

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



**Diseño de un tablero de arranque de motor con variador de
frecuencia de 5.5 kW para el laboratorio de Ingeniería
Mecánica Eléctrica**

**Tesis para obtener el título profesional de
Ingeniero Mecánico Electricista**

Autor

Callán Ramirez, Fernando Jeffersson

Asesor – Código ORCID

Avalos García, Ramón Napoleón

Código 0000-0001-9016-3994

Chimbote – Perú

2023

INDICE

Tema	Página N°
TITULO	iii
RESUMEN	ivv
ABSTRACT	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. METODOLOGÍA	22
3. RESULTADOS	23
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	25
5. CONCLUSIONES	26
6. RECOMENDACIONES	27
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
8. ANEXOS	30

PALABRAS CLAVE

Tema	Tablero eléctrico
Especialidad	Ingeniería Mecánica Eléctrica
Líneas de investigación	Sector Energía
Área	Ingeniería, Tecnología

Keyword

Theme	Electric board
Specialty	Electric mechanic engineering
Line of investigation	Energy Sector
Area	Engineering, Technology

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado **“Diseño de un tablero de arranque de motor con variador de frecuencia de 5.5 kW para el laboratorio de Ingeniería Mecánica Eléctrica”** del (a) estudiante: **Fernando Jeffersson Callán Ramirez**, identificado(a) con **Código N° 1116100982**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **28%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 17 de Julio de 2023

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA:

Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

TITULO

**Diseño de un tablero de arranque de motor con variador de
frecuencia de 5.5 kW para el laboratorio de Ingeniería
Mecánica Eléctrica**

RESUMEN

En el laboratorio de ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad San Pedro se cuenta con tableros de arranque de motores eléctricos, directo y mediante contactores, lo cual esos arranques ya no son utilizados en las industrias debido a que no protegen como corresponde al motor eléctrico, teniendo en la actualidad variadores de velocidad o frecuencia los cuales tienen mucha más versatilidad de uso y beneficios y se debe tener al tanto de la tecnología a los estudiantes de la universidad por lo cual esta tesis se basa en diseñar un tablero para arranque de motor eléctrico con variador de 5.5 kW para que los estudiantes apliquen lo aprendido visualizando un plano de fuerza, control, y programen un variador.

La metodología de investigación el diseño será no experimental ya que no se manipulará las variables, observaremos los datos obtenidos por la placa del motor eléctrico del laboratorio para diseñar un tablero de arranque de variador de velocidad para los estudiantes de la universidad.

Y los resultados obtenidos de la presente investigación de diseño de un cuadro eléctrico, reflejaron el estudio de Ingeniería con sus respectivos cálculos y diseños de un arrancador con un variador para un motor eléctrico dentro del laboratorio de ingeniería mecánica eléctrica. Los cálculos se desarrollaron en base a la placa de motor eléctrico más adecuada en el laboratorio.

ABSTRACT

In the electrical mechanical engineering laboratory of the San Pedro University there are starter boards for electric motors, direct and through contactors, which these starters are no longer used in industries because they do not protect the electric motor as it corresponds, having At present speed or frequency variators which have much more versatility of use and benefits and university students must be aware of the technology for which this thesis is based on designing a board for starting an electric motor with 5.5 kW drive for students to apply what they have learned by visualizing a power plane, control, and programming a drive. .

The research methodology, the design will be non-experimental since the variables will not be manipulated, we will observe the data obtained by the electric motor plate in the laboratory to design a variable speed drive starter board for university students.

And the results obtained from the present investigation of the design of an electrical panel, reflected the study of Engineering with their respective calculations and designs of a starter with a variator for an electric motor within the electrical mechanical engineering laboratory. The calculations were developed based on the most suitable electric motor plate in the laboratory.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se ha realizado una recopilación de información, las cuales sirven de antecedentes para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Burgos S., Bernabe I., Ramos V., Flores W., (2019), en su tesis “Implementacion de modulo educativo con variador de velocidad de motor electrico c.a. 0.37 kW para el laboratorio de control y automatizacion”, Chiclayo , en su tesis indica que dentro de la Universidad Cesar Vallejo, en su laboratorio no cuentan con variadores y estos son fundamentales en las industrias ya que tienen muchos beneficios a favor por ello propusieron crear un modulo para que nuevos estudiantes, puedan manipular y aprender acerca sobre el arranque de los motores mediante variadores de frecuencia, los autores llegaron a la conclusion de que pudieron comprender el funcionamiento de los elementos de control y las conexiones del modulo, concluyen que el precio es comodo, no tan elevado y se podra potencia el aprendizaje dentro de las aulas de la casa de estudios.

Sanchez R., en el año 2017, en su tesis “Análisis comparativo de las corrientes de arranque de motor trifasico hasta una potencia de 5 HP con circuito de reles(contactor) y circuito electronica (SCR) en la Universidad de Sipan”, Pimentel, indica que su trabajo consiste en analizar en un banco de prueba las factibilidad de cada circuito convencional para el desarrollo industrial aplicado en el ambito profesional, puesto que ahora en estas epocas se suelen usar arrancadores suaves para limitar la corriente de arranque puesto que reduce la vida util del motor electrico. El autor llego a la conclusion que los motores electricos con arrancador electronico tendra un tiempo de vida util mayor por el simple hecho de los arranques son en rampa puesto que no tendra un arranque brusco.

Cordova A., en el año 2002, en su tesis “Diseño de tableros electricos de control y fuerza para arranque de maquinas rotativas” Lima, expone que se realizo un trabajo de tableros electricos como terceros en la empresa Corporacion Logistica Rayo Doble y encontro que los variadores y arrancadores tienen como objetivos mostrar las diferentes formas de arranques de un motor electrico la caul

es muy útil para proteger los motores eléctricos. En sus estudios realizados de su proyecto de tesis llegó a la conclusión que el variador de velocidad se usa para el control de las corrientes de arranque de los motores eléctricos y los arrancadores suaves se usa solo como en el arranque del motor en un tiempo determinado, una vez arrancado el motor el arrancador se convierte en un conductor de corriente.

Bejarano M., Herrera Y., en el año 2016, en su tesis “Diseño e implementación de un sistema de control automático y supervisión para mejorar el funcionamiento del sistema de bombeo de agua en sala de bombas de la Corte Superior de Justicia Trujillo – Natasha Alta”, Trujillo, expone en su trabajo que en la corte superior de justicia, cuenta con una sala de bombas, donde funcionan manualmente, por horarios y no todas al mismo tiempo generando pérdida de tiempo del operario y malgastar la vida útil de los motores eléctricos por ser arranques directos. El autor llega a la conclusión que implementando un tablero con variador resolvía el problema, ya que cubría los problemas dados.

Gutierrez M., Ruiz M., en el año 2017, en su tesis “Diseño e implementación de variadores de frecuencia en máquinas extrusoras de plástico para mejorar los procesos y ahorrar energía en la empresa Plastinic S.A.”, Managua, él indica que va a realizar un estudio de factibilidad del uso de variadores de velocidad puesto que busca dar solución a los problemas de ahorro de energía, desbalance energético y regular la velocidad de manera óptima dentro de la empresa dado que la mayoría de motores eléctricos funcionan con un sistema estrella triángulo. Se llegó a la conclusión de que es necesario la aplicación de variadores de velocidad puesto que tienen grandes ventajas en la producción y un mayor control en los procesos.

Calcina A., en el año 2016, en su tesis “Optimización del funcionamiento de un motor de inducción para el ahorro de energía eléctrica en el laboratorio UNCP”, Huancayo, indica en su tesis el autor que pretende usar un variador de frecuencia para optimizar el funcionamiento de un motor de inducción para poder ahorrar energía eléctrica, llegando a la conclusión que se pudo comprobar y que ahorra un 28% con respecto al arranque estrella triángulo puesto que la diferencia

se encuentra al encendido del motor, puesto que el motor su corriente inicial era elevada y con el variador de frecuencia se pudo solucionar ese problema y además que tiene muchas más ventajas.

Flores G., Quispe J., en el año 2018 en su tesis “Estudio y análisis experimental para la protección de las corrientes de arranque en motores eléctricos trifásicos de inducción”, Puno, indica que el motor trifásico de inducción es el más usado en las industrias, pero que estas máquinas eléctricas tienen un alto consumo de intensidad cuando lo alimentamos a través de un arranque directo y por ese motivo pretende realizar un estudio y análisis a la corriente de arranque de los motores, para lo cual se realizaron ensayos experimentales de los distintos métodos, llegando a la conclusión que el arranque más óptimo se da con el uso del variador de velocidad debido a su bajo consumo de corriente al momento de arrancar.

Molina U., Cruz C., en el año 2012, en su tesis “Rediseño y construcción del módulo de pruebas de un variador de frecuencia y elaboración de la guía de prácticas para su uso en el laboratorio de control de movimiento”, Guayaquil, expone en su tesis que el diseño de este proyecto es dar una herramienta más a los estudiantes de la carrera de ingeniería eléctrico-mecánica y complementarlos con unas guías de prácticas para desarrollar la programación general y las entradas y salidas analógicas del variador de frecuencia Micro Master 440, y conocer los métodos de regulación. Llegando a la conclusión de que un variador de frecuencia reduce el gasto energético en un 60% frente a otros métodos y se pueden obtener amplias funciones.

Huaman L., en el año 2020, en su tesis “Elección óptima de arranque de motores eléctricos trifásicos asíncronos según su uso en la industria”, Arequipa indica en su tesis que determina que los arranques directos producidos en los motores asíncronos trifásicos son perjudiciales por su corriente inicial y por su alto consumo de energía eléctrica y los arranques deben elegirse de acuerdo a su aplicación, ahorro y su carga en los diferentes tipos de industrias. Llegando a la conclusión de que ahorraría el 15.9% de energía eléctrica con variador y

recuperaría su inversión en un 1.79 años lo cual son muy buenos porcentajes respecto a los otros arranques.

Segovia D., Chimbay L. en el año 2011, en su tesis “Diseño y construcción de un módulo de laboratorio con variador de frecuencia para el control del arranque, aceleración, frenado, inversión de giro y protección integrada de motores eléctricos de corriente alterna”, Riobamba, indica que diseñara y construirá un módulo con un variador de velocidad Siemens Sinamic G110 y el Logo 230RC que hoy en día son dispositivos muy utilizados en las industrias, nos indica que el convertidor de frecuencia es el método mas usado para el control de voltaje y velocidad, por medio de la regulación de frecuencia de alimentación suministrada a un motor en procesos industriales lo cual permite un ahorro energético , los resultados que obtuvo fueron que los estudiantes obtendrán formación teórica y practica con el uso de variadores y PLC.

Potencia activa (P):

(Ruelas, 2015, pág. 2) La potencia activa es la más familiar porque es la que usan los equipos para efectuar un trabajo útil (calor, movimiento, luz, etc.). Esta potencia activa se mide en watts (W), y se representa con la letra P.

Potencia reactiva (Q):

(Ruelas, 2015, pág. 2) La potencia reactiva solo se hace evidente por sus efectos, ya que es la que establece el campo magnético de un motor, o bien el campo electrostático de un condensador o capacitor. La potencia reactiva se mide en VAR, (voltamperes reactivos), y se representa con la letra Q (de Quadratur).

Potencia aparente(S):

(Ruelas, 2015, pág. 2) Se usa para describir el total, o aparente flujo de potencia. La potencia aparente se mide en VA (volts-amperes), y se representa con la letra S (de Scheinleistung - Potencia Aparente)

El $\cos\phi$:

(Schneider Electric, 2019, pág. 6) La conexión de cargas inductivas en una instalación provoca el desfase entre la onda de intensidad y la tensión. El ángulo ϕ mide este desfase e indica la relación entre la intensidad reactiva (inductiva) de una instalación y la intensidad activa de la misma. Esta misma relación se establece entre las potencias o energías activa y reactiva. El $\cos \phi$ indicará por tanto la relación entre la potencia activa y la potencia aparente de la instalación (los kVA que se pueden consumir como máximo en la misma). Por esta razón el $\cos \phi$ indicará el “rendimiento eléctrico” de una instalación

Factor de potencia ($\cos\phi$):

(Portocarrero & Mendoza, 2014, pág., 16) El factor de potencia es el cociente entre la potencia activa y aparente, que es igual al coseno del ángulo entre la tensión y la corriente.

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

Es recomendable que el factor de potencia cuente con energía sea alto desde 0.85 a más, podremos decir que es la relación entre la potencia activa en KW (kilo watts o kilo vatios) consumida en el sistema eléctrico y la potencia aparente en KVA (kilo volt amperios). El valor ideal de factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía suministrada es consumida por los aparatos y convertida en trabajo sin pérdidas. Las cargas industriales son de carácter reactivo a causa de la presencia de los motores, equipos de refrigeración, transformadores, generadores, etc. Esto obliga que junto a la a la potencia activa (KW) se consume potencia

reactiva (KVAR), las cuales determinan el comportamiento de las maquinas eléctricas.

El factor de potencia puede ser adelantado, atrasado, igual a 1 (en equilibrio) dependiendo de la carga:

En las cargas resistivas como las lámparas incandescentes, la tensión y la corriente están en fase en este caso, se tiene un factor de potencia unitario.

En las cargas inductivas como los motores y transformadores, la corriente se encuentra retrasada respecto a la tensión. En este caso se tiene un factor de potencia retrasado.

En las cargas capacitivas como los condensadores, la corriente se encuentra adelantada respecto al voltaje. En este caso se tiene un factor de potencia adelantado.

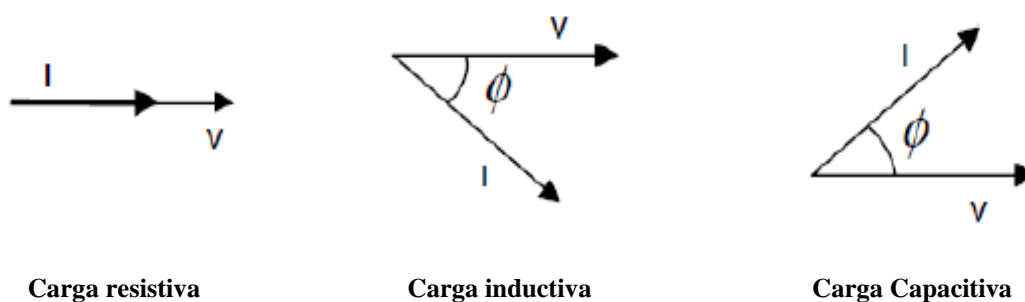


Figura 1. Tipos de cargas eléctricas

El factor de potencia viene dado por la siguiente expresión:

$$FP = \frac{P}{S} \quad \frac{P}{S} = \cos\phi$$

P: potencia activa en W

S: potencia aparente en VA

Q: potencia reactiva en VAR

ϕ : ángulo entre la corriente y el voltaje

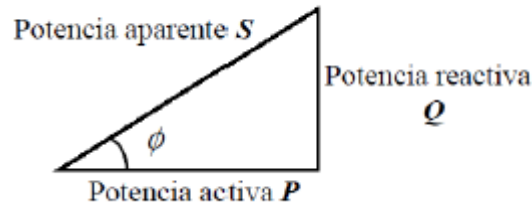


Figura 2. Triangulo de potencias

Conceptos básicos

Potencia activa monofásica

(Espinoza, Perez, 2015, pág. 13) Los diferentes dispositivos eléctricos existentes en la red eléctrica convierten la energía en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos.

$$P = V * I * \text{Cos}\varphi = I * Z * I * \text{Cos}\varphi = I^2 * R$$

P: potencia activa en Watt

V: voltaje en voltios

I: corriente en amperes

Z: impedancia en la línea en ohmios

$$R = Z * \text{Cos}\varphi$$

Potencia activa en sistemas trifásicos equilibrados:

Potencia en corriente alterna monofásica. En el supuesto de que el circuito estuviera formado por elementos resistivos puros, procederíamos igual que si se tratara de un circuito de corriente continua.

$$P_{3\phi} = 3 * V_f * I_f * \text{Cos}\varphi$$

V_f: voltaje en cada una de las fases en voltios

I_f: corriente en cada una de las fases en amperios

P: potencia en watt

Cos φ : factor de potencia del sistema

De lo anterior mostrado tendremos en función de I y V de línea.

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} * V_L * I_L * \text{Cos}\varphi$$

V_L : voltaje de línea en voltios

I_L : corriente de línea en amperes

P: potencia activa en watt

Cos φ : factor de potencia del sistema

En configuración Estrella

$$\frac{V_f}{\sqrt{3}} = V_L$$

$$I_f = I_L$$

En configuración Delta

$$\frac{I_f}{\sqrt{3}} = I_L$$

$$V_f = V_L$$

Por lo tanto, se obtendrá para ambos casos:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} * V_L * I_L * \text{Cos}\varphi$$

Potencia activa en sistemas trifásicos desequilibrados

$$P = V1 * I1 * \text{Cos}\varphi1 + V2 * I2 * \text{Cos}\varphi2 + V3 * I3 * \text{Cos}\varphi3$$

$$\varphi1 = \tan^{-1} \frac{X_1}{R_1} = \tan^{-1} \frac{Q_1}{P_1}$$

$$\varphi_2 = \tan^{-1} \frac{X_2}{R_2} = \tan^{-1} \frac{Q_2}{P_2}$$

$$\varphi_3 = \tan^{-1} \frac{X_3}{R_3} = \tan^{-1} \frac{Q_3}{P_3}$$

Potencia reactiva monofásica

La potencia reactiva monofásica no tiene el carácter de ser realmente consumida, solo aparecerá cuando hallan cargas inductivas o capacitivas. Su unidad de medida es los voltamperios reactivos (VAR)

$$Q = V * I * \text{Sen}\varphi = I * Z * I * \text{Sen}\varphi = I^2 * X$$

Q: potencia reactiva (VAR)

V: voltaje (V)

I: corriente (A)

X: reactancia de la línea (Ω)

Potencia reactiva en sistemas trifásicos equilibrados

$$Q = 3 * V_f * I_f * \text{Sen}\varphi$$

I_f: corriente en cada una de las fases (A)

V_f: voltaje en cada una de las fases (V)

Q: potencia reactiva en (VAR)

Sen φ : factor de potencia reactivo

La potencia reactiva en función de corriente y tensiones de línea:

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I_L * \text{Sen}\varphi$$

V_L: es el voltaje de línea a línea (V)

I_L: es la corriente (A)

Sen φ : factor de potencia reactivo

Potencia reactiva en sistemas trifásicos desequilibrados

$$P = V1 * I1 * \text{Sen}\varphi1 + V2 * I2 * \text{Sen}\varphi2 + V3 * I3 * \text{Sen}\varphi3$$

$$\varphi1 = \tan^{-1} \frac{X_1}{R_1} = \tan^{-1} \frac{Q_1}{P_1}$$

$$\varphi2 = \tan^{-1} \frac{X_2}{R_2} = \tan^{-1} \frac{Q_2}{P_2}$$

$$\varphi3 = \tan^{-1} \frac{X_3}{R_3} = \tan^{-1} \frac{Q_3}{P_3}$$

Potencia aparente monofásica

Es la suma de las potencias reactivas y activas. La S es la letra representativa y se mide en voltamperios (VA). Un dispositivo puede no tener una carga eléctrica real, es decir, puede funcionar al vacío y es cuando esta potencia residual entra en juego. Se da precisamente de la energía que estuvo y que se queda circulando en el circuito. Esto sucede porque la energía nunca se mueve al mismo tiempo, lo que genera un retraso en los sistemas de transmisión dando lugar a la potencia aparente. Esta se acumula, por ejemplo, en un transformador o en los cables o en lo que se conecta a ellos.

La potencia aparente puede ser de dos tipos: monofásica, es decir, que utiliza una sola fase de potencia para hacer llegar la corriente, o trifásica, que posee 3 fuentes de tensión donde se distribuye la potencia para que esta llegue de forma simultánea. Algunos ejemplos de componentes en los cuales la potencia aparente se acumula, pueden ser un transformador, un motor, un televisor, un sistema de aire acondicionado o un sistema de bombas de agua.

$$S = V * I$$

Potencia aparente en sistemas trifásicos equilibrados

$$S = 3 * Vf * If$$

If: corriente que pasa por cada una de las fases (A)

Vf: voltaje que cada una de las fases (V)

S: potencia aparente (VA)

La potencia aparente en función de corriente y tensiones de línea

$$S = \sqrt{3} * VL * IL$$

VL: voltaje de línea a línea (A)

IL: corriente de línea a línea (V)

Tablero eléctrico:

(Rodriguez, 2012, pág. 2) Un tablero eléctrico es un gabinete que contiene dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición protección, alarma y señalización con sus cubiertas y soportes correspondientes. Al momento de fabricar los tableros deben cumplir con criterios de diseño y normativas que permitan el funcionamiento y garantice la seguridad de los operarios y de las instalaciones



Figura 3. Tablero metalico

Placa metálica:

Es la parte del tablero eléctrico la cual está diseñada para poder soportar los componentes eléctricos y electrónicos que van fijados en el riel, tiende a soportar peso por lo cual son metálicos.



Figura 4. Placa Metalica

Interruptores Termomagnéticos:

(Ministerio de energía y finanzas, 2014, pág. 2) Los dispositivos de protección termomagnéticos esta equipados con mecanismos de disparo: la pieza dependiente de la temperatura del mecanismo está compuesta por un bimetetal con un arrollamiento de calefacción. Corrientes que superan la corriente nominal del módulo de protección, generan calor en el alambre caliente. El bimetetal se curva y reacciona sobre el mecanismo de conexión hasta que se desconecta.



Figura 5. Interruptores termomagnéticos

Termostato:

Son los aparatos destinados a abrir y cerrar un circuito eléctrico bajo la acción de una variación de temperatura. El más sencillo es el termómetro de contactos que utiliza el mercurio como conductor. Es sensible y preciso, pero su capacidad de ruptura es débil. Se utiliza de todos modos en instalaciones especiales que trabajan bajo diferencias de temperaturas muy reducidas (de menos de 1°C).



Figura 6. Termostato para Ventilador

Transformador:

(Alvarez, 2009, pág. 122) Es una maquina estática de bajas perdidas y es muy utilizado en sistemas de distribución y transmisión de energía eléctrica, su principal función es modificar la potencia eléctrica de corriente alterna con un valor de tensión y corriente en otra potencia de casi el mismo valor, pero, generalmente con distintos valores de tensión y corriente.



Figura 7. Transformador 440V a 220V

Fusibles:

Los **fusibles** sirven para asegurar la integridad de los dispositivos eléctricos que se encuentran en el circuito, al no permitir el paso de altas corrientes. De manera más específica, ayudan a proteger los sistemas electrónicos de los vehículos, las luminarias, computadoras, cables de baja tensión, electrodomésticos, ventiladores, entre muchos otros.



Figura 8. Fusibles

Variador de frecuencia o velocidad:

(Arana L., 2017, pág. 17) Es un sistema de control para motor que controla la velocidad rotacional por medio de control de la frecuencia, son dispositivos electrónicos que pueden variar la velocidad de los motores trifásicos convirtiéndolas en magnitudes fijas de tensión y frecuencia.



Figura 9. Variador

Arranque directo:

(Garriegos J, 2011, pág. 10) Si un motor arranca a plena carga, el bobinado absorbe una gran cantidad de corriente respecto a la nominal la cual conlleva a que se dé una caída de tensión, la corriente de arranque puede llegar de 6 a 8 veces con respecto a la corriente nominal.

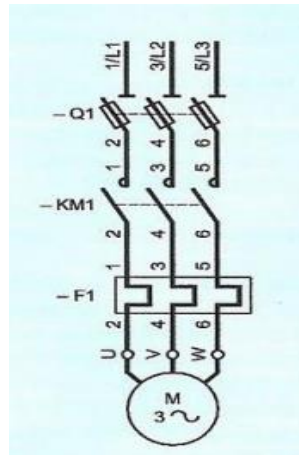


Figura 10. Esquema de un Arranque Directo

Arranque estrella triángulo:

(Arana L., 2017, pág. 12) es el sistema de arranque más utilizado siendo poco a poco reemplazada por el sistema de arranque con variadores de velocidad que consiste un sistema de arranque mediante contactores. El arranque estrella-delta es el procedimiento más empleado para el arranque a tensión reducida debido a que su construcción es simple, su precio es reducido y tiene una buena confiabilidad.

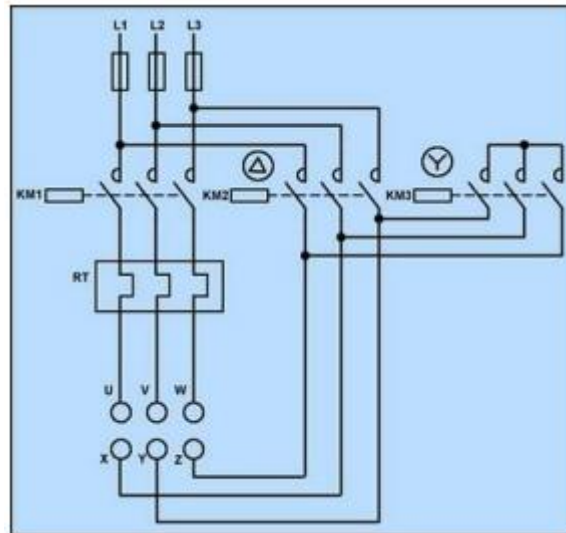


Figura 11. Esquema de Arranque Estrella Triangulo

Arranque de motores con dispositivos electrónicos:

(Arana L., 2017, pág. 14) Consisten básicamente en un convertidor estático alterna-continua-alterna o alterna-alterna, generalmente de tiristores, que permiten el arranque de motores de corriente alterna con aplicación progresiva de tensión, con la consiguiente limitación de corriente y par de arranque. En algunos modelos también se varía la frecuencia aplicada. Al iniciar el arranque, los tiristores dejan pasar la corriente que alimenta el motor según la programación realizada en el circuito de maniobra, que irá aumentando hasta alcanzar los valores nominales de la tensión de servicio.

Se puede utilizar para detener el motor, reduciendo la tensión hasta el detener completamente el motor eléctrico.

Ofrecen selección de parada suave, evitando los dañinos golpes de ariete en las cañerías durante la parada de las bombas; y detención por inyección de corriente continua para la parada más rápida de las masas en movimiento

Además, poseen protecciones por asimetría, contra sobre temperatura y sobrecarga, contra falla de tiristores, vigilancia del tiempo de arranque con limitación de la corriente, control de servicio con inversión de marcha,

optimización del factor de potencia a carga parcial, maximizando el ahorro de energía durante el proceso y permiten un ahorro en el mantenimiento por ausencia de partes en movimiento que sufran desgastes.

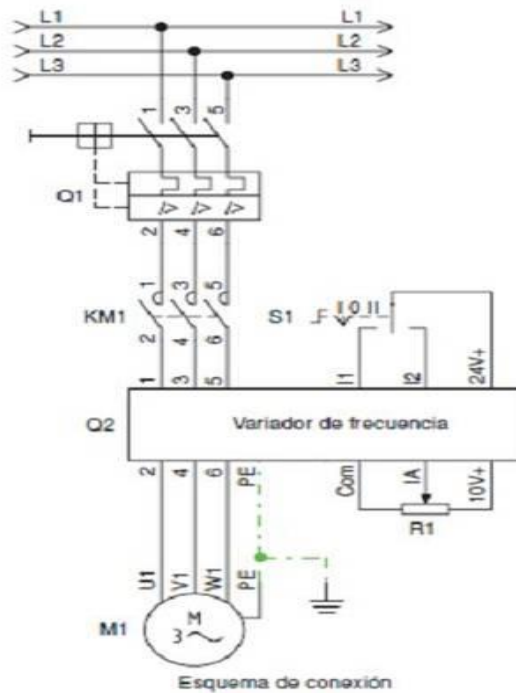


Figura 12. Esquema De Arranque con Variador

Cable para la conexión

Su aplicación es en general en instalaciones fijas, edificaciones, locales, conexiones de tableros electricos, tanto de control como fuerza, y en general en muchas mas aplicaciones.

Descripción:

Son conductores de cable de cobre electrolítico, recocido, solido, cableado o flexible. Aislamiento en PVC

Características:

Buena resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas, aceite y al calor hasta temperatura de servicio. Retardante a la llama.

Calibres:

2.50mm² – 500mm²



Figura 13. Conductores eléctricos

Borneras:

Por definición, los bornes o bornas de conexión eléctrica son los contactos que se utilizan para derivar la energía hacia dispositivos como baterías, motores o u otros aparatos eléctricos. De este modo, los cables alimentan con electricidad a los terminales para permitir su funcionamiento óptimo



Figura 14. Borneras eléctricas

El presente trabajo de investigación se justifica por los siguientes motivos:

De carácter académico:

La importancia del tablero con arranque de variador de frecuencia para motores eléctricos es importante para el conocimiento práctico del estudiante puesto que podrá plasmar lo aplicado en clases, además que los arranque con variador son muy aplicados en las industrias a nivel nacional por su ahorro energético y el cuidado de la vida de los motores eléctricos por eso se diseñará este tablero para que los estudiantes tengan conocimiento y efectúen las prácticas respectivas.

De carácter económico:

Obtendremos beneficios como reducción del consumo de la energía eléctrica, la cual se verá reflejada en la facturación.

De carácter técnico:

Mejoraremos el rendimiento por las máquinas eléctricas, habrá menos caídas de tensión; asimismo, al aplicar un variador de frecuencia alargaremos la vida útil del motor eléctrico, evitando gastos en mantenimientos o reparaciones.

.

A continuación, en mi presente trabajo de investigación expondré el problema que se tiene.

En el laboratorio de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad San Pedro en la sede de Chimbote, encontramos tableros de arranque directo y por contactores para motores eléctricos, los cuales son arranques muy atrasados para estas épocas además de que no protegen al motor y no ahorran energía como hacen los variadores de velocidad, por lo cual los estudiantes de la universidad deben de aprender con nuevas tecnologías para el arranque de motores eléctricos las cuales son muy aplicadas en las industrias.

Por lo cual surge la siguiente interrogante; ¿Cómo aplico la nueva tecnología para el arranque de motores eléctricos en los laboratorios de la Universidad San Pedro?

En la tabla siguiente se muestra la conceptualización y operacionalización de las variables.

Tabla 1.

Conceptualización y operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
TABLERO DE ARRANQUE DE MOTOR CON VARIADOR DE FRECUENCIA	Denominamos tablero de arranque de motor con variador de frecuencia a un tipo de arranque de motor más eficiente en todos los sentidos con respecto a los otros arranques de motores.	Protección	Protege al motor eléctrico de la corriente inicial puesto que, al iniciar el arranque, la corriente llega a un valor muy alto el cual pone en riesgo el devanado del motor.
		Ahorro energético	El consumo de energía eléctrica tiene una reducción significativa con el variador según las tesis realizadas en otros países y a nivel nacional en las agroindustrias.

Fuente: Elaboración propia.

Con el diseño del tablero de arranque con variador de frecuencia para motores eléctricos, la universidad podrá realizar el montaje y construcción de este equipamiento, con la cual los estudiantes de ingeniería mecánica eléctrica podrán observar y manipular el tablero, puesto que el arranque mediante variador de frecuencia tiene muchos beneficios a favor.

El trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos.

Objetivo general

Diseñar un tablero de arranque de variador de frecuencia para motores eléctricos para implementarse en el laboratorio de la universidad para que los estudiantes refuercen lo aprendido.

Objetivos específicos

A. Objetivos específicos

Identificar el motor eléctrico trifásico y su placa característica.

Identificar los dispositivos de protección para el motor y el variador de frecuencia.

Diseñar el tablero de arranque con variador de frecuencia.

Diseñar los planos de fuerza y control para las conexiones eléctricas.

2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de investigación.

Tipo: En nuestra investigación el diseño es de tipo descriptiva con enfoque cuantitativo, puesto que su objetivo es diseñar un tablero con variador de frecuencia para motores eléctricos con la cual los estudiantes de la escuela de ingeniería mecánica eléctrica puedan observar y evaluar el arranque de motores más usado en la actualidad, puesto que tiene muchos más beneficios en varios aspectos y también realizar hojas de prácticas para posteriores alumnos de la escuela de ingeniería mecánica eléctrica para que se familiaricen con el tema y puedan estar aptos para cuando las industrias los requieran.

Diseño: El diseño de la investigación será no experimental ya que no se manipulará las variables, observaremos los datos que tenemos a nuestro alcance.

2.2. Población y Muestra:

En este proyecto de investigación la población y muestra coinciden debido a que se realizará el análisis de un equipo electromecánico.

2.3. Técnicas e instrumentos de investigación:

2.3.1. Observación, es una técnica que consiste en observar atentamente un fenómeno determinado para posteriormente tomar la información y registrarla para el análisis y resolver el problema.

2.3.2. Registro, aplicaremos un registro de datos, para plasmar los datos y proceder a resolver el problema ante un inexistente tablero de arranque de variador de velocidad.

2.4. Procesamiento y análisis de la información

Una vez ha sido recopilada la información de los motores eléctricos existentes de la universidad se procederá a diseñar un tablero con arranque de variador para que los estudiantes puedan observar los componentes y realizar con el variador de frecuencia.

3. RESULTADOS

La Universidad San Pedro cuenta con un laboratorio de máquinas eléctricas rotativas, en donde se ubican diversos motores monofásicos y trifásicos, con las cuales se realizan diferentes pruebas de operatividad. Por tiempos de pandemia que vivimos por el Covid 2019 no se logró ingresar al laboratorio de la Universidad San Pedro, buscando un motor de las mismas características para obtener la imagen de su placa característica para desarrollar esta tesis. (Anexo 2)

Analizamos la placa característica del motor eléctrica y lo anotamos en nuestra hoja de datos (Anexo 4) para poder desarrollar nuestra tesis con nuestras formulas.

Ahora hallamos los dispositivos a usar con sus respectivas protecciones puesto que el variador es un dispositivo electrónico que gran valor adquisitivo y tienes que ser bien protegido.

Elegimos un variador de frecuencia acorde con la potencia del motor eléctrico que tenemos a disposición, el cual es el Schneider ATV610 5.5KW/7.5HP, 380-460V. (Anexo 2)

Encontramos que mediante nuestras formulas expuestas, el interruptor termomagnético general del tablero es de 9.28A por lo cual el valor más aproximado es una termomagnética de 16A, eligiendo el producto de Schneider Activ 9 iK60N, 3P, 16A.

Se eligió el conductor eléctrico THW-90 que energiza el variador y el motor, siendo de la medida del conductor eléctrico de 5.3 mm^2 .

El conductor eléctrico para conectar los dispositivos de control es THW-90 siendo la medida del conductor eléctrico de 2.1 mm^2 .

Ahora hallamos el interruptor termomagnético de la salida del transformador 440/220V 0.5KVA, siendo un interruptor termomagnético de 6A, eligiendo el dispositivo Schneider A9D17216 para el termostato quien controla al ventilador.

Diseñamos nuestro tablero mediante el software de AutoCAD Electrical (Anexo 3) con todos nuestros dispositivos hallados tanto de fuerza como de control.

Ahora procedimos a realizar nuestros planos eléctricos de fuerza y control mediante AutoCAD Electrical (Anexo 3)

Puesto que tenemos todo nuestro tablero diseñado con un arranque de variador, ahora procederemos a realizar los formatos de recolección de datos para cuando la universidad aplique y habilite esta tesis, la cual es importante que los estudiantes de ingeniería mecánica eléctrica deben llenar para reforzar lo aprendido y llenar los datos obtenido del tablero habilitado en laboratorio. (Anexo 4)

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Burgos, Bernabé, Ramos, Flores, en su tesis implementaron un módulo con variador para los estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo, concordamos que, una vez implementado el módulo, los estudiantes reforzaron su conocimiento puesto que aplicaron las conexiones de circuitos, aprendieron nuevos dispositivos que se usan en la actualidad y, sobre todo, programaron un variador.

Concuerdo con Sánchez que en su tesis comparó las corrientes de arranque de un motor trifásico con circuitos de contactores y mediante circuitos electrónicos, llegando a la misma conclusión que mediante un arrancador suave o un variador la corriente de inicio empieza progresiva hasta desarrollarse por completo el motor eléctrico en cambio mediante contactores la corriente empieza con un valor muy alto pudiendo afectar al motor eléctrico además que el variador es más eficiente.

Estoy de acuerdo con respecto a la tesis de Gutierrez y Ruiz puesto que implementaron variadores en una industria textil y consiguieron dentro de la empresa más maniobra en los procesos industriales, ahorro energético, prolongación de la vida útil de los motores eléctricos, ahorro económico.

Calcina optimizo el funcionamiento aplicando un variador de frecuencia en el laboratorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú logrando comprobar que ahorro un 28% de energía eléctrica con respecto al arranque comúnmente usado estrella triangulo.

Viendo todas estas tesis, todos llegamos a los mismos resultados puesto que el variador cuenta con muchas ventajas en todos los aspectos, solo es cuestión de invertir un poco en conseguir un variador, y así poder ahorrarte dinero en mantenimiento, energía, etc.

El presente trabajo de investigación se basa de las investigaciones anteriores, diseñar un tablero con arranque con variador puesto que no contamos en laboratorio para que los estudiantes de ingeniería mecánica eléctrica lo utilicen y así consolidar sus conocimientos aprendidos en clases.

5. CONCLUSIONES

Se ha realizado la identificación de los equipos y dispositivos existentes en laboratorio de ingeniería mecánica eléctrica.

El diseño del tablero de arranque de variador de frecuencia para motores eléctricos permitirá implementar en el laboratorio de la universidad para que los estudiantes refuercen lo aprendido.

Se ha realizado las simulaciones con el diseño planteado con el uso de variadores de frecuencia, el diseño de los planos de fuerza y control.

El tablero de arranque con variador de frecuencia presenta innumerables beneficios, lo cual significa ahorro para las empresas, además que los estudiantes de la escuela de ingeniería mecánica eléctrica estarán capacitados para cualquier situación puesto que dentro de este arranque encontramos todos los temas aprendidos en nuestro paso por la universidad

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda que en los futuros estudios se establezca una guía de prácticas para los estudiantes de ingeniería mecánica eléctrica respecto al uso de los tableros de arranque de motor con variador de frecuencia.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bejarano M., Herrera Y. (2016). *Diseño e implementación de un sistema de control automático y supervisión para mejorar el funcionamiento del sistema de bombeo de agua en sala de bombas de la Corte Superior de Justicia Trujillo – Natasha Alta*. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo.
- Burgos S., Bernabe I., Ramos V., Flores W. (2019). *Implementacion de modulo educativo con variador de velocidad de motor electrico c.a. 0.37 kW para el laboratorio de control y automatizacion*. Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo.
- Calcina A (2016). *Optimizacion del funcionamiento de un motor de induccion para el ahorro de energia electrica en el laboratorio UNCP*. Universidad nacional del centro del Perú, Huancayo.
- Cordova A. (2002). *Diseño de tableros electricos de control y fuerza para arranque de maquinas rotativas*. Universidad de Lima, Lima.
- Gutierrez M., Ruiz M. (2017). *Diseño e implementación de variadores de frecuencia en máquinas extrusoras de plástico para mejorar los procesos y ahorrar energía en la empresa Plastinic S.A., Managua*.
- Sanchez R. (2017). *Analisis comparativo de las corrientes de arranque de motor trifasico hasta una potencia de 5 HP con circuito de reles(contactor) y circuito electronica (SCR)*. Universidad de Sipan, Pimentel.

Páginas web:

Ceyesa. Recuperado 23 de mayo del 2022, de:

<https://www.ceyesa.com.pe/en/catalogue/?cat=transformadores-y-transductores>

Shneider. Recuperado 13 de febrero del 2019, de:

<https://www.se.com/pe/es/all-products>

SEIN, Recuperado 24 de mayo de 2022, de:

<https://sein.com.pe/termostato-na-para-ventilador-nsyccocho-schneider-electric.html>

Shneider. Recuperado 14 de enero del 2023, de:

<https://www.se.com/pe/es/product/ATV610U55N4/variador-de-velocidad-atv610-5-5-kw-7-5hp-380-460-v-ip20/>

WiAutomation Recuperado 10 de enero del 2023, de

https://pe.wiautomation.com/schneider-electric/variadores-motores-proteccion-de-circuitos/A9D17216?gclid=CjwKCAiA5Y6eBhAbEiwA_2ZWIRC9eHM9-uz_44MBg8qTFs1WEfQpWyiaBFwF53YsUGp7guACghUyFhoC-VAQAvD_BwE

Indeco Recuperado 9 de enero del 2023, de:

<https://es.slideshare.net/WalterCasan/thw-90-90093306>

8. ANEXOS


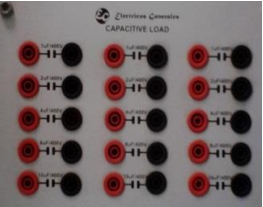

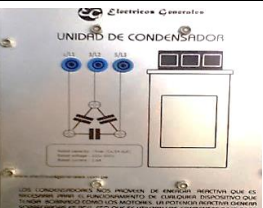
- Anexo 01 Equipos y accesorios existentes en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad San Pedro.
- Anexo 02 Información técnica de equipos y conductores.
- Anexo 03 Diagramas de fuerza y control de arranque de motor con variador de frecuencia.
- Anexo 04 Formatos de recolección de datos.
- Anexo 05 Cálculos de los dispositivos de protección.
- Anexo 06 Panel fotográfico del laboratorio de máquinas eléctricas rotativas de la Universidad San Pedro.


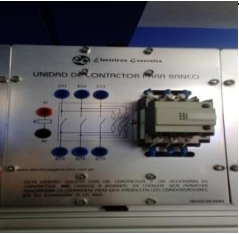
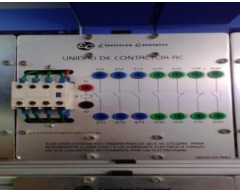

Anexo 01:





**EQUIPOS Y ACCESORIOS EXISTENTES EN EL
LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS DE LA
UNIVERSIDAD SAN PEDRO**





Tabla 02.

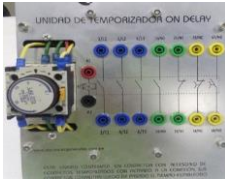



Tabla de equipos y accesorios existentes en el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad San Pedro





N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
1	Armazón del Módulo I de Entrenamiento de Maquinas Eléctricas Posee 4 ruedas giratorias (2 con bloqueo y 2 libres)	1	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Armazón: 2 r.moviles, 2 libres		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
2	Unidad de Cargas capacitivas	1	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Cargas "C"		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
3	Unidad de Cargas resistivas	1	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Cargas "R"		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
4	Unidad de Banco de Condensadores 1 kVAR	2	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Banco de condensadores 1 kVAR		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas





N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
5	Unidad de Conmutadores	2	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Conmutador		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
6	Unidad de Contactor para banco	2	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Contactor Banco		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
7	Unidad de Contactores	3	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Contactor		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
8	Unidad de Controladores digitales	1	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Controlador Digital		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas





N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
9	Unidad de Interruptor de caja moldeada	2	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	I. C. Moldeada		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
10	Unidad de Medidor digital DC: V, I	1	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	M. Digital DC: V y I.		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
11	Unidad de Medidor digital AC 3 en 1: V, I, f	1	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	M. Digital AC: V,I,f		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
12	Unidad de Medidor analógico AC: V, I	1	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	M. Analógico AC: V,I		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas





N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
13	Unidad de Medidor multifuncional	1	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	M. multifuncional		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
14	Unidad de Pulsadores	2	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Pulsadores		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
15	Unidad de Relés auxiliares	2	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Relés Auxiliares		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
16	Unidad de Relé Térmico	3	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Relé Térmico		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas





N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
17	Unidad de Temporizador On Delay	1	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	T, On Delay		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
18	Unidad de Temporizador Off Delay	1	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	T, Off Delay		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
19	Unidad de toma trifásica	1	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Toma 3F		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
20	Unidad de Variador de Velocidad	1	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Variador V. 0.25-2HP		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas



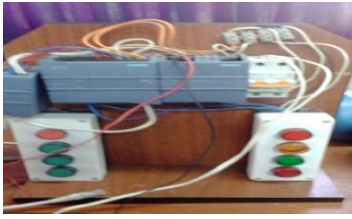
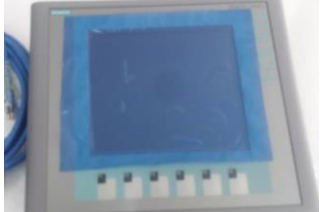
N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
21	Motores 2 HP	2	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Motor Asíncrono 3F		Máquinas Eléctricas Rotativas
22	Cable tripolar + T, con conectores, de 3 metros	1	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Cable Tripolar + T		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
23	Cables conectores	80	Eléctricos Generales	M. N°1 Electrotecnia	Cables Conectores		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
24	Motor de excitación independiente DC - 120 W	1	Eléctricos Generales	M. N°2 Motores AC y DC	Motor DC		Máquinas Eléctricas Rotativas





N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
25	Motor Asíncrono - 0.25 HP con freno mecánico	1	Eléctricos Generales	M. N°2 Motores AC y DC	Motor Asíncrono		Máquinas Eléctricas Rotativas
26	Motor Asíncrono de rotor bobinado - 120 W	1	Eléctricos Generales	M. N°2 Motores AC y DC	Motor Asíncrono		Máquinas Eléctricas Rotativas
27	Motor Síncrono - 90 W	1	Eléctricos Generales	M. N°2 Motores AC y DC	Motor Síncrono		Máquinas Eléctricas Rotativas
28	Transformador monofásico de 220 V a 24 V	3	Eléctricos Generales	M. N°3 Transformadores	Transformador 1Φ		Máquinas Eléctricas Estáticas

N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
29	Transformador monofásico de múltiples entradas y salidas	1	Electronica Veneta	M. N°3 Transformadores	Transformador 1Φ		Máquinas Eléctricas Estáticas
30	Autotransformador variac trifásico - 6 kVA Entrada AC 220V-60Hz/Salidas: AC 0-250V/3-Amp/fase DC 0-127 V. Inoperativo	1	Eléctricos Generales	M. N°3 Transformadores	VARIAC 3Φ		Máquinas Eléctricas Estáticas
31	Autotransformador variac Monofásico - 6 Kva Entrada AC 220V- 60Hz/ Salidas: AC 0 – 250V / 3 Amp/fase DC 0 – 127V	1	Eléctricos Generales	M. N°3 Transformadores	VARIAC 1Φ		Máquinas Eléctricas Estáticas
32	Autotransformador trifásico	1	Eléctricos Generales	M. N°3 Transformadores	Autotransformador 3Φ		Máquinas Eléctricas Estáticas





N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
33	Transformador Trifásico	1	Eléctricos Generales	M. N°3 Transformadores	Transformador 3Φ		Máquinas Eléctricas Estáticas
34	Autotransformador monofásico de 220V a 24V	3	Eléctricos Generales	M. N°3 Transformadores	Autotransf.1Φ		Máquinas Eléctricas Estáticas
35	Modulador de carga capacitiva variable mod. CL - 1/EV	1	Electronica Veneta	M. N°3 Transformadores	Modulador "C"		Máquinas Eléctricas Estáticas
36	Modulador de carga inductiva variable mod. IL - 1/EV	1	Electronica Veneta	M. N°3 Transformadores	Modulador "L"		Máquinas Eléctricas Estáticas



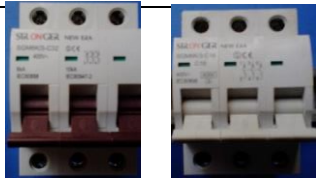

N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
37	Analizador de redes mod. SA2100	1	SUIN	M. N°4 Instrumentos de Medición	Analizador de redes	 A network analyzer device with a blue screen and various cables connected to it.	Instrumento de medición
38	Osciloscopio	1	SIGLENT	M. N°4 Instrumentos de Medición	Osciloscopio	 A digital oscilloscope with a black screen and a control panel with many buttons and knobs.	Instrumento de medición
39	Multímetro digital - modelo 830	4	Jomar	M. N°4 Instrumentos de Medición	Multímetro 830	 A yellow digital multimeter with a large display screen and a rotary selector switch.	Instrumento de medición
40	Multímetro digital - modelo YF3503	2	YFE	M. N°4 Instrumentos de Medición	Multímetro YF3503	 A black digital multimeter with a small LCD screen and several test leads connected to it.	Instrumento de medición

N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
41	Multímetro digital - modelo VC9808	1	Victor	M. N°4 Instrumentos de Medición	Multímetro VC9808		Instrumento de medición
42	Tacómetro digital - modelo 6236P	1	YFE	M. N°4 Instrumentos de Medición	Tacómetro 6236P		Instrumento de medición
43	PLC - Simatic S7 con pulsadores y lámparas de Señalización	1	Siemens	M. N°6 PLC Simatic 7	PLC Simatic S7		Automatización
44	Panel digital touch para PLC	1	Siemens	M. N°6 PLC Simatic 7	Panel digital touch - PLC		Automatización




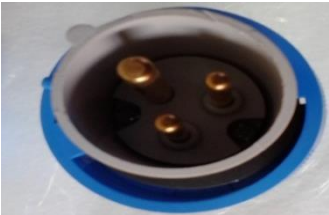
N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
45	Tablero eléctrico de arranque directo de un motor trifásico de corriente alterna	1	-	M. N°7 Tableros Eléctricos	A. Directo 3M		Máquinas Eléctricas Rotativas
46	Tablero eléctrico de motor de corriente directa con inversor de giro y regulación de velocidad	1	-	M. N°7 Tableros Eléctricos	A.Motor DC		Máquinas Eléctricas Rotativas
47	Tablero eléctrico estrella - triangulo	1	-	M. N°7 Tableros Eléctricos	Arranque Y - D ¹		Máquinas Eléctricas Rotativas
48	Tablero eléctrico de arranque con inversor de giro para un motor de corriente alterna	1	-	M. N°7 Tableros Eléctricos	A. I. de Giro		Máquinas Eléctricas Rotativas





N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
49	Tablero con I.T.3Φ, I.T 1Φ, Relay, 3 Contactores, 1 Relé térmico, 1 temporizador, botoneras, señalizadores, Conector 3F + T	1	-	M. N°7 Tableros Eléctricos	T.Conexión		Máquinas Eléctricas Rotativas
50	Variador de velocidad	1	Siemens	Independiente	Variador de velocidad		Automatización
51	Fuente de poder regulable DC	2	Mastech	Independiente	Fuente de poder regulable		Electrónica industrial
52	Bombas centrifugas 0.5 HP	4	Pedrollo	Independiente	Bomba Centrífuga		Máquinas Eléctricas Rotativas




N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
53	Generador 1.5 kW, 220V, 60 Hz, 1800 RPM	1	-	Independiente	Generador 1.5 kW		Máquinas Eléctricas Rotativas
54	Motor monofásico - 0.75 HP	1	Meba	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas Rotativas
55	Transformador de corriente	2	Camsco, CNC	-	Accesorio		Instrumento de medición
56	Medidor analógicos de corriente DC de 0 - 15A	2	Eléctricos Generales	-	Accesorio		Instrumento de medición

N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
57	Medidor de energía trifásico digital	1	ELSTER	-	Accesorio		Instrumento de medición
58	Placa de circuitos electrónicos 16.5 x 5.5 cm	3	Solderless	-	Accesorio		Electrónica industrial
59	Interruptores Termomagnético trifásico 32A, 20A, 16A	3	Bticino / Stronger	-	Accesorio		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
60	Lámparas de señalización con LED	8	-	-	Accesorio		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas

N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
61	Pulsadores y conmutador de circuito de control	7	-	-	Accesorio		Automatización / Máquinas Eléctricas Rotativas
62	Cable TWF 16 AWG	1	-	-	Accesorio		Electrónica industrial
63	Probador inducido	1	-	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas
64	Estator de motor universal	1	-	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas

N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
65	Cables cocodrilo de 25 cm	13	-	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas
66	Cable cocodrilo de 15 cm	29	-	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas
67	Transformador de 220V - 12V AC	2	-	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas
68	Conector macho monofásico + T - IP 66 / IP 67	1	Pluso	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas

N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
69	Conector macho Trifásico + T	1	Steck	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas
70	Alicate de corte	11	Stanley	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas
71	Organizador plástico	1	Rimax	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas
72	Alicate de punta	8	Stanley	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas

N°	Materiales	Cantidad	Marca	Módulo	Tipo	Fotografía	Área
73	Destornillador # 2 x 4 "	8	stanley	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas
74	Desarmador 1/4" x 6 "	8	stanley	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas
75	Juego de 6 destornilladores	3	Stanley	-	Accesorio		Máquinas Eléctricas

Anexo 02:
INFORMACION TECNICA DE EQUIPOS Y
CONDUCTORES

ANEXO 2.1

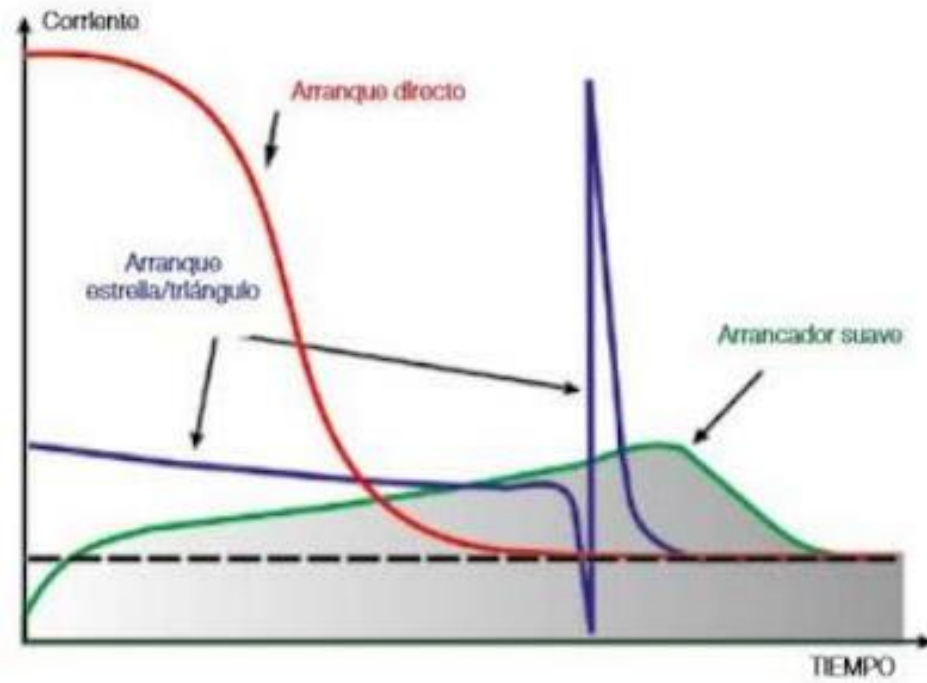


Figura 15. Diagrama comparativo entre los tipos de arranque

ANEXO 2.2

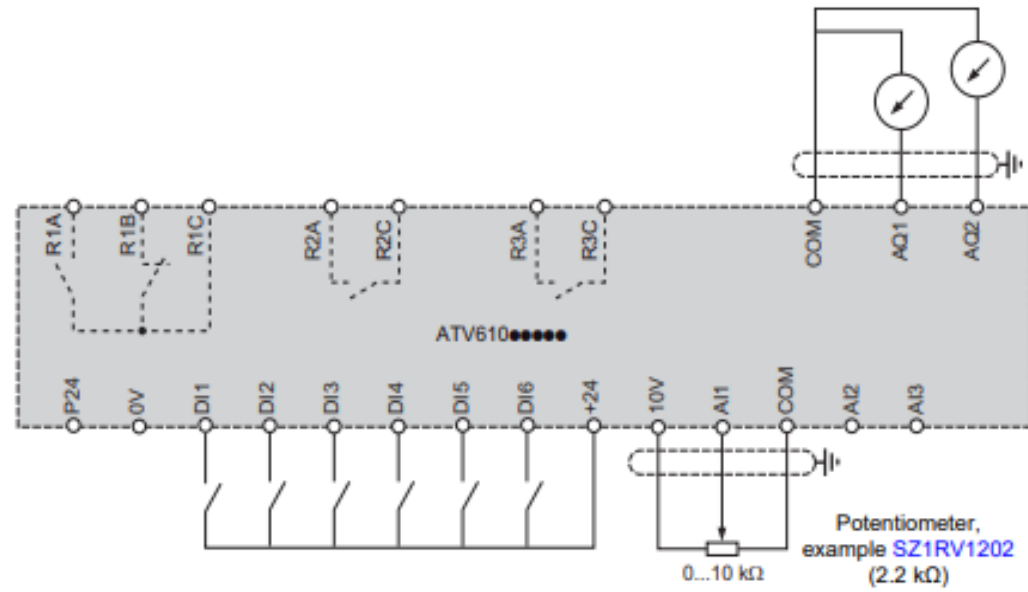


Figura 16. Diagrama interno de conexión del variador schneider ATV610

ANEXO 2.3

Plain Text Display Terminal and LEDs: Description

1 LEDs	Signaling LEDs, see table below.
2 ESC	Used to quit a menu/parameter or remove the currently displayed value in order to revert to the previous value retained in the memory.
3 Touch wheel (OK - arrows)	Used to save the current value or access the selected menu/parameter. The touch wheel is used to scroll fast into the menus. Up/down arrows are used for precise selections, right/left arrows are used to select digits when setting a numerical value of a parameter.
4 STOP/RESET	Stop command / apply a Fault Reset.
5 Home	Access directly the home page.
6 RUN	Run command



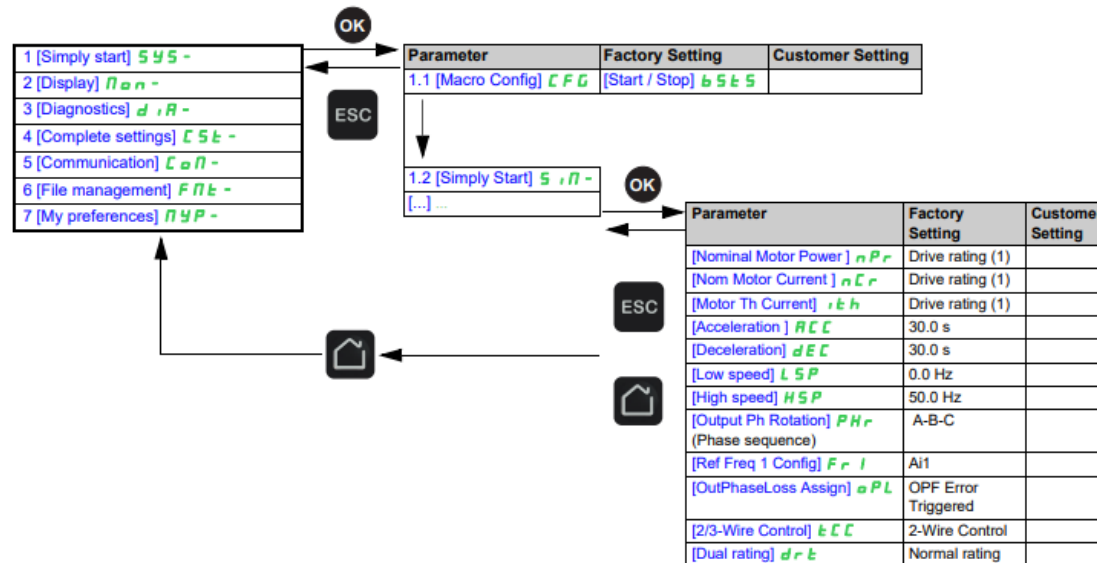
LED	LED Color	LED status	Drive status
STATUS	Green	Blinking	Ready
		Flickering	Acceleration or deceleration
		On	Running
△	Red	Blinking	Warning
		On	Operating State Fault
COM	Yellow	Blinking	Modbus communication active
NET	Green	On	Fieldbus module: communication active
		On	Fieldbus module: communication detected error
		Blinking	Fieldbus module: Incorrect settings

Figura 17. Pantalla del variador Schneider ATV610

ANEXO 2.4

[Macro Config] and [Simply start] Parameters

- Verify that digital inputs are not active (DI1 see step ➊ drawing).
- Apply power to the drive.
- Select [Simply start] menu
- Select [Macro Config.] and select the configuration compatible with the wiring used (step ➋)
- Set [Simply Start] Parameters.



Start The Motor

- Switch on DI1 (forward) or DI2 (reverse).
- Use the potentiometer on AI1 to set the reference frequency, adjustable from L S P [Low speed] to H S P [High speed].

(1) See on the motor nameplate to set the following parameters

Figura 18. Arranque simple de un variador Schneider ATV610

ANEXO 2.5



TABLA CONSUMO MOTORES ASINCRONOS TRIFASICOS 4 POLOS 50/ 60HZ								
POTENCIA		220V	380V	415V	440V	500V	660V	1000V
KW	CV	A	A	A	A	A	A	A
0.37	0.5	1.8	1.03	-	0.99	1	0.6	0.4
0.55	0.75	2.75	1.6	-	1.36	1.21	0.9	0.6
0.75	1	3.5	2	2	1.68	1.5	1.1	0.75
1.1	1.5	4.4	2.6	2.5	2.37	2	1.5	1
1.5	2	6.1	3.5	3.5	3.06	2.6	2	1.3
2.2	3	8.7	5	5	4.42	3.9	2.8	1.9
3	4	11.5	6.6	6.5	5.77	5	3.8	2.5
3.7	5	13.5	7.7	7.5	7.1	5.9	4.4	3
4	5.5	14.5	8.5	8.4	7.9	6.5	4.9	3.3
5.5	7.5	20	11.5	11	10.4	9	6.6	4.5
7.5	10	27	15.5	14	13.7	12	6.9	6
9	12	32	18.5	17	16.9	13.9	10.6	7
10	13.5	35	20	-	-	15	11.5	7.5
11	15	39	22	21	20.1	17	14	9
15	20	52	30	28	26.5	22	17.3	12
18.5	25	64	37	35	32.8	27	21.9	14.5
22	30	75	44	40	39	32	25.4	17
30	40	103	60	55	51.5	41	34.6	23
37	50	126	72	66	64	52	42	28
40	54	134	79	71	67	60	44	30
45	60	150	85	80	76	62	49	33
55	75	182	105	100	90	77	61	40
59	80	195	112	105	97	85	66	43
75	100	240	138	135	125	99	82	53
90	125	295	170	165	146	125	98	65
110	150	356	205	200	178	144	118	78
132	180	425	245	240	215	187	140	90
147	200	472	273	260	236	192	152	100
160	220	520	300	280	256	220	170	115
185	250	595	342	325	295	240	200	138
200	270	626	370	340	321	281	215	150
220	300	700	408	385	353	288	235	160
250	350	800	460	425	401	336	274	200
280	380	900	510	475	450	400	305	220
315	430	990	584	535	505	445	337	239
335	450	1100	620	550	518	472	355	250
355	480	1150	635	580	549	500	370	262
375	500	1180	670	610	575	527	395	273
400	545	1250	710	650	611	540	410	288
450	610	1410	800	740	690	608	460	320
475	645	1490	850	780	730	645	485	335
500	680	1570	900	820	780	680	515	350

[1 KW = 1,3605 CV] [1 CV = 0,736 KW]

Archivo descargado de www.indeleco.com

Figura 19. Tabla de conductores electricos para motores

ANEXO 2.6



Variador de velocidad ATV610, 5.5
kW/7.5HP, 380...460 V, IP20

ATV610U55N4

Figura 20. Variador de frecuencia SCHNEIDER ATV610U55N4

ANEXO 2.7

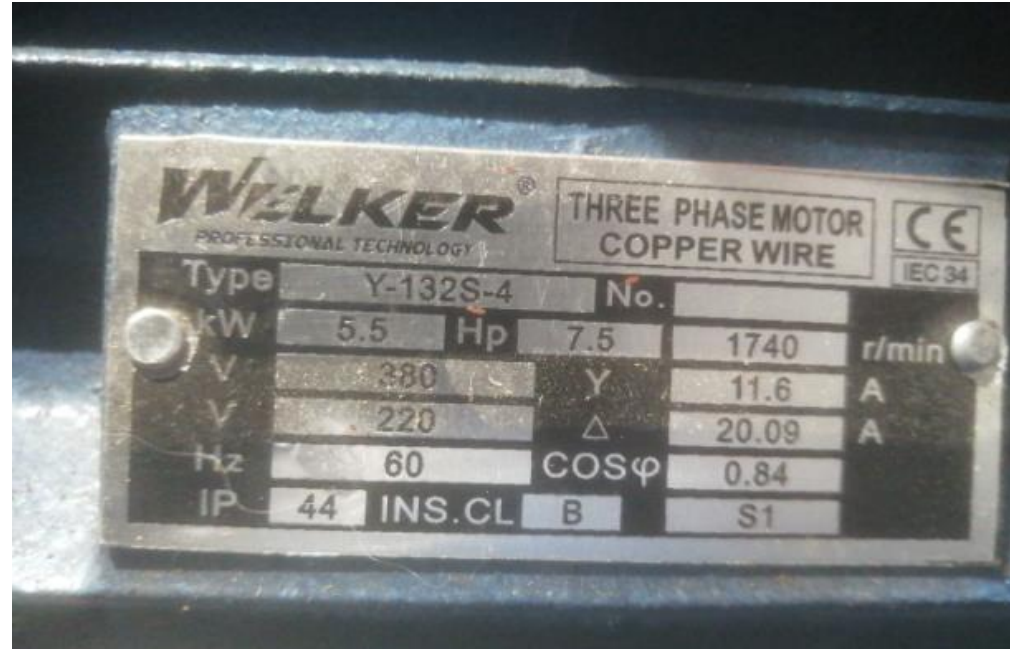


Figura 21. Placa del motor electrico

ANEXO 2.8

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (AWG / MCM)									
CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	35	25
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	40	30
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	59	56	40
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9	98	80	56
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6	161	107	75
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9	240	141	96
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4	363	192	130
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7	570	260	170
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8	704	300	197
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15	871	350	226
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1	1109	406	260
250	126.7	37	2.06	13.25	2.4	18.2	1289	457	290
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5	1527	505	321
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.6	1769	569	350
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5	2512	699	429

Figura 22. Tabla de conductores electricos para motores

Anexo 03:

**DIAGRAMAS DE FUERZA Y CONTROL DE
ARRANQUE DE MOTOR CON VARIADOR DE
FRECUENCIA**

ANEXO 3.2

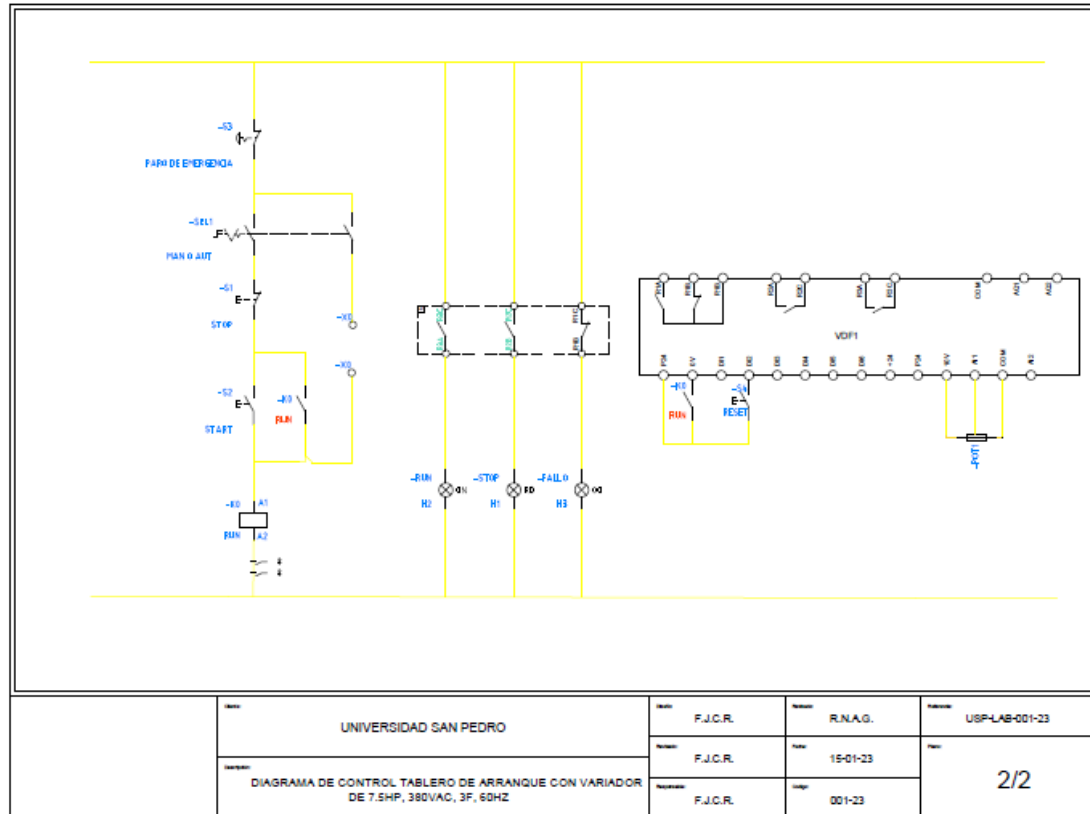


Figura 24. Diagrama de control de arranque de motor con variador de frecuencia

Anexo 04:
FORMATOS DE RECOLECCION DE DATOS

Tabla 03*Protocolo de puesta en marcha*

N°	PROTOCOLO DE PUESTA EN MARCHA(PPM)	AÑO:
ESCUELA:	FECHA:	
CICLO:	HORA:	
LUGAR:	AREA:	
RESPONSABLE:		
DESCRIPCION:		

DESCRIPCION:	SI	NO	NA	OBSERVACION
Megado del motor eléctrico: L1- L2- L3- V:_____ t:_____ PE:_____ PE:_____ PE:_____				
Megado de cables: L1- L2- L3- V:_____ t:_____ PE:_____ PE:_____ PE:_____				
Medición de pozo a tierra: R: _____ Ohm				
Verificar que todas las llaves estén desenergizadas				
Inspección visual de partes mecánicas del tablero				
Inspección visual de conectores, cables y tarjetas de control				
Ajuste de pernos				

Verificar aterramientos de los equipos				
Regulación de los interruptores I I Nom:_____ Term:_____ I Mag:_____ Tiempo:_____				
Relé de fases: Un:_____ Umax:_____ Umin:_____ Tiempo:_____				
Relé de nivel:				
Modo:_____ Sensibilidad: _____ Nivel _____				
Limitadores de sobretensión transitorias				
Fusibles o guardamotor: _____ A				
Activar llaves primarias y secundarias, verificar voltajes Principal: L1-L2: _____ L2-L3: _____ L1-L3: _____ Línea tierra: L1-T: _____ L2-T: _____ L3-T: _____				
Verificar el funcionamiento del sistema de climatización Termostato: _____ Giro: _____ "Test": _____				
Verificar funcionamientos de protecciones				
Configurar o regular parámetros de equipos				
Verificar la frecuencia seteada del equipo				
Medición de la corriente por fase Vacío: _____ L1: _____ A L2: _____ A L3: _____ A				

Carga: _____ L1: _____ A L2: _____ A L3: _____ A				
--	--	--	--	--

Tabla 04

Instrumento de recolección de datos

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS			
Datos del encargado			
Nombres:			
Apellidos:			
Fecha:			
Datos del motor eléctrico, el cual se va a trabajar			
MARCA:		MODELO:	
HP:			
KW:			
V:			
HZ:			
RPM:			
COS ϕ :			

Observaciones:

Anexo 05:

CALCULOS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION

CÁLCULO:

***Para calcular el amperaje de la llave trifásica de alimentación:**

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi \qquad P = 7.5HP = 5.5KW = 5500 W$$

$$5500 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot I \cdot 0.9$$

$$I_n = 9.28 A$$

Ahora se debe agregar un 15% de la corriente calculada

$$I_s = 9.29(1.15) = 10.67 A$$

Por lo tanto el interruptor termomagnético tripolar más cerca del valor calculado es uno de 16 (Schneider Activ 9 iK60N, 3P, 16 A)

Anexo 06:

**PANEL FOTOGRAFICO DEL LABORATORIO DE
MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS DE LA
UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

ANEXO 6.1



Figura 25. Módulo de pruebas del laboratorio de máquinas eléctricas rotativas de ingeniería mecánica eléctrica.

ANEXO 6.2



Figura 26. Laboratorio de máquinas eléctricas rotativas del programa de estudio de ingeniería mecánica eléctrica

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN



1. Información del Autor			
Callaín Ramirez Fernando Jefferson		71486616	fernando171298@gmail.com
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
<input checked="" type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/> Trabajo Académico	<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional ¹			
<input type="checkbox"/> Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/> Título Profesional	<input type="checkbox"/> Título Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/> Maestría <input type="checkbox"/> Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
Diseño de un tablero de arranque de motor con variador de frecuencia de 5.5 kw para el laboratorio de Ingeniería Mecánica Eléctrica.			
5. Programa Académico			
Ingeniería Mecánica Eléctrica			
6. Tipo de Acceso al Documento			
<input checked="" type="checkbox"/> Abierto o Público ² (info:ru-repo/semantics/openAccess)		<input type="checkbox"/> Acceso restringido ³ (info:ru-repo/semantics/restrictedAccess/17)	
(*) En caso de restringido sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS⁴

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, el cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.⁵

Huello Digital		Lugar	Día	Mes	Año
		Chimbote	25	09	23
		Firma			

Importante

- Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2019-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 5.2
- Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 008-2015-PCM
- Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad intelectual de acuerdo y en el marco de la Ley 8227
- En caso de que el autor elija la segunda opción únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2015-CONYTEC-DEG (Números 52 y 67) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital
- Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otras. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
- Según el inciso 02 del artículo 17° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales -RENAT, y en universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales prestando si son de acceso abierto o restringido los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENAT a través del Repositorio ALCIA.

Nota: - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a Ley N° 27444, art. 32, num. 32.3.

Diseño de un tablero de arranque de motor con variador de frecuencia de 5.5 kW para el laboratorio de Ingeniería Mecánica Eléctrica

INFORME DE ORIGINALIDAD

28% INDICE DE SIMILITUD	28% FUENTES DE INTERNET	1% PUBLICACIONES	15% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	www.coursehero.com Fuente de Internet	2%
2	docplayer.es Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	selectromecanicosu.wixsite.com Fuente de Internet	2%
5	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%



9	repositorioslatinoamericanos.uchile.cl Fuente de Internet	1%
10	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
11	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
12	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	1%
13	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
14	repositorio.unitec.edu.co Fuente de Internet	1%
15	idoc.pub Fuente de Internet	1%
16	repositorio.upec.edu.ec Fuente de Internet	1%
17	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%
18	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%
19	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
20	1library.co Fuente de Internet	1%



21	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1 %
22	www.buenastareas.com Fuente de Internet	1 %
23	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %
24	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
25	de.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
26	jesusorea-potenciaelectronica.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
27	www.monografias.com Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid Trabajo del estudiante	<1 %
29	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
30	instalacionesyeficienciaenergetica.com Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.uees.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

		<1 %
33	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
34	Submitted to Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui Trabajo del estudiante	<1 %
35	publicaciones.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	www.studocu.com Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
38	www.iagua.es Fuente de Internet	<1 %
39	desastres.cies.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Tayacaja Daniel Hernandez Morillo Trabajo del estudiante	<1 %
41	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
42	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %



43	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
44	juliocesarpotenciaelctrica.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
45	repositorio.ulead.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
46	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %



Excluir citas Apagado Excluir coincidencias < 10 words
 Excluir bibliografía Activo