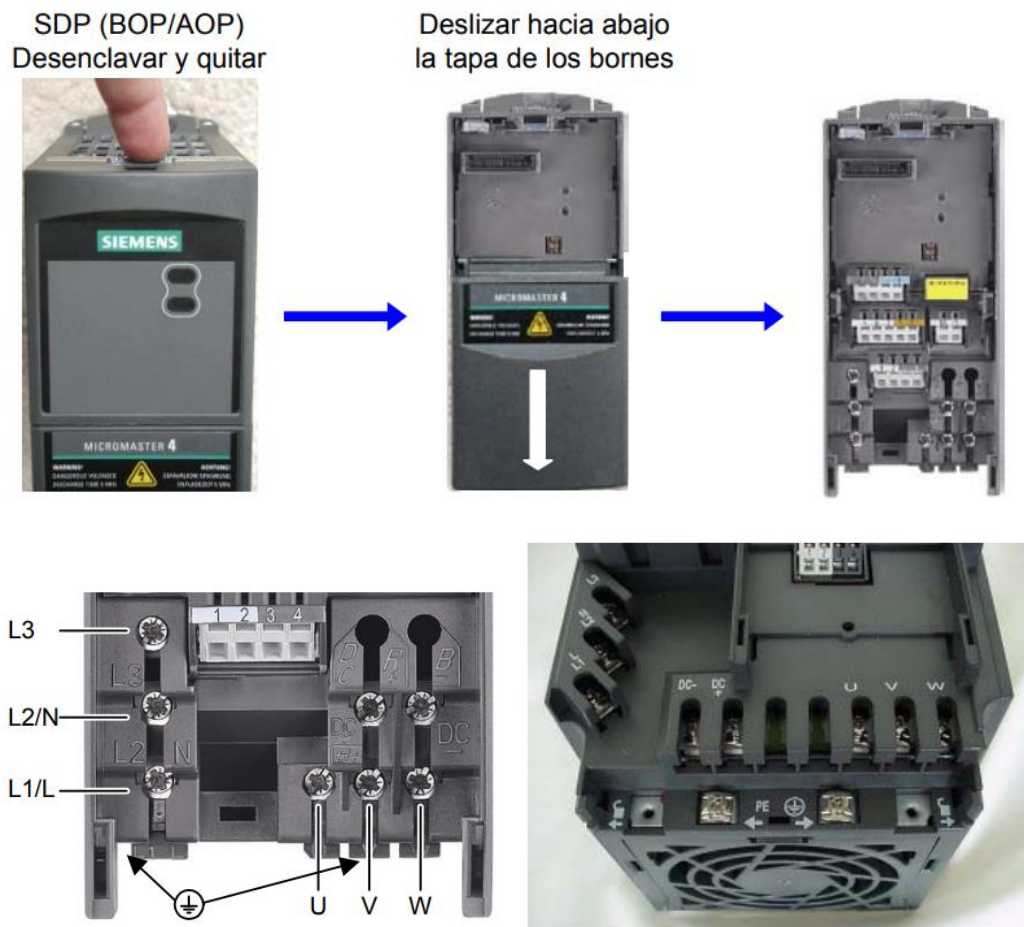
- Protección completa tanto para el motor como para el convertidor
- Protección de sobretensión/mínima tensión
- Protección de sobre temperatura para el convertidor
- Protección de defecto a tierra
- Protección de cortocircuito

- Protección térmica del motor por I2 t

Conexiones de red y del motor

Retirando los bornes se accede a los bornes de red y del motor

Figura 30 Esquema MICROMASTER 420



Fuente: autor

Bornes

Tabla 7 Bornes de conexión MICROMASTER 420

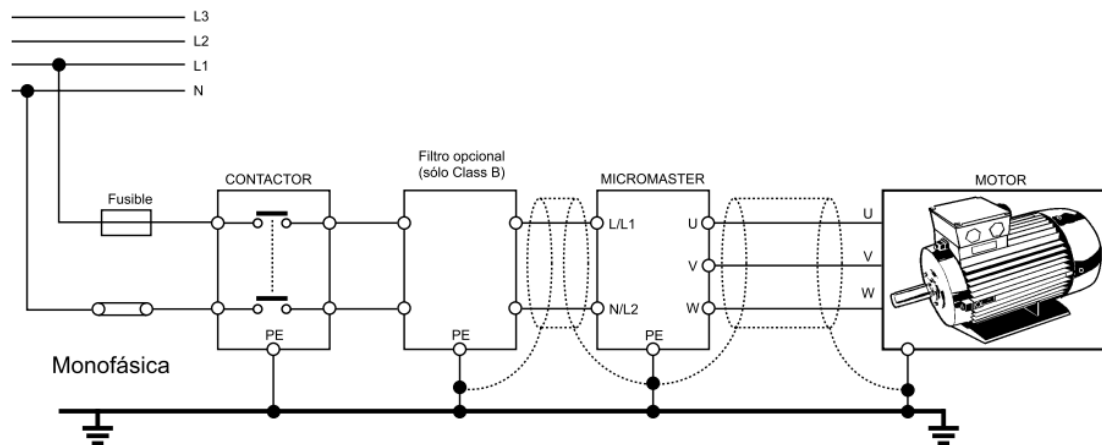
Borne	Significado	Funciones
1	-	Entrada +10 V
2	-	Entrada 0 V
3	ADC+	Entrada analógica (+)
4	ADC-	Entrada analógica (-)
5	DIN1	Entrada digital 1
6	DIN2	Entrada digital 2
7	DIN3	Entrada digital 3
8	-	Salida aislada +24 V / máx. 100 mA
9	-	Salida aislada 0 V / máx. 100 mA
10	RL1-B	Salida digital / contacto de trabajo
11	RL1-C	Salida digital / conmutador
12	DAC+	Salida analógica (+)
13	DAC-	Salida analógica (-)
14	P+	Conexión RS485
15	N-	Conexión RS485



Fuente: autores

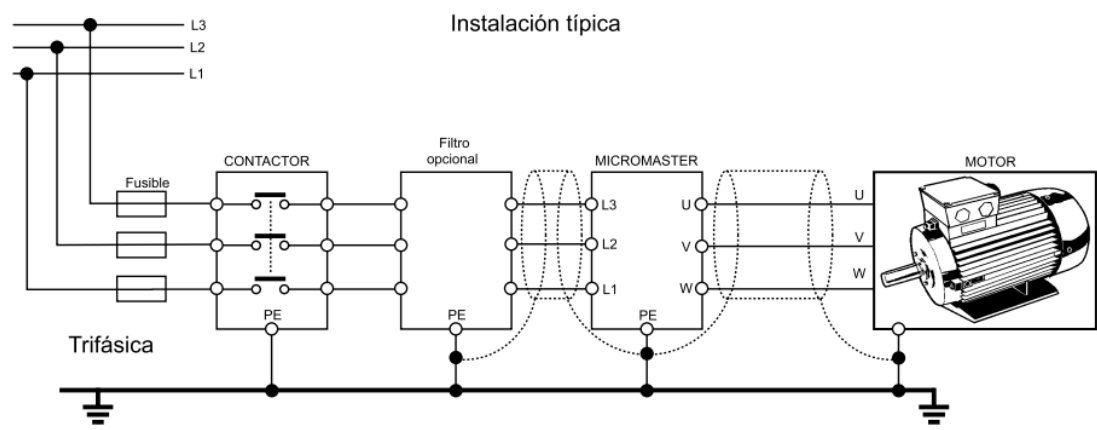
Bornes de conexión del MICROMASTER 420

Figura 31 Conexión MICROMASTER 420



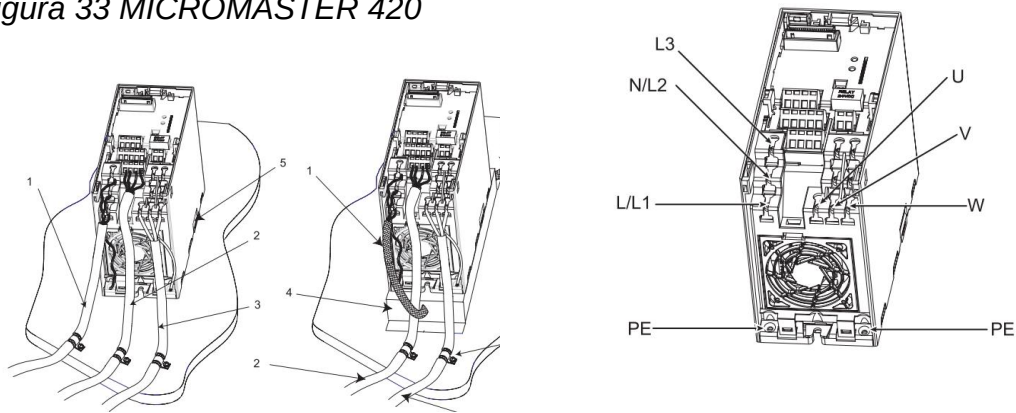
Fuente: autor

Figura 32 Instalación típica MICROMASTER 420



Fuente: autor

Figura 33 MICROMASTER 420



Fuente: autor

Tabla 8 Botones en el panel BOP

Panel/Botón	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado este botón. Para habilitar este botón, ajustar P0700 = 1.
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el convertidor siguiendo la rampa de deceleración seleccionada. Por defecto está bloqueado; para habilitarlo, ajustar P0700 = 1. OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (inercia hasta parada).
	Funciones	Este botón sirve para visualizar información adicional. Ver también apartado 5.1.2 en la página 44. Funciona pulsándolo y manteniéndolo apretado. Muestra lo siguiente comenzando por cualquier parámetro durante la operación: 1. Tensión en circuito intermedio (indicado mediante d). 2. Corriente de salida. (A) 3. Frecuencia de salida (Hz) 4. Tensión de salida (o). 5. El valor (seleccionado en P0004).
	Invertir sentido	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado; para habilitarlo, ajustar P0700 = 1.
	Jog motor	Pulsando este botón mientras el convertidor no tiene salida hace que el motor arranque y gire a la frecuencia Jog preseleccionada. El convertidor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el convertidor/motor está funcionando carece de efecto.

	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	Subir valor	Pulsando este botón se sube el valor visualizado. Para cambiar la consigna de frecuencia vía el panel BOP, ajustar P1000 = 1.
	Bajar valor	Pulsando este botón se baja el valor visualizado. Para cambiar la consigna de frecuencia vía el panel BOP, ajustar P1000 = 1.

Fuente: autor

En el banco de arranque y maniobra de motores se cuenta con el MICROMASTER 420 de la marca SIEMENS

Figura 34 MICROMASTER laboratorio



Fuente: autor

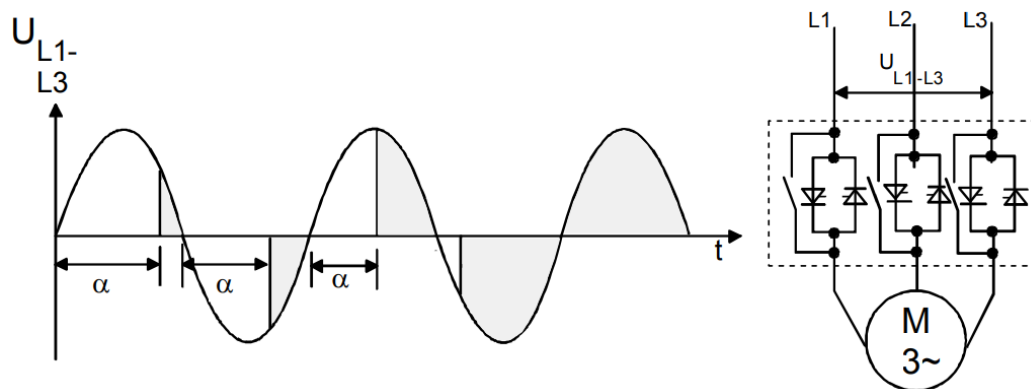
ARRANCADOR SUAVE SIRIUS 3RW4024

Los arrancadores suaves 3RW4024 integran dos tiristores en conexión anti paralela por cada fase (un tiristor por cada semionda negativa y positiva, respectivamente). Desplazando la fase y aplicando diferentes procedimientos de regulación es posible aumentar el valor efectivo de la tensión de motor durante un tiempo de arranque seleccionable partiendo de una tensión o par de arranque ajustable hasta alcanzar la tensión asignada del motor. La corriente de motor varía en función de la tensión aplicada, de manera que la corriente de arranque se reduce por el factor de dicha tensión. El par de motor y la tensión aplicada presentan una relación cuadrática, de manera que el par de arranque se reduce en relación cuadrática con la tensión aplicada en el motor.

Arranque

Así, gracias al control de la tensión de arranque del motor, el arrancador suave también regula la corriente y el par de arranque que se generan en el motor. Ese principio asimismo aplica en la fase de desconexión, de manera que se reduce paulatinamente el par de motor y se para suavemente la aplicación de que se trate. Durante este proceso la frecuencia se mantiene constante y corresponde a la frecuencia de red, al contrario del arranque y deceleración de un convertidor de frecuencia con regulación de frecuencia. Una vez que el motor funcione con carga nominal, los tiristores quedan totalmente controlados y se aplica la tensión de red en los bornes del motor. En funcionamiento normal, se puentean los tiristores por medio de contactos bypass integrados, ya que en ese modo no se regula la tensión de motor. De esta forma se limita el nivel de calor perdido proveniente de la energía disipada del tiristor en funcionamiento continuo, evitando que se caliente el entorno de los aparatos de maniobra. El siguiente gráfico muestra el modo de funcionamiento de los arrancadores suaves 3RW4024:

Figura 35 modo funcionamiento arrancador suave



Fuente: autor

Campos de aplicación y criterios de selección

El arrancador suave 3RW4024 constituye una alternativa a los arrancadores estrella-triángulo y convertidores de frecuencia. Las ventajas más destacables consisten en las funciones de arranque y deceleración suaves, la conmutación continua y sin picos de corriente, así como las pequeñas dimensiones. Los arrancadores tipo 3RW4024 son ideales para muchos accionamientos que hasta el momento sólo funcionaban con convertidores de frecuencia y que no requieran ninguna regulación de la velocidad, un elevado par de arranque, o bien alcanzar casi el nivel de corriente nominal al arrancar.

Aplicaciones

- Cinta transportadora
- Transportador a rodillos
- Compresor
- Ventiladores
- Bomba
- Bomba hidráulica
- Mezcladora
- Centrífuga
- Máquina fresadora
- Moledora
- Rompedor
- Sierra de disco / cinta

Condiciones ambiente almacenaje y funcionamiento

Temperatura ambiente admisible

Almacenaje -25 °C... +80 °C

Funcionamiento 0 °C... +60 °C, a partir de 40 °C con disminución de la corriente asignada

Humedad relativa del aire admisible 10... 95 %

Máxima altura sobre el nivel del mar 5000 m, a partir de 1000 m con disminución de la corriente asignada.

Configuración

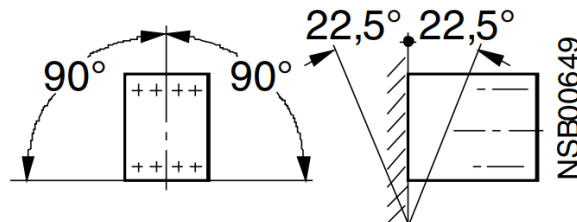
Los arrancadores suaves electrónicos 3RW4024 están concebidos para las aplicaciones con arranque normal. En las aplicaciones con arranque pesado o bien con frecuentes arranques puede que sea necesario utilizar un arrancador más potente. En las configuraciones con prolongados tiempos de arranque, así como en

configuraciones con deceleración suave, deceleración para bomba o frenado por corriente continua, se recomienda integrar un sensor PTC en el motor para compensar la elevada corriente que se produce en comparación con la deceleración natural. Las derivaciones de motor no pueden incluir ningún elemento capacitivo (como por ejemplo compensadores) situado entre el arrancador suave y el propio motor. No se pueden utilizar filtros activos en las configuraciones con arrancador suave. Todos los elementos del circuito de corriente principal (como por ejemplo fusibles y aparatos de maniobra) se deben dimensionar para el arranque directo y a partir de las condiciones de cortocircuito existentes en el lugar de uso y se deben pedir en unidad independiente. Los interruptores automáticos (disparadores) se deben seleccionar teniendo en cuenta el contenido en armónicos de la corriente de arranque.

Posición de montaje

El arrancador se debe montar en una posición vertical y sobre una superficie vertical y plana.

Figura 36 posicionamiento arrancador suave



Fuente: autor

Conexión principal de corriente

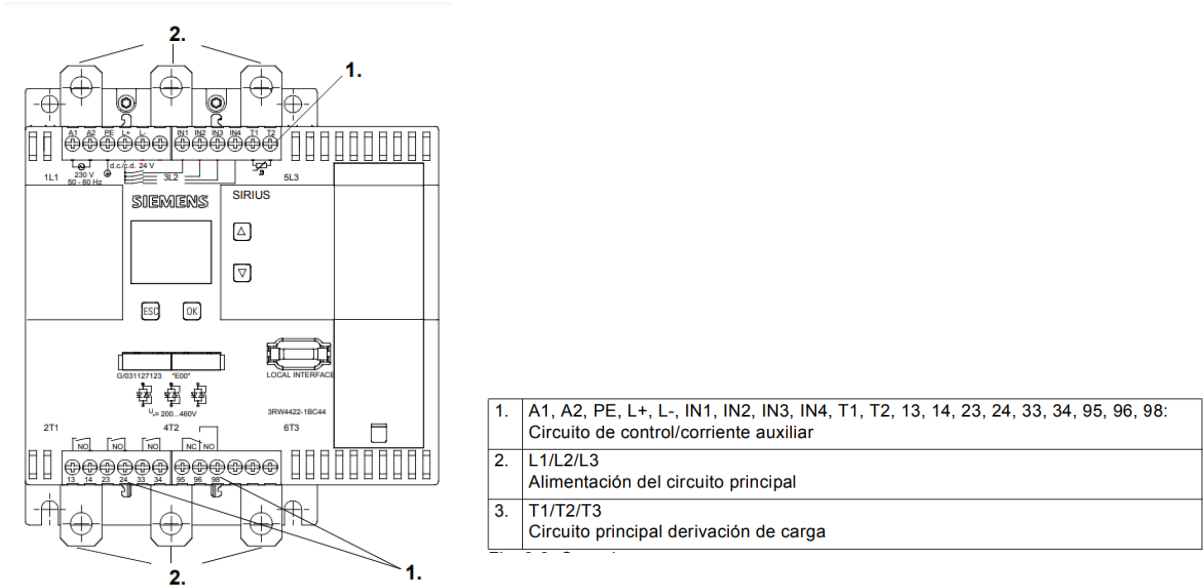
Todos los arrancadores suaves disponen de barras colectoras para conectar la corriente principal.

Tamaño 3RW4024 2. El suministro de los arrancadores tamaño 3RW4024

2. Incluye un borne tipo marco para la conexión directa del cable.

Tamaños 3RW4024 3. Y 3RW4024 4. Los arrancadores tamaño 3RW4024 3. y 3RW4024 4. Pueden ser reequipados con bornes tipo marco.

Figura 37 Arrancador suave 3RW4024



Fuente: autores

Actualmente en el laboratorio se tiene el SIRIUS 3RW4024

Figura 38 Arrancador suave laboratorio



Fuente: autor

TOTALIZADOR

Los breakers es un término en inglés que significa interruptor automático y en Colombia lo conocemos como mini breaker, totalizador eléctrico, breker o los famosos tacos de luz.

Un breaker o interruptor de circuito es un interruptor electrónico operado manualmente diseñado para evitar daños en un circuito eléctrico causado por una corriente excesiva de energía produciendo un corto o una sobrecarga. Su función principal es interrumpir la corriente eléctrica después de que se encuentre una falla. En términos simples, está diseñado para apagar la alimentación en caso de una emergencia [20].

Actualmente se tiene en el laboratorio un totalizador de la marca SIEMENS SIRIUS

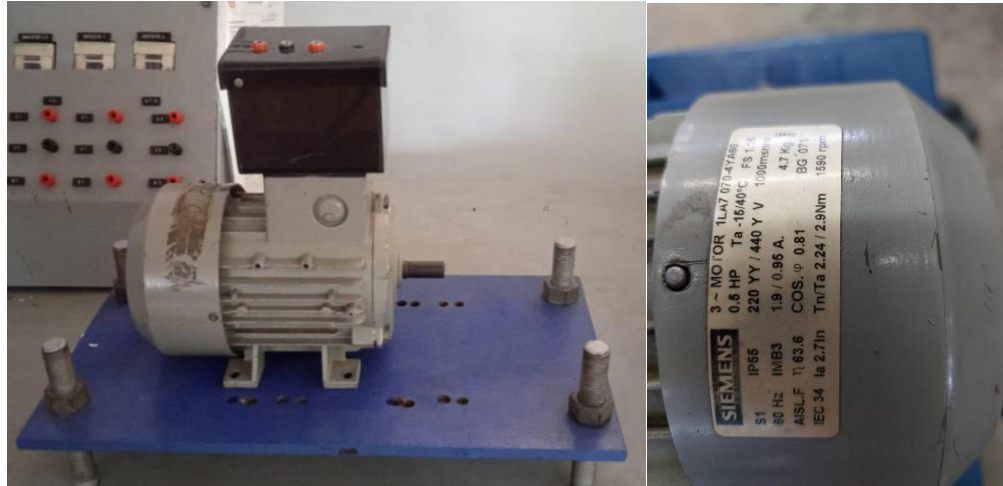
Figura 39 Totalizador laboratorio



Fuente: autor

MOTOR ELECTRICO

Figura 40 Motor eléctrico laboratorio



Fuente: autor

Motor trifásico, 0.5 Hp, 220 voltios de 2 polos, con bornera para conexión con 3 terminales

Cómo funciona el motor trifásico

Funcionan a través de una fuente de potencia trifásica. Son impulsados por tres corrientes alternas de la misma frecuencia, los cuales alcanzan sus valores máximos de forma alternada. Poseen una potencia de hasta 300KW y velocidades entre 900 y 3600 RPM.

El motor trifásico que se tiene actualmente cuenta con las 3 entradas para conexión a la fuente de tipo de arranque.

CONTACTOR

Contacto tripolar con bobina de control a 110volios AC 9 Amp, contacto auxiliar normalmente nos permitirá abrir o cerrar el circuito en carga o en vacio

Figura 41 Contactor



Fuente: autor

Switche

Switch selector de manija negra 3 posiciones fijas - 2NA nos permitirá seleccionar entre el arranque con variador de velocidad y el arrancador suave y otro arranque

Figura 42 Switche



Fuente: autor

Switche

Switch selector de manija negra 2 posiciones fijas - 1NA nos permite selección el arranque directo y otro arranque

Figura 43 Switche



Fuente: autor

Switche

Switch selector de manija negra 2 posiciones fijas - 1NA nos permite selección el Delta estrella y otro arranque

Figura 44 Switche



Fuente: autor

PULSADOR

Pulsador de hongo (seta) rojo Ø40 - 1 NC/ pulsar – tirar nos permite accionar el arranque estrella-delta

Figura 45 Pulsador



Fuente: autor

PANEL DIGITAL

Panel digital para medición de voltaje, corriente, factor de potencia y frecuencia. Con transformador de corriente (CTs) incluido para corrientes máximas de 50 Amp.

Figura 46 Panel digital



Fuente: autor

Luz piloto

Luz piloto de 120 voltios AC nos permitirán ver si el arranque y el paro de emergencia están accionados

Figura 47 Luz piloto



Fuente: autor

BORNERAS

Salidas hacia el motor cada una de acuerdo al arranque que se seleccione por parte del operador

Ilustración 48 Borneras



Fuente: autor

4 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL BANCO DE ARRANQUE Y MANIOBRA DE MOTORES DE INDUCCION

Listado de equipos

Tabla 9 Análisis de equipos del banco de arranque y maniobra de motores de inducción

Ítem		
1	Variador de velocidad para motor trifásico de 3Hp a 220 voltios. Con puerto de comunicación Modbus.	1
2	Arrancador suave para arranque y parada a tensión reducida y limitación de corriente para motor trifásico de 3Hp a 220voltios	1
3	Motor trifásico, 3Hp, 220 voltios de 2 polos, con bornera para conexión con 6 terminales (para realizar arranque estrella triangulo)	1
4	Guarda motor con protección magneto térmica, 8 Amperios, con contacto auxiliar de falla normalmente abierto.	1
5	Contactador tripolar con bobina de control a 110voltios AC 9 Amp, contacto auxiliar normalmente abierto.	6
6	Interruptor termo magnético mono polar de 3Amp	2

Tabla 10 Equipos de control

Equipos de control		
7	Switch selector de manija negra 3 posiciones fijas - 2NA	1
8	Switch selector de manija negra 2 posiciones fijas - 1NA	1
9	Luz piloto rojo de 120 voltios AC	2
10	Pulsador de hongo (seta) rojo Ø40 - 1 NC/ pulsar - tirar	1

Tabla 11 Equipos de medición

Equipo de medición (Opción #1)		
Ítem	Equipo	Cantidad
1	Panel digital para medición de voltaje, corriente, factor de potencia y frecuencia. Con transformador de corriente (CTs) incluido para corrientes máximas de 50 Amp.	1

MODOS DE FALLA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL BANCO DE ARRANQUE Y MANIOBRA DE MOTORES DE INDUCCIÓN

Tabla 12 Modos de falla componentes del banco

Equipo	Modo de falla	Caracterización
Motor	Sobre carga electrica	Eléctrico
Arrancador suave	Conexión (borne de conexión flojo que conduce a la destruccion Del borne)	Electromecánico
Variador de frecuencia	Sobre carga electrica, daños por humedad, suciedad y mal manejo	D gital-Eléctrico
Totalizador	Mala operación	Eléctrico
Pulsador	Mala operación	Eléctrico
HMI pantalla led	Sobre carga electrica	Digital-eléctrico
Contactor	Voltaje insuficiente a la bobina, piezas mecanicas internas en posicion erronea, sobre carga electrica	Electromecánico

De acuerdo a la tabla anteriormente mostrada se muestran algunos de los posibles fallos que se pueden presentar por cada uno de los componentes del banco de arranque y maniobra de motores de inducción a si mismo se hizo la caracterización de cada uno de ellos especificando si eran eléctricos, mecánicos, digitales y electromecánicos

Análisis de Modos y Efectos De Falla

Proceso: Rotación				Responsable: Operador de mantenimiento			Hoja : 1/		
Equipo: Banco de arranque y maniobra de motores				Fecha:			Número AMEF:		
Elemento	Función	Fallo		Causa	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones
		Modo	Efecto						
Motor electrico	Motor eléctrico que permite realizar los diferentes tipos de arranque del banco	Desgaste	Fractura	Deformaciones y grietas producidas por en los engrandes del motor.	10	6	10	600	Realizar una inspección Quincenalmente con el fin de asegurar que los engranes del motor y el embobinado se encuentren en correcto funcionamiento.
		Sobrecalentamiento	Daño eléctrico	Daño en el embobinado producido por polvo acumulado					

MOTOR ELECTRICO



Fuente: Wikipedia. Motor eléctrico. [En Línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9ctrico [56]

PARAMETROS CARACTERISTICOS

N°	PARAMETRO	VALOR
1	Equipo	Motor
2	tipo	Eléctrico
3	potencia	0.5 HP
4	Revoluciones por minuto	1590 rpm
5	Marca	Siemens
6	Voltaje de operación	220 V
7	Frecuencia	60 Hz
8	Corriente	1.9/0.5 A

INSTRUCCIÓN TECNICA

N°	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIEMPO(hrs)	PERMISO	PARA EQUIPO
1	Verificar voltaje de entrada	Quincenal	10 min	Si	Si
2	Revisar engranes	Quincenal	30 min	Si	Si
3	Revisar el eje	Quincenal	30 min	Si	Si
4	Revisar el rotor	Quincenal	30 min	Si	Si
6	Revisar embobinado	Quincenal	1 h	Si	Si
7	Limpiar el ventilador	Quincenal	30 min	Si	Si

Nota: se recomienda una inspección cada 15 días ya que es un elemento rotativo y al ser de este tipo su nivel de criticidad es mayor.

Análisis de Modos y Efectos De Falla

Proceso: Variación de velocidad				Responsable: Operador de mantenimiento			Hoja : 2/2		
Equipo: Banco de arranque y maniobra de motores				Fecha:			Número AMEF:		
Elemento	Función	Fallo		Causa	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones
		Modo	Efecto						
Variador de frecuencia	Equipo encargado de variar la velocidad del motor	Sobrecarga	Daño eléctrico	Alta tensión en la entrada del variador produciendo una sobre carga electrica por falta de verificación del voltaje de entrada	9	1	8	72	Revisar cada mensualmente cada una de las partes del variador todo con el fin de preservar su eficiencia y durabilidad
		Falla en el mando manual	Fallo en el control de frecuencia	Falta de limpieza y verificación de funcionamiento					

VARIADOR DE FRECUENCIA



Fuente: automatizacioncavanilles. Micromaster 420. [En Línea]. Disponible en: <https://automatizacioncavanilles.blogspot.com/2017/05/> [57]

PARAMETROS CARACTERISTICOS

N°	PARAMETRO	VALOR
1	Equipo	Variador de frecuencia
2	tipo	Eléctrico
3	potencia	0.55 KW
4	Modelo	Micromaster 420
5	Marca	Siemens
6	Voltaje de operación	220 V

INSTRUCCIÓN TECNICA

N°	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIEMPO(hrs)	PERMISO	PARA EQUIPO
1	Verificar funcionamiento de cada uno de los botones del variador	Mensual	30 min	Si	Si
2	Verificar la frecuencia de salida de acuerdo a la mostrada en la pantalla	Mensual	1 h	Si	Si
3	Verificar voltaje de entrada	Mensual	10 min	Si	Si
4	Desarmar y limpiar internamente	Mensual	2 H	Si	Si
6	Limpiar el ventilador	Mensual	30 min	Si	Si
7	Verificar las salidas y entradas tanto digitales y analógicas	Mensual	1h	Si	Si

Nota: se recomienda una inspección mensual ya que es un equipo alta mente confiable y es poco propenso a fallos.

Análisis de Modos y Efectos De Falla									
Proceso: Arranque suave				Responsable: Operador de mantenimiento				Hoja : 2/2	
Equipo: Banco de arranque y maniobra de motores				Fecha:			Número AMEF:		
Elemento	Función	Fallo		Causa	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones
		Modo	Efecto						
Arrancador suave	Equipo encargado de provocar un arranque prolongado	Sobre carga electrica	Daño del motor.	Tensión de arranque elevada	8	2	10	160	Revisar cada semana que los parámetros de operación del arrancador suave sean los óptimos para un correcto funcionamiento del motor eléctrico
		Arranque del motor lento	Daño del motor	Baja tensión de arranque y baja limitación de corriente					

Nota: se recomienda una inspección semanalmente ya que los parámetros de funcionamiento pueden ser fácilmente modificables ya que vienen en la parte externa del arrancador suave.

Arrancador suave



Fuente: iguren.es. Arrancador suave. [En Línea]. Disponible en: <https://iguren.es/arrancador-suave/1229-arrancador-suave> [58]

PARAMETROS CARACTERISTICOS

N°	PARAMETRO	VALOR
1	Equipo	Arrancador suave
2	tipo	Eléctrico
3	potencia	3 Hp
4	Modelo	SIRIUS 3RW4024
5	Marca	Siemens
6	Voltaje de operación	220 V

INSTRUCCIÓN TECNICA

N°	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIEMPO(hrs)	PERMISO	PARA EQUIPO
1	Verificar voltaje de entrada	Semanal	10 min	Si	Si
2	Verificar voltaje de salida	Semanal	10 min	Si	Si
3	Verificar que los valores estipulados en el variador sean los correctos para el arranque del motor	Semanal	1 h	Si	Si

Nota: se recomienda una inspección semanalmente ya que los parámetros de funcionamiento pueden ser fácilmente modificables ya que vienen en la parte externa del arrancador suave.

Análisis de Modos y Efectos De Falla									
Proceso: Indicación de tensión				Responsable: Operador de mantenimiento			Hoja : 2/2		
Equipo: Banco de arranque y maniobra de motores				Fecha:			Número AMEF:		
Elemento	Función	Fallo		Causa	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones
		Modo	Efecto						
Pantalla	Equipo encargado de mostrar el valor de voltaje de entrada del banco	Sobre carga electrica	Daño de la pantalla	Sobre tensión en la entrada de la pantalla	8	2	10	160	Verificar los valores mostrados en la pantalla cada vez que se use el banco
		Datos erróneos	Valores en la pantalla incorrectos	Falta de verificación del voltaje de entrada					

PANTALLA DIGITAL



Fuente: Megacon. Integralseries. [En Línea]. Disponible en: <https://www.megacon.com/admin/uploads/Datasheet/> [59]

PARAMETROS CARACTERISTICOS

N°	PARAMETRO	VALOR
1	Equipo	Pantalla digital
2	tipo	Eléctrico
3	Corriente máxima	50 Amp
4	Marca	Gempten
5	Modelo	Ci3
6	Voltaje de operación	220 V

INSTRUCCIÓN TECNICA

N°	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIEMPO(hrs)	PERMISO	PARA EQUIPO
1	Verificar voltaje de entrada	Diario	10 min	Si	Si
2	Verificar voltaje de salida	Diario	10 min	Si	Si
3	Verificar funcionamiento de cada uno de los botones de la pantalla	Diario	10 min	Si	Si
4	Verificar los valores en la pantalla	Diario	10 min	Si	Si

Nota: se recomienda una inspección cada vez que se encienda el banco todo con el fin de verificar que el voltaje de operación sea el correcto.

Análisis de Modos y Efectos De Falla

Proceso: Activación de flujo eléctrico				Responsable: Operador de mantenimiento			Hoja : 2/2		
Equipo: Banco de arranque y maniobra de motores				Fecha:			Número AMEF:		
Elemento	Función	Fallo		Causa	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones
		Modo	Efecto						
Contactor	Equipo encargado de permitir el flujo eléctrico para activar los diferentes tipos de arranque	Sobre carga electrica	Daño del contactor.	Tensión elevada	8	2	7	112	Revisar cada semana que el contactor este en correcto funcionamiento
		Voltaje insuficiente en la bobina	Fallo en la activación	Falta de tensión de entrada					

Contactor



Fuente: Amazon. Contactor. [En Línea]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/SCHNEIDER-Contactor> [60]

PARAMETROS CARACTERISTICOS

N°	PARAMETRO	VALOR
1	Equipo	Contactor
2	tipo	Electromecánico
3	Corriente	9 Amp
4	Voltaje de operación	220 V
5	Marca	Schneider

INSTRUCCIÓN TECNICA

N°	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIEMPO(hrs)	PERMISO	PARA EQUIPO
1	Verificar voltaje de entrada	Semanal	10 min	Si	No
2	Verificar voltaje de salida	Semanal	10 min	Si	No
3	Verificar sonido mecánico de activación del paso de voltaje	Semanal	10 min	Si	No

Nota: se recomienda una inspección semanalmente todo con el fin de preservar su durabilidad y funcionamiento general del banco

Análisis de Modos y Efectos De Falla

Proceso: Activación flujo eléctrico				Responsable: Operador de mantenimiento			Hoja : 2/2		
Equipo: Banco de arranque y maniobra de motores				Fecha:			Número AMEF:		
Elemento	Función	Fallo		Causa	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones
		Modo	Efecto						
Totalizador	Equipo encargado de permitir el flujo eléctrico para todo el banco	Sobre carga electrica	Daño del totalizador	Tensión elevada	8	2	8	128	Revisar semanalmente para verificar su correcto funcionamiento
		Daño en la perilla de activación	Fallo en la activación	Mal uso por parte del operador					

Totalizador



Fuente: Wiautomation. Totalizador. [En Línea]. Disponible en: <https://co.wiautomation.com/siemens/> [61]

PARAMETROS CARACTERISTICOS

N°	PARAMETRO	VALOR
1	Equipo	Interrupor
2	tipo	Eléctrico
3	Corriente	25 Amp
4	Voltaje de operación	220 V
5	Marca	Siemens
6	Modelo	3RV1021 SIRIUS

INSTRUCCIÓN TECNICA

N°	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIEMPO(hrs)	PERMISO	PARA EQUIPO
1	Verificar voltaje de entrada	Semanal	10 min	Si	No
2	Verificar voltaje de salida	Semanal	10 min	Si	No

Nota: se recomienda una inspección semanalmente todo con el fin de preservar su durabilidad y funcionamiento.

Análisis de Modos y Efectos De Falla

Proceso: Activación flujo eléctrico				Responsable: Operador de mantenimiento			Hoja : 2/2		
Equipo: Banco de arranque y maniobra de motores				Fecha:			Número AMEF:		
Elemento	Función	Fallo		Causa	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Acciones
		Modo	Efecto						
Pulsador	Activación de arranque	Resorte quebrado	Fallo en la activación	Mal uso por parte del operador	9	3	10	270	Indicarle al operador que a la hora del manejar estos elementos sea lo más cuidadoso posible todo con el fin de preservar la durabilidad de los mismos
Luz piloto	Indicador de acuerdo al tipo de arranque	Luz quemada	Fallo en la indicación	Sobre carga electrica					
Switche	Selector del tipo de arranque	Daño en la perrilla	Fallo en la activación	Mal uso por parte del operador					

Pulsador



Luz piloto



Switche



PARAMETROS CARACTERISTICOS

N°	PARAMETRO	VALOR
1	Equipo	Pulsador de hongo
2	Equipo	Luz piloto
3	Equipo	Switche
4	Voltaje de operación	220 V

INSTRUCCIÓN TECNICA

N°	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIEMPO(hrs)	PERMISO	PARA EQUIPO
1	Verificar voltaje de entrada	Diario	10 min	Si	No
2	Verificar indicación de la luz piloto cuando se seleccione el tipo de arranque	Diario	10 min	Si	No
3	Verificar la activación del fluido eléctrico con el switche	Diario	10 min	Si	No
4	Verificar activación mediante pulsador	Diario	10 min	Si	No

Nota: se recomienda al operador tener el mayor cuidado posible a la hora de utilizar estos elementos.

Evaluación nivel de prioridad					
MAQUINAS ANALIZADAS	COMPONENTES EVALUADOS	NPR	NIVEL DE CRITICIDAD	PRIORIDAD DE NPR	ACCIONES
Banco de arranque y maniobra de motores de inducción	Motor eléctrico	600	ALTO	Riesgo de falla alto	- Realizar una inspección semanal todo con el fin de preservar la vida útil del motor - Revisar cada una de las partes del variador con el fin de preservar su eficiencia y durabilidad - Revisar que los parámetros de operación del arrancador suave sean los indicados para un correcto funcionamiento del motor. - Verificar los datos mostrados en pantalla - Revisar cada semana que el contactor este en correcto funcionamiento - Revisar semanalmente para verificar su correcto funcionamiento - Indicarle al operador que a la hora del manejar estos elementos sea lo más cuidadoso posible todo con el fin de preservar la durabilidad de los mismos
	Variador de frecuencia	72		Riesgo de falla bajo	
	Arrancador suave	160		Riesgo de falla medio	
	Pantalla	160		Riesgo de falla medio	
	Contactor	112		Riesgo de falla bajo	
	Totalizador	128		Riesgo de falla medio	
	Pulsador de hongo	270		Riesgo de falla medio	
	Luz piloto				
	Switche				

PRIORIDAD DE NPR	
Alto riesgo de falla	500-1000
Riesgo de falla medio	125-499
Riesgo de falla bajo	1-124
No existe riesgo de falla	0

5 GUIAS DE APRENDIZAJE PREVENTIVO PARA EL BANCO DE ARRANQUE Y MANIOBRA DE MOTORES DE INDUCCION

SISTEMAS DE ARRANQUE

El banco permite los siguientes métodos de arranque de motores:

- Arranque directo
- Arranque estrella-delta
- Arranque Delta-estrella
- Arranque con variador de velocidad
- Arranque con arrancador suave, con corriente reducida

De acuerdo a los sistemas de arranque que permite el banco de arranque y maniobra de motores de inducción se realizaron las guías siguientes guías de aprendizaje.

Guía #1 variador de frecuencia

En esta guía se describe concepto y funcionamiento desde el encendido del banco y selección del tipo de arranque hasta la configuración detallada del variador de frecuencia manual mediante el teclado del mismo.

Para ver de forma más detallada la guía ingrese a anexos, guías de aprendizaje y seleccione la guía de variador de frecuencia.

Guía #2 Arranque con arrancador suave

En esta guía se describe concepto y funcionamiento desde el encendido del banco y selección del tipo de arranque hasta la configuración del arrancador suave.

Para ver de forma más detallada la guía ingrese a anexos, guías de aprendizaje y seleccione la guía de arrancador suave.

Guía #3 Arranque directo

En esta guía se describe concepto y funcionamiento desde el encendido del banco y selección del tipo de arranque.

Para ver de forma más detallada la guía ingrese a anexos, guías de aprendizaje y seleccione la guía de arranque directo.

Guía #4 Estrella-delta

En esta guía se describe concepto y funcionamiento desde el encendido del banco y selección del tipo de arranque.

Para ver de forma más detallada la guía ingrese a anexos, guías de aprendizaje y seleccione la guía de estrella delta.

Guía #5 Delta-estrella

En esta guía se describe concepto y funcionamiento desde el encendido del banco y selección del tipo de arranque.

Para ver de forma más detallada la guía ingrese a anexos, guías de aprendizaje y seleccione la guía de delta-estrella.

Conclusiones

- 1) El Análisis detallado del banco permitió de una manera más sencilla entender el funcionamiento de cada uno de los componentes del mismo, para esto se hizo un listado de equipos como se ve en las tablas 4, 5 y 6 para así poder saber cada una de las especificaciones de los mismos.
- 2) El mantenimiento preventivo es esencial ya que prolonga la vida útil de los activos y evita la necesidad de adquirir nuevos equipos, para realizar un plan de mantenimiento es necesario hacer el análisis modo efecto de falla de los equipos también llamada AMEF, esto nos permitirá saber cuál equipo dentro de nuestro sistema tiene mayor criticidad y requiere de una supervisión mayor. de acuerdo a esto en el plan de mantenimiento realizado se pudo aplicar la AMEF y se obtuvo cual era el equipo con mayor criticidad dentro de nuestro sistema el cual fue el motor eléctrico
- 3) El estudio realizado de los antecedentes permitió tener un conocimiento más amplio sobre los bancos de arranque y maniobra de motores de inducción, dando a conocer los diferentes tipos de aplicaciones que le dan en otros países y el estudio que llevaron a cabo para la realización del mismo.
- 4) El estudio realizador de los diferentes tipos de arranque que permite el banco como los son arranque directo, arranque con variador de velocidad, arranque con arrancador suave, arranque delta estrella y arranque estrella delta permitió obtener un conocimiento más amplio y a su vez realizar las guías de aprendizaje para los estudiantes del programa de ingeniería mecatronica de la universidad de pamplona.

Referencias bibliográficas

- [1] Rubio marques, Juan Eduardo. Actualización del sistema de control en el banco didáctico de pruebas y arranque de motores trifásicos del laboratorio de tecnología e ingeniería de la universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, norte de Santander. Cúcuta, 2020, 102p. Trabajo integral de grado (Tecnólogo en Mantenimiento Electromecánico Industrial). Universidad Antonio Nariño. Facultad ingeniería.
- [2] Fuente: ŠPAN, Andraž; FARKAŠ Luka; MIKIC Urban; et al. How to connect AC motor in Delta star configuration. Eslovenia. Better Electro-World Slovenian Meeting. 2018. 26p.
- [3] Fuente: SIDELAB. Banco de ensayo para maquinas eléctricas. [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. Disponible en: <https://www.sidilab.com>.
- [4] Fuente: CHOIEO. Módulo de banco de motores [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. Disponible en: <http://www.choieo.com>.
- [5] Fuente: PIZARRO Antony ROQUE. Arranque estrella- triangulo. Universidad Nacional del Callao, ingeniería Eléctrica y Electrónica, julio 2015 [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=BGILooSLa1o>.
- [6] Huamán cruz, Luis Alberto. Elección óptima de arranque de motores eléctricos trifásicos asíncronos según su uso en la industria. Arequipa, 2020, 166p. Trabajo de grado (Ingeniero Electricista). Universidad continental. Facultad de ingenierías.
- [7] Pinto ríos, José Antonio. Desarrollo de plan de mantenimiento en motores eléctricos. Arequipa, 2019, 85p. Trabajo de investigación (Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Mecánica). Universidad continental. Facultad de ingenierías.
- [8] Mollisaca Centellas, Juan Carlos. Mantenimiento y reparación de motores eléctricos síncronos. Valencia, 2020, 118p. Trabajo final (Máster Universitario en Ingeniería del Mantenimiento). Universidad politécnica de valencia. Facultad de ingenierías.
- [9] piña Villalobos, Francisco Javier. Algoritmo robusto para el diagnóstico de fallas eléctricas en el motor de inducción trifásico basado en herramientas espectrales y ondeletas. En: Automática e informática industrial. Vol.; 12. No 24 (2015); p. 1-12.
- [10] Hernández pineda, Libardo enrique. Interfaz para la selección de motores de jaula de ardilla. En: Investigación de sistemas energéticos. Vol.; 2. No 24 (May-Jul.2014); p. 1-8.

[11] Cely Vélez, Mauricio. Diseño del Sistema de Freno Regenerativo de Automóviles Híbridos. En: Investigación de sistemas híbridos. Vol.; 37. No 2 (Mar.2016); p. 1-10.

[12] Fuente: MOTOREX. Tipos de motor eléctrico. (En línea) Recuperado en 2019-10-31. Disponible en:<http://www.motorex.com.pe/blog/tiposmotorelectrico-cerrado-abierto/> 53p.

[13] Agudelo torres, Sergio Andrés. Generador de energía eléctrica por tornillo de Arquímedes a baja escala, mediante el aprovechamiento del recurso hídrico para una vivienda rural en Girardota. Medellín, 2021, 57p. Trabajo de grado (título de Tecnólogo en eléctrica). Institución universitaria pascual bravo. Facultad de ingenierías.

[14] Ruiz Carranza, Milton Hernán. Diseño de un sistema eólico para suministrar energía eléctrica al puesto de salud laguna huanama – salas. Chiclayo, 2018, 92p. Tesis (Ingeniero mecánico electricista). Universidad cesar vallejo. Facultad de ingenierías.

[15] Montero portal, Lilia rosa. Desmontaje, montaje, verificación de un rotor de un motor eléctrico y accesorios. Santa cruz de Tenerife, 2021, 93p. Trabajo de grado (Tecnologías marinas). Universidad de la laguna. Facultad de ingenierías.

[16] Zapata gil, José Mauricio. Eficiencia energética de motores industriales. Medellín, 2018, 74p. Trabajo de grado (Ingeniería eléctrica). Institución universitaria pascual bravo. Facultad de ingenierías.

[17] Mollisaca Centellas, Juan Carlos. Mantenimiento y reparación de motores eléctricos síncronos. Valencia, 2020, 118p. Trabajo final (Máster Universitario en Ingeniería del Mantenimiento). Universidad politécnica de valencia. Facultad de ingenierías.

[18] Montero portal, Lilia rosa. Desmontaje, montaje, verificación de un rotor de un motor eléctrico y accesorios. Santa cruz de Tenerife, 2021, 93p. Trabajo de grado (Tecnologías marinas). Universidad de la laguna. Facultad de ingenierías.

[19] Mosquera castaño, Edwin Aurelio. Eficiencia energética de motores industriales. Medellín, 2018, 74p. Trabajo de grado (Ingeniería eléctrica). Institución universitaria pascual bravo. Facultad de ingenierías.

[20] Fuente: Dieléctricos. Funcionamiento disyuntor. (En línea) Recuperado en 2020-01-20. Disponible en: <https://jdelectricos.com.co/como-funciona-un-breaker-electrico/>.

[21] Cosme Mendoza, heyner Miller. Diseño de un banco de ensayo para sistema de arranque de motores trifásicos. Trujillo, 2019, 106p. Trabajo de grado (Ingeniero

mecánico eléctrico). Universidad católica de Trujillo Benedicto XVI. Facultad de ingenierías.

[22] Fuente: profetolocka. Arranque de motor directo. [En Línea]. Recuperado en 2021-06-28. Disponible en: <https://www.profetolocka.com.ar/2021/06/28/arranque-del-motor-asincrono-trifasico/>.

[23] Fuente: inducor. Motor eléctrico. [En Línea]. Disponible en: <https://www.inducor.com.ar/academicos/calculo-de-maquinas-electricas/maquinas-electricas-capitulo5b.html>

[24] Pérez Alvarado, Wilson Erick. Diseño e implementación de un banco de pruebas para control industrial programable. Guayaquil, 2015, 352p. Trabajo de grado (Ingeniero eléctrico). Universidad politécnica salesiana. Facultad de ingenierías.

[25] Fuente: Coparoman. Motores eléctricos trifásicos. [En Línea]. Recuperado en 2014-09-20. Disponible en: <https://coparoman.blogspot.com/2014/09/motores-electricos-trifasicos-de-6.html>

[26] Pérez Alvarado, Wilson Erick. Diseño e implementación de un banco de pruebas para control industrial programable. Guayaquil, 2015, 352p. Trabajo de grado (Ingeniero eléctrico). Universidad politécnica salesiana. Facultad de ingenierías.

[27] Fuente: Apcotech. Conexiones eléctricas. [En Línea]. Recuperado en 2016-08-16. Disponible en: <http://www.apcotech.com/BLOG/uncategorized/conexiones-electricas-tipo-estrella-y-delta-que-son-y-para-que-nos-sirven/>.

[28] Méndez guillen, Billy Luis. Diseño e implementación de un tablero con arrancador estrella-triángulo para motores trifásicos para prácticas en el laboratorio de control. Guayaquil, 2018, 94p. Trabajo de grado (Ingeniero electro mecánico). Universidad católica de Santiago de Guayaquil. Facultad de ingenierías.

[29] Fuente: Wikipedia. Conexiones estrella-triangulo. [En Línea]. Recuperado en 2022-10-18. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Conexi%C3%B3n_estrella_tri%C3%A1ngulo.

[30] Fuente: Maquinas eléctricas. Tipos de conexión. [En Línea]. Disponible en: <https://maquinaselectricasblog.wordpress.com/tipos-de-conexion/>

[31] Fuente: Maquinas eléctricas. Tipos de conexión. [En Línea]. Disponible en: <https://maquinaselectricasblog.wordpress.com/tipos-de-conexion/>

[32] Fuente: sensoricx. Arranque delta-estrella. [En Línea]. Disponible en: <https://sensoricx.com/maquinas-electricas/arranque-estrella-delta-con-inversor-de-giro-de-motor/>.

[33] Fuente: iguren. Aplicaciones y usos del variador de frecuencia. [En Línea]. Disponible en: https://iguren.es/blog/aplicaciones-y-usos-de-los-variadores-de-frecuencia/#Ventajas_de_utilizar_variadores_de_frecuencia_en_motores_asincronos

[34] Fuente: Automatismoindustrial. Formación para la industria 4.0. [En Línea]. Disponible en: <https://automatismoindustrial.com/curso-variadores-de-frecuencia/arranque-y-control-de-velocidad-en-variadores-de-frecuencia/>

[35] Fuente: Risoul. Arrancadores suaves. [En Línea]. Recuperado en 2021-07-23. Disponible en: <https://www.risoul.com.mx/blog/arrancadores-suaves-funcionamiento-beneficios-y-aplicaciones>.

[36] Fuente: Inmaelectro. Arrancador suave. [En Línea]. Disponible en: <http://www.inmaelectro.com/productos/siemens/arrancadores-suaves/>

[37] Fuente: Refacciones industriales. Arrancador suave funcionamiento. [En Línea]. Disponible en: <https://brr.mx/arrancadores-suaves-funcionamiento-beneficios-y-aplicaciones/>

[38] Fuente: Autycom. Arrancador suave funcionamiento. [En Línea]. Disponible en: <https://www.autycom.com/que-es-un-arrancador-suave/>

[39] Proaño Andrade, Richard Israel. Diseño e implementación de un banco de pruebas para control industrial programable. Guayaquil, 2015, 352p. Trabajo de grado (Ingeniero eléctrico). Universidad politécnica salesiana. Facultad de ingenierías.

[40] Fuente: Pinterest. Arranque directo. [En Línea]. Disponible en: <https://ar.pinterest.com/pin/806636983271601579/>

[41] Fuente: areatecnologica. Arranque estrella triangulo. [En Línea]. Disponible en: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/arranque-estrella-triangulo.html>

[42] Fuente: Automatismoindustrial. Formación para la industria 4.0. [En Línea]. Disponible en: <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/1-7-arrancadores-electronicos-y-variadores-de-velocidad/arrancadores-electronicos/>

[43] Fuente: YouTube. Como utilizar un arrancador suave. [En Línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=Lf8lrJtg4OI>.

[44] Fuente: Envira. Que diferentes tipos de mantenimiento existe en una empresa. [En Línea]. Disponible en: <https://envira.es/es/diferentes-tipo-de-mantenimiento-existen-empresa/>

[45] Fuente: Mantenimiento.win. Todo acerca del mantenimiento. [En Línea]. Disponible en: <https://mantenimiento.win/>.

[46] Fuente: Manufactura latam. Mantenimiento de planta. [En Línea]. Disponible en: <https://www.manufactura-latam.com/es/blog/los-principales-objetivos-del-mantenimiento>

[47] Fuente: Infrasppeak. Disponibilidad. [En Línea]. Disponible en: <https://blog.infrasppeak.com/es/disponibilidad-fiabilidad-mantenibilidad/>

[48] Fuente: docs. Oracle. Fiabilidad. [En Línea]. Disponible en: <https://docs.oracle.com/cd/E19455-01/816-0289-10/6m6pmlk9b/index.html><https://blog.infrasppeak.com/es/disponibilidad-fiabilidad-mantenibilidad/>

[49] Fuente: Mantenimiento.win. Todo acerca del mantenimiento. [En Línea]. Disponible en: <https://mantenimiento.win/>.

[50] Fuente: Movilgmao. Historia del mantenimiento. [En Línea]. Disponible en: <https://movilgmao.es/breve-historia-mantenimiento/>

[51] Fuente: Infrasppeak. Mantenimiento preventivo. [En Línea]. Disponible en: <https://blog.infrasppeak.com/es/disponibilidad-fiabilidad-mantenibilidad/>

[52] Fuente: Altertecna. Mantenimiento correctivo vs preventivo. [En Línea]. Disponible en: <https://altertecna.com/mantenimiento-correctivo-vs-preventivo/>

[53] Fuente: Infrasppeak. Mantenimiento correctivo. [En Línea]. Disponible en: <https://blog.infrasppeak.com/es/disponibilidad-fiabilidad-mantenibilidad/>

[54] Fuente: Iberdrola. Mantenimiento Predictivo. [En Línea]. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/innovacion/mantenimiento-predictivo>

[55] Fuente: Iberdrola. Mantenimiento predictivo, preventivo, correctivo. [En Línea]. Disponible en: <https://altertecna.com/mantenimiento-correctivo-vs-preventivo/>