

Módulo de Entrenamiento para el Arranque de un Motor Trifásico

Training module for starting a three-phase motor

Miguel Criollo ¹; Mayela Fernández ²

^{1,2} Instituto Tecnológico Universitario ISMAC-Carrera de Electromecánica, 170184, Quito, Ecuador

Fecha de recepción: agosto 2023

Fecha de aprobación: octubre 2023

RESUMEN

El motor trifásico es un dispositivo esencial en la conversión de energía eléctrica a mecánica, fundamental para el funcionamiento de maquinaria tanto en entornos industriales como domésticos. Este fenómeno se logra mediante la acción de campos magnéticos generados en bobinas desfasadas 120 grados eléctricos, al aplicar una corriente AC o DC. Existen diversos tipos de motores eléctricos adaptados a distintas aplicaciones, siendo el más común el motor de jaula de ardilla, reconocido por su facilidad de instalación, bajo mantenimiento y alto torque. Sin embargo, su inconveniente principal radica en su elevada corriente de arranque, alcanzando hasta siete u ocho veces su valor nominal. Para superar esta dificultad, se emplean sistemas de arranque especializados como el estrella triángulo, arranque por resistencias, autotransformadores y arrancadores electrónicos. Este estudio se centra en el arranque de un motor trifásico utilizando el método estrella triángulo mediante contactores electromecánicos y un temporizador. Además, se realizarán prácticas de arranque directo e inversión de giro para demostrar los cambios en corriente y voltaje generados en cada proceso.

Palabras claves: Motor, trifásico, arranque.

ABSTRACT

The three-phase motor is an essential device in the conversion of electrical energy to mechanics, essential for the operation of machinery in both industrial and domestic environments. This phenomenon is achieved by the action of magnetic fields generated in outdated coils 120 degrees electric, by applying a current AC or DC. There are several types of electric motors adapted to different applications, the most common being the squirrel cage motor, recognized for its ease of installation, low maintenance and high torque. However, its main drawback lies in its high starting current, reaching up to seven or eight times its nominal value. To overcome this difficulty, specialized starting systems such as the triangle star, starter by resistors, autotransformers and electronic starters are used. This study focuses on starting a three-phase motor using the star triangle method using electromechanical contactors and a timer. In addition, direct start-up and reverse turn practices will be performed to demonstrate the changes in current and voltage generated in each process.

Keywords: Motor, three-phase, starting.

¹ Tecnólogo en Electromecánica, m.criollo@tecnologicoismac.edu.ec

² Ingeniero Electrónico, mfernandez@tecnologicoismac.edu.ec

1. INTRODUCCIÓN

La falta de adecuación de los módulos de práctica disponibles en el mercado a las necesidades reales de la industria eléctrica ecuatoriana representa un obstáculo significativo para la formación efectiva de los estudiantes en el campo. A pesar de la diversidad de modelos y materiales disponibles, persisten problemas como la incompatibilidad con los tableros existentes y la falta de integración entre controladores programables y motores eléctricos.

La necesidad de un enfoque más realista y didáctico para el aprendizaje del arranque de motores trifásicos mediante PLC motiva la iniciativa de desarrollar un nuevo “Módulo de Entrenamiento para Arranque de un Motor Trifásico”.

Esta solución, diseñada para reflejar las condiciones industriales reales mientras ofrece facilidades de movilidad y manejo, busca llenar el vacío existente en la oferta educativa y proporcionar a los estudiantes las herramientas necesarias para su desarrollo profesional en el campo de la electricidad industrial.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Motor eléctrico trifásico

Es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. 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.

Para transmitirse se utilizan líneas de 3 conductores, pero para utilización a final se utilizan líneas de 4 hilos, que son las 3 fases y el neutro. La energía eléctrica trifásica es el método más común utilizado por las redes eléctricas en todo el mundo debido a que transfieren más potencia y es muy usado en el sector industrial.



Figura 1. Motor AC trifásico

2.1.1 Descripción

El motor eléctrico trifásico es una máquina rotativa, es capaz de convertir la energía eléctrica en energía mecánica. La Energía origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator y esto a su vez provoca que el arranque de los motores no necesite circuito auxiliar, estos motores son más pequeños que los de inducción monofásica de la misma potencia.

Los motores trifásicos se fabrican en diferentes potencias, para todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz), normalmente están equipados para trabajar a dos tensiones nominales de distinto valor.

2.1.2 Partes de un motor Trifásico

Como todas las máquinas eléctricas, un motor eléctrico está constituido por un circuito magnético y dos eléctricos, uno colocado en la parte fija (estator) y otro en la parte móvil (rotor). El circuito magnético de los motores eléctricos de corriente alterna está formado por chapas magnéticas apiladas y aisladas entre sí para eliminar el magnetismo remanente.

El circuito magnético está formado por capas apiladas en forma de cilindros en el rotor y en forma de anillo en el estator. El cilindro se introduce en el interior del anillo y para que pueda girar libremente, hay que dotarlo de un eje de hierro constante.

El anillo se dota de ranuras en su parte interior para colocar el bobinado inductor y se envuelve exteriormente por una pieza metálica con soporte llamada carcasa. El cilindro se adosa al eje del motor y puede estar ranurado en su superficie para colocar el bobinado inducido (motores de rotor bobinado) o bien se le incorporan conductores de gran sección soldados a anillos del mismo material en los extremos del cilindro (motores de rotor en cortocircuito) similar a una jaula de ardilla, de ahí que reciban el nombre de rotor de jaula de ardilla. El eje se apoya en unos rodamientos de acero para evitar rozamientos, el eje se saca al exterior para transmitir el movimiento, y lleva acoplado un ventilador para refrigeración. Los extremos de los bobinados se sacan al exterior y se conectan a la placa de bornes. (Taller de práctica profesionalizante II, 2021)

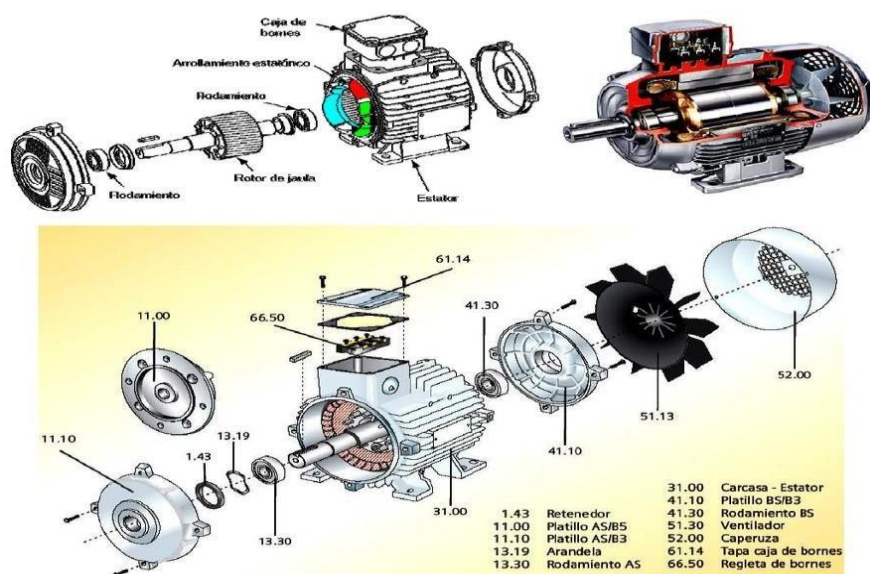


Figura 2. Partes de un motor trifásico

2.2 Generalidades del control de arranque en motores

En lo referente a control de motores tanto en el arranque como en la inversión de giro, debemos tener en cuenta siempre la potencia, velocidad, corriente, etc., de las cuales depende el correcto funcionamiento y la vida útil del motor. Controlar un motor es un proceso que implica manipular los parámetros del mismo, para esto se utiliza diversas conexiones en sus terminales, entre las aplicaciones industriales se pueden mencionar algunos ejemplos tales como: mover bandas de transporte, actuadores que necesiten invertir sentido de rotación, molinos, pulidoras, embotelladoras entre otras, estos casos son las más comunes en donde se utiliza el control.

2.3 Protecciones

Para proteger la vida útil de un motor trifásico tanto en el arranque como en el trabajo a plena carga debemos usar un conjunto de protecciones redundantes de acuerdo al tipo de trabajo que este motor realiza, pueden estar formadas por: fusibles, disyuntores térmicos, relés térmicos o cualquier otro elemento de protección eléctrica que pueda censar valores de corriente, voltaje y frecuencia como los IED's.

2.3.1 Fusible

Son dispositivos de seguridad para circuitos eléctricos que ofrecen un punto vulnerable que colapsa ante el aumento de tensión o intensidad de la corriente circulante, para proteger el circuito y los equipos que lo integren. Están conformados por un soporte y un filamento o lámina de metal, capaces de fundirse ante una subida de tensión o cortocircuito, discontinuando el circuito, lo que evita riesgos de incendio o destrucción de los equipos



Figura 3. Fusible NH000

2.3.2 Disyuntor o termo magnético

Es un mecanismo que junta dos placas bimetálicas para la conducción de la corriente, existen de diferentes amperajes de acuerdo a la carga instalada.

Los disyuntores combinan varios de los sistemas de protección en un mismo equipo. Tienen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético. Cada uno puede

actuar en forma independiente, las curvas de disparo están superpuesta tanto la magnética como la térmica.



Figura 4. Termo magnético tripolar camscó C60k-63

2.3.3 Contactor

Es un dispositivo Electromecánico de apertura y cierre eléctrico que se activa mediante una energía no manual su accionamiento puede ser de tipo mecánico, neumático etc. Se instala de acuerdo a la carga requerida y voltajes existentes.

Elementos que conforman:

Contactos principales:1-2,3-4,5-6. Tienen por finalidad abrir o cerrar el circuito de fuerza o potencia. Los contactos auxiliares: 13-14 (NO), se emplean en el circuito de mando o maniobras, por este motivo soportaran menos intensidad que los principales.

Circuito electromagnético consta de tres partes: el núcleo, bobina y armadura.



Figura 5. Contactor electromecánico C1-D0910

2.3.4 Temporizador

Es un dispositivo con el que podemos controlar la conexión o desconexión de un sistema eléctrico después de un tiempo programado. El elemento principal es un contador binario interno, que es el encargado de medir los pulsos suministrados.



Figura 6. Temporizador marca Camsco AH3

2.3.5 Pulsador

Elemento que permite el paso o interrupción de la corriente de control mientras es accionado, cuando ya no se actúa sobre él, vuelve a su posición de reposo. Pueden ser de contacto normalmente cerrado en reposo NC, o con el contacto normalmente abierto NA. Los pulsadores van de acuerdo a la corriente que vaya a pasar por cada uno de ellos puesto que están diseñados para soportar una cantidad específica de la misma.



Figura 7. Pulsador ON/OFF marca Camsco

2.3.6 Luz piloto

Luz piloto no es más que un indicador de existencia de corriente en algún punto específico del tablero, sirve a su vez para indicar cuando se ha accionado un pulsador o interruptor.



Figura 8. Luz piloto



Figura 11. Voltímetro tipo panel AC CP-72

2.3.10 Amperímetro tipo panel AC

El amperímetro es un instrumento de medición compuesto por un galvanómetro y una serie de resistencias conectadas en paralelo, y lo que mide es la corriente eléctrica que pasa por un circuito. La medición del amperímetro se indica como Amperes (A). (Como Funciona, 2021)



Figura 12. Amperímetro tipo panel AC CP-72

3. METODOLOGÍA

El presente estudio se enfoca en la aplicación de elementos de control para operar dispositivos eléctricos y realizar procesos automáticos, lo que requiere un enfoque práctico y cuantitativo para garantizar la eficacia y eficiencia en el control de los sistemas.

Se opta por una investigación experimental para manipular variables y entender mejor los mecanismos subyacentes en el control industrial.

Además, se emplea una técnica de revisión bibliográfica documental para respaldar teóricamente el estudio y se utiliza un instrumento de investigación para recopilar datos empíricos relevantes. Esta metodología integral asegura un enfoque riguroso y sistemático para abordar los desafíos en el control industrial y contribuir al avance en este campo crucial.

4. RESULTADOS

4.1 Sistema Estructural

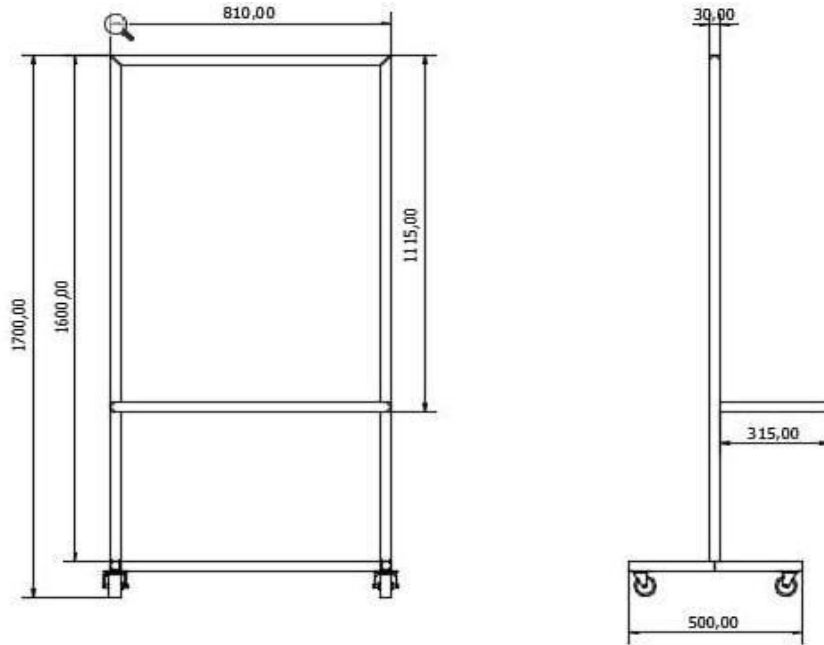


Figura 13. Plano estructura de soporte

Para la construcción del sistema estructural del “Modulo de entrenamiento para el arranque de un motor trifásico” se escogió fabricar la estructura en tubo cuadrado de 30 milímetros de diámetro por 1.2 milímetros de espesor en acero inoxidable código 304.



Figura 14. Estructura metálica en acero inoxidable

Esta estructura metálica esta soportada por cuatro garruchas de fabricación mixta en acero galvanizado y teflón, de 70 milímetros de alto con un sistema de auto frenado empotradas a la estructura con pernos y tuercas en acero galvanizado.



Figura 15. Garrucha Mixta

La construcción del sistema estructural se llevó a cabo en las instalaciones de TALLERES MAC ubicadas al norte de la ciudad de Quito en el barrio Bicentenario.

4.2 Construcción y armado del sistema eléctrico

Para la construcción y montaje del sistema eléctrico, se seleccionaron varios materiales conforme al diseño previamente elaborado y aprobado, cumpliendo con todas las normativas de seguridad industrial requeridas para este tipo de proyectos.



Figura 16. Auxilio Eléctrico

En el armado, pruebas y puesta en marcha se usó varias herramientas, entre las más destacadas tenemos:

- Alicates de electricista aislado
- Pinza de electricista aislado
- Crimpadora aislada para terminales
- Navaja de electricista
- Multímetro digital
- Atornillador inalámbrico
- Pinza Amperimétrica 200A

CREANDO INGENIOS

ISSN: 3028-8924

Correo: editor.revista@tecnologicoismaac.edu.ec

URL: https://ismaconline.net/investigacion/index.php/CreaIngenio_2021/index

Volumen 3, Número 2 / Julio – Diciembre 2023 pp. 24-40

- Desarmadores punta estrella y plano aislados
- Gafas de seguridad con filtro UV
- Guantes de cuero para electricista

El módulo consta de tres tableros, dos de ellos de fuerza en color naranja y uno de control en color crema, se procede con el armado final del módulo realizando las perforaciones de 25 milímetros para todo el sistema de señalización, mandos y control.



Figura 17. Apertura de perforaciones a 25 milímetros con ayuda del taladro de mano y broca tipo cono

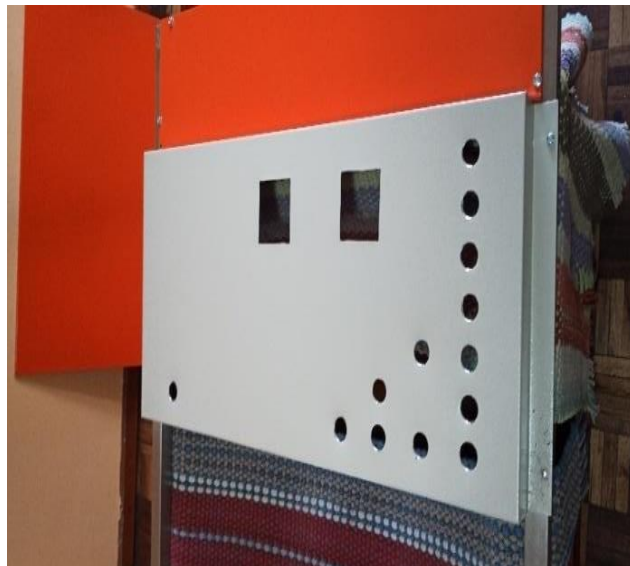


Figura 18. Tablero de control con todas sus perforaciones terminadas

Seguidamente se realiza el armado del módulo, con el montaje de los tableros al sistema de soporte. Para ello se realiza perforaciones con ayuda del taladro y una broca de 1/8 de pulgada (los pernos auto perforantes no pudieron entrar directamente en el acero inoxidable) para luego usar pernos auto perforantes.



Figura 19. Instalación de pernos auto perforantes



Figura 20. Tablero de control y fuerza empotradas en soporte de acero inoxidable

Luego de terminar el anclaje de los tableros de control y fuerza proseguimos con la instalación de la RIEL DIN y las canaletas, este anclaje de igual manera se lo realizó con tornillos auto perforantes, pero de cabeza ancha.



Figura 21. Tablero metálico terminado

Se procedió con el montaje de todos los elementos eléctricos de señalización, control y fuerza contactores, luz piloto, temporizador, etc. Con ayuda de herramientas y conocimientos adquiridos previamente y bajo las indicaciones de los tutores.



Figura 22. Modulo con tablero de control terminado

4.3 Arranque de motor en estrella triángulo

Los arranques de estrella-triángulo se componen normalmente de tres contactores, un relé de sobrecarga y un temporizador.

Únicamente puede utilizarse este método en motores que permitan acceder a los seis bornes de extremo de los bobinados y que al estar en régimen trabajen conectados en triángulo.

Básicamente un arranque estrella-triángulo consiste en que durante la primera etapa de aceleración el motor se conecta en estrella tomando una corriente reducida, y luego de un tiempo preestablecido se hace la conmutación a triángulo, donde el motor absorbe toda la corriente de la red y el torque es máximo.

4.4 Prácticas en el módulo de entrenamiento

En este capítulo aplicaremos los conocimientos adquiridos previamente sobre control y automatización de un motor trifásico de 6 terminales. Las prácticas que se podrán realizar en el módulo de entrenamiento para el arranque de un motor trifásico son las siguientes:

1. Arranque directo de un motor trifásico
2. Arranque directo e Inversión de giro manual de un motor trifásico
3. Arranque directo e Inversión de giro automático de un motor trifásico
4. Arranque estrella triángulo manual de un motor trifásico
5. Arranque estrella triángulo automático de un motor trifásico
6. Arranque estrella triángulo automático con inversión de giro manual de un motor trifásico

Estas prácticas ayudaran al estudiante a mejorar su comprensión sobre el correcto uso del elemento eléctrico de control, fuerza, automatismos, equipos de medición y motores, logrando así un mejor desempeño del estudiante en su vida profesional futura.

5. DISCUSIÓN

El análisis del costo-beneficio del sistema estrella-triángulo revela que, aunque ofrece ventajas técnicas y económicas considerables en instalaciones de motores trifásicos para empresas de alto rendimiento productivo a mediano y largo plazo, su implementación puede no ser tan factible para microempresas con una producción más limitada.

Desde un punto de vista técnico, el sistema estrella-triángulo ofrece beneficios significativos. Por ejemplo, reduce el consumo de energía durante el arranque del motor, lo que disminuye el estrés mecánico y eléctrico en el equipo, prolongando así su vida útil. Además, al minimizar los picos de corriente durante el arranque, se puede mejorar la estabilidad del sistema eléctrico, lo que podría reducir costos de mantenimiento adicionales a largo plazo.

En términos económicos, para empresas con un alto rendimiento productivo, los ahorros en consumo de energía y mantenimiento pueden superar el costo inicial de implementar el sistema estrella-triángulo. Sin embargo, para microempresas con una producción más modesta, el costo inicial puede ser prohibitivo en comparación con los beneficios potenciales a largo plazo.

Es crucial considerar que la viabilidad de la inversión en un sistema estrella-triángulo varía según las necesidades y capacidades financieras de cada empresa. Mientras que, para algunas empresas grandes, la inversión puede ser justificada por los ahorros y beneficios técnicos, para las microempresas podría resultar más sensato buscar alternativas más económicas y adecuadas a sus necesidades específicas.

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones derivadas del análisis del costo del diseño, materiales, mano de obra e implementación de un sistema de arranque de un motor trifásico en estrella-triángulo destacan la mínima inversión inicial en comparación con los beneficios a largo plazo. Este enfoque minimiza el consumo eléctrico al evitar picos de corriente elevados durante el arranque, lo que resulta en ahorros significativos en costos de energía.

La mayor fortaleza identificada en el diseño y puesta en marcha del proyecto radica en la capacidad para abordar diversos requisitos y necesidades específicas. Esto se logra mediante la utilización de materiales y tecnología de vanguardia, en conformidad con las normas técnicas establecidas. Esta flexibilidad y adaptabilidad permiten optimizar el rendimiento del sistema y garantizar su cumplimiento con los estándares de seguridad y eficiencia requeridos.

La implementación de un sistema de arranque en estrella-triángulo para motores trifásicos representa una inversión mínima en comparación con los beneficios técnicos y económicos a largo plazo. La capacidad para satisfacer diferentes requerimientos y normativas mediante el uso de tecnología avanzada constituye una fortaleza fundamental del proyecto, asegurando su eficacia y fiabilidad en diversas aplicaciones industriales.

REFERENCIAS

1. ares.cnice.mec.es. (09 de 2021). http://ares.cnice.mec.es/gtm/web/index_es_resultado_final.php?num=232593%7C&Buscar=Navaja%20de%20electricista%7C&volver=Navaja%20de%20electricista&cual=0>m=733ea069987e91dbc4d2eff6cc729bbd. Obtenido de ares.cnice.mec.es:
http://ares.cnice.mec.es/gtm/web/index_es_resultado_final.php?num=232593%7C&Buscar=Navaja%20de%20electricista%7C&volver=Navaja%20de%20electricista&cual=0>m=733ea069987e91dbc4d2eff6cc729bbd
2. Auxilio Electrico. (09 de 2021). *Electricidad*. Obtenido de https://www.facebook.com/miguelcriolloelectrico/photos/?ref=page_internal
3. Bomin Electronic Co., L. (s.f.). Recuperado el 09 de 2021, de <http://www.ele-b2b.com/pdf/AD22%20indicator%20lamp.pdf>
4. Camsco. (09 de 2021). *Componentes de Control*. Obtenido de <https://www.camsco.com.tw/spa/control-components.htm>
5. Camsco. (09 de 2021). *Paneles*. Obtenido de <https://www.camsco.com.tw/spa/electric-panel-meter.htm>
6. Camsco. (09 de 2021). *Temporizador*. Obtenido de <https://www.camsco.com.tw/spa/timer.htm>
7. Camsco Electric CO., LTDA. (s.f.). Recuperado el 09 de 2021, de Interruptores Automáticos: <https://www.camsco.com.tw/fre/circuit-breakers/miniature-circuit-breaker.html>
8. CAMSCO ELECTRIC CO., LTDA. (09 de 2021). *camsco.com.tw/spa/magnetic*. Obtenido de [camsco.com.tw/spa/magnetic](https://www.camsco.com.tw/spa/magnetic):
<https://www.camsco.com.tw/spa/magnetic-contactors.htm>
9. *camsco.com.tw*. (09 de 2021). *camsco.com.tw*. Obtenido de https://www.camsco.com.tw/upload_files/e-download/Camsco-E-Catalog.pdf
10. Chint Europe (UK) Ltd. (s.f.). *NP2-BE101*. Recuperado el 09 de 2021, de <https://chint.co.uk/product/np2-be101/>
11. Como Funciona. (18 de 06 de 2021). *Amperimetro*. Obtenido de <https://comofunciona.co/un-amperimetro/>
12. conectad.es. (09 de 2021). <https://conectad.es/que-es-una-crimpadora/#:~:text=La%20crimpadora%20es%20una%20herramienta,antena%2C%20de%20datos%2C%20etc>. Obtenido de [conectad.es](https://conectad.es/que-es-una-crimpadora/#:~:text=La%20crimpadora%20es%20una%20herramienta,antena%2C%20de%20datos%2C%20etc):
<https://conectad.es/que-es-una-crimpadora/#:~:text=La%20crimpadora%20es%20una%20herramienta,antena%2C%20de%20datos%2C%20etc>.
13. ElectroPintura. (09 de 2021). *Electro pintura*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/Electro+Pintura/@-0.1167489,-78.4614949,20z/data=!4m5!3m4!1s0x91d58f9afd9ac495:0xc1733d358688cb11!8m2!3d-0.1167414!4d-78.4614733?hl=es>
14. *Electrotec*. (09 de 2021). Obtenido de <https://electrotec.pe/blog/DefectosMotoresElectricos>
15. *Electrotec*. (09 de 2021). *Electrotec*. Obtenido de <https://electrotec.pe/blog/DefectosMotoresElectricos>

16. [elefe.com.ar](https://elefe.com.ar/productos/guantes-de-cuero-descarne/). (09 de 2021). *elefe.com.ar*. Obtenido de <https://elefe.com.ar/productos/guantes-de-cuero-descarne/>
17. [fluke.com](https://www.fluke.com/es-ec/informacion/blog/electrica/que-es-un-multimetro-digital). (09 de 2021). *fluke.com*. Obtenido de <https://www.fluke.com/es-ec/informacion/blog/electrica/que-es-un-multimetro-digital>: <https://www.fluke.com/es-ec/informacion/blog/electrica/que-es-un-multimetro-digital>
18. [fluke.com/](https://www.fluke.com/es-ec/producto/comprobacion-electrica/pinzas-amperimetricas/fluke-324-plus). (09 de 2021). *fluke.com/*. Obtenido de <https://www.fluke.com/es-ec/producto/comprobacion-electrica/pinzas-amperimetricas/fluke-324-plus>
19. <https://www.camsco.com.tw/spa/magnetic-contactors.htm>. (09 de 2021). *CAMSCO ELECTRIC CO., LTDA*. Obtenido de *CAMSCO ELECTRIC CO., LTDA*: <https://www.camsco.com.tw/spa/magnetic-contactors.htm>
20. [pintulac.com.ec](https://www.pintulac.com.ec/perno-autoperforante-12x14x2-p-50-unidades). (09 de 2021). *pintulac.com.ec*. Obtenido de <https://www.pintulac.com.ec/perno-autoperforante-12x14x2-p-50-unidades>: <https://www.pintulac.com.ec/perno-autoperforante-12x14x2-p-50-unidades>
21. [pintulac.com.ec](https://www.pintulac.com.ec/taladro-inalambrico-1-2-18v-wesco). (09 de 2021). *pintulac.com.ec*. Obtenido de [pintulac.com.ec](https://www.pintulac.com.ec/taladro-inalambrico-1-2-18v-wesco): <https://www.pintulac.com.ec/taladro-inalambrico-1-2-18v-wesco>
22. [promart.pe](https://www.promart.pe/alicate-de-punta-larga-aislado-6-1-2--56627/p#:~:text=Mango%20aislado%2C%20con%20seguridad%20ergon%C3%B3mico,articulaci%C3%B3n%20interlazada%20para%20mejores%20cortes). (09 de 2021). <https://www.promart.pe/alicate-de-punta-larga-aislado-6-1-2--56627/p#:~:text=Mango%20aislado%2C%20con%20seguridad%20ergon%C3%B3mico,articulaci%C3%B3n%20interlazada%20para%20mejores%20cortes>. Obtenido de [promart.pe](https://www.promart.pe/alicate-de-punta-larga-aislado-6-1-2--56627/p#:~:text=Mango%20aislado%2C%20con%20seguridad%20ergon%C3%B3mico,articulaci%C3%B3n%20interlazada%20para%20mejores%20cortes): <https://www.promart.pe/alicate-de-punta-larga-aislado-6-1-2--56627/p#:~:text=Mango%20aislado%2C%20con%20seguridad%20ergon%C3%B3mico,articulaci%C3%B3n%20interlazada%20para%20mejores%20cortes>
23. SIEMENS. (s.f.). *Cartucho Fusible NH*. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/3NA3830>
24. Taller de práctica profesionalizante II. (09 de 2021). *Motores eléctricos*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/partes-fundamentales-de-un-motor-electrico>
25. Talleres MAC. (09 de 2021). *Estructuras*. Obtenido de https://m.facebook.com/Talleres.MAC1/?locale2=es_LA
26. *TODOFERRETERIA.COM.MX*. (09 de 2021). Obtenido de <http://todoferreteria.com.mx/discos-de-corte/#:~:text=Los%20discos%20de%20corte%20se,piedra%2C%20hormig%C3%B3n%20y%20otros%20materiales.&text=Son%20considerados%20herramientas%20abrasivas%2C%20ya,a%20partir%20de%20materiales%20abrasivos.>: <http://todoferreteria.com.mx/discos-de-corte/#:~:text=Los%20discos%20de%20corte%20se,piedra%2C%20hormig%C3%B3n%20y%20otros%20materiales.&text=Son%20considerados%20herramientas%20abrasivas%2C%20ya,a%20partir%20de%20materiales%20abrasivos.>
27. [unan.edu.ni](https://repositorio.unan.edu.ni/3165/1/4012.pdf). (01 de 2016). *unan.edu.ni*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/3165/1/4012.pdf>
28. [unan.edu.ni](https://repositorio.unan.edu.ni/3165/1/4012.pdf). (09 de 2021). *unan.edu.ni*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/3165/1/4012.pdf>
29. [westarco.com](https://www.westarco.com/westarco/sp/education/blog/proceso-de-soldadura-tig.cfm#:~:text=GTAW%20El%20proceso%20de%20soldadura,con%20el%20b). (09 de 2021). Obtenido de <https://www.westarco.com/westarco/sp/education/blog/proceso-de-soldadura-tig.cfm#:~:text=GTAW%20El%20proceso%20de%20soldadura,con%20el%20b>

- a% C3% B1o% 20de% 20fusi% C3% B3n:
<https://www.westarco.com/westarco/sp/education/blog/proceso-de-soldadura-tig.cfm#:~:text=GTAW%20El%20proceso%20de%20soldadura,con%20el%20ba% C3% B1o% 20de% 20fusi% C3% B3n>
30. Wikipedia. (14 de 03 de 2021). *Volmetro*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Volt%C3%ADmetro>
 31. wikipedia.org. (09 de 2021). *wikipedia.org*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Gafas_protectoras#:~:text=Las%20gafas%20protectoras%2C%20antiparras%20o,productos%20qu%C3%ADmicos%20en%20los%20ojos.
 32. XIAN GOODNESS IMP. AND EXP. CO., LTD. (s.f.). *Lámparas piloto con zumbador Flash*. Obtenido de https://es.made-in-china.com/co_hengnuo/product_Ad22-22sm-Pilot-Lamps-with-Flash-Buzzer_euysnoieg.html