

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 1 de 8

21.1

FECHA	Miércoles, 30 de agosto de 2023
--------------	---------------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Fusagasugá

UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
TIPO DE DOCUMENTO	Pasantía
FACULTAD	Ingeniería
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Electrónica

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Mayorga González	Julián David	1069761240

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Rodríguez Mujica	Leonardo

TÍTULO DEL DOCUMENTO
Análisis documental para la implementación de mantenimientos en equipos electrónicos e industriales.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 2 de 8

--

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN DESDE LA DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN	
INDICADORES	NÚMERO
ISBN	
ISSN	
ISMN	

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
18/08/2023	82

DESCRITORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. Ingeniería inversa	1.Reverse engineering
2. Mantenimiento	2.Maintenance
3. Diagnostico	3.Diagnosis
4. Esquema	4.Scheme
5. Manual	5.Manual
6. Equipos electrónicos	6. electronic equipment

FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)
<p>[1] J. F. Garcia, Un-building blocks: a model of reverse engineering, Monterrey, 2015.</p> <p>[2] M. L. Nelson, «A Survey of Reverse Engineering and,» 1996.</p> <p>[3] E. D. Villanueva, La productividad en el Mantenimiento Industrial, Grupo Editorial Patria , 2014.</p> <p>[4] J. M. P. Rueda, «Control de un motor de inducción usando un variador de frecuencia,» 2015. [En línea]. Available: https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/90201/fichero/proyecto.pdf.</p> <p>[5] L. X. A. Suarez, «Variadores de frecuencia para el control de velocidad de motores asincrónicos jaula de ardilla,» 03 Agosto 2017. [En línea]. Available: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12956/1/T-UCF-0010-002-2017.pdf.</p>

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 3 de 8

- [6] Motorex , «Tipos de variadores de velocidad y sus beneficios,» 26 agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.motorex.com.pe/blog/tipos-de-variadores-de-velocidad-ysus-beneficios/>.
- [7] R. Automation, «Cuando utilizar un arrancador suave o un variador de frecuencia variable de CA,» octubre 2014. [En línea]. Available: <http://www.rockwellautomation.com/literature/>. [Último acceso: 24 Mayo 2023].
- [8] E. camargo, e. garzon y M. perez, «Control vectorial de motores de induccion,» Revista Vision electronica, 2010.
- [9] K. Hayashi, «interempresa,» Hioki E.E. Corporation, 14 octubre 2016. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Electronica/Articulos/163019-Medidas-depotencia-de-alta-precision-en-inversores-SiC.html>. [Último acceso: 22 julio 2023].
- [10] Z. Moreno, Evaluacion del rendimiento en hardware y software aplicado al control de un inversor multinivel, Bogota, 2013.
- [11] J. Garcia, V. Murillo y R. Betancur, «Determinacion de señales de conmutacion para activar un inversor trifasico de dos niveles,» Tabasco, 2017.
- [12] R. Juanpere, «Técnicas de control para motores brushless,» ingenia-cat, Barcelona.
- [13] M. E. Castillo J, «unidad 11: Motores electricos,» de Instalaciones electricas basicas, McGraw-Hill, 2018, p. 338. 82
- [14] «Eficiencia en motores electricos,» El salvador ahorra energia, vol. 3, 2013.
- [15] m. Celera, «Celera motion,» 1999. [En línea]. Available: <https://www.celeramotion.com/zettlex/es/asistencia/documentacion-tecnica/encodersopticos-versus-encoders-inductivos/>.
- [16] C. Motion, «Celera Motion,» 1999. [En línea]. Available: <https://www.celeramotion.com/zettlex/resolvers/>.
- [17] «Acerca de nosotros: Motorex,» 26 agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.motorex.com.pe/blog/tipos-de-variadores-de-velocidad-y-sus-beneficios/>.

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 4 de 8

El documento aborda tres temas principales: ingeniería inversa, mantenimiento de equipos industriales y variadores de frecuencia. La ingeniería inversa es un método utilizado para comprender el diseño de un equipo mediante el análisis de sus componentes. El mantenimiento de equipos industriales implica preservar y mantener los sistemas para garantizar la productividad y la calidad del servicio. Los variadores de frecuencia se utilizan, como su nombre lo indica para variar velocidad de rotación de un motor de corriente alterna, mediante el control de la frecuencia que alimenta al motor. El documento describe los diferentes tipos de variadores de frecuencia y sus beneficios. En cuanto a los variadores de frecuencia, el documento explica cómo funcionan y se utilizan en la industria, así como las aplicaciones y beneficios de los arrancadores suaves. Además de esto se mencionan las características y eficiencia de los variadores y se da una perspectiva de cómo se utilizan en la industria. Por otro lado, habla sobre el funcionamiento de los arrancadores suaves en motores eléctricos, que permiten un arranque gradual y controlado para evitar picos de corriente y daños al motor. Indica los diferentes tipos de motores eléctricos y la importancia de la eficiencia energética en su uso. Además, se explica la diferencia entre codificadores y resolver's en sistemas de realimentación de posición y velocidad. Describe las actividades realizadas durante la pasantía realizada en la empresa RPM Ingenieros S.A.S, que incluyen el análisis de sistemas electrónicos, el mantenimiento electrónico, la implementación de diseños electrónicos y la creación de informes. La empresa tiene un proceso para el mantenimiento de equipos que incluye diagnóstico, reparación y pruebas. El pasante analiza varios sistemas y equipos electrónicos, incluido un motor de accionamiento con un problema de encendido. El pasante utilizó el método de la ingeniería inversa y las pruebas de componentes para detectar y reparar el problema, los cuales se describen en el proceso de mantenimiento y reparación electrónica de varios equipos, como tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores y PLC's.

The document addresses three main topics: reverse engineering, maintenance of industrial equipment and variable frequency drives. Reverse engineering is a method used to understand the design of a computer by analyzing its components. Industrial equipment maintenance involves preserving and maintaining systems to ensure productivity and quality of service. Frequency inverters are used, as their name indicates, to vary the rotation speed of an alternating current motor, by controlling the frequency that feeds the motor. The document indicates the different types of frequency inverters and their benefits. Regarding frequency inverters, the document explains how they work and are used in the industry, as well as the applications and benefits of soft starters. In addition to this, the characteristics and efficiency of the drives are mentioned and a perspective of how they are used in the industry is given. On the other hand, it talks about the operation of soft starters in electric motors, which allow a gradual and controlled starting to avoid current peaks and damage to the motor. Indicates the different types of electric motors and the importance of energy efficiency in their use. In addition, the difference between encoders and resolvers in position and velocity feedback systems is explained. Describes the activities carried out during the internship carried out at the company RPM Ingenieros S.A.S, which include the analysis of electronic systems, electronic maintenance, the implementation of electronic designs and the creation of reports. The company has a process for equipment maintenance that includes diagnosis, repair, and testing. The intern analyzes various electronic systems and equipment, including a drive motor with a misfiring problem. The intern used the method of reverse engineering and component testing to detect and repair the problem, which are described in the process of maintenance and electronic repair of various equipment, such as electronic cards, drives, starters and PLC's.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 5 de 8

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:
 Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital.	x	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	x	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos)

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 6 de 8

el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ NO _x_.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co

NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 7 de 8

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.
- e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”
- i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 8 de 8



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Análisis documental para la implementación de mantenimientos en equipos electrónicos e industriales.	Texto e imágenes.

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
Julián David Mayorga González	

21.1-51-20.

ANÁLISIS DOCUMENTAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTOS EN EQUIPOS ELECTRÓNICOS E INDUSTRIALES

Julián David Mayorga González

Código: 162215128

Pasante

Universidad de Cundinamarca

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Electrónica

Fusagasugá, Cundinamarca

2023

ANÁLISIS DOCUMENTAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTOS EN EQUIPOS ELECTRÓNICOS E INDUSTRIALES

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero
Electrónico.

Julián David Mayorga González

Código: 162215128

Pasante

Director:

Ing. Leonardo Rodríguez Mujica

Evaluador de la empresa:

Ing. Catalina Munera

Universidad de Cundinamarca

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Electrónica

Fusagasugá, Cundinamarca

2023

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Fusagasugá ____ del ____

Agradecimiento

A Dios, por la vida, salud y sabiduría cada día.

A mi familia, por ser el motor que me anima a seguir adelante.

En especial a mi madre y padre, por el apoyo recibido en pro a mi estudio y hoy quiero dedicarles este gran esfuerzo.

Resumen

El documento aborda tres temas principales: ingeniería inversa, mantenimiento de equipos industriales y variadores de frecuencia. La ingeniería inversa es un método utilizado para comprender el diseño de un equipo mediante el análisis de sus componentes. El mantenimiento de equipos industriales implica preservar y mantener los sistemas para garantizar la productividad y la calidad del servicio. Los variadores de frecuencia se utilizan, como su nombre lo indica para variar velocidad de rotación de un motor de corriente alterna, mediante el control de la frecuencia que alimenta al motor. El documento describe los diferentes tipos de variadores de frecuencia y sus beneficios. En cuanto a los variadores de frecuencia, el documento explica cómo funcionan y se utilizan en la industria, así como las aplicaciones y beneficios de los arrancadores suaves. Además de esto se mencionan las características y eficiencia de los variadores y se da una perspectiva de cómo se utilizan en la industria. Por otro lado, habla sobre el funcionamiento de los arrancadores suaves en motores eléctricos, que permiten un arranque gradual y controlado para evitar picos de corriente y daños al motor. Indica los diferentes tipos de motores eléctricos y la importancia de la eficiencia energética en su uso. Además, se explica la diferencia entre codificadores y resolver's en sistemas de realimentación de posición y velocidad. Describe las actividades realizadas durante la pasantía realizada en la empresa RPM Ingenieros S.A.S, que incluyen el análisis de sistemas electrónicos, el mantenimiento electrónico, la implementación de diseños electrónicos y la creación de informes. La empresa tiene un proceso para el mantenimiento de equipos que incluye diagnóstico, reparación y pruebas. El pasante analiza varios sistemas y equipos electrónicos, incluido un motor de accionamiento con un problema de encendido. El pasante utilizó el método de la ingeniería inversa y las pruebas de componentes para detectar y reparar el problema, los cuales se describen en el proceso de mantenimiento y reparación electrónica de varios equipos, como tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores y PLC's.

Abstract

The document addresses three main topics: reverse engineering, maintenance of industrial equipment and variable frequency drives. Reverse engineering is a method used to understand the design of a computer by analyzing its components. Industrial equipment maintenance involves preserving and maintaining systems to ensure productivity and quality of service. Frequency inverters are used, as their name indicates, to vary the rotation speed of an alternating current motor, by controlling the frequency that feeds the motor. The document indicates the different types of frequency inverters and their benefits. Regarding frequency inverters, the document explains how they work and are used in the industry, as well as the applications and benefits of soft starters. In addition to this, the characteristics and efficiency of the drives are mentioned and a perspective of how they are used in the industry is given. On the other hand, it talks about the operation of soft starters in electric motors, which allow a gradual and controlled starting to avoid current peaks and damage to the motor. Indicates the different types of electric motors and the importance of energy efficiency in their use. In addition, the difference between encoders and resolvers in position and velocity feedback systems is explained. Describes the activities carried out during the internship carried out at the company RPM Ingenieros S.A.S, which include the analysis of electronic systems, electronic maintenance, the implementation of electronic designs and the creation of reports. The company has a process for equipment maintenance that includes diagnosis, repair, and testing. The intern analyzes various electronic systems and equipment, including a drive motor with a misfiring problem. The intern used the method of reverse engineering and component testing to detect and repair the problem, which are described in the process of maintenance and electronic repair of various equipment, such as electronic cards, drives, starters and PLC's.

Tabla de contenido

Resumen.....	5
Abstract	6
1. Contexto.....	15
2. Actividades	16
2.1. Actividades Principales.....	16
2.2. Actividades Secundarias	16
3. Marco de Referencia.....	18
3.1. Ingeniería Inversa o Electrónica Inversa.....	18
3.2. Mantenimiento de Equipos Industriales o Conservación	20
3.3. Variadores	24
3.3.1. Variador S.V.PWM	25
3.3.2. Variador de Control trapezoidal.....	30
3.3.3. Variador de Control Sinusoidal.....	33
3.4. Arrancadores Suaves	35
3.4.1. Arrancador por control sobre una de las fases.....	40
3.4.2. Arrancador por control sobre dos de las fases	41
3.5. Motores Eléctricos.....	42
3.5.1. Encoder y Resolver	44
4. Descripción de la empresa RPM INGENIEROS S.A.S	47
5. Desarrollo de las actividades.....	50
5.1. Analizar sistemas electrónicos aplicados a tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores, PLC, con el fin de hallar fallas en los mismos y determinar el mantenimiento más adecuado.	50
5.2. Realizar mantenimiento electrónico a las tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores, PLC, mediante pruebas y documentación del funcionamiento de los equipos.....	63
5.3. Implementar diseños electrónicos requeridos para realizar las pruebas de laboratorio en las tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores, PLC.....	70
6. Análisis de Resultados	75
6.1. Análisis de los equipos ingresados en el proceso de diagnóstico o análisis	75

6.2.	Análisis de los equipos ingresados en el proceso de reparación y/ mantenimiento.	76
6.3.	Análisis de los documentos aplicados a los equipos industriales durante la pasantía	77
7.	Conclusiones.....	79
	Bibliografía.....	81

Índice de Figuras

Figura 1. Aplicando electrónica inversa en el laboratorio de RPM ingenieros.....	19
Figura 2: División de la preservación.....	21
Figura 3. Taxonomía del mantenimiento.....	22
Figura 4. Esquema del inversor.....	26
Figura 5: Esquemático del desplazamiento del vector.....	27
Figura 6: Distribución de trabajo, con los dos vectores cero.....	28
Figura 7: Diagramas de bloques de un controlador S.V.PWM trifásico.....	29
Figura 8: Formas de la circulación de corriente en el control trapezoidal.....	30
Figura 9: Diseño de Control trapezoidal.....	31
Figura 10: Vector de corrientes del estator y posibles direcciones.....	31
Figura 11: Ondulación del par motor con respecto a la posición del rotor.....	32
Figura 12: Funcionamiento de un Arrancador Suave.....	35
Figura 13: Esquema de básico de un arrancador suave.....	36
Figura 14: Fases del disparo de tensión de alimentación.....	36
Figura 15: Arrancador suave con contactor y sin contactor.....	37
Figura 16: Contactor de derivación externo.....	38
Figura 17. Control del arranque de un motor actuando sobre sólo una línea de alimentación.....	39
Figura 18: Control del arranque de un motor actuando sobre sólo dos líneas de alimentación.....	41
Figura 19. Motor eléctrico.....	42
Figura 20. Partes del enconder y respuesta óptica.....	43
Figura 21. Funcionamiento físico del resolver y su repuesta análoga.....	44

Figura 22. Diagrama de flujo, especificando el proceso de la empresa.....	46
Figura 23. Plataforma utilizada por la empresa RPM Ingenieros (...)	49
Figura 24. Referencias borradas de unos Integrados	51
Figura 25. Esquema de fuente SITOP40 controlada por PWM, realizado para ubicar la falla sobre el censado de corriente.....	52
Figura 26. Documentación del diagnóstico en la plataforma de la empresa RPM Ingenieros.....	53
Figura 27. Equipo Drive Emerson Mentor II.....	55
Figura 28. Diagrama de conexiones de entradas y salidas del mentor II.....	56
Figura 29. Desensamble del Drive Mentor II.....	57
Figura 30. SCR del Drive de referencia IXYS MCC 132-14.....	58
Figura 31. Resistencia rota y condensador estallado.....	58
Figura 32. Configuración de Snubber sobre el SCR.....	59
Figura 33. Diagrama de aplicación del UC3844 por el fabricante.....	60
Figura 34. Fuente de alimentación del equipo PWM.....	60
Figura 35. Transistor MOSFET IRFL014N.....	61
Figura 36. Corrección de pistas del UC-3844.....	62
Figura 37. Prueba de encendido del drive Mentor II.....	63
Figura 38. Componentes por cambiar y/o procesos listados durante el diagnóstico.....	64
Figura 39. Display al cual se le hizo cambio de touch.....	65
Figura 40. A la izquierda tenemos un variador con polvo y (...)	65
Figura 41. Ejemplo de complejidad de las reparaciones con respecto al tiempo. Se observa como también disminuye la tutoría.....	66
Figura 42. a) Informe del mantenimiento realizado. b) Check de componentes reemplazados o proceso realizado.....	67

Figura 43. Fuente del Drive mentor luego del mantenimiento realizado. Reconstrucción de pista, cambio del transistor abierto.....	69
Figura 44. Fuente del Drive Mentor II luego del mantenimiento. Cambio de condensadores.....	70
Figura 45. Esquema del sensor de corriente de una UPS, marca APC, realizada en Proteus 8.....	71
Figura 46. Datasheet de memoria EPROM 25AA640.....	72
Figura 47. Balanza Mettler Toledo, realización de prueba aplicando los diagramas de conexión de voltaje AC.....	73

Índice de Gráficos

Grafica 1. Cantidad de equipos atendidos durante diagnóstico.....	75
Grafica 2. Cantidad de equipos atendidos durante el proceso de reparación y/o mantenimiento.....	76
Grafica 3. Cantidad de equipos atendidos durante el proceso de reparación y/o mantenimiento.....	78

Índice de Tablas

Tabla 1: Vectores de control.....	27
Tabla 2. Equipos ingresados a diagnostico durante la pasantía.....	54
Tabla 3. Equipos ingresados a reparación durante la pasantía.....	68
Tabla 4. Equipos ingresados a los cuales se les encontró manual de usuario y se les realizo esquema.....	74

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Variación S.V.PWM.....	25
Ecuación 2: Acercamiento a una señal trifásica.....	26
Ecuación 3: Vector de Control.....	26
Ecuación 4: Medición de corriente.....	33
Ecuación 5: Relaciones entre corriente y voltaje.....	37
Ecuación 6: Velocidad de sincronismo.....	43

1.Contexto

El presente proyecto, llevado a cabo en colaboración con la empresa RPM Ingenieros, tiene como objetivo principal divulgar las características fundamentales del mantenimiento de equipos industriales mediante la aplicación de la ingeniería inversa. Con el propósito de lograr este objetivo, se realiza un análisis exhaustivo de la documentación disponible, lo cual proporciona un diagnóstico preciso del comportamiento de los equipos utilizados en el ámbito industrial.

En este contexto, se describen en detalle los procesos implementados por la empresa RPM Ingenieros para llevar a cabo el diagnóstico, la reparación y las pruebas de los equipos industriales, con el propósito de generar informes detallados que son presentados a los clientes finales. Asimismo, en la sección [3] del documento se resalta la importancia de la ingeniería inversa en diversas áreas y se enfatiza su influencia en la difusión tecnológica en la industria electrónica.

En general, el presente documento ofrece información relevante acerca de la ingeniería inversa y su aplicación específica en el mantenimiento de equipos industriales. Dentro de la empresa RPM Ingenieros, se llevan a cabo diferentes procesos cuyo objetivo es solucionar los problemas presentados por los equipos ingresados o los requerimientos de los clientes. Estas labores incluyen la etapa de diagnóstico, en la cual se busca identificar las fallas y/o problemas, así como la reparación de los equipos. Todos estos procedimientos y resultados son registrados en informes elaborados en una plataforma web, la cual se encarga de almacenar los datos recopilados durante las pruebas realizadas en el proceso de diagnóstico y seguimiento en tiempo real de los estados del proceso.

2.Actividades

Durante el ciclo de 8 (ocho) meses, correspondiente a la pasantía en colaboración con la empresa RPM Ingenieros, se llevaron a cabo una serie de actividades, acorde a los lineamientos establecidos por la Universidad de Cundinamarca. Estas actividades secundarias estuvieron enfocadas en las actividades principales:

2.1. Actividades Principales

- Se analizaron sistemas electrónicos aplicados a tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores y PLC, con el fin de detectar fallas y determinar el mantenimiento más adecuado.
- Se realizó el mantenimiento electrónico de las tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores y PLC, utilizando pruebas y documentación para evaluar el funcionamiento de los equipos.
- Se implementaron diseños electrónicos necesarios para llevar a cabo pruebas de laboratorio en las tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores y PLC.

2.2. Actividades Secundarias

- Se realizó el análisis de sistemas electrónicos en colaboración con el ingeniero tutor asignado.
- Se llevó a cabo el montaje de planos y la recopilación de documentación bibliográfica relacionada con los sistemas analizados.
- Se elaboraron informes detallados sobre los sistemas electrónicos analizados, incluyendo diagnósticos y planes de mantenimiento correctivo y preventivo.

- Se procedió al reemplazo de componentes electrónicos en las tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores y PLC, siguiendo los planes de mantenimiento indicados en los informes de diagnóstico.
- Se generaron informes que documentaron la ejecución del mantenimiento realizado en cada equipo.
- Se realizaron montajes de diseños electrónicos bajo la supervisión del ingeniero tutor, permitiendo realizar pruebas activas en las tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores y PLC que habían sido sometidos a mantenimiento.
- Se elaboraron informes que, resumieron los resultados de las pruebas realizadas en las tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores y PLC, detallando los hallazgos y conclusiones relevantes.

Todas las actividades se llevaron a cabo en estrecha colaboración y bajo la supervisión del ingeniero tutor designado, asegurando así la calidad y el cumplimiento de los objetivos establecidos.

3. Marco de Referencia

A continuación, se describen los conceptos de los procesos y equipos de mayor interés practicados y utilizados, durante el proceso de la pasantía con la empresa RPM Ingenieros:

3.1. Ingeniería Inversa o Electrónica Inversa

La ingeniería inversa ha sido un método estándar para la comprensión deductiva del hardware, la finalidad de este método es concluir diseños a partir de productos finales, teniendo en cuenta que no se tiene conocimiento acerca de su fabricación original; también es tenido en cuenta en varios puntos, económicamente, donde es una alternativa menos costosa al diseño tradicional, en la competencia como lo son los campos de tecnología y militares para temas de defensa, también para la pedagogía donde es una manera de intercambiar conocimiento de estudiantes y profesionales. La ingeniería inversa permite levantar información, buscando repetidamente respuestas al mismo conjunto de preguntas o problemas, a niveles profundos dentro del objetivo [1].

Este método es utilizado para la homologación de componentes obsoletos y recuperación de documentación incompleta o errónea, implica el análisis del hardware como en la Figura 1, es decir entender el funcionamiento de los elementos que lo conforman. La ingeniería inversa comprende cuatro técnicas [2]:

- Re-documentación: Este implica la creación de un documento cuando el hardware no tiene, o simplemente afianzar la información del hardware con respecto al documento encontrado.

- Redescubrimiento del diseño: Se documenta nuevamente a partir del conocimiento propio y de información adicional donde sea posible crear un hardware de nivel más alto.
- Reestructuración: Donde se haga el mismo proceso y funcionalidad, partiendo de una transformación del hardware.
- Reingeniería: esta implica una comprensión para examinar las funcionalidades que se pueden conservar, eliminar o agregar del hardware.

Esta metodología de comprensión del hardware tiene dificultades en cuanto al manejo de la información y la estructura, ya que tienen que ser coherentes con el proceso que está siendo analizado. Los enfoques utilizados para estos análisis son: Análisis textual y sintáctico, métodos de representación gráfica, ejecución y prueba [2]. La ingeniería inversa recibe poca atención en el ámbito académico, ya que son pocos los libros que tratan sobre el tema y además de esto es catalogado como 'inconsistente' [1].

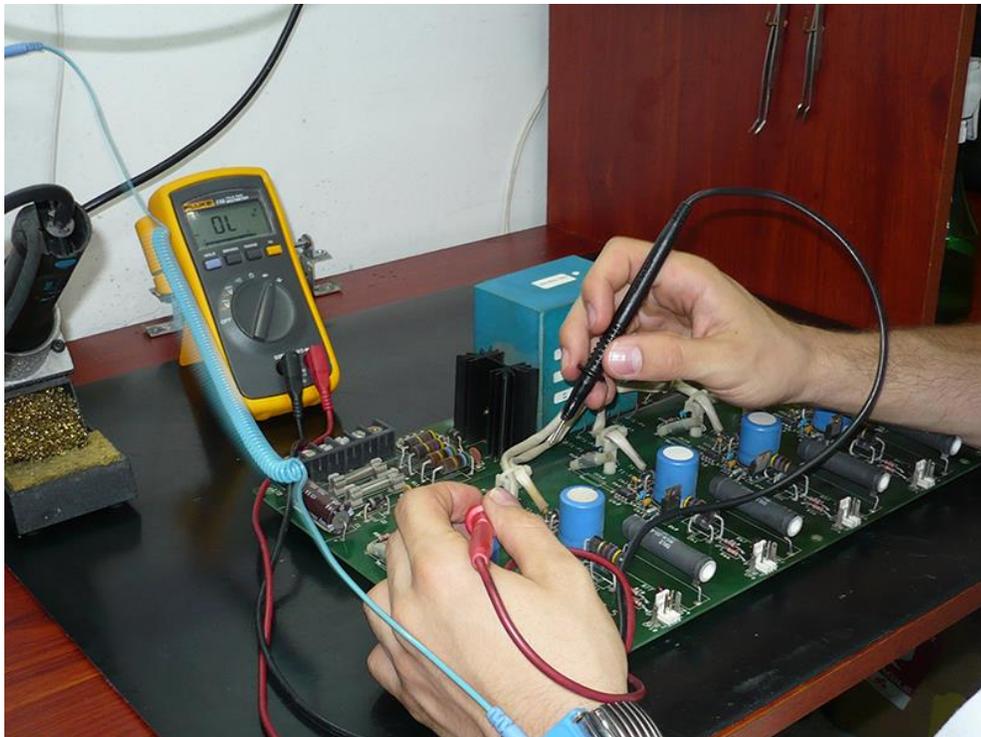


Figura 1. Aplicando electrónica inversa en el laboratorio de RPM INGENIEROS S.A.S.

3.2. Mantenimiento de Equipos Industriales o Conservación

Desde los albores de las sociedades y finalizando el siglo XVII, el mantenimiento y la preservación de las máquinas utilizadas en la producción de bienes y servicios no recibieron una atención significativa debido a la poca importancia que se les atribuía en comparación con la mano de obra empleada. Hasta antes de 1880, se pensaba que la mano laboral intervenía en un 90% en la creación de un producto, mientras que el 10% restante correspondía al trabajo realizado por las máquinas. A partir de entonces, el cuidado otorgado a las máquinas para garantizar su adecuado funcionamiento se le denominó "mantenimiento", término que en este contexto se usará entre comillas para referirse a su acepción antigua, mientras que el mantenimiento moderno se describirá sin comillas [3].

En este contexto histórico, surge el concepto de "mantenimiento" preventivo, el cual, en la década de 1920, comenzó a ser reconocido como una labor necesaria, aunque costosa. Sin embargo, este enfoque aún se centraba principalmente, en la máquina, y las reparaciones se llevaban a cabo bajo el discernimiento de que, al funcionar la máquina, esta funcionaría adecuadamente y produciría el producto final o servicio esperado [3].

El mantenimiento preventivo, en combinación con la ingeniería inversa, aporta importantes beneficios en la preservación y optimización de los equipos industriales. En primer lugar, la aplicación de mantenimiento preventivo permite identificar y abordar proactivamente los posibles problemas o fallas en los equipos, lo que a su vez facilita el proceso de ingeniería inversa al proporcionar una visión detallada de las características y funcionamiento de los componentes [3]. Al mantener los equipos en óptimas condiciones a través del mantenimiento preventivo, se obtiene una mayor confiabilidad y precisión en los resultados obtenidos durante la ingeniería inversa, lo que a su vez contribuye a un diagnóstico más preciso y eficiente.

Además, el mantenimiento preventivo reduce la probabilidad de interrupciones imprevistas en los procesos de ingeniería inversa, ya que se abordan de manera anticipada los posibles fallos o desgastes en los equipos, evitando así tiempos de inactividad prolongados. Asimismo, el mantenimiento preventivo ayuda a extender los tiempos de uso de los equipos, lo que a su vez permite realizar un mayor número de análisis y estudios en el ámbito de la ingeniería inversa, maximizando así el conocimiento adquirido y la obtención de datos relevantes.

Es decir, el mantenimiento preventivo desempeña un papel crucial en la conservación y optimización de los equipos industriales. La combinación de esta práctica con la ingeniería inversa permite obtener una visión más completa y precisa de los componentes, facilitando la identificación de fallas y la mejora de los procesos. Además, el mantenimiento preventivo reduce los tiempos de inactividad no planificados y prolonga la vida útil de los equipos, favoreciendo así la realización de estudios más exhaustivos y eficientes en el ámbito de la ingeniería inversa.

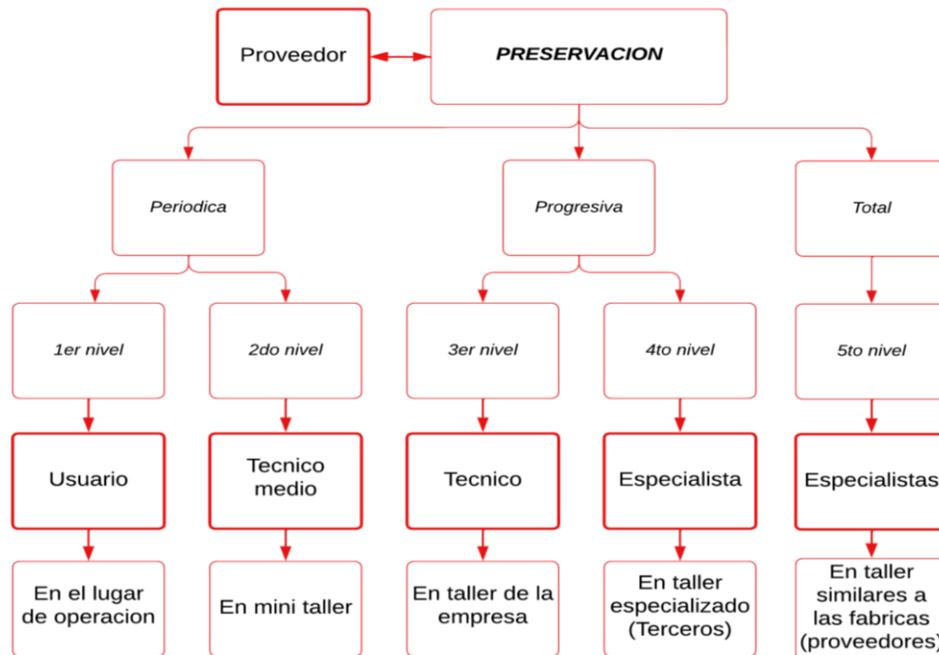


Figura 2. División de la preservación. [3]

Dicho lo anterior, la preservación y el mantenimiento de los sistemas industriales conllevan una importancia primordial en la optimización de la fabricación y la calidad del producto final. En este contexto, se pueden discernir dos categorías fundamentales de preservación:

- Preservación preventiva: Este tipo de preservación se orienta hacia la ejecución de labores proactivas con el propósito de evitar la degeneración o la lesión provocada por agentes adversos en los componentes y mecanismos del equipo industrial.
- Preservación correctiva: Esta forma de preservación se centra en las actividades correctivas que se despliegan cuando un equipo ya ha sufrido daños o desperfectos.

La preservación se segmenta en tres niveles: periódica, progresiva y total. Durante el ciclo de vida de cualquier sistema, es crucial que el mantenimiento sea llevado a cabo por personal que posea una profundidad de conocimiento que se distribuye en hasta cinco niveles distintos, tal como se ilustra en la Figura 2 [3].

El primer nivel corresponde a la preservación periódica, que engloba las tareas esenciales de limpieza. El segundo nivel se refiere a la preservación progresiva, que demanda un taller debidamente equipado con herramientas especializadas y personal capacitado. Los tercer y cuarto niveles corresponden a labores altamente especializadas que se ejecutan en talleres propios o contratados. Por último, el quinto nivel es conocido como preservación total, la cual se realiza en los talleres del fabricante y engloba una rehabilitación completa del sistema en cuestión. En determinadas circunstancias, es pertinente llevar a cabo un análisis económico para evaluar la opción más favorable entre reparar o adquirir un nuevo equipo. En conclusión, la preservación y el mantenimiento constituyen elementos esenciales para asegurar la productividad y la calidad del servicio en los sistemas industriales [3].

El mantenimiento, en tanto actividad industrial, asume el rol crucial de garantizar un servicio de calidad. Este proceso de naturaleza industrial se refiere a las actividades que se emprenden con el objetivo de mantener en óptimas condiciones los equipos, maquinarias y sistemas utilizados en los servicios de producción. El mantenimiento se divide en dos ramas principales como se observa en la Figura 3 [3]:

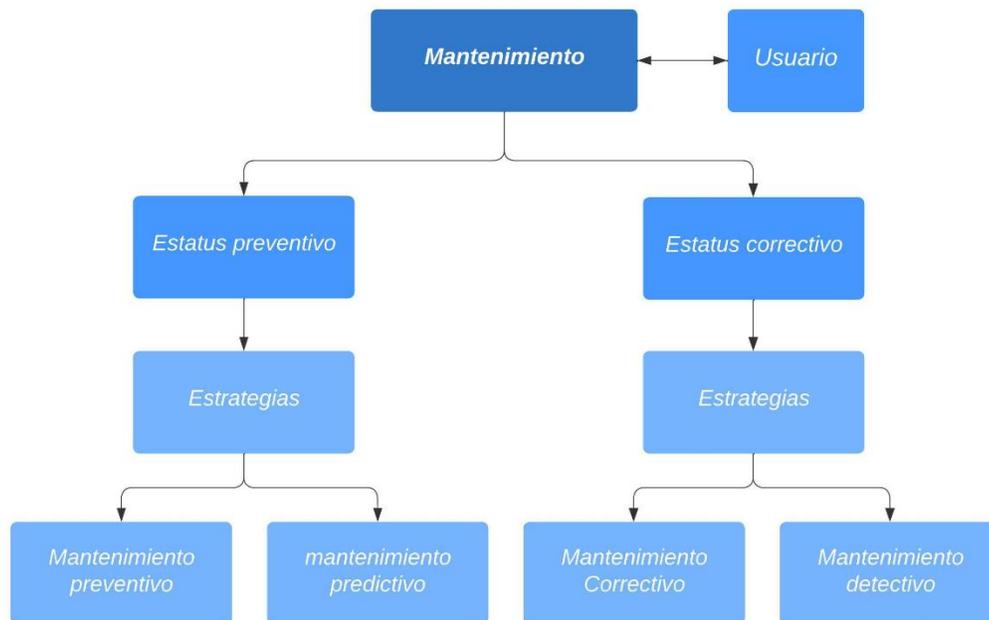


Figura 3. Taxonomía del mantenimiento. [3]

El mantenimiento preventivo se centra en prevenir fallas y averías en los equipos y sistemas mediante inspecciones, limpiezas, lubricaciones y ajustes periódicos. Según R. Keith Mobley, reconocido autor en el campo del mantenimiento industrial, en su obra "Maintenance Fundamentals", afirma que el mantenimiento preventivo es fundamental para garantizar la confiabilidad y disponibilidad a largo plazo de los equipos. Señalando que:

"El mantenimiento preventivo es esencial para maximizar la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria industrial. Al implementar un programa de mantenimiento preventivo sólido, se pueden evitar fallos costosos y tiempos de inactividad no planificados, asegurando así una operación continua y eficiente de los activos" (p.46) [3].

Por otro lado, el mantenimiento correctivo se enfoca en la reparación de los equipos y sistemas después de que han fallado. Terry Wireman, autor de "Benchmarking Best Practices in Maintenance Management", menciona la importancia del mantenimiento correctivo detectivo, que permite detectar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallas catastróficas. Además, Wireman destaca la necesidad de un mantenimiento correctivo contingente, que implica una respuesta inmediata ante una falla crítica para evitar las marcas negativas en la operación [3].

Es vital comprender que el mantenimiento industrial juega un papel crucial en la continuidad del servicio y la calidad del producto final. Anthony Kelly, autor de "Maintenance Strategy", señala que una estrategia de mantenimiento efectiva no solo garantiza el buen funcionamiento de los equipos, sino que también contribuye a reducir los costos de producción y prolongar su vida útil. Por lo tanto, es esencial que las empresas implementen un plan de mantenimiento adecuado con personal capacitado y materiales adecuados, para realizar estas actividades de manera efectiva [3].

En resumen, el mantenimiento preventivo y correctivo son enfoques complementarios para asegurar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos y sistemas. Como menciona R. Keith Mobley, el mantenimiento preventivo es esencial para evitar problemas y maximizar la confiabilidad a largo plazo. Por lo cual, según Terry Wireman, el mantenimiento correctivo detectivo permite la detección temprana de problemas y evita fallas costosas. Además, según Anthony Kelly, el mantenimiento industrial contribuye significativamente a reducir costos y prolongar la vida útil de los equipos y sistemas, siendo fundamental en la operación de cualquier empresa [3].

3.3. Variadores

El acrónimo VFD, en inglés "Variable Frequency Drive" o también AFD que también en inglés significa "Adjustable Frequency Drive", es un control, que como su nombre lo indica varía la velocidad de un motor de corriente alterna, el cual se controla a través de la frecuencia que alimenta al motor.

Nos dice que:

"El variador es un convertidor de energía cuya función es modular la energía que recibe el motor. Otra definición que podemos dar para un variador de velocidad es de dispositivo que permite variar como su nombre lo indica, la velocidad y el acoplamiento de un motor asíncrono trifásico, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables." (J.P. Rueda, Pg. 8). [4]

Los variadores de velocidad son equipos electrónicos que le dan la facultad de cambiar la velocidad y el par de los motores de inducción al convertir valores fijos en valores variables de frecuencia y tensión de red. Estos equipos se utilizan, cuando la aplicación requiere de procesos como [5]:

- Control de par y velocidad.

- Ajuste sin golpes mecánicos.
- Movimientos complejos.
- Mecánica suave.

Lo anterior nos permite evidenciar que, en los tipos de accionamientos utilizados en el campo eléctrico-electrónico, se utilizó primero la tecnología de válvulas de vacío; A la fecha se han ido ensamblando componentes de estado sólido, lo que ha producido una simplificación de el volumen y el costo, aumentando la eficiencia y confiabilidad de estos dispositivos. El principal beneficio de los variadores de frecuencia, además de proteger el motor contra sobretensiones, es la reducción del consumo de energía en los costos operativos [6].

Existen distintas categorías de variadores de velocidad electrónicos a lo largo del tiempo, como por ejemplo estas cuatro:

- I. Accionamientos de motores de corriente continua, utilizados durante las décadas de 1980 y 1990 para el control de par y velocidad.
- II. El variador de velocidad de tensiones de Foucault, que se sustituye por el variador de frecuencia de corrientes.
- III. Variadores de deslizamiento.
- IV. Los accionamientos de motor de corriente alternan, que se utilizan actualmente por su eficiencia y fiabilidad, también se conocen como convertidores de frecuencia.

Los convertidores de frecuencia están destinados a controlar la velocidad del motor, ya que también son propensos a averías si no se cuenta con el control de velocidad adecuado, lo que afecta no solo al motor sino también al propio convertidor debido a la sobrecarga y/o la corriente. Para ello, es necesario utilizar controladores especiales, que se utilizan en diversas aplicaciones industriales, como ventiladores, ascensores, transportadores industriales, etc. [6].

Un variador de frecuencia puede estar diseñado de diferentes formas, entre ellas tenemos:

3.3.1. Variador S.V.PWM

Este tipo de modulación por ancho de pulso del vector espacial, que permite simplificar la respuesta dinámica del motor de inducción, que se caracteriza por su robustez, costo y simplicidad. Sin embargo, su uso se ha visto limitado por los excesos de corriente que se producen en la red. Este método logra controlar independientemente

la velocidad, lo que permite mejorar el flujo, de tal manera que es posible ampliar el rango de velocidad del motor y optimizar la producción de par en ese rango y el factor de modulación alcanza hasta el 86%, en comparación con el PWM, que es del 78,5% [7].

Para obtener el vector de control, se parte de las siguientes expresiones que describen la señal trifásica de cada uno de los devanados del motor [8]:

Ecuación 1: Variación SVPWM.

$$\begin{aligned} V_R &= V_m \text{Sen } Wt & V_a &= V_m \text{Cos } Wt \\ V_S &= V_m \text{Sen} \left(Wt - \left(\frac{2\pi}{3} \right) \right) & V_b &= V_m \text{Cos} \left(Wt - \left(\frac{2\pi}{3} \right) \right) \\ V_T &= V_m \text{Sen} \left(Wt + \left(\frac{2\pi}{3} \right) \right) & V_c &= V_m \text{Cos} \left(Wt + \left(\frac{2\pi}{3} \right) \right) \end{aligned}$$

(1) (2)

Partiendo de que las señales trifásicas pueden ser descritas por medio de funciones exponenciales, desfasadas entre sí, se obtiene lo siguiente [8]:

Ecuación 2: Acercamiento a una señal trifásica.

$$V' = \frac{1}{c} \left[V_a(t) + V_b(t)e^{-\frac{jw2\pi}{3}} + V_c(t)e^{\frac{jw2\pi}{3}} \right] \quad (3)$$

Siendo 'c' una constante igual a $\sqrt{\frac{3}{2}}$, la cual se remplaza en la ecuación 3, junto con las ecuaciones 2; de esta manera se obtiene el vector control [8]:

Ecuación 3: Vector de Control.

$$\bar{V} = V_m e^{jWt} \quad (4)$$

De esta manera se relaciona la ecuación, con el inversor, para esto se relacionan las tensiones aplicadas en el inversor, la impedancia y las tensiones de cada devanado [8].

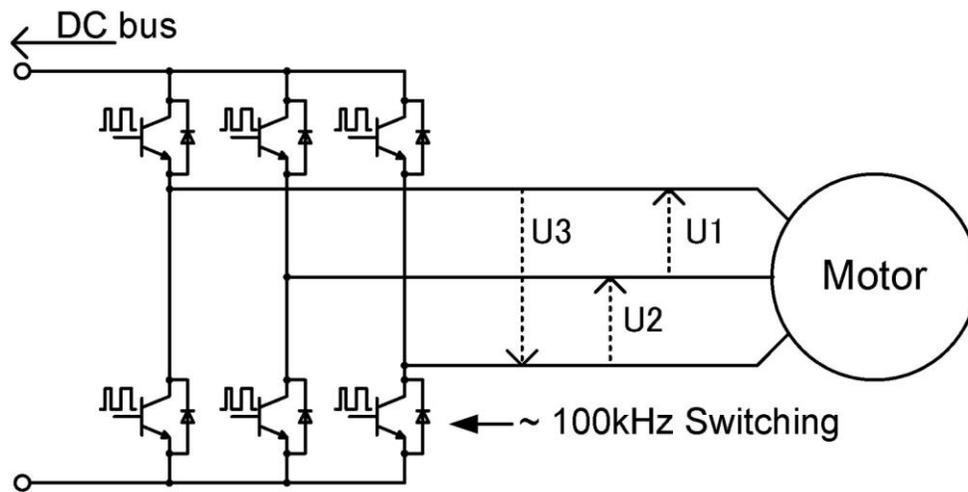


Figura 4: Esquema del inversor [9].

La Figura 4, corresponde al ejercicio empleado anteriormente, en donde por medio de las ecuaciones se determinan los valores del variador trifásico. Los vectores hallados están conformados por tres bits que se describen a continuación en la tabla 1 [8]:

Numero de Vector	Vector
$\bar{V}0$	000
$\bar{V}1$	100
$\bar{V}2$	110
$\bar{V}3$	010
$\bar{V}4$	011
$\bar{V}5$	110
$\bar{V}6$	101
$\bar{V}7$	111

Tabla 1: Vectores de control.

Hay dos vectores que no transfieren energía al motor, por eso se les llama cero. Los otros vectores restantes forman un hexágono a través del cual se mueve el vector de control [8].

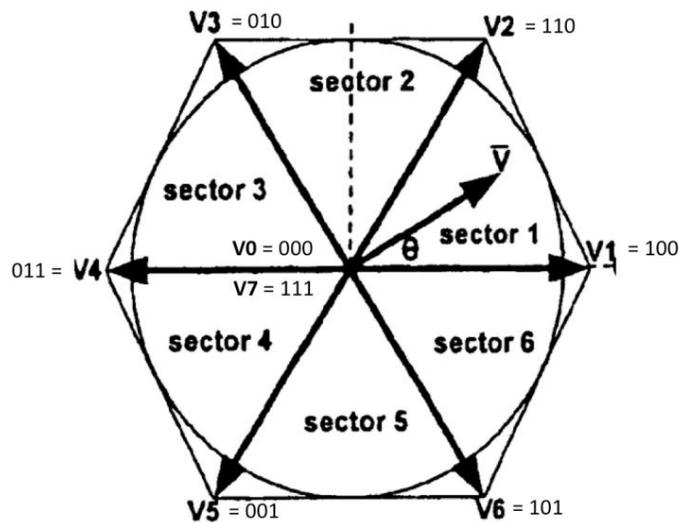


Figura 5. Esquemático del desplazamiento del vector de control [10].

Al comienzo de un círculo inscrito en un hexágono, hay vectores y (vectores cero). Mientras que, solo los seis vectores, no logra una gran continuidad de compensación, lo que resulta en cambios repentinos en la velocidad del motor, el tiempo de muestreo se cambia de $T_s = T/6$ a $T_s = T/24$; en este caso, se logra determinar una variación constante en la velocidad. En cuanto a los vectores cero, estos se utilizan para introducir tiempos muertos. Sin embargo, al realizar esta acción, solo se necesita utilizar uno de ellos, obteniendo así la discretización requerida. Dado que los vectores son similares en todos los sectores, es conveniente iniciar y finalizar los ciclos con un vector cero [8].

Los ciclos se pueden realizar de cuatro maneras:

- Flanco de subida
- Flanco de bajada
- Simetría
- Alternado

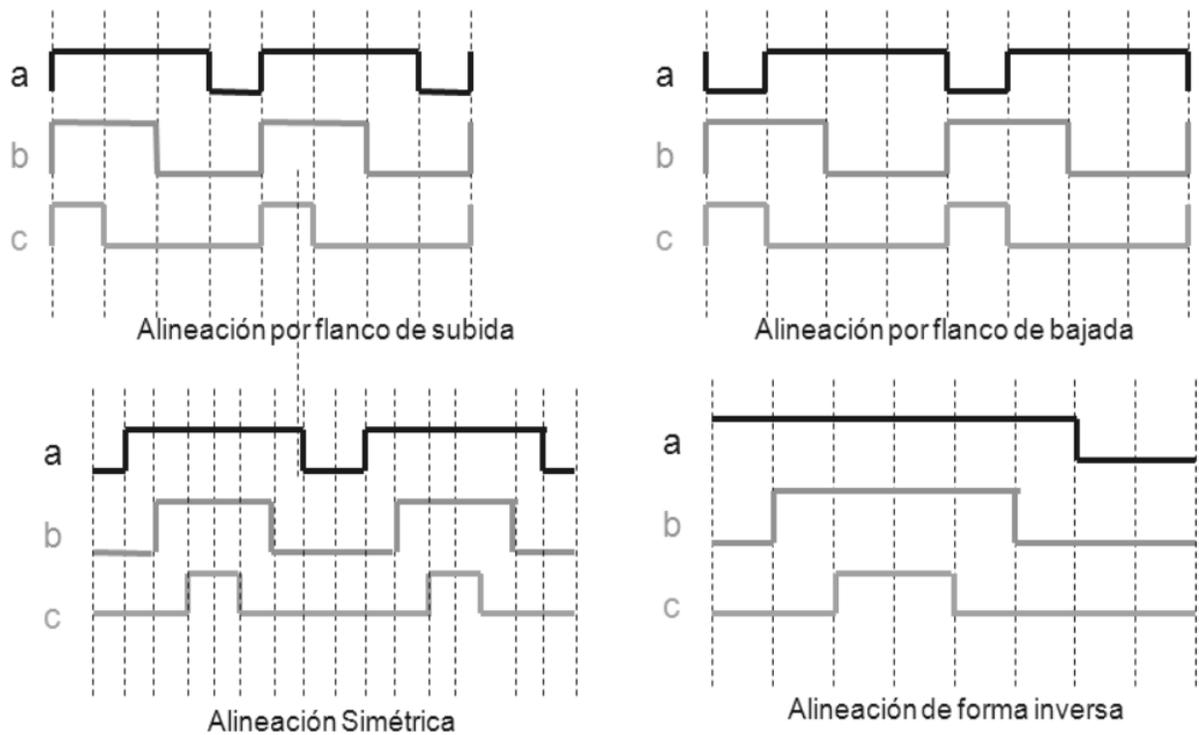


Figura 6. Disposición de trabajo, con los dos vectores cero [8].

La distribución de los ciclos está sujeta al diseñador, puesto que depende de la aplicación. La forma para realiza el algoritmo de control, se puede realizar de dos formas que son [8]:

- Cableada: esta se puede realizar por medio de una FPGA teniendo en cuenta que este no tiene captura y comparación, lo que conlleva a que el algoritmo o programa sea de tipo complejo y demore más tiempo en procesar [8].
- Programación: esta se facilita por el uso de los microcontroladores, ya que los algoritmos se pueden realizar en diferentes plataformas como MATLAB [8].

Para ambas formas, es necesario realizar una etapa de aislamiento, que recomienda un optoacoplador, así mismo una etapa de potencia, que en cuyo caso es el módulo IGBT de alta frecuencia, el cual es el más adecuado para estos procesos [8].

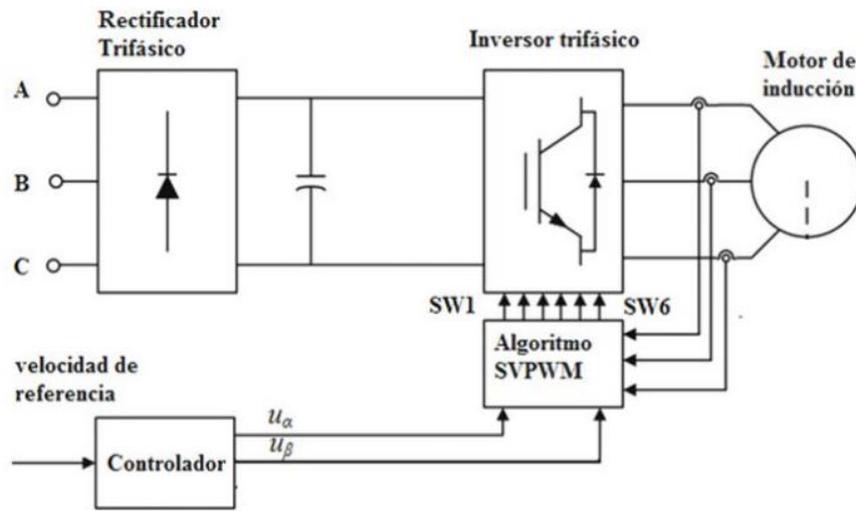


Figura 7. Diagramas de bloques de un controlador S.V.PWM trifásico [11].

Cuando se quiera realizar una función diferente, ya sea de control, protección o visualización, se puede necesitar más de un microcontrolador o PIC, por ejemplo, para el control de corriente, que permite control de campo, par y orientado a la posición, es bueno agregar un tercer microcontrolador que le permite procesar la señal de retroalimentación [8].

3.3.2. Variador de Control trapezoidal

Este método es sencillo a la hora de controlar un motor brushless se llama conmutación trapezoidal o modo de 6 pasos. En este circuito, la corriente que fluye a través de las terminales del motor que se controla encendiendo un par a la vez y manteniendo sin energía la tercera terminal. El par de terminales excitados se alterna hasta completar las seis combinaciones posibles [12].

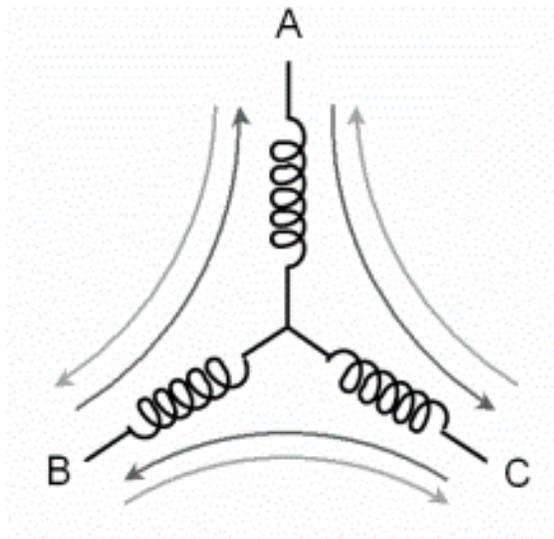


Figura 8. Formas de la circulación de corriente en el control trapezoidal [12].

Los sensores utilizan tres sensores de efecto Hall montados en el motor para proporcionar al controlador la posición aproximada del rotor, lo que permite que el controlador determine el próximo par de abrazaderas que se activarán [12].

La corriente que fluye a través del par de terminales activos se compara con la corriente deseada y el error resultante se aplica a un filtro PI (integrador proporcional) que utiliza la salida de este filtro para intentar corregir la polarización y minimizar el error [12].

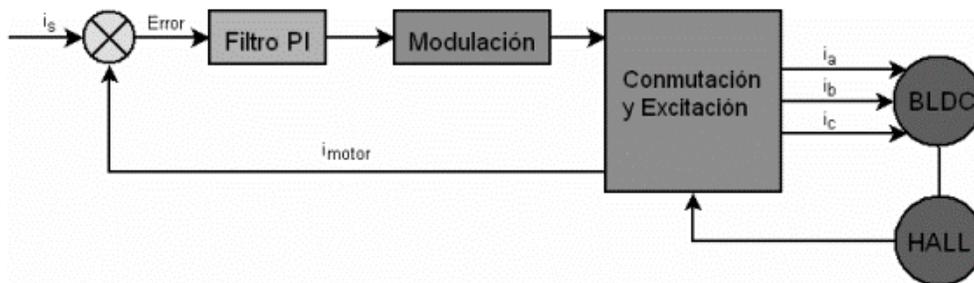


Figura 9. Diseño de Control trapezoidal [12].

Existen varias técnicas de modulación utilizadas para generar señales de excitación para motores sin escobillas que pueden mejorar la eficiencia del sistema. Dado que las dos corrientes en dos devanados son siempre las mismas y el tercer devanado siempre es nulo, como resultante del vector de corriente del estator o la suma de los vectores de corriente que fluyen a través de los devanados solo se puede controlar en 6 direcciones discretas [12].

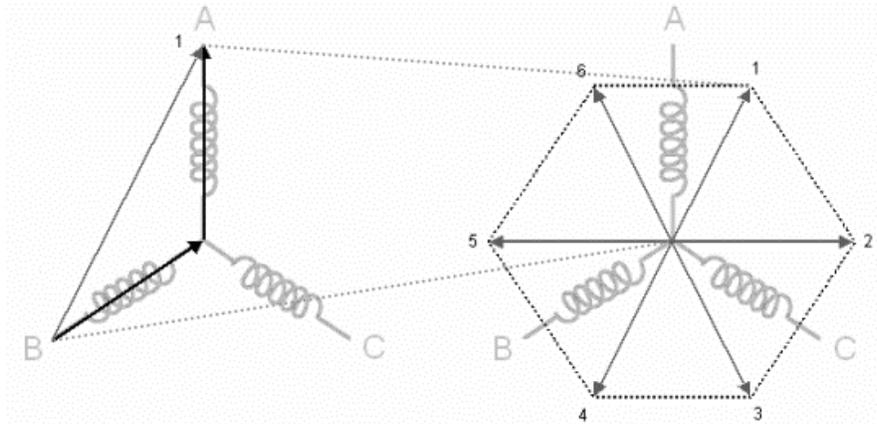


Figura 10: Vector de corrientes del estator y posibles direcciones [12].

Dado que el vector de corriente solo apunta en seis direcciones como se observa en la Figura 10, existe una desviación entre estas direcciones y la posición real del rotor. Esta desviación genera aproximadamente un 15 % de par motor a una frecuencia seis veces superior a la velocidad del motor [12].

Esta ondulación hace que los motores sin escobillas sean difíciles de controlar. Esto se vuelve especialmente notable en aplicaciones que requieren una pequeña cantidad de movimientos, lo que resulta en una disminución en la precisión del movimiento [12].

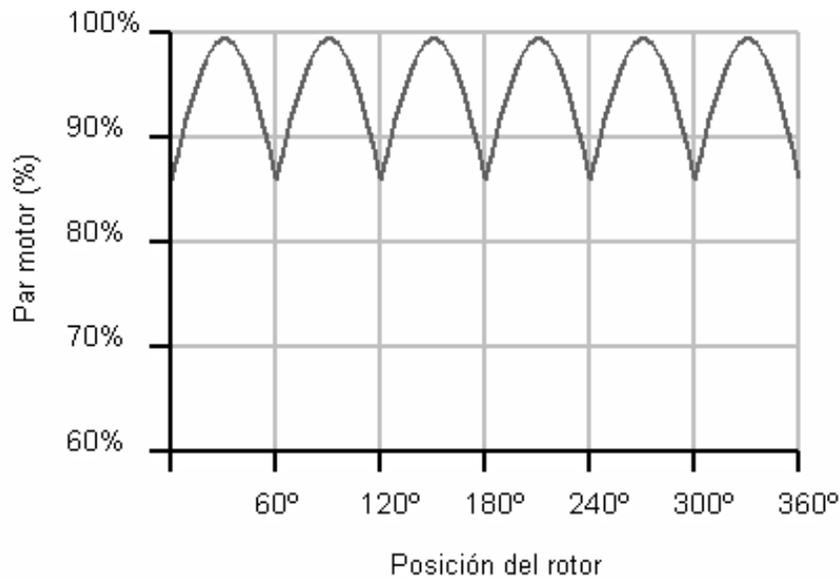


Figura 11: Ondulación del par motor con respecto a la posición del rotor [12].

Además, puede causar desgaste mecánico, vibración o ruido, lo que puede reducir el rendimiento y la vida útil del motor. Sin embargo, debido a la facilidad de implementación, este método de conmutación ha sido ampliamente utilizado desde la llegada de los motores sin escobillas [12].

3.3.3. Variador de Control Sinusoidal

La conmutación sinusoidal se considera un control más avanzado y preciso que la conmutación trapezoidal porque trata de controlar constantemente la posición del rotor. Esta continuidad se logra aplicando simultáneamente tres corrientes sinusoidales con un desfase de 120° a tres devanados del motor. Las fases de estas corrientes se eligen de modo que el vector de corriente resultante sea siempre ortogonal a la dirección del rotor y tenga un valor constante [12].

Este proceso da como resultado un par más preciso sin la típica ondulación de conmutación trapezoidal. Sin embargo, para generar una modulación sinusoidal, la posición del rotor debe medirse con precisión. Debido a que los sensores de efecto Hall solo brindan una posición aproximada, se debe usar otro dispositivo que proporcione una mejor precisión angular, como un codificador. La siguiente figura muestra un diagrama de bloques típico de un controlador conmutado de onda

sinusoidal [12].

Según la ley de Kirchhoff, la adición de dos corrientes que ingresan al nodo es igual al valor negativo de la tercera $i_a + i_b = -i_c$. Por lo tanto, al controlar dos de las corrientes suministradas al motor, la tercera se controla implícitamente o de manera equivalente, la tercera corriente no se puede controlar de forma independiente [12].

En el caso que nos aplica:

Ecuación 4: Medición de corriente:

$$\begin{aligned}i_a &= i_S \times \sin(\theta_e) \\i_b &= i_S \times \sin(\theta_e - 120^\circ) \\i_c &= i_S \times \sin(\theta_e - 240^\circ) = -(i_a + i_b)\end{aligned}$$

Usando la información de la posición del rotor proporcionada por el codificador, se sintetizan las dos sinusoides deseadas, generalmente usando LUT3. Estos se comparan con las mediciones de las corrientes que fluyen a través del motor y el error resultante se aplica a dos filtros PI que intentan corregir las desviaciones. La salida de los filtros se utiliza como entrada de un generador de excitación, que en la mayoría de los casos incluye un modulador PWM. La conmutación sinusoidal resuelve los problemas de eficiencia asociados con la conmutación trapezoidal. Sin embargo, surgen problemas a altas velocidades del motor debido a la limitación de frecuencia del bucle de corriente (filtro PI) [12].

Cuanto mayor sea la velocidad de rotación, mayor será el error y, por tanto, mayor será el desajuste entre el vector de corriente y la dirección de cuadratura del rotor. Este hecho estimula una baja paulatina del par motor [12].

Para mantener un par constante, se debe aumentar la corriente que fluye a través del motor, lo que reduce la eficiencia. Esta degradación de la eficiencia aumenta con la velocidad hasta que se alcanza un punto en el que la diferencia de fase entre el vector de corriente y la dirección de cuadratura puede alcanzar los 90° , produciendo un par motor completamente nulo [12].

Los procesos que se realizan en la empresa dan una perspectiva más amplia de la electrónica en el campo industrial, en la automatización de los procesos y cómo

evolucionan, donde se ven equipos de 10 a 20 años los cuales son robustos y otros recientes de 3 años donde simplifican todo un control del proceso (Comparación de dos equipos que realizan un mismo proceso). Finalmente, en el análisis de resultados se debe especificar la contribución del trabajo en la empresa, los resultados esperados deben ser coherentes con las actividades propuestas y que generen aportes a su formación profesional [12].

Los Variadores tienen una eficiencia del 95-98%. La eficiencia de un variador se puede mejorar aumentando el número de pulsos. Por ejemplo, una unidad de 6 pulsos tiene una eficiencia de 96,5 a 97,5 %, mientras que una unidad de 18 pulsos tiene una eficiencia de 97,5 a 98 %. Esto significa que las unidades más avanzadas pueden ajustar mejor el consumo de energía en el modo operativo, lo que puede generar ahorros de energía [12].

3.4. Arrancadores Suaves

Las aplicaciones o usos de los arrancadores suaves se basan en (la utilidad y empleo) [7]:

- I. Aplicaciones con par de arranque bajo o medio
- II. Utilización de carga ligera
- III. Poco o ningún control de velocidad durante el modo de marcha
- IV. Reducen el desgaste mecánico y daños al sistema
- V. Control de corriente de entrada al momento del arranque
- VI. Monitoreo de alimentación

Para determinar cómo funciona un arrancador suave primero se tiene en cuenta los tipos de arranques que hay para un motor trifásico como se puede apreciar en la figura 12 [7]:

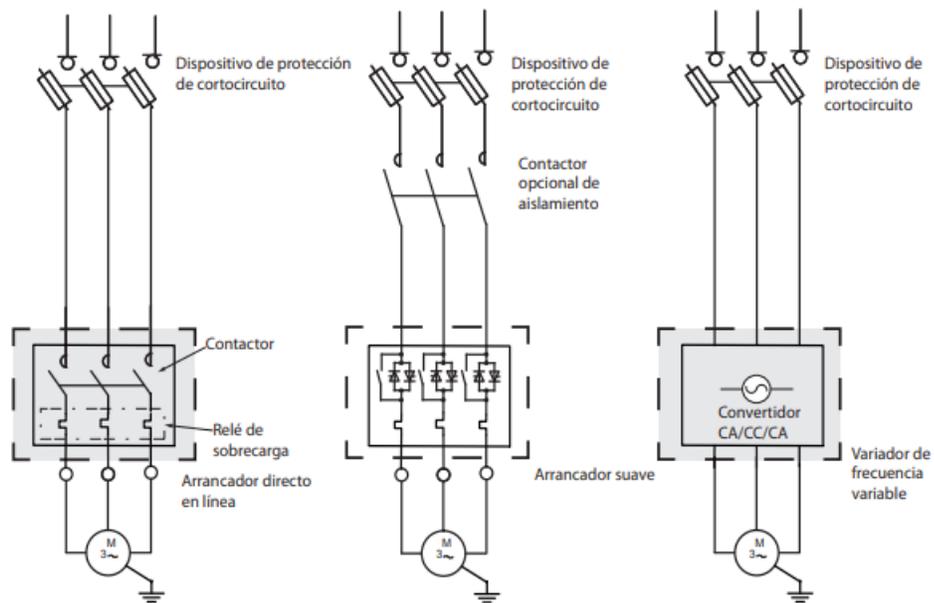


Figura 12: Funcionamiento de un Arrancador Suave [7].

Arrancador directo en línea o arrancador de purga (sus siglas “DOL”): este tipo de método de arranque básico aplica inmediatamente voltaje, corriente y par completos al motor tan pronto como se da un comando de arranque. Normalmente, la fuente de alimentación se corta al instante como se da la señal de parada. Encendido y apagado son los únicos tipos de arranque de este método. Las sobrecargas pueden agregar errores al arrancador y proporcionar retroalimentación, lo cual genera daño sobre el motor [7].

Por otro lado, el funcionamiento del arrancador suave se basa en un algoritmo que proporciona control en tres pares de SCR antiparalelos para el arranque, arranque y parada del motor. Para lograr el control de voltaje de CA, el ángulo de encendido de alineación antiparalela cambia cada medio ciclo (Figura 12) El voltaje se aumenta o se recorta al voltaje máximo para permitir la activación del límite de corriente [7].

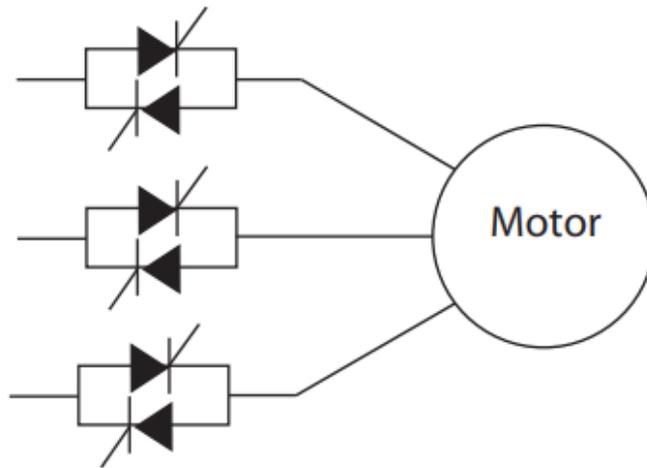


Figura 13: Esquema de básico de un arrancador suave [7].

Los arrancadores suaves usan voltaje para tener control de la corriente y el par. El par motor se aproxima proporcionalmente al cuadrado del voltaje que se aplicó [7].

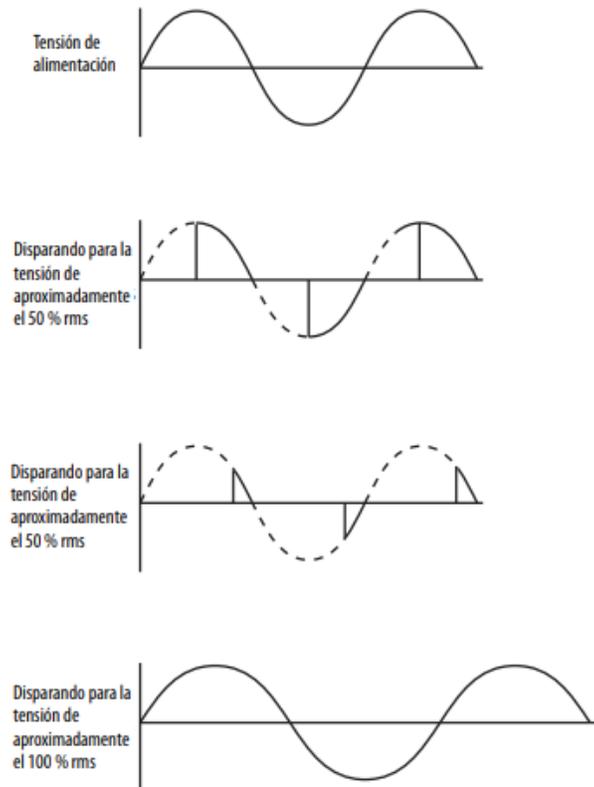


Figura 14: Fases del disparo de tensión de alimentación [7].

Teniendo esto en cuenta, una reducción del 60 % en la tensión aplicada da un resultado aproximado. Reducción del 84 % del par [7].

Existe una relación directa entre la corriente de arranque y el voltaje aplicado al motor.

Ecuación 5: Relaciones entre corriente y voltaje.

$$\frac{\text{Volaje (aplicado)}}{\text{Voltaje (maximo)}} = \frac{\text{Corriente(utilizada)}}{\text{Corriente(maxima)}}$$

Un arranque de tipo estrella-triángulo con contactores se logra con un punto de corriente establecido en 350 % o un par de arranque del 34 % en el arrancador suave [7].

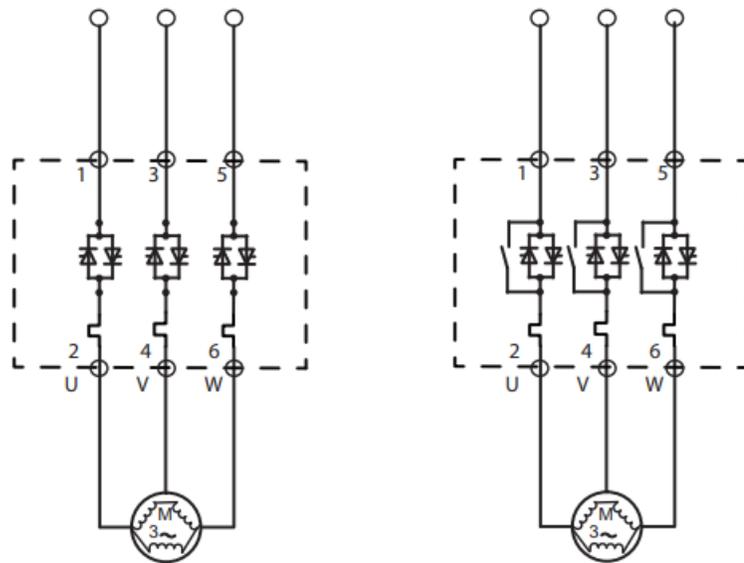


Figura 15. arrancador suave sin contactor y con contactor [7].

Los arrancadores suaves de ciertas referencias traen consigo un contactor de derivación integrado que permite ahorrar espacio ya que este tipo reduce el controlador para la aplicación [7].

En la configuración de derivación, el contactor de derivación se activa una vez que el motor alcanza la velocidad esperada. Independientemente de si se utiliza la derivación interna del arrancador, los SCR dejarán de disparar, lo que hará que el arrancador suave sea más eficiente. En cuanto se da una orden de parada, los SCR asumen de nuevo la función de parada. El contactor nunca energiza ni interrumpe una carga, lo que le permite usar contactores y SCR más pequeños y ofrecer unidades más pequeñas [7].

La figura 16 muestra un arrancador suave con un contactor de derivación externo. El Bypass interno utiliza la protección de sobrecarga térmica. En la configuración de derivación, el contactor de derivación se activa cuando el motor alcanza la velocidad deseada [7].

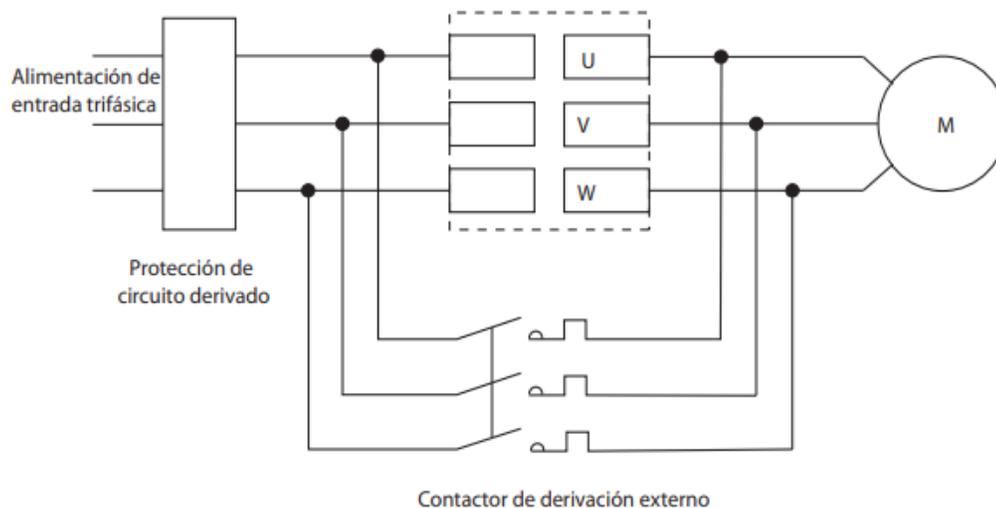


Figura 16: Contactor de derivación externo [7].

Los arrancadores suaves pueden lograr eficiencias de hasta 99,5...99,9%. Por lo general, los SCR pierden menos de 1 voltio. La eficiencia de un arrancador suave depende del tamaño y del voltaje trifásico. Una vez que se completa el proceso de arranque, un arrancador suave con Bypass integrado activa un contactor interno [7].

Los SCR dejan de disparar y la corriente de arranque completa fluye a través de los contactores, manteniendo o mejorando la eficiencia. A toda velocidad y con la carga adecuada, los arrancadores suaves son más eficientes que los variadores de frecuencia. Ciertos arrancadores tienen configuraciones de parámetros para habilitar la eficiencia energética cuando un motor está en la condición sin carga; Este ajuste podría conducir a un ahorro de energía [7].

El arrancador suave tiene la marca CE (Conformité Européenne), que certifica la calidad del arrancador suave y no debería requerir filtrado de armónicos adicional. Otros arrancadores suaves pueden no tener la marca CE y pueden requerir filtrado para evitar daños al equipo [7].

3.4.1. Arrancador por control sobre una de las fases

En el esquema de la figura 17 se ha integrado un sistema de control de una de las fases (sobre el conductor exterior L3).

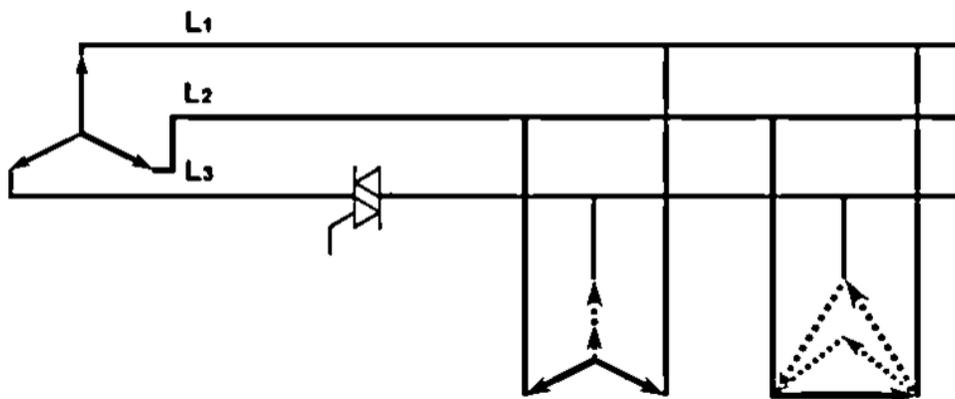


Figura 17. Control del arranque de un motor actuando sobre sólo una línea de alimentación.

Se puede observar que los dos terminales de alimentación del primer motor, que corresponden a las líneas L_1 y L_2 , tienen siempre la tensión nominal L_{2-1} , de la red. Por otra parte, la tensión aplicada en el terminal correspondiente a la línea L_3 varía según la indicación del sistema de control conectado en el mismo.

El motor siempre recibe su tensión de fase asignada en dos de sus devanados y una tensión de fase reducida en el devanado restante. Con base en estos voltajes de fase aplicados, circula el flujo de corriente en los terminales del motor en dos de sus devanados, que crean dos campos magnéticos separados, es decir, dos constantes y uno variable. En el estator del motor se genera un campo magnético giratorio, pero no es constante sino deformado, lo que provoca cambios en el sistema magnético, eléctrico y mecánico del motor.

El motor sólo recibe siempre la tensión de red que le ha sido asignada en uno de sus devanados y una tensión de red reducida en los otros dos devanados. Como en el caso anterior, se crea un campo magnético giratorio en el estator del motor, pero se deforma más, lo que provoca cambios aún mayores en el sistema magnético, eléctrico y mecánico del motor. Esto significa que un sistema de arranque de motor basado en controlar solo una de las fases es más adecuado para motores conectados en estrella que para motores conectados en triángulo.

Dado que los motores que habitualmente se encuentran en el mercado para conexión a una red de distribución en estrella de 480 V (tensión nominal $U_e = 230/480$ V) se fabrican para potencias nominales (P_e) inferiores a 4 kW, además de las perturbaciones que ello provoca, el funcionamiento del motor durante el arranque Este tipo de arrancador suave solo es adecuado para motores muy pequeños y, a pesar de su bajo precio de venta, los fabricantes rara vez lo ofrecen.

3.4.2. Arrancador por control sobre dos de las fases

En el diagrama de la Figura 18, el sistema de control se enciende en dos fases (en el cable de línea L_1 y L_3).

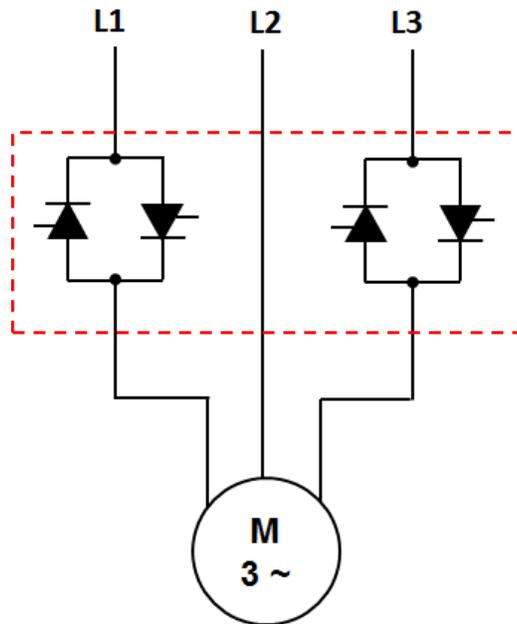


Figura 18: Control del arranque de un motor actuando sobre sólo dos líneas de alimentación.

Como podemos observar en la figura 18, solo el borne de potencia correspondiente a la línea L_2 del motor siempre tendrá la tensión nominal de fase L_2 de la red. Por otro lado, en los terminales correspondientes a las líneas L_1 y L_3 , el voltaje aplicado variará de acuerdo con las lecturas del sistema de control conectado a ellos.

3.5. Motores Eléctricos

Los motores eléctricos, especialmente, se consideran máquinas que convierten otros tipos de energía, en energía mecánica de salida. A su salida suele ser un eje. Entre los motores se encuentran varios tipos, como lo son los motores eléctricos, que reciben energía eléctrica y la convierten en mecánica. Las clasificaciones más comunes de los motores eléctricos son las siguientes [13] (Pg. 287):

- Motores de corriente continua: Los cuales están también divididos en diferentes configuraciones, como: alimentación independiente, alimentación serie, alimentación derivación, excitación compuesta [13].
- Motores de corriente alterna: estos también se dividen en diferentes configuraciones más amplias, como: síncronos, asíncronos, monofásicos (auxiliar, espira en cortocircuito, universal), Trifásicos (rotor bobinado, jaula de ardilla) [13].



Figura 19. Motor eléctrico.

Cada tipo de motor DC, está configurado para ciertas aplicaciones específicas. Por otro lado, los motores AC, están generalizados por su facilidad de aplicación, bajo costo y poco mantenimiento. [13]

Los motores AC tiene una ecuación de velocidad definida por de la siguiente manera:
 $n = \text{Numero de RPM},$ $f = \text{Freciencia de la red},$ $p =$
 $\text{Numero de pares de polos de la maquina [13].}$

Ecuación 6: Velocidad de sincronismo:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (6)$$

Las estadísticas muestran, la importancia de la energía eléctrica utilizada por los motores. Los motores eléctricos con una potencia superior a 700 vatios (símbolo “W”) convierten alrededor del 75% de la energía eléctrica, utilizándose para accionar bombas, ventiladores, ascensores, grúas y otras máquinas. Más del 60% de la energía eléctrica consumida en la industria se convertirá en energía motriz en motores eléctricos. Por tanto, conseguir una alta eficiencia en este equipo supone un importante ahorro, tanto energético como económico. El uso racional de la energía en los motores eléctricos implica su uso solo mientras sea necesario en las condiciones de producción. Para reducir el consumo de energía eléctrica, se utilizan otros equipos electrónicos como variadores de velocidad que se encargan de apagar el motor cuando no se necesita. Cuando los controles de motor se utilizan correctamente, reduce significativamente el consumo [14] (Pg. 6).

Para controlar el giro y la posición de un motor eléctrico se utilizan dos tipos de sensor:

3.5.1. Encoder y Resolver

Es un sistema de retroalimentación donde existen diferentes tipos. Los diferentes tipos de encoders se describen en: rotativos, lineales, incrementales, semiabsolutos y absolutos. La diferencia básica entre encoder y resolver es que, uno es un sistema digital y el segundo es un sistema analógico [15].

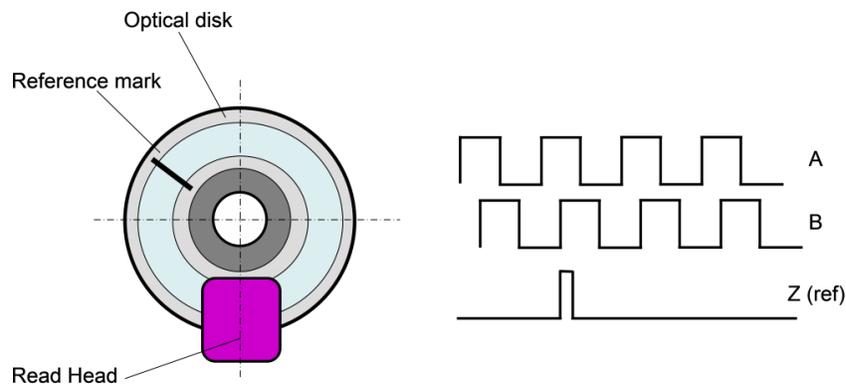


Figura 20. Partes del encoder y respuesta óptica. [15]

Un encoder rotatorio generalmente consta de un disco montado en el eje de un dispositivo giratorio, con una serie de puntos codificados en gris y un dispositivo óptico capaz de leer dichas marcas. Las lecturas de estas marcas nos indica la posición exacta del dispositivo giratorio con respecto al eje. Luego, y dependiendo del tipo de contracción, esta información es codificada y enviada al controlador de movimiento [15].

En la versión 'simple' el codificador enviará dos series de pulsos con compensaciones conocidas, contando la cantidad de pulsos podremos saber la posición del motor y comprobando qué fase es la primera podremos saber la dirección. Por lo general, una señal adicional nos informará sobre una firma única en el disco que determina la comúnmente llamado el punto 'cero' [15].

El resolver (rotativo) es un sistema analógico, más o menos lo que nos envía es el voltaje inducido de las dos vueltas, que por razones constructivas producirá dos señales sinusoides. Examinando las señales sinusoides que podemos encontrar podremos determinar la dirección de desplazamiento como se observa en la figura 21 [15].

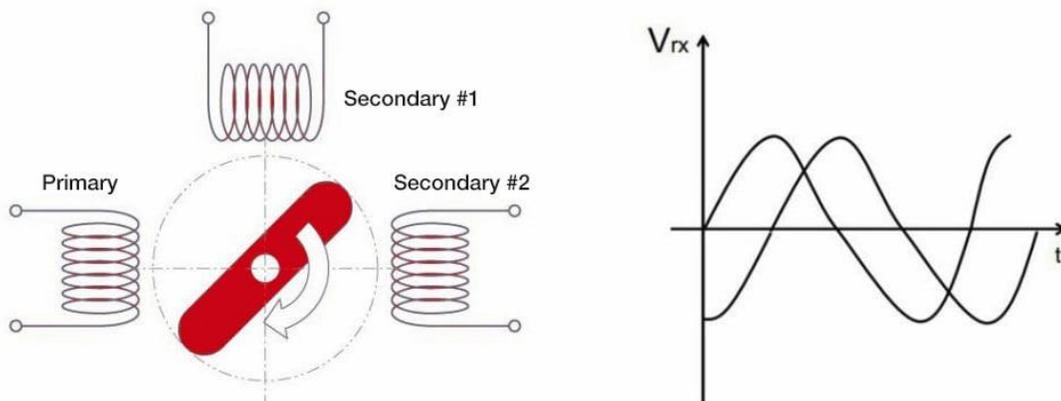


Figura 21. Funcionamiento físico del resolver y su repuesta análoga. [16]

En la actualidad se utilizan estos dos tipos de sensores de posición, resolver's y encoder's. Los resolver's se consideran más robustos desde el punto de vista mecánico, pero debido a que son señales analógicas, son más sensibles desde el punto de vista electrónico. Por otro lado, el encoder, es más sensible desde el punto

de vista mecánico: sin embargo, una fuerza excesiva perpendicular al eje puede dañar el disco de lectura, pero en sus versiones más avanzadas codifica digitalmente los datos, lo que permite detectar y corregir errores de comunicación. a través del nivel de protocolo [15].

4. Descripción de la empresa RPM INGENIEROS S.A.S

Esta empresa con sede principal en Medellín y sucursales en Cali y Bogotá está dedicada a brindar soluciones de ingeniería electrónica a nivel de mantenimiento preventivo y correctivo para todos sus equipos electrónicos, la empresa cuenta con los mejores componentes de difícil consecución de diferentes proveedores a nivel internacional. Cuenta con un área de planeación el cual ha desarrollado diferentes proyectos ajustados especialmente a la necesidad de la industria y las telecomunicaciones.

A continuación, se describe detalladamente las actividades planteadas durante la pasantía:

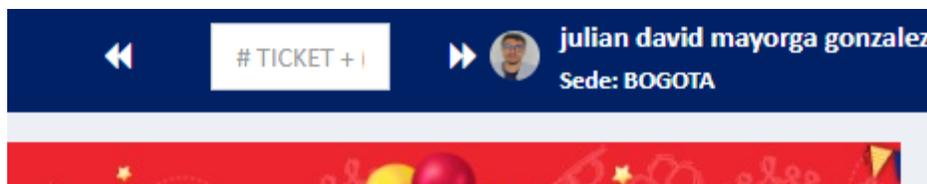


Figura 22. Diagrama de flujo, especificando el proceso de la empresa.

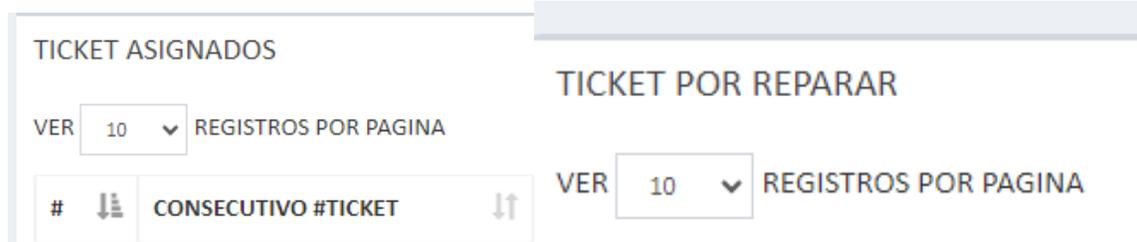
RPM Ingenieros tiene cierto proceso para el desarrollo del mantenimiento de un equipo durante el transcurso de este en la misma, es decir el paso a paso por el cual pasa (figura 22), para determinar la falla y concluir con la reparación. Los pasos son: primero, ingreso del equipo, el cual consiste en la entrada del equipo a la empresa con su respectiva falla y su designación de ticket (ID), en el cual se va a guardar toda la información del equipo, llamada hoja de vida. Por segundo paso tenemos el diagnóstico, en este paso se realiza el análisis del equipo, la ubicación de la falla o el daño, también donde se lista el mantenimiento a realizar. Por tercer paso tenemos la reparación, la cual consiste en realizar el mantenimiento preventivo o correctivo designado en el anterior paso. Por último, paso, tenemos la prueba, la cual consiste en realizar las mismas pruebas realizadas en el diagnóstico, es decir, aplicar todo el análisis y pruebas, para concluir que el equipo se encuentre reparado; en caso de que la falla persista, el equipo regresará al proceso de diagnóstico para verificar de nuevo la falla; en caso de que las pruebas realizadas salgan exitosas este saldrá prueba cliente, la cual concluye equipo como reparado.



a)



b)



c)

Figura 23. Plataforma utilizada por la empresa RPM ingenieros. a) Menú de la página,
b) Perfil del ingeniero encargado, c) Tickets asignados en diagnóstico y reparación.

Todos estos pasos de diagnóstico, reparación y prueba son asignados en una plataforma la cual se ve en la figura 23, que brinda el estado y la hoja de vida del equipo, en donde se documenta, por parte de los ingenieros que lo intervinieron, la descripción relatada de cada proceso realizado.

5. Desarrollo de las actividades

A continuación, se describe el desarrollo de las actividades propuestas en el capítulo 2, realizadas durante la pasantía en la empresa RPM Ingeniero SAS, donde se describe el análisis, el mantenimiento y la implementación de documentos, sobre los equipos electrónicos de tipo industrial (Variadores, Arrancadores Suaves, Tarjetas Electrónicas, PLC's, etc.):

5.1. Analizar sistemas electrónicos aplicados a tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores, PLC, con el fin de hallar fallas en los mismos y determinar el mantenimiento más adecuado.

Para determinar la falla y/o problema por el cual una tarjeta electrónica o equipo industrial, este ingresa al primer proceso el cual es ser diagnosticado, identificando principalmente, la alimentación, las salidas y en algunos casos, el tipo de proceso que realiza, es decir: fuente de AC/DC, tarjeta lógica digital o análoga, computador, pantalla, etc. Además de esto se tiene un diagnóstico preliminar que indica el fallo o proceso que se realizó la última vez para hacer una idea de por qué lugar empezar del equipo, como: falla de potencia, falla de control, corto en la fuente o pérdida de fase.

Una vez con ciertos datos y la falla preliminar, se procede analizar la tarjeta y/o equipo utilizando el método de la teoría de la ingeniería inversa y el apoyo del ingeniero a cargo quien da orientación hacia el fin, es decir la experiencia y/o conocimiento de los equipos, el cual tiene pautas para ir entendiendo los diferentes dispositivos electrónicos de los equipos, ya que hay empresas las cuales solo cuentan con un manual de usuario y/o puesta en servicio, además de esto son reservados de revelar parte de su programación y electrónica como se observa en la figura 24, en donde se ha evidenciado el caso de que llegan a borrar las referencias de los integrados y bloquear los programas de los microprocesadores para no ser leídos y copiados.

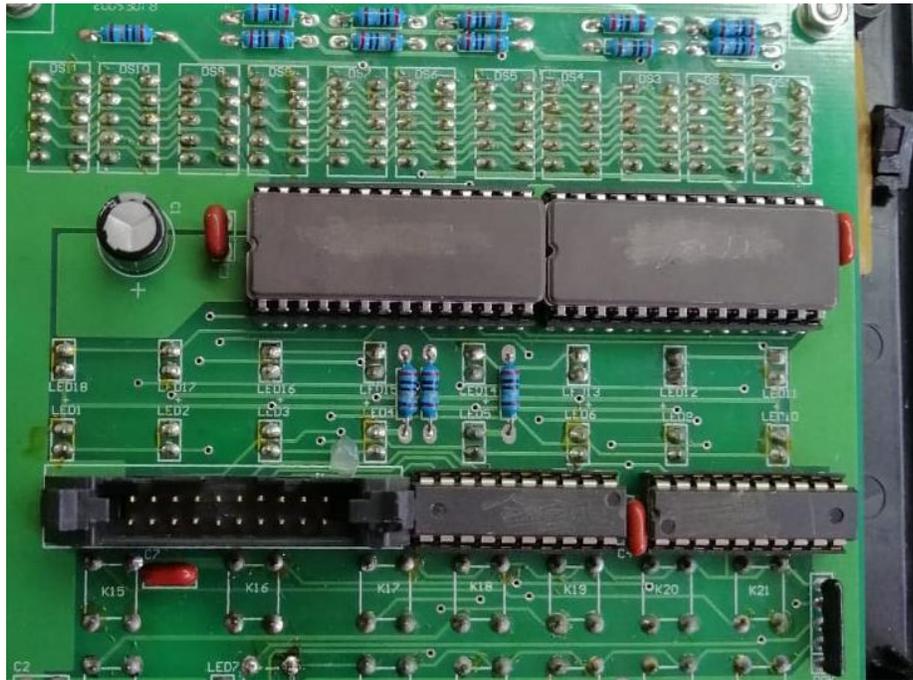


Figura 24. Referencias borradas de unos Integrados.

Teniendo en cuenta estos factores, se realizan planos de ciertos equipos, aplicando el método antes mencionado de la electrónica inversa e ir levantado un esquema ya sea en el software Proteus 8 digitalmente para luego hacer simulaciones de ser necesario o un esquema graficado a mano, con el fin de saber de dónde viene y para donde va, tomando como punto principal la falla preliminar.

RESPUESTA DIAGNÓSTICO

VOLTAJE ALIMENTACIÓN:

110 VCA

OTROS VALORES

N / A

CONSUMO DE CORRIENTE

N / A

PRUEBAS REALIZADAS

SE ENERGIZO LA TARJETA PARA OBSERVAR LA FUENTE YA QUE DICE QUE ESTA NO ENCIENDE, ENTONCES SE COMPRUEBAN FUENTES Y ESTA ENCIENDE, ACTIVA UN RELEVO, Y DA UNO, SIN EMBARGO ES NECESARIO CAMBIAR CONDENSADORES, SE VERIFICA LUEGO LA ACTIVACION DE LO RELEVOS, SE ACTIVA UNO POR UNO SOLO DOS SE ENCUENTRAN EN BUEN ESTADO, SE VERIFICA EL CONTROLADOR QUE LOS ACTIVA, LOS BOTONES QUE DAN A UN MENU ESTAN FALLANDO ES NECESARIO PRESIONAR VARIAS VECES PARA QUE SE ACTIVE.

FALLAS ENCONTRADAS

-CONDENSADORES SOPLADOS -RELEVOS NO DAN CONTINUIDAD O ES RESISTIVA (300HM) -LOS BOTONES NO FUNCIONAN CORRECTAMENTE, HAY QUE PRESIONAR DURO Y VARIUAS VECES PARA ACTIVARLOS.

ESQUEMA DIAGNÓSTICO

ABRIR ARCHIVO📄

Diagrama 26. Documentación del diagnóstico en la plataforma de la empresa RPM ingenieros.

Con esta documentación (figura 26), también permite que, una vez haya pasado por el proceso de mantenimiento y/o reparación el equipo, se logre hacer la misma prueba para comprobar su correcto funcionamiento.

Se realiza una estadística la cual indica la tipología y cantidad de equipos ingresados en la empresa RPM ingenieros a lo largo del tiempo en la pasantía, los cuales fueron 102, que están distribuidos de la siguiente manera, en la tabla 2, con esto se analiza cuáles son los equipos con mayor ingreso o que tienden a fallar repetidamente.

EQUIPO	CANTIDAD DE INGRESOS
Tarjeta electrónica	27
Módulos	13
Display/Pantalla	11
Fuentes de voltaje	9
Variador de Frecuencia	5
Turbinas	5
Medidores/sensores	4
Indicadores	3
Servomotores	3
Partyline	3
Relé electrónico	3
Ultrasonido	2
UPS	2
Arrancador suave	1
Botonera	1
Barrera de seguridad	1
Control RC/alámbrico	1
Computadores	1
PLC	1
Sirena SDM	1
Receptor A/C gerencia	1
Soldador	1
Drive de motor	1
TPIH 3500	1
Resistencia	1
TOTAL	102

Tabla 2. Equipos ingresados a diagnostico durante la pasantía.

Uno de estos equipos es un drive de motor de marca Emerson (Figura 27), referencia Mentor II, el cual tenía una falla de encendido, entonces se procedió hacer el análisis de alimentación y funcionamiento de la fuente. Se procedió ubicando el manual, y el datasheet de los componentes que conforman la fuente.



Figura 27. Equipo Drive Emerson Mentor II.

Los documentos del manual encontrados nos explicaban como era las entradas y salidas del equipo, como se ve a continuación:

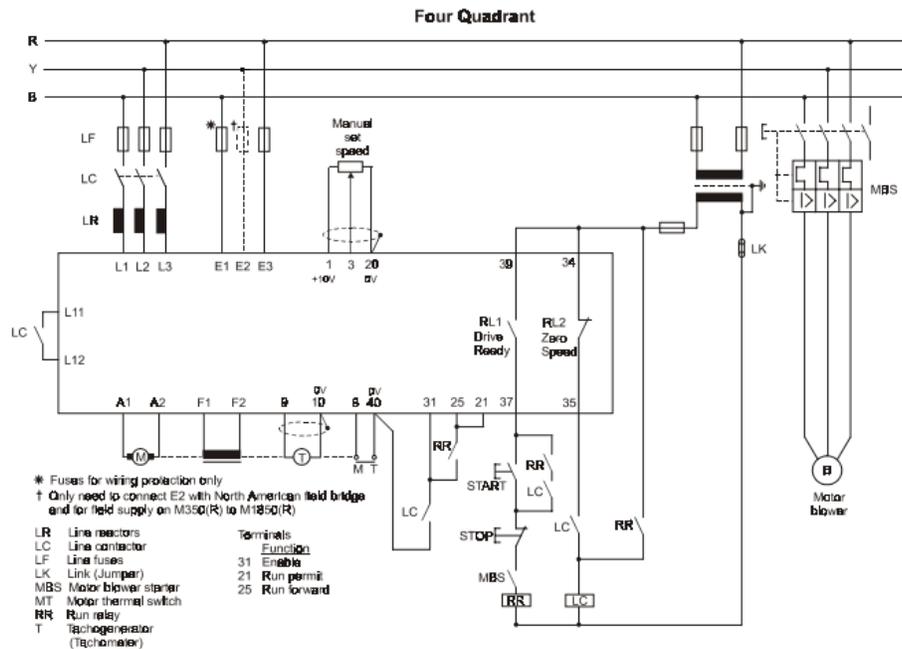


Figura 28. Diagrama de conexiones de entradas y salidas del mentor II.

Se tiene en cuenta los puertos de entrada de voltaje o alimentación, el cual es una alimentación de 240VAC (esto se encuentra en el manual de usuario, donde se ubica el esquema de energización Figura 28), a partir de allí se empieza a ubicar los componentes que conforman la fuente es decir puente rectificador, condensadores, regulador de voltajes, que consta de un PWM.



Figura 29. Desensamble del Drive Mentor II.

Entonces principalmente se empieza desensamblando (Figura 29) el equipo para acceder a la zona de los SCR de potencia y los sensores de corriente, se probaron cada uno de forma independiente teniendo en cuenta que es un módulo doble diodo, activándolos con un voltaje de 1.6 voltios DC, un consumo en corriente de 86mA y probando la conductividad del diodo con corriente $>5A$ entre el ánodo y cátodo esto para comprobar que no esté fracturado, en este punto de potencia (Salida) no se encontró ninguno en corto (Referencia del SCR en la Figura 30).

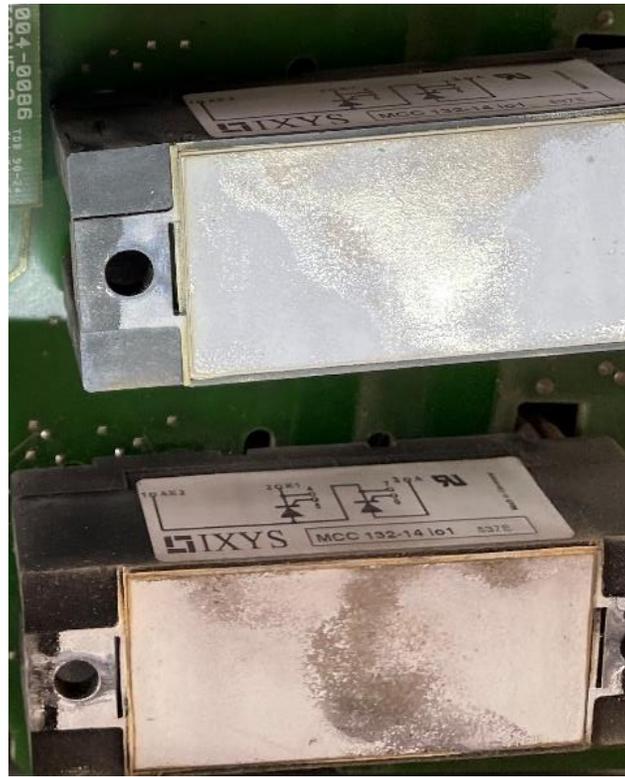


Figura 30. SCR del Drive de referencia IXYS MCC 132-14.



Figura 31. Resistencia rota y condensador estallado.

Sobre la entrada de alto voltaje se encontró una resistencia de 33 Ohmios a 8W rota (Figura 31) y uno de los capacitores de seguridad 0.1 microfaradios a 1000 voltios quemado, encargados del Snubber (Figura 32) sobre el SCR.

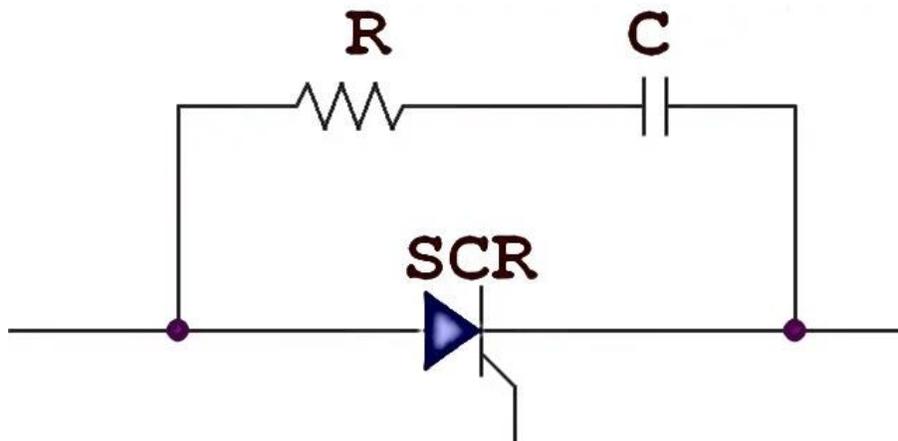


Figura 32. Configuración de Snubber sobre el SCR.

Por otro lado, en la fuente de alimentación la cual consta por un PWM UC3844, se comprueba salidas del integrado, es decir el ancho de pulso de acuerdo con el censado de corriente del transistor MOSFET.

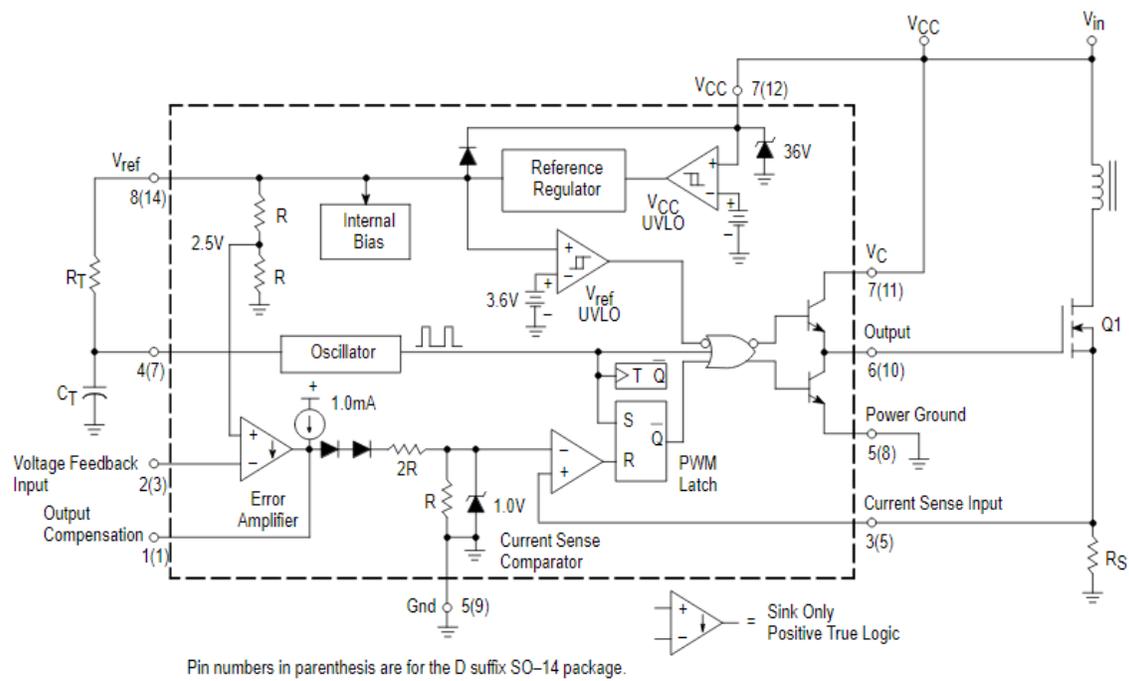


Figura 33. Diagrama de aplicación del UC3844 por el fabricante.

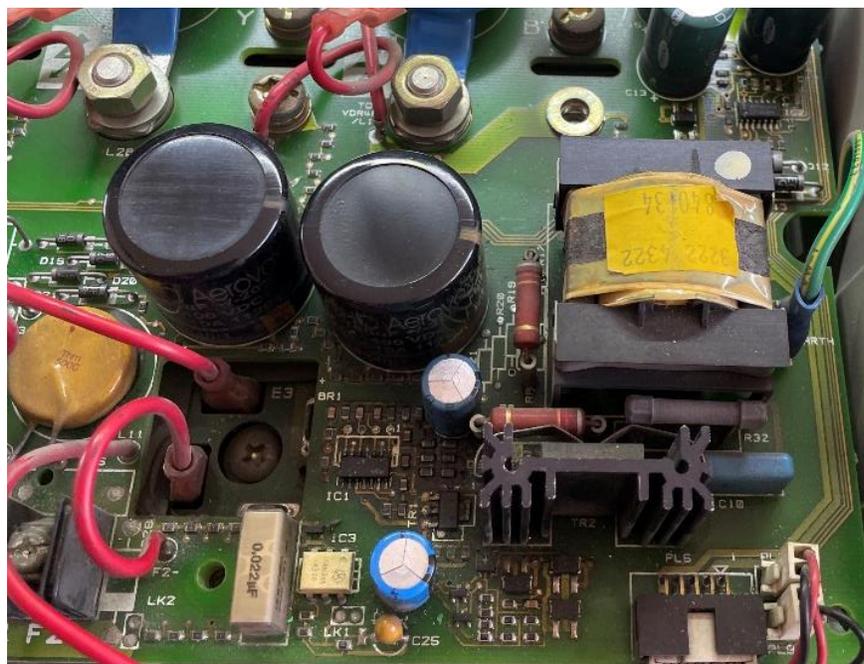


Figura 34. Fuente de alimentación del equipo PWM.

Luego de comprobar el PWM, se pasa luego a mirar continuidad y componentes semiconductores, es decir el MOSFET de potencia y las resistencias que los implementen al UC, entonces siguiendo el análisis se observa que hay un transistor MOSFET que está configurado para poner una tierra al transistor MOSFET de potencia, el cual no tenía medidas en modo diodo, se pudo deducir que estaba abierto o fracturado.

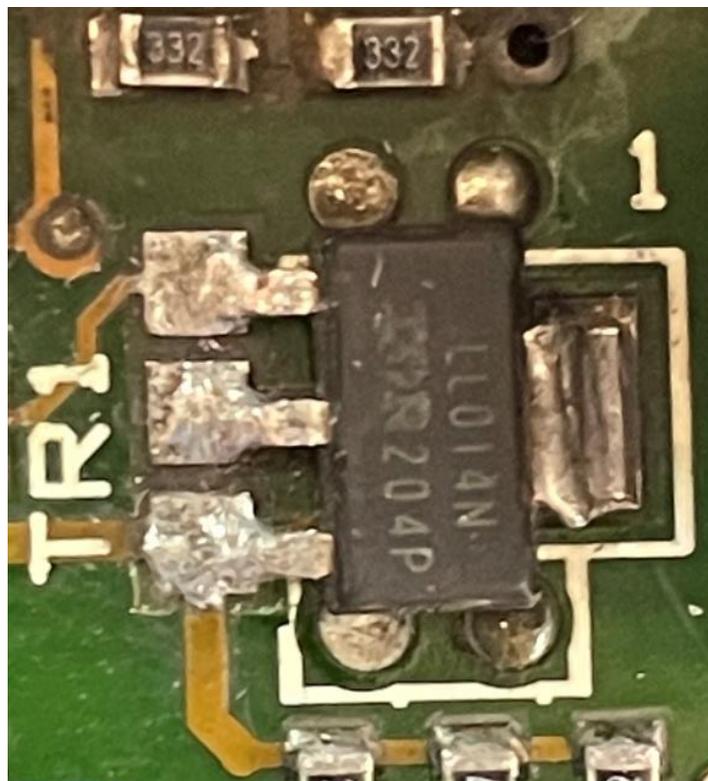


Figura 35. Transistor Mosfet IRFL014N.

Este MOSFET TR1, se reemplazó (Teniendo en cuenta la referencia de la figura 35), por uno que se encontraba en el stock del laboratorio, para comprobar el funcionamiento completo de la fuente, también se encuentran dos pistas abiertas, donde una lleva el bus de censado de la corriente y otra de la retroalimentación de la

fuente, todo esto se corrige con cable de pista utilizando en el laboratorio, para seguir revisando la fuente de alimentación del equipo. Se energiza de nuevo para comprobar que se encuentre corregida la falla, y este equipo ya da salida de voltaje DC sobre los 400 voltios, alimentado los demás reguladores de voltaje, y encendiendo el control de los SCR.

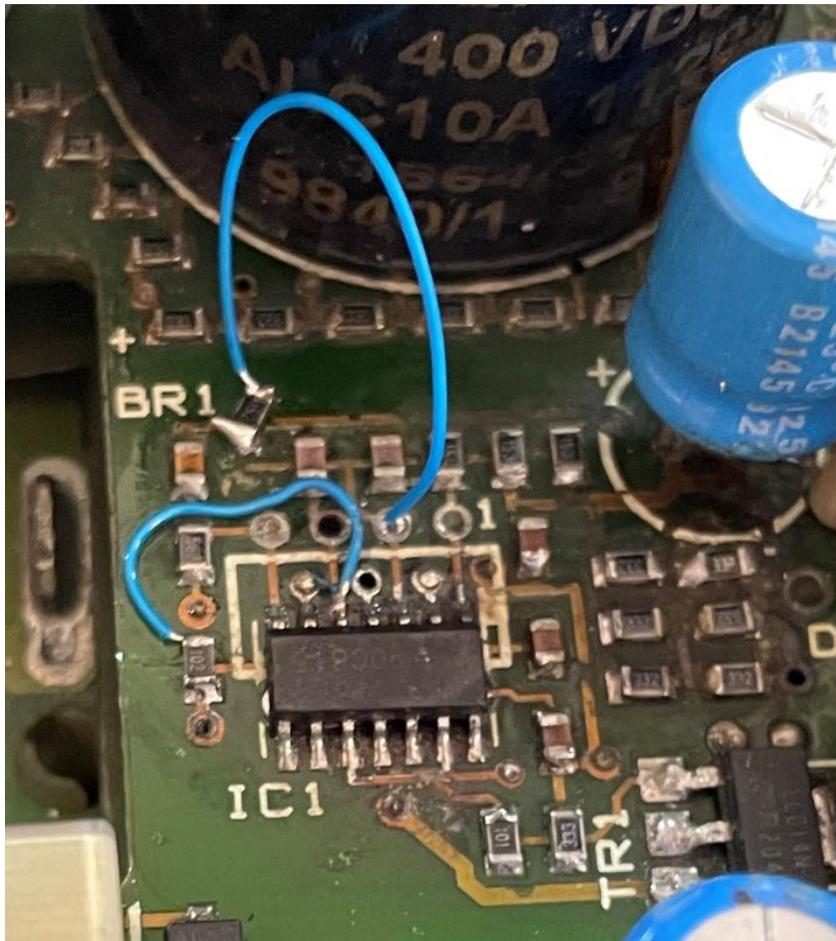


Figura 36. Corrección de pistas del UC-3844

Ahora bien, a todos los equipos que comprendan fuentes se les realiza cambio de los capacitores (Electrolíticos), ya que estos tienen una vida útil en horas, designada por el fabricante en el datasheet. Entonces a este proceso se realiza cambio de condensadores, corrección de pistas y remplazo del MOSFET averiado.



Figura 37. Prueba de encendido del drive Mentor II.

5.2. Realizar mantenimiento electrónico a las tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores, PLC, mediante pruebas y documentación del funcionamiento de los equipos.

El propósito fundamental de la empresa consiste en que los equipos que ingresan siempre sean reparados y/o tengan su respectivo mantenimiento para así alargar su

vida útil; es por esto por lo que los procesos a los equipos tienen que pasar primeramente por un análisis o diagnóstico y luego por la aprobación del jefe de laboratorio, el cual concluye la realización de un buen servicio.

A partir de esto se procede a realizar el mantenimiento correctivo o preventivo, designados por el ingeniero a cargo durante el proceso de diagnóstico. Todo esto se puede observar, en la figura 38, donde se observa la plataforma, con los diferentes ítems listados por el ingeniero encargado durante el diagnóstico o análisis.

COMPONENTES DIAGNÓSTICO					
PRODUCTOS	ENCAPSULADO	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	OBSERVAC
DIODO ZENER	DO-41-2	1N4735A	6,2 V 1 W 5 %	VIRTUAL	ZD3
DIODO ZENER	DO-41-2	1N4746APE3/TR8	1N4746A	VIRTUAL	ZD2
RESISTENCIA	AXIAL	RSF200JT-73-0R27	0,27 OHMIOS	https://co.mouser.com/ProductDetail/YAGEO/RSF200JT-73-0R27?qs=xZ%2FP%252Ba9zWqak140AN4qYGw%3D%3D	R13
TRANSISTOR	SOT-89	BCX53-16,115	BCX53-16,115	J19	Q3
CONDENSADOR ELECTROLITICO	ENCAJAR	B43255A9157M000	150UF/400V	https://co.mouser.com/ProductDetail/EPCOS-TDK/B43255A9157M000?qs=Ps7QaYwWPwyEInUCZg%252BZg%3D%3D	C7, C8
CONDENSADOR ELECTROLITICO	RADIAL	UPI2G010MPD	1UF/400V	https://co.mouser.com/ProductDetail/Nichicon/UPI2G010MPD?qs=mFiwjbTXGPXIUqJmIlgCRAQ%3D%3D	C9, C35
CERÁMICA FUSIBLE	AXIAL	0215.315MXEP	3A/250V	https://co.mouser.com/ProductDetail/Littelfuse/0215.315MXEP?qs=WtG364jHAdy2zWhiM3udbA%3D%3D	F1
MOSFET	TO-247	511-STW12NK90Z	STW12NK90Z	N3	Q1

Figura 38. Componentes por cambiar y/o procesos listados durante el diagnóstico.

Se realizan diferentes subprocesos en este punto, los cuales son:

- Reparación: Consiste en reemplazar los componentes como en la figura 39, que se encuentren listados en el anterior proceso (diagnóstico o análisis), también puede haber casos donde no solo sean componentes, también pistas de tarjetas las cuales se reconstruyen y los mismo puede suceder con el chasis, sea plástico o metálico (siempre y cuando no sea un porcentaje muy alto el cual se encuentre afectado).



Figura 39. Display al cual se le hizo cambio de touch.

- **Mantenimiento Físico:** este proceso consiste en hacer limpieza como se observa en la figura 40, de todo el hardware, contemplando polvo, cambio de crema disipadora. Puesto que los equipos están sometidos a ambientes corrosivos (polvo, altas temperaturas, humedad, etc.), en lo que conlleva en un futuro a fallas como cortos.

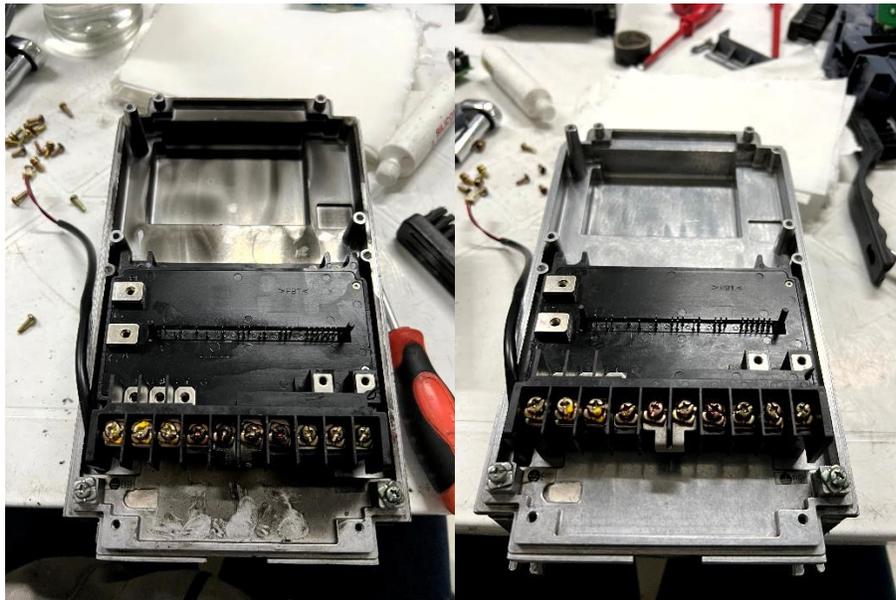


Figura 40. A la izquierda tenemos un variador con polvo y grasa, el cual se realizó mantenimiento físico y cambio de crema disipadora. A la derecha es el resultado del mantenimiento físico.

Conforme se inicia la pasantía (semana 1) sobre la empresa RPM Ingenieros, las reparaciones se basan en cambio de componentes radiales o axial, los mantenimientos sobre limpieza general y cambio de crema disipadora sobre los módulos, transistores y puentes rectificadores; conforme avanza el tiempo (sobre la semana 6), pasan a ser componentes (resistencias, diodos, condensadores) SMD (dispositivos de montaje superficial), se van haciendo más complejas, es decir se vuelve una exponencial creciente como se describe en el grafico 19, concluyendo en cambio de módulos IGBT's y Microcontroladores/Microprocesadores SMD desde 18 a 128 pines.

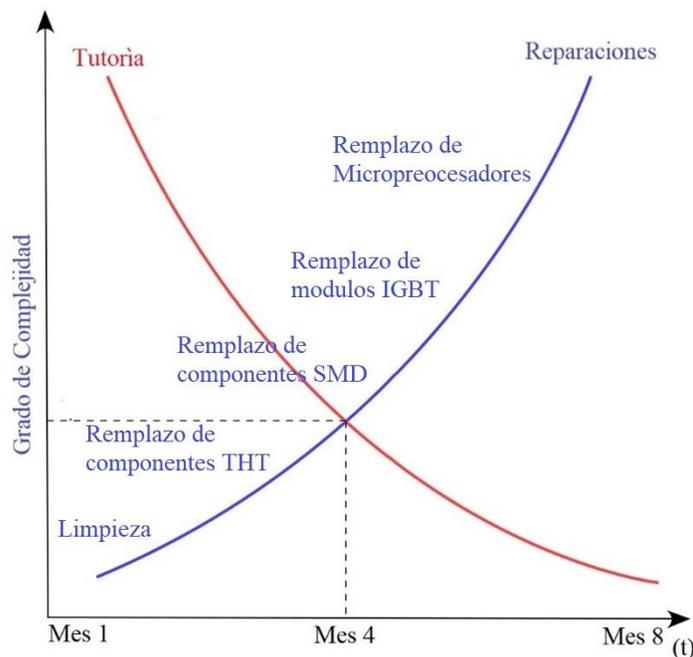


Figura 41. Ejemplo de complejidad de las reparaciones con respecto al tiempo. Se observa como también disminuye la tutoría.

Todo esto que se realiza en el mantenimiento, se debe documentar en la plataforma “Juanita” de la empresa RPM ingenieros como se observa en la figura 42, donde se

especifique y detalle todo lo intervenido sobre el equipo, como por ejemplo los componentes cambiados o si se realizó limpieza y renovación de crema disipadora, y en tal caso que hallan inconvenientes; También en la misma plataforma web, se chequean los componentes que se han remplazado, afirmando lo que se realizó en la documentación.

INFORME DE REPARACIÓN

OBSERVACIONES:1

SE REALIZA CAMBIO DE COMPONENTES LISTADOS, LIMPIEZA GENERAL DEL EQUIPO Y APLICACION DE CREMA DISIPADORA A LOS TRANSISTORES.

a)

COMPONENTES DEL TICKET:

ID DE PRODUCTO INGENIEROS	PRODUCTO	ENCAPSULADO	REFERENCIA	DESCRIPCION	OBJETIVO	CANTIDAD	CONFIRMA CAMBIO
796	CIRCUITO INTEGRADO	DIP-6	TLP3052	TLP3052	C	4	<input checked="" type="checkbox"/> 4
7008	LIMPIEZA GENERAL EQUIPO	N/A	LIMPIEZA GENERAL EQUIPO Y TARJETAS ELECTRÓNICAS	LIMPIEZA GENERAL EQUIPO Y TARJETAS ELECTRÓNICAS	C	1	<input checked="" type="checkbox"/> 1

b)

Figura 42. a) Informe del mantenimiento realizado. b) Check de compontes remplazados o proceso realizado.

En este punto al igual que el anterior se tiene una estadística de cantidad equipos a los cuales se le realizaron mantenimiento y/o reparación, con una totalidad de 278 equipos, donde hay más cantidad de equipos a causa de que hay más ingenieros que se encargan de analizar o diagnosticar en el laboratorio, de los cuales se especifican en la tabla 3, el tipo de equipo que es.

EQUIPO	CANTIDAD DE INGRESOS
Tarjeta electrónica	68
Variador	30
Módulo electrónico	24
Control RC/alámbrico	20
Display/pantalla	19
Fuente	19
Servomotor	11
Drive de motor	10
Rectificador	8
Medidor/Sensores	8
Arrancador suave	7
Indicadores	7
Computador	6
Turbina	4
Barrera de seguridad	3
PLC	3
UPS	3
Relé electrónico	3
Partyline	3
Soldador	2
Mantenimientos	2
Ultrasonido	2
Equipos varios <1 ingresos	16
TOTAL	278

Tabla 3. Equipos ingresados a reparación durante la pasantía.

De estos equipos se tomó uno, el cual es la continuación del Drive de motor, Emerson Mentor II, mencionado durante el análisis de este en la primera actividad realizada en la pasantía (Figura 27). En este caso tenemos indicado por la plataforma “Juanita” los procesos a realizar, que son: cambio de condensadores en la fuente (Figura 44),

cambio del transistor MOSFET IRFL014PBF, limpieza (Limpieza general del equipo y renovación de la crema disipadora), reconstrucción de pistas abiertas (Figura 43), cambio del condensador y resistencia del Snubber.



Figura 43. Fuente del Drive mentor luego del mantenimiento realizado (Figura 34 podemos observar el antes). Reconstrucción de pista, cambio del transistor abierto.

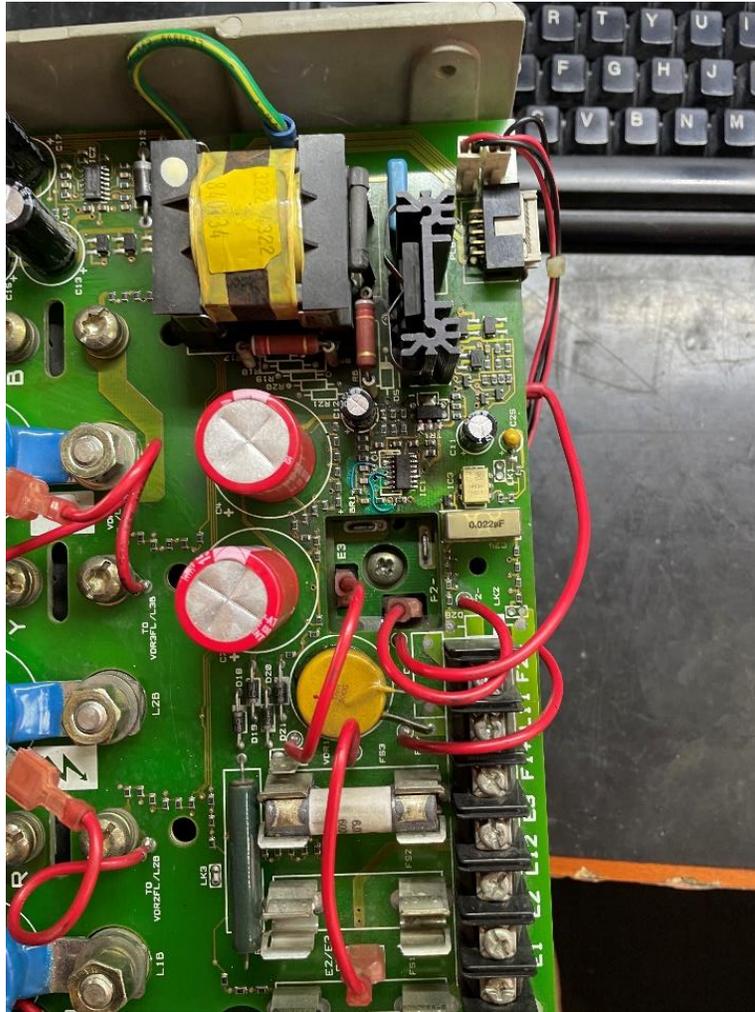


Figura 44. Fuente del Drive Mentor II luego del mantenimiento. Cambio de condensadores.

5.3. Implementar diseños electrónicos requeridos para realizar las pruebas de laboratorio en las tarjetas electrónicas, variadores, arrancadores, PLC.

La realización de los esquemas o diagramas (Figura 45), de un equipo son fundamentales para entender todo el proceso de control y/o de potencia. Como se mencionaba en algunos casos los equipos no vienen con esquema ya que las empresas que diseñan estos son reservados, entonces para esto se les realiza

electrónica inversa, logrando así entender ciertos factores que puedan definir el fallo de un equipo que ingresa. Este proceso es realizado durante la primera fase ya que desde allí se entiende todo el funcionamiento, documentación y las pruebas realizadas para determinar la falla.

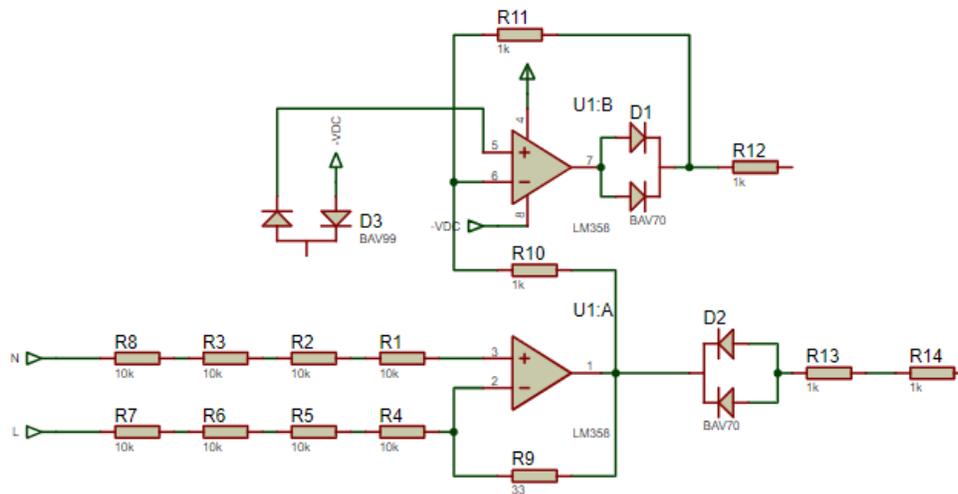


Figura 45. Esquema del sensor de corriente de una UPS, marca APC, realizada en Proteus 8.

Estos diseños o esquemas almacenados no solo con llevan a la parte del diseño, también tiene gran mayoría en los detalles de los elementos semiconductores como los datasheet (Figura 46), los cuales cumplen una función. Entonces a partir de este punto fundamental, se completa el esquema y se procede a realizar las pruebas pertinentes.

Not recommended for new designs –
Please use 25AA640A or 25LC640A.

MICROCHIP **25AA640/25LC640**

64K SPI Bus Serial EEPROM

Device Selection Table

Part Number	Vcc Range	Max Clock Frequency	Temp Ranges
25AA640	1.8-5.5V	1 MHz	I
25LC640	2.5-5.5V	2 MHz	I
25LC640	4.5-5.5V	3/2.5 MHz	I, E

Features:

- Low-Power CMOS Technology
 - Write current: 3 mA, typical
 - Read current: 500 µA, typical
 - Standby current: 500 nA, typical
- 8192 x 8 Bit Organization
- 32 Byte Page
- Write Cycle Time: 5 ms max.
- Self-Timed Erase and Write Cycles
- Block Write Protection
 - Protect none, 1/4, 1/2 or all of array
- Built-in Write Protection
 - Power on/off data protection circuitry
 - Write enable latch
 - Write-protect pin

Description:

The Microchip Technology Inc. 25AA640/25LC640 (25XX640) is a 64 Kbit Serial Electrically Erasable PROM [EEPROM]. The memory is accessed via a simple Serial Peripheral Interface (SPI) compatible serial bus. The bus signals required are a clock input (SCK) plus separate data in (SI) and data out (SO) lines. Access to the device is controlled through a Chip Select (CS) input.

Communication to the device can be paused via the hold pin (HOLD). While the device is paused, transitions on its inputs will be ignored, with the exception of Chip Select, allowing the host to service higher priority interrupts.

Block Diagram

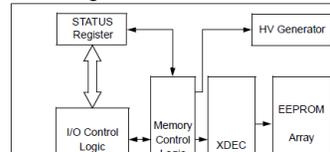


Figura 46. Datasheet de memoria EPROM 25AA640

Todos estos documentos son realizados a mano o directamente en el programa Proteus 8, hacen posible una simulación y comprobación de la falla del equipo y/o tarjeta en los puntos los cuales esta se encuentra, midiendo voltajes, corrientes, señales digitales, señales análogas de ser necesario para concluir cual fue el fallo; hay ciertas cosas donde los microcontroladores son el posible fallo, en este punto solo se realiza el esquema de entradas y salidas, ya que vienen protegidos de fábrica evitando plagios. Estos documentos se almacenan en los servidores de la empresa a través de un programa llamado FileZila, con el fin de que sea accesibles por los demás ingenieros de diagnóstico al momento de realizar las pruebas pertinentes al equipo, ya sea en diagnostico o en prueba local.

Los planos de los equipos están principalmente para recorrer las fallas dentro del equipo ya que no todos los equipos como arrancadores suaves, variadores y PLC, son iguales en cuanto a referencias y estos tienen diferentes diseños para entenderlos es necesario ubicar su manual de usuario su detalle y realizar un esquema teniendo en cuenta la falla principal entonces a partir de esto y una vez reparado el equipo se

procederá a realizar las mismas pruebas como ejemplo en la Figura 47, para concluir que el equipo ingresado a la empresa por “x” falla, ya sea concluido como reparado.

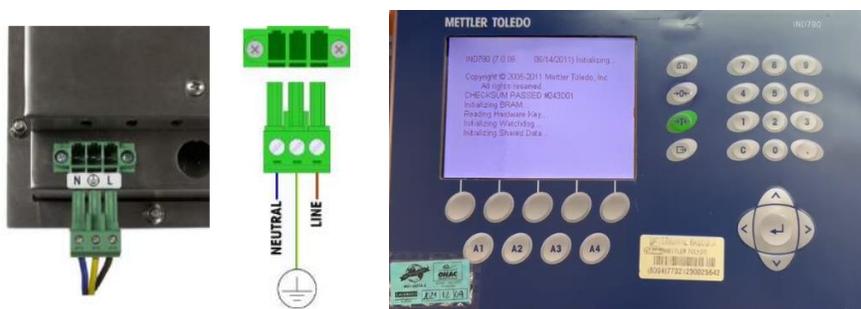


Figura 47. Balanza Mettler Toledo, realización de prueba aplicando los diagramas de conexión de voltaje AC.

Se realizó la ubicación de los manuales de usuarios de los equipos electrónicos trabajados y esquemas de estos, además de ubicación de datasheet's de componentes específicos necesarios para la realizar el esquema, estos se plasmaron en una tabla a continuación:

Equipo	Cantidad de:	
	Manual De usuario	Esquemas
Tarjeta electrónica	2	25
Módulos	1	12
Display/Pantalla	9	0
Fuentes de voltaje	0	7
Variador de Frecuencia	5	2
Turbinas	0	1
Medidores/sensores	0	4
Indicadores	0	3
Servomotores	3	0
Partyline	3	0
Relé electrónico	1	0
Ultrasonido	0	1
UPS	2	2
Arrancador suave	1	1
Botonera	0	0
Barrera de seguridad	0	0
Control RC/alámbrico	0	0
Computadores	1	0
PLC	1	1
Sirena SDM	0	1
Receptor A/C gerencia	1	0
Soldador	1	1
Drive de motor	1	1
TPIH 3500	1	1
Resistencia	0	0
TOTAL	33	63

Tabla 4. Equipos ingresados a los cuales se les encontró manual de usuario y se les realizo esquema.

6. Análisis de Resultados

Se realiza el análisis de cada una de las actividades realizadas tomando como referencia la cantidad de equipos operados durante la pasantía en la empresa RPM ingenieros S.A.S:

6.1. Análisis de los equipos ingresados en el proceso de diagnóstico o análisis

Observando la gráfica 1, podemos determinar qué tipo de equipos ingresan con mayor y menor frecuencia:



Gráfica 1. Cantidad de equipos atendidos durante diagnóstico o análisis.

Esto nos dice que las tarjetas electrónicas tienden a tener más fallos, de los cuales se destaca gran variedad de ellos como cortos sobre reguladores de voltaje, afectado algunas veces los microprocesadores lo cual concluye como irreparable o componentes que pierden su funcionalidad, como los de comunicación RS485, CAN,

RS232, etc. Así mismo se observa en la gráfica 1, que los equipos de menor ingreso son aquellos que su electrónica o su diseño depende de componentes como resistencias, diodos y/o condensadores, los cuales son económicos en el mercado.

También varios de estos equipos que se ven en el gráfico, tiene cierta antigüedad por encima de los 10 años, no obstante, son equipos que tienen componentes obsoletos, estos son homologados, logrando alargar la vida útil de estos.

6.2. Análisis de los equipos ingresados en el proceso de reparación y/ mantenimiento

Observando la gráfica 2, podemos determinar los tipos de equipos que son reparados y/o se les realiza mantenimiento, con mayor y menor frecuencia:



Gráfica 2. Cantidad de equipos atendidos durante el proceso de reparación y/o mantenimiento.

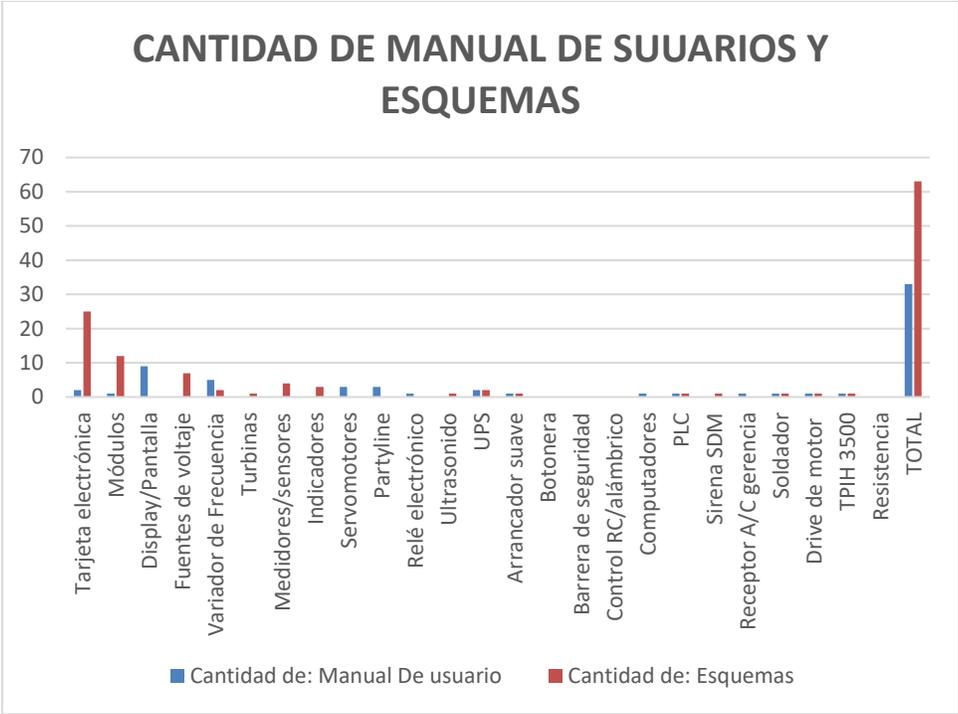
La gráfica 2 con respecto a la 1, determina que entran más equipos a reparación, a raíz de que hay más ingenieros en el laboratorio en el proceso de diagnóstico o análisis, por otro lado, nos dice que las tarjetas electrónicas son reparadas con mayor frecuencia, por su número de ingresos en la empresa, así mismo por que se determinó que su falla no comprende el microprocesador, o componentes los cuales ya no existen en el mercado. Con respecto a los demás equipos, podemos inferir que las tarjetas electrónicas son más fáciles de reparar (puede ser que su electrónica sea sencilla o que sus componentes a remplazar son pocos), en cambio los demás equipos tienen un grado de complejidad en la reparación, teniendo por ejemplo módulos IGBT, Transistores, Mosfet, Condensadores de potencia, haciendo que esto requiera de un tutor para retirarlos y así mismo durante la pasantía disminuya su ingreso.

Los mantenimientos preventivos como correctivos (reparaciones), logran darle una vida útil mayor al equipo, esto se demuestra con equipos, que tiene una edad mayor a 10 años los cuales aún están operativos y funcionales.

6.3. Análisis de los documentos aplicados a los equipos industriales durante la pasantía

Los documentos encontrados y realizados durante el proceso de diagnóstico son una herramienta que permite entender el funcionamiento del equipo, permite desglosarlo en diagramas de bloques (Entradas, control, potencia, salidas), unificando toda la información encontrada en un solo documento, a partir de allí ubicar bloque de la falla y empezar a trabajar sobre esa área. Además de esto, los documentos son almacenados, teniendo la posibilidad de una mini-biblioteca de esquemas, diagramas y datasheet, de los equipos ingresados, dando acceso a todos los ingenieros en la empresa. Esto permite una eficiencia de tiempo en los procesos de diagnóstico, ya que se pueden aplicar pruebas previas realizadas a un mismo equipo posteriormente.

El grafico 3 con respecto a los ingresos a diagnóstico del grafico 1, se puede tener cierta similitud con respecto a la cantidad de quipos ingresados en la primera etapa de diagnóstico, esto debido a que son más las tarjetas electrónicas y módulos a los cuales no se les cuentan manuales de usuario por ende se tiene que realizar un esquema para determinar la falla. Por otro lado, se tienen equipos más completos como variadores, que cuentan con su manual de usuario y puesta en servicio. También se observan equipos en cero, que indican que son básicos, a los cuales no se realiza esquema o ubica un manual por que no se encuentra, como se observa con una resistencia o botonera.



Gráfica 3. Cantidad de equipos atendidos durante el proceso de reparación y/o mantenimiento.

7. Conclusiones

La ingeniería inversa permitió el análisis profundo de equipos industriales los cuales no se encuentra documentación, ya sea porque son exclusivos de los proveedores o son obsoletos a la fecha. Por este método se lograron levantar planos y esquemas que permitían la prueba de simulaciones para determinar fallas de los equipos. Este método permitió, recuperar dichos equipos con componentes obsoletos, de una pérdida total, puesto la ingeniería inversa permitió homologar dichos componentes por unos la actualidad.

La realización de los mantenimientos preventivos periódicamente logra prologar la vida útil del equipo, permitiendo que el cliente no pierda dinero por paros innecesarios en la producción, a causa de fallas. A excepción de que no se realice, el equipo puede ir perdiendo eficiencia en su proceso, afectado demás áreas de una producción como retrasos en entregas, etc. La empresa realiza estos mantenimientos periódicamente a los clientes indicándoles en un informe el estado y la condición de sus equipos, este mantenimiento comprende la limpieza y renovación de cremas disipadoras de todo el equipo, también la revisión del estado de los componentes (Condensadores, SCR y módulos IGBT). Por otro lado, el mantenimiento correctivo realizado en el laboratorio y durante la pasantía, se aplica a los equipos que ya cuentan con una falla a causa del medio (Corrosión, polvo, humedad, etc.) o el tiempo de uso prologando sin un mantenimiento preventivo.

El análisis de la documentación de datasheet's, planos del proveedor y diagramas de usuario, ha permitido tener experiencia a la hora de aplicar un mantenimiento a los equipos electrónicos e industriales, puesto que algunos cuentan con esquema o diseño diferente, a partir de allí se analiza que proceso se debe llevar a cabo para tener una mejor eficiencia.

La reparación de ciertas tarjetas antiguas requiere de mayor cuidado puesto que los materiales se han ido deteriorando con el tiempo, es decir la PCB no tiene la misma

consistencia y se requiere de menos temperatura sobre el caudín para no quemarla, en cambio las actuales permiten mayores temperaturas.

Estos procesos realizados en la empresa RPM ingenieros, para el diagnóstico o análisis, como la mejor opción planteada por el ingeniero para realizar un mantenimiento correctivo o preventivo, ha logrado recuperar una gran cantidad de equipos y ahorro al cliente, los cuales el proveedor recomienda cambiar a causa de que su tecnología es antigua o simplemente no tiene garantía, esto hace que al cliente tenga pérdidas en sus procesos de servicios o productos. Esto ha conllevado a documentar todas las posibles fallas y soluciones a ciertos equipos electrónicos e industriales, generando que la ingeniería inversa, sea un punto fundamental para la corrección de errores cuando no se tiene información de los mismos.

Bibliografía

- [1] J. F. Garcia, *Un-building blocks: a model of reverse engineering*, Monterrey, 2015.
- [2] M. L. Nelson, «A Survey of Reverse Engineering and,» 1996.
- [3] E. D. Villanueva, *La productividad en el Mantenimiento Industrial*, Grupo Editorial Patria , 2014.
- [4] J. M. P. Rueda, «Control de un motor de inducción usando un variador de frecuencia,» 2015. [En línea]. Available: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/90201/fichero/proyecto.pdf>.
- [5] L. X. A. Suarez, «Variadores de frecuencia para el control de velocidad de motores asincrónicos jaula de ardilla,» 03 Agosto 2017. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12956/1/T-UCE-0010-002-2017.pdf>.
- [6] Motorex , «Tipos de variadores de velocidad y sus beneficios,» 26 agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.motorex.com.pe/blog/tipos-de-variadores-de-velocidad-y-sus-beneficios/>.
- [7] R. Automation, «Cuando utilizar un arrancador suave o un variador de frecuencia variavel de CA,» octubre 2014. [En línea]. Available: <http://www.rockwellautomation.com/literature/>. [Último acceso: 24 Mayo 2023].
- [8] E. camargo, e. garzon y M. perez, «Control vectorial de motores de induccion,» *Revista Vision electronica*, 2010.
- [9] K. Hayashi, «interempresa,» Hioki E.E. Corporation, 14 octubre 2016. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Electronica/Articulos/163019-Medidas-de-potencia-de-alta-precision-en-inversores-SiC.html>. [Último acceso: 22 julio 2023].
- [10] Z. Moreno, *Evaluacion del rendimiento en hardware y software aplicado al control de un inversor multinivel*, Bogota, 2013.
- [11] J. Garcia, V. Murillo y R. Betancur, «Determinacion de señales de conmutacion para activar un inversor trifasico de dos niveles,» Tabasco, 2017.
- [12] R. Juanpere, «Tecnicas de control para motores brushless,» ingenia-cat, Barcelona.
- [13] M. E. Castillo J, «unidad 11: Motores electricos,» de *Instalaciones electricas basicas*, McGraw-Hill, 2018, p. 338.

- [14] «Eficiencia en motores electricos,» *El salvador ahorra energia*, vol. 3, 2013.
- [15] m. Celera, «Celera motion,» 1999. [En línea]. Available:
<https://www.celeramotion.com/zettlex/es/asistencia/documentacion-tecnica/encoders-opticos-versus-encoders-inductivos/>.
- [16] C. Motion, «Celera Motion,» 1999. [En línea]. Available:
<https://www.celeramotion.com/zettlex/resolvers/>.
- [17] «Acerca de nosotros: Motorex,» 26 Agosto 2019. [En línea]. Available:
<https://www.motorex.com.pe/blog/tipos-de-variadores-de-velocidad-y-sus-beneficios/>.