

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL BANCO
DE INTERCAMBIADOR DE TEMPERATURA DEL LABORATORIO DE
MECATRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA SEDE VILLA DEL
ROSARIO.

Autor

EDWIN ALEXANDER LEAL MUNERA

Universidad de Pamplona
Facultad De Ingeniería Y Arquitectura
Villa De Rosario-Norte De Santander
2022

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL BANCO
DE INTERCAMBIADOR DE TEMPERATURA DEL LABORATORIO DE
MECATRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA SEDE VILLA DEL
ROSARIO.

Autor

EDWIN ALEXANDER LEAL MUNERA

Monografía de Grado para Optar el título
de Ingeniero En Mecatrónica

Director

PABLO YAZEL RIOS LEON

Ing. Mecánico/Esp. Automatización Industrial.

Universidad de Pamplona
Facultad De Ingeniería Y Arquitectura
Villa De Rosario-Norte De Santander
2022

Dedicatoria

A mi familia que nunca dejo de apoyarme, mi tía Doris Marley Leal y mi hermana Danna salome nieto leal (Q.E.P.D). mi tía que desde el inicio de esta etapa fue la persona que me animo y apoyo con este proyecto. A mi abuela, Carmen teresa Leal y abuelo Carlos Alberto Gonzales que me han brindado todo en esta vida. A mi madre que ha estado ahí siempre me ha motiva y me anima a seguir adelante, a Shirley Paola Naranjo Villán que me ha apoyado siempre y ha sacado lo mejor de mí.

Agradecimientos

A Dios por darme la vida, la fuerza y la oportunidad de seguir superándome.

A mi familia que me animo y apoyo en esta etapa, especialmente mis abuelos y mi madre que han dado todo por mí, la familia Naranjo Villán que siempre estuvo ahí, al esposo de mi tía Salomón Robayo Nieto que me apoyo y me animo a seguir con este proyecto, agradezco también a los docentes al ingeniero Óscar Manuel Duque Suarez que siempre es una persona de admirar por su conocimiento, experiencia y como persona y por su constante apoyo durante la carrera, a ingeniero Jair Elías Araujo Vargas e ingeniero Pablo Yazel Ríos León por su conocimiento y apoyo en este trabajo.

1. Contenido

Dedicatoria.....	3
Agradecimientos	4
Resumen	13
Introducción	14
Justificación	15
Planteamiento Del Problema	16
2. Objetivos	17
2.1 Objetivo General.....	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3. Estado Del Arte Y Marco Teórico	18
3.1 Antecedentes.....	18
3.1.1 Internacionales.....	18
3.1.2 Nacionales.....	26
3.1.3 Regionales.....	30
3.2 Mantenimiento.....	35
3.2.1 Historia Del Mantenimiento.....	35
3.2.1.1 La Primera Generación.....	37
3.2.1.2 La Segunda Generación.....	38
3.2.1.3 La Tercera Generación.....	39
3.2.1.4 La Cuarta Generación.....	40
3.2.2 Tipos De Mantenimientos.....	42
3.2.2.1 Mantenimiento Correctivo (MC).....	42
3.2.2.2 Mantenimiento Preventivo (MP).....	43
3.2.2.3 Mantenimiento Conductivo.....	50
3.2.2.4 Mantenimiento Predictivo.....	55
3.2.2.5 Mantenimiento Cero Horas (Overhaul).....	63
3.3 Métodos De Mantenimiento.....	63
3.3.1 Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	63

3.3.1.1	La Tasa De Rendimiento Sintético (TRS).....	64
3.3.1.2	Las 5s.	64
3.3.1.3	El Auto-Mantenimiento.	68
3.3.2	El PDCA.	69
3.3.2.1	P – “Plan”: Planificar.	70
3.3.2.2	D – “Do”: Hacer.....	70
3.3.2.3	C – “Check”: Verificar.	70
3.3.2.4	A – “Act”: Actuar.	70
3.3.3	El Diagrama De Ishikawa.	71
3.3.3.1	Materia Prima.	72
3.3.3.2	Metodos.....	72
3.3.3.3	Mano De Obra.	72
3.3.3.4	Medio Ambiente.....	72
3.3.3.5	Maquinaria.	72
3.3.4	Las 5W y 2H.....	73
3.3.4.1	Explicación Y Ejemplo Del Método 5W y 2H	73
3.3.4.2	¿Cuáles son las 5W?.....	74
3.3.4.3	¿Cuáles son las 2H?	75
3.3.4.4	Las 5 W DEL Marketing: Ejemplo Concreto.....	76
3.3.5	El Kaizen.	77
3.3.6	Pareto O Análisis ABC.....	78
3.3.7	FMEA.	78
3.3.7.1	¿Cuándo Se Usa FMEA?	79
3.3.7.2	¿Cómo se realiza el análisis FMEA y cuáles son los pasos?	79
3.3.7.3	Procedimiento FMEA.....	79
3.3.7.4	Ejemplo FMEA.....	82
4.	BANCO INTERCAMBIADOR DE TEMPERATURA.	83
4.1	Reconocimiento Y Validación Del Banco (Intercambiador De Temperatura).....	83
4.1.1	Sensores.....	83

4.1.2	ACTUADORES.	87
4.1.3	MODULO DE CONTROL	88
4.1.4	Estos componentes se pueden observar en la Ilustración 22.	88
4.1.5	OTROS	91
5.	Desarrollo de plan de mantenimiento	95
5.1	Selección de componentes para mantenimiento frecuente	95
5.1.1	Componentes de alta complejidad.	95
5.1.2	Componentes simples.	95
5.1.3	Análisis de criticidad.....	96
5.1.3.1	Jerarquización por método semicuantitativo “CTR”(Criticidad Total De Riesgo) basado en la norma SAE J1739.....	96
5.2	Desarrollo Del AMEF En Los Componentes De Banco Intercambiador De Temperatura	99
5.2.1	¿Cuáles son las funciones y normas asociadas deseadas de desempeño del recurso en su contexto de operación actual (funciones)?	100
5.2.1	¿En cuáles modos puede fallar el cumplimiento de sus funciones (fallos funcionales)?.....	100
5.2.2	¿Qué causa cualquier fallo funcional (modos de fallo)?.....	100
5.2.3	¿Qué sucede cuando ocurre cada fallo (efectos del fallo)?.....	100
5.2.4	¿En cuál modo ocurre cada fallo (consecuencias del fallo)?	100
5.2.5	¿Que se haría para pronosticar o prevenir cada fallo (tareas proactivas e intervalos de tarea)?.....	101
5.2.6	¿Qué se haría si una tarea proactiva apropiada no pudiera encontrarse (acciones implícitas)?.....	101
6.	Conclusiones.....	104
7.	Recomendaciones.....	105
8.	Bibliografía	106
	ANEXOS	111
	ANEXO 1. AMEF DEL BANCO INTERCAMBIADOR DE TEMPERATURA.	111
	ANEXO 2. ANALISIS DE CRITICIDAD.....	111
	ANEXO 3. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	112

ANEXO 4. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	112
--	-----

Tabla de ilustraciones.

Ilustración 1 Generaciones de la industria.	41
Ilustración 2 Curva De La Bañera O Curva Del Ciclo De Vida De Un Equipo.	47
Ilustración 3 Técnicas Predictivas.	56
Ilustración 4 Mantenimiento Basado En Condición.	56
Ilustración 5 Gráfica De Tendencia De Un Valor De amplitud de Vibración De Un Cojinete.	57
Ilustración 6 Cámara de Termografía - Medición De Temperatura.	59
Ilustración 7 Las 5's	65
Ilustración 8 El PDCA.	70
Ilustración 9 El Diagrama De Ishikawa.	71
Ilustración 10 Las 5W Y 2H.	73
Ilustración 11 Metodología El Kaizen.	77
Ilustración 12 GMAO Aplicando Método De Pareto.	78
Ilustración 13 Procedimiento FMEA norma SAE J1739.	80
Ilustración 14 Sensor PT100 Entrada De Sistema De Tubos En Intercambiador De Temperatura.	83
Ilustración 15 Sensor SITRANS P250.	84
Ilustración 16 Sensor SITRANS LVL 100	84
Ilustración 17 Sensor PT100 Entrada De Sistema De Coraza En Intercambiador De Temperatura.	85
Ilustración 18 Sensor PT100 Salida De Sistema De Coraza En Intercambiador De Temperatura.	85
Ilustración 19 Sensor PT100 Salida De Sistema De Tubos En Intercambiador De Temperatura.	85
Ilustración 20 Sensor De Presión SITRANS P250 (7MF1641)	86
Ilustración 21 Sensores De Nivel SITRANS LVL100.	86
Ilustración 22 Válvula Electroneumática SIPART PS2.	87
Ilustración 23 Convertidor SINAMICS V20	88
Ilustración 24 PLC S7-1200.	88
Ilustración 25 Fuente de poder PM-1207.	88
Ilustración 26 SCALANCE XB005.	89
Ilustración 27 Siemens PLC Pantalla Touch Tkp700 Basic 6av2123-2gb03-0ax0.	89
Ilustración 28 Modulo AS-i SlimLine 3RK1400-1CE00-0AA2	90
Ilustración 29 3RV1021-1GA15 SIEMENS.	90
Ilustración 30 5SY6225-7 SIEMENS.	90
Ilustración 31 Modulo De Control.	90
Ilustración 32 SERVICIOEINSUMOS – RESP-ROSCA-120V-2000W.	91

Ilustración 33 Bomba Eléctrica PEDROLLO CPM660, 1-1/4"x 1" 2hp.....	91
Ilustración 34 PETRUL – COMP-20LP	92
Ilustración 35 Intercambiador de temperatura	92
Ilustración 36 Regulador de aire para compresor.	93
Ilustración 37 Válvula manual	93
Ilustración 38 tanque de almacenamiento de agua.....	93
Ilustración 39 Válvula Manual.	94
Ilustración 40 P&ID Del Banco Intercambiador De Temperatura	94

Tabla de tablas.

Tabla 1 Línea Del Tiempo.....	36
Tabla 2 Efectos De Los Contaminantes Sobre La Superficie De La Maquinaria. .	62
Tabla 3 Ejemplo De 5W.	76
Tabla 4 Tabla 4 Ejemplo FMEA norma SAE J1739.	82
Tabla 5 Sensores que hacen parte del banco intercambiador de temperatura.´ ..	83
Tabla 6 Reconocimiento de los Actuadores del banco de intercambiador de calor.	87
Tabla 7 Reconocimiento del módulo de control del banco intercambiador de temperatura.....	88
Tabla 8 Reconocimiento de otros componentes que hacen parte del banco intercambiador de temperatura.	91
Tabla 9 Criterios de evaluación y valores de jerarquización SAE J1739.	97
Tabla 10 Matriz de criticidad propuesta por el modelo CTR.	99
Tabla 11 Severidad de efecto definido Norma ISO 14224.....	101
Tabla 12 Ocurrencia de falla ISO 14224.....	102
Tabla 13 Detección de falla ISO 14224	102

Tabla de ecuaciones.

Ecuación 1 Costo Total Acumulado De Mantenimiento.....	45
Ecuación 2 Porcentaje De Mantenimiento Programado.	46
Ecuación 3 Análisis De Prioridad De Riesgo.	81
Ecuación 4 Criticidad total de riesgo.....	96
Ecuación 5 Consecuencias de los eventos de fallos.	96
Ecuación 6 Criticidad de riesgo total.....	97

Resumen

En el proyecto se realizó el plan de mantenimiento preventivo del banco intercambiador de temperatura que está ubicado en el laboratorio de mecatrónica de la universidad de Pamplona sede Villa Del Rosario. El cuál permite que el banco se encuentre disponible para las prácticas educativas que se realizan con el mismo. Además de lo anteriormente mencionado también se pretende que el banco de intercambiador de temperatura se le realice una correcta gestión y operación dentro de las actividades que se realizan.

Se realizó una caracterización y reconocimiento de cada uno de los componentes del banco dentro de la clasificación de un sistema híbrido componentes eléctricos(motor), electrónicos (cableado, sensores, actuadores y pantalla HMI), mecánicos, tuberías y almacenamiento de fluidos. Poder comprender la parte funcional de cada pieza del banco y el factor final del proceso.

Con la recopilación adquirida sobre el mantenimiento, metodologías y protocolos sobre ello, el motivo es considerar la información adquirida y germinar un plan de mantenimiento de forma adecuada con sus protocolos de mantenimiento, protocolos de uso y considerar los tiempos de la universidad como el cese de actividades académicas y poder afianzar y desplegar una vida útil del banco minorando las posibles falla y fallos que se puedan presentar.

Introducción

El presente trabajo va dirigido para la universidad de Pamplona Sede Villa Del Rosario. Específicamente el laboratorio Mecatrónica GM 105 105 donde se encuentra en estado de uno uso. el presente trabajo se centra en el banco para realizar un plan de mantenimiento preventivo, donde con la información recopilada se generó un plan de mantenimiento aplicando técnicas de mantenimientos y dando prioridad a los componentes que más tienden a fallar sea por el uso excesivo, el poco uso también para orientar de forma correcta al operario o el encargado del laboratorio.

generando una documentación sea protocolos de mantenimiento un cronograma de mantenimiento con su respectivo plan para que el banco, aunque no esté en uso de forma frecuente este siempre a la disponible para fines académicos.

Justificación

El laboratorio de la Universidad de Pamplona sede Villa Del Rosario cuenta con un banco intercambiador de temperatura el cuál no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo y no se está siendo uso del equipo para prácticas de aula y afecta a los estudiantes al poseer herramientas de aprendizaje que le permita potencializar sus conocimientos para el campo laboral.

Un plan de mantenimiento preventivo es una herramienta utilizada para extender la vida útil de un equipo conservando su funcionamiento de forma eficiente también puede generar al operario o usuario conocimiento de uso adecuado del equipo como pueden ser un protocolo de funcionamiento con el fin de extender la vida útil del banco y que siempre este a la disposición a prácticas o a proyectos de mejora.

Adicionalmente la creación del plan de mantenimiento permite generar conocimiento específico en este campo de aplicación industrial pues se conoce al detalle el proceso lo que permite dar soluciones de manera eficaz

Planteamiento Del Problema

El banco de intercambiador de temperatura no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo que permita llevar a cabo un conveniente uso del mismo, por el cual los que lo componen no funcionen de una forma apropiada.

Al contar con el banco de prácticas y no estar en funcionamiento, las herramientas didácticas que permitan una formación integral del ingeniero en mecatrónica se ve minorada pues la importancia de la formación educativa radica en desarrollar actividades tanto teóricas como prácticas.

¿De qué manera se puede gestionar efectivamente el uso del banco de intercambiador de temperatura del laboratorio de Mecatrónica de la Universidad de Pamplona Sede Villa del Rosario?

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Diseñar de un plan de mantenimiento preventivo para el banco de intercambiador de temperatura del laboratorio de mecatrónica de la universidad de pamplona sede villa del rosario.

2.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información complementaria basada en planes de mantenimiento, métodos y aplicaciones en la industria.
- Elaborar de forma actualizada un inventario de los componentes que conforman el banco de intercambiador de temperatura.
- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el banco intercambiador de temperatura con respecto a la información recopilada.

3. Estado Del Arte Y Marco Teórico

3.1 Antecedentes.

3.1.1 Internacionales.

Modelo para la gestión del mantenimiento de un sistema de fabricación híbrido con base en políticas corporativas y de producción. São Paulo, Brasil, 2020. Artículo publicado en la revista EMTHYMÓS Revista De Estudios Empresariales Año 2020, TASÉ VELAZQUEZ, Daniel René. CAMELLO LIMA, Carlos Roberto. HERNÁNDEZ MASTRAPA, Lorena. Volumen 1, Numero 2, Pagina 118-134. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) Santa Bárbara d'Oeste. São Paulo, Brasil.

El propósito de este artículo es presentar un modelo conceptual para describir qué parámetros pueden servir como base para gestionar las actividades de mantenimiento y sus políticas de acuerdo con las estrategias de la empresa y la producción relacionadas con el uso de tecnologías híbridas de fabricación de productos metálicos. Como parte del desarrollo tecnológico de sistemas avanzados de producción industrial. A partir de la selección y discusión de artículos científicos punteros sobre este tema, se ha elaborado un modelo conceptual de gestión estratégica del mantenimiento en el contexto del uso de tecnologías de fabricación híbrida, identificando y describiendo las principales variables y atributos que componen el modelo. Mapa conceptual Lo que se describe en este documento aún no se ha implementado; por lo tanto, los resultados cuantitativos aún no han sido confirmados y se recomienda más investigación para confirmar su factibilidad. Se cree que los elementos discutidos en este trabajo pueden proporcionar pautas para alinear las actividades de mantenimiento con las estrategias de producción y de la empresa para lograr un desempeño comercial de clase mundial. [1]

CORDERO, Oscar. ESTUPIÑAN, Edgar. propuesta de optimización del mantenimiento de planta minera de cobre ministro Hales, mediante análisis de confiabilidad, utilizando la metodología FMECA. Arica, Chile, 2018. Escuela universitaria de ingeniería mecánica, Universidad De Taracá, Arica, Chile. INVESTIGACIÓN & DESARROLLO, Vol. 18, No. 1: 129 - 142 (2018).

El final del súperciclo del precio del cobre ha puesto de relieve el desafío de controlar mejor los costos de producción en la industria minera y ha llevado a considerar nuevas estrategias para contener y reducir los costos asociados con la gestión de los activos fijos del campo de arroz. División Ministro Hales de Codelco propuso estar relativamente en el primer cuartil de costos de mantenimientos. Como el proceso de tostado. El trabajo actual utiliza la metodología FMECA con el apoyo de herramientas matemáticas y estadísticas que también permiten obtener información más precisa sobre el estado de los equipos similares a través del análisis de sensibilidad, para basar en la confiabilidad los planes de mantenimiento. Indica que debe implementarse. Identificar brechas y priorizar oportunidades de mejora. [2]

SALGADO DUARTE, Yorlandys. MARTINEZ DEL CASTILLO SERPA, Alfredo. SANTOS FUENTEFRÍA, Ariel. Programación óptima del mantenimiento preventivo de generadores de sistemas de potencia con presencia eólica. Universidad Tecnológica de La Habana José A. Echeverría, Marianao, La Habana, Cuba. Revista de Ingeniería Energética, 2018, vol. 39, n. 3, septiembre /diciembre, p. 157-167.

El propósito de este trabajo fue programar el mantenimiento preventivo de las unidades generadoras de la red eléctrica utilizando un modelo optimizado que minimiza los costos de operación y mantenimiento. Use una función cuadrática para modelar los costos operativos de las unidades y una función lineal para el mantenimiento. Ambos dependen de las necesidades del sistema. Usando algoritmos de optimización de enjambres de partículas, se generan sugerencias de programación y combinatoria que garantizan los costos operativos más bajos con una programación previa económica de las unidades. La función multivariable no lineal objetivo restringida resultante se optimiza utilizando un método cuasi-Newton de programación cuadrática secuencial que se aproxima a la matriz hessiana por diferencias finitas en cada iteración. Mostramos cómo los márgenes afectan la prevención de la planificación del mantenimiento del sistema eléctrico. Presencia en fuentes de energía no convencional. [3]

PARRA, Carlos. VIVEROS, Pablo. KRISTJANPOLLER, Fredy. CRESPO MARQUES, Adolfo. técnicas de auditoría para los procesos de: mantenimiento, fiabilidad operacional y gestión de activos (amorms & ams-iso 55001). Sevilla España 2021. Universidad de Sevilla. Escuela Superior de Ingeniería. Dpto de Organización y Gestión de Empresas. Avda. Camino de los Descubrimientos, s/n.

Isla de la Cartuja, Sevilla, España. Universidad Técnica Federico Santa María. Departamento. de Industrias. Valparaíso, Chile. ResearchGate, Rev. 2 del 9/Febrero/2021.

El propósito de este artículo es centrado en la eficacia de la gestión de las asistencias técnicas a los procesos relacionados con el El mantenimiento y la gestión de activos se pueden evaluar y medir a través de un análisis integral de varios factores. Estos factores en su conjunto, constituyen la aportación de tales asistencias técnicas al sistema de producción. Un proceso de evaluación, conocido como auditoría, puede definirse como "una revisión sistemática de actividades o circunstancias para evaluar el cumplimiento de reglas observables o criterios objetivos". Es importante destacar que no existen fórmulas simples para "medir" los diversos procesos de gestión, ni reglas fijas o inmutables que sean permanentes y se apliquen en todos los casos. Los resultados de las técnicas de auditoría aplicadas para diagnosticar la efectividad del mantenimiento y la gestión de activos (tareas de mantenimiento o acciones tomadas para maximizar el valor de un activo) pueden mejorar la rentabilidad de los sistemas de producción e informar la toma de decisiones. Hágalo en el propio proceso de gestión.

Este artículo analiza la importancia del proceso de auditoría en el campo del mantenimiento y la gestión de activos y presenta dos técnicas de diagnóstico esenciales. La primera herramienta se llama AMORMS: Asset Management, Operational Reliability and Maintenance Survey, la cual está basada en el Modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM), desarrollado por INGEMAN y la segunda herramienta, se denomina AMS-ISO 55001: Asset Management Survey – ISO 55001, herramienta basada en los requerimientos de la norma de Gestión de Activos ISO 55001. [4]

GORDRES TORNÉ, Israel. LAJES CHOY, Santiago. DEL CASTILLO SERPA, Alfredo. Gestión del mantenimiento a interruptores de potencia. Estado del arte. Chile,2017. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 26 N° 2, 2018, pp. 192-202.

En este trabajo se realiza una revisión bibliográfica de la gestión del mantenimiento, enfocándose en la confiabilidad y a las fallas en interruptores de potencia. Los parámetros que pueden ser utilizados para el mantenimiento son evaluados de acuerdo a estudios internacionales, normas y procedimientos operativos vigentes de las subestaciones cubanas y la presencia real de aparatos de medición en las subestaciones. Los posibles parámetros se dividen en pruebas funcionales, pruebas

visuales y seguridad operativa. Finalmente, se propone la inteligencia artificial como herramienta básica para la toma de decisiones en la gestión del mantenimiento según la integración de diversas variables. [5]

FREIRE PEREZ, Fernando isidro. Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo mediante la distribución de weibull para las inyectoras horizontales de polímeros en la empresa ingeniería diseño de suelas. Amparo, Ecuador, 2019. Trabajo De Grado (Ingeniería Mecánica). universidad técnica de Ambato, facultad de ingeniería civil y mecánica, carrera de ingeniería mecánica.

El presente trabajo técnico se desarrolló basándonos en la necesidad de realizar un correcto mantenimiento preventivo y predictivo a los inyectores de polímeros de la empresa “Ingeniería Diseño de Suelas”. Esto evita paradas innecesarias durante la fabricación y la inyección de la suela. Los datos estadísticos de las actividades de mantenimiento realizadas anteriormente se utilizaron para desarrollar el plan, lo que permitió la identificación de los componentes más críticos o propensos a fallas a través de la matriz AMFE. Luego se realizó un análisis estadístico utilizando los datos recopilados a través de la distribución WEIBULL para cada máquina de moldeo por inyección en modelos matemáticos y gráficos para calcular la confiabilidad de los datos. Método WEIBULL Esto brinda una mejor medida de dónde se encuentra la máquina en la curva de la bañera y qué acciones se deben tomar para evitar fallas. Se implementaron intervalos de mantenimiento y se implementaron controles sistemáticos para evitar interrupciones innecesarias que afectaran el sistema. Buen funcionamiento de la máquina. [6]

TENUCO CALDERON, Reussheman Mijael. propuesta de un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria pesada en la empresa mediterráneo operadores logísticos s.a.c. Arequipa –Perú 2020. Trabajo De Grado (Ingeniería Mecánica). Universidad autónoma san francisco. Facultad de ingeniería.

El presente trabajo de investigación consiste en crear un plan de mantenimiento acorde a las necesidades que tiene la empresa mediterráneo operadores logísticos, partiendo este trabajo de investigación con las observaciones y enfoques del problema de la falta de disponibilidad de las máquinas también afectaron la confiabilidad y la producción en las operaciones normales. Por tal motivo se utilizó una estrategia de recolección de información a través de herramientas de

recolección de datos aplicadas al personal de mantenimiento. El mecánico, el operador y ambas máquinas deben tener hojas de observación con datos del medidor de horas del indicador de combustible para registrar cuánto tiempo se necesitaron las manos del mecánico y cuándo o cuándo se detuvieron. Me tomó arreglarlo.

Después de obtener todos los datos anteriores, cuantificamos métricas como la disponibilidad y la confiabilidad en porcentajes. Estos valores de los demás ayudaron a ver la realidad en la que se encuentra la máquina y su mantenimiento.

Así, con la información sobre la gestión actual según el manual y la experiencia de los técnicos involucrados en el mantenimiento, es posible crear un plan de mantenimiento con la ayuda del software Microsoft Excel para encontrar la tabla correspondiente. Al mantenimiento de cada máquina para realizar un seguimiento de las próximas fechas de mantenimiento. [7]

LLANOS, GARCIA. Alexander. Mantenimiento preventivo de equipos de carguío – palas hidráulicas – en minería: una revisión sistemática. Cajamarca, Perú, 2018. Trabajo De Grado (Ingeniería Industrial). Universidad Privada Del Norte. Facultad De Ingeniería.

La investigación teórica actual se centra en el mantenimiento preventivo de excavadoras en la industria minera, que ha ganado importancia en el sector minero durante la última década debido al deseo de las empresas de mejorar la disponibilidad de las máquinas. El propósito de este estudio fue determinar el impacto del mantenimiento preventivo en excavadoras sobre una mayor disponibilidad. Para ello, hemos recabado información de fuentes confiables como Scielo, Google Académico y Biblioteca Virtual UPN, de las cuales hemos seleccionado artículos directamente relacionados con los temas investigados entre 2013 y 2017. Los vacíos de conocimiento encontrados en esta encuesta son de las investigaciones dedicadas a este tema y realizadas en el sector minero. Luego se realizó una revisión sistemática de los artículos y se analizó y sintetizó lo más importante de cada uno, las palas hidráulicas y los avances tecnológicos de las mismas no se utilizan para mejorar el mantenimiento predictivo. [8]

PERLATA SALVATIERRA, Guido. Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de la empresa metalmecánica ar&ml constructores e.i.r.l., san juan de Lurigancho, 2019. Callao, Perú, 2019. Trabajo De Grado (Ingeniería Mecánica). Universidad Nacional Del Callao. Facultad De Ingeniería Mecánica y De Energía.

El presente trabajo titulado “Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de la empresa metalmecánica AR&ML CONSTRUCTORES E.I.R.L., San Juan de Lurigancho, 2019”, es un resumen de los planes de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad, eficacia y eficiencia de las empresas metalmecánicas. AR&ML CONSTRUCTORES E.I.R.L. Se aplica una metodología de investigación y los métodos de investigación son cuantitativos. La población y la muestra consisten en datos cuantitativos de producción de 47 equipos registrados durante un período de 12 meses, incluidas las pruebas previas de enero a diciembre de 2017 y las pruebas posteriores de enero a diciembre de 2018. Fue así. La técnica utilizada es la observación y el instrumento es la ficha de recolección de datos. El instrumento fue validado según criterio de expertos. Utilizando el software estadístico SPSS versión 20 para realizar análisis de datos descriptivos, análisis de datos inferenciales y reducción de hipótesis, el estudio encontró un aumento del 23 % en la productividad, un aumento del 19 % en la eficacia y un 12% en la eficiencia. Por tanto, se confirman las hipótesis generales y específicas. Los planes de mantenimiento preventivo mejoran la productividad, eficacia y eficiencia de la empresa metalmecánica ARandML CONSTRUCTORES E.I.R.L. San Juan de Lurigancho, 2019. [9]

ESPINIZA GAMARRA, Ciro Fabricio. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la municipalidad distrital del Curahuasi. Lima, Perú, 2018. Trabajo De Grado (Ingeniería Automotriz). Universidad Tecnológica Del Perú. Facultad de ingeniería industrial y mecánica.

Este informe fue elaborado con el objetivo de implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la vigilancia de las operaciones de equipo pesado en la Municipalidad Distrital de Curahuasi, Abancay. Para este proyecto se utilizaron diez máquinas pesadas. El informe inicia con un plan de problemas donde se describen los problemas que se presentan en el área de equipo pesado en la comunidad, y para solucionar estos problemas se establecen metas, así como la importancia de realizar el mantenimiento, también se incluye el género. calendario; Sigue una sección sobre marcos teóricos, que cita investigaciones internacionales y

nacionales, revisa los fundamentos teóricos y define los términos utilizados. En el marco metodológico se mencionaron las variables y metodologías de investigación, se mencionó el análisis de las necesidades horarias de la fábrica, y se utilizaron diagramas de Pareto para identificar las causas de las horas desatendidas. En casos de baja disponibilidad se utilizó el diagrama de Ishikawa. Luego se determina una solución al problema. El plan del proyecto se dividió en cinco fases: identificación de requisitos, preparación del plan de mantenimiento, aprobación del taller de mantenimiento, adquisición de herramientas y capacitación del personal, y se desarrolló cada fase. Una determinación de cronograma y costo, un análisis económico del proyecto, y en la sección final un análisis de los resultados mostrando que implementar un plan de mantenimiento preventivo tiene un impacto positivo en la comunidad al aumentar la disponibilidad de la unidad, reducir los costos de mantenimiento, lograr el servicio de la unidad. vida y mejorar la atención al trabajo distrital. [10]

VIZCARRA AGUAYO, Gianmarcos. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo en las instalaciones eléctricas del parque metropolitano la muralla. Lima, Perú, 2019. Trabajo De Grado (Ingeniería Eléctrica). Universidad Tecnológica De Perú. Facultad De Ingeniería.

El actual trabajo es aplicado sobre la “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMP) EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL PARQUE METROPOLITANO LA MURALLA”, ubicado Jirón Amazonas 130-140 Cercado de Lima 15001, es orientado a brindar una guía autorizada sobre el tipo y la frecuencia del mantenimiento de las instalaciones eléctricas del parque mencionadas anteriormente. Como parte de este análisis, fue necesario recopilar información sobre el estado actual de la instalación eléctrica del Parque Metropolitano La Muralla administrado por SERPAR LIMA, en base al respectivo código heredado, así como también la identificación del tipo de mantenimiento que se ha venido realizando durante el transcurso de los últimos años.

La herramienta utilizada para determinar la criticidad de los equipos es la matriz de criticidad. Utiliza el análisis a partir de la especificación del proceso operativo para determinar qué fases del proceso reciben el mayor énfasis.

La matriz de criticidad también muestra que los equipos existentes tienen altas tasas de falla, alto impacto operativo, baja flexibilidad operativa, altos costos de mantenimiento y un impacto significativo en el medio ambiente y la seguridad humana. Determinar las fases críticas del proceso operativo permite identificar los

equipos involucrados directa e indirectamente en el mismo. De esta forma, se comenzó a detallar los intervalos de mantenimiento sugeridos en los manuales técnicos para cada instalación eléctrica del Parque Metropolitano La Muralla, complementados con las sugerencias de los expertos responsables y empresas especialistas en la materia.

Todos estos análisis concluyen con el desarrollo de un plan de mantenimiento crítico de equipos eléctricos vinculado directa e indirectamente a los procesos operativos, incluyendo las actividades de inspección, evaluación y mantenimiento preventivo general de equipos eléctricos descritas anteriormente. Estas actividades ayudarán a mantener un funcionamiento óptimo y extender la vida útil de la instalación eléctrica general del Parque Metropolitano La Muralla.

Todos estos análisis concluyen con el desarrollo de un plan de mantenimiento crítico de equipos eléctricos vinculado directa e indirectamente a los procesos operativos, incluyendo las actividades de inspección, evaluación y mantenimiento preventivo general de equipos eléctricos descritas anteriormente. Estas actividades ayudarán a mantener un funcionamiento óptimo y extender la vida útil de la instalación eléctrica general del Parque Metropolitano La Muralla. [11]

GUEVARA GONZÁLEZ, Claudia A. Principios de gestión de la calidad en empresas de servicios de mantenimiento eléctrico del sector petrolero. Venezuela 2020. Artículo Revista. Revista Venezolana de Gerencia, 2020, vol. 25, núm. 89, ISSN: 1315-9984.

Analizar los principios de control de calidad de las empresas de mantenimiento eléctrico en la industria petrolera. Teóricamente, se basó en autores como Cumison et al. (2007), Gutiérrez (2010), Cantú (2006), Quatrecasas (2010). El estudio fue descriptivo y tuvo un diseño de campo, no experimental, transversal. La población estuvo conformada por contratistas que brindan servicios de mantenimiento eléctrico a organizaciones privadas de la industria petrolera. Los informantes más importantes fueron los gerentes de operaciones, supervisores y gerentes de procesos. Se desarrolló y aplicó un instrumento de recolección de datos y se probó su validez y confiabilidad mediante el método Alfa de Cronbach, arrojando un nivel de confianza de 0.939.

Los resultados fueron orientación a la satisfacción del cliente (4.61), liderazgo en la gestión (4.72), gestión de los recursos humanos (4.34) mejora continua (4.74), enfoque basado en hechos (4.69) y relaciones entre la dirección y el proveedor

(4.69). Mantener y fortalecer estos aspectos, si bien estos resultados se observan con una tendencia positiva, sobre todo si se capacita permanentemente a los empleados y se involucra a los proveedores para fortalecer las relaciones con ellos se deben aplicar medidas para Se concluye una media de 4.56; variables. Proporciona una ventaja de mercado para aumentar la competitividad. [12]

3.1.2 Nacionales.

LOMBANA MIRANDA, María Fernanda. ZARANTE GONZÁLES, Benjamín José. Mejora del plan de mantenimiento preventivo de los equipos críticos de la línea de producción 1 de la empresa COTECMAR mediante la metodología RCM. Cartagena De Indias D. T y C. Bolívar, 2018.Trabajo De Grado (ADMINISTRACION INDUSTRIAL). Universidad De Cartagena. Facultad De Ciencias Económicas.

En el futuro de un mundo globalizado en el que las habilidades tecnológicas aumentarán significativamente, las industrias estructuradas deberán estar a la vanguardia, con ventajas y estrategias competitivas que ayuden a posicionar a los países para el desarrollo sostenible. La Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Empresa tiene como objetivo estricto la dirección, planificación, definición, ejecución y control de los procesos relacionados con la gestión de la innovación y las actividades de investigación y desarrollo tecnológico, por lo que la Empresa tiene una posición de liderazgo para mantener y desarrollar su desarrollo científico y técnico. habilidades. A través de la innovación de productos, servicios y procesos orientados a satisfacer plenamente las necesidades nacionales y globales.

Por tal motivo, se propone un plan de mantenimiento preventivo mejorado para los equipos críticos de la Línea de Producción 1 de COTECMAR a través de la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad). Una revisión bibliográfica que permita la contextualizar los estudios con sus fundamentos teóricos e indirectamente compararlos con la práctica, incluidas las variables implementadas. Para ello, primero se realizó un diagnóstico del estado actual de los equipos, recolectando información a través de encuestas estructuradas y visitas a terreno para indicar el tipo de mantenimiento aplicado a los equipos. Caracterización y funcionamiento de dispositivos clave en función de las condiciones de funcionamiento.

Después, se utilizó una matriz de riesgo, que considera la frecuencia de las fallas y su impacto en la producción, la seguridad y el mantenimiento, para determinar los

equipos críticos para la línea de producción 1. La más común es la mesa de corte CNC Ermaksan EPL. 25120-130XD, su función es cortar chapas con alta precisión, y su tope proporciona una zona de previo de montaje, previo de soldadura, muy perjudicial para el proceso de montaje. Montaje de mamparas y paneles.

Por siguiente se realizó un análisis de modos y efectos de falla (AMFE) para identificar las fallas, los modos de falla y las causas de falla de 12 componentes principales de la mesa de corte CNC Ermaksan EPL 25120-130XD, para un total de 19 modos de falla y 40 causas de falla. ha sido identificado. es el proceso mediante el cual se clasifican los asuntos en función de su número de prioridad de riesgo, definiendo así acciones preventivas para mitigarlos o evitar que ocurran.

Así pues, se utilizó un Árbol Lógico de Decisión (ALD) para determinar el tipo de acción de mantenimiento basado en el RCM a desarrollar. Se encontró que la tarea condicionada era un total de tareas de condición constituyen un 45% del total de tarea, donde son incluidas actividades como la inspección visual en busca de signos de fugas, desgaste, sulfatación o conexiones eléctricas sueltas. Las actividades de reprocesamiento periódico, que comprenden un total de 55 litros de tareas, incluyen medidas de mantenimiento como engrase y engrase, limpieza de filtros y limpieza de boquillas.

El nuevo plan de mantenimiento predictivo/preventivo identifica y categoriza las tareas según la metodología RCM. Una vez que se han identificado actividades específicas para cada componente reparable, se identifican su frecuencia y responsabilidades en un intento de reducir la ocurrencia de fallas. los costes de mantenimiento correctivo, el tiempo de indisponibilidad del sistema y la gestión económica de los recursos garantizan la fiabilidad. Se propone utilizar métricas como confiabilidad, disponibilidad y capacidad de servicio para realizar un seguimiento del mantenimiento. Las empresas deben calcular estrictamente los parámetros propuestos en función de la recopilación de información histórica sobre el tiempo de actividad y el tiempo de inactividad del servicio. Tasa de error reducida Identifica el tipo de error y el componente en el que se produjo el error. [13]

PARRA HIGUITA, Jorge Luis. LEON QUINTERO, Robison Arley. BETANCOURT VIVARES, Daniel Alejandro. Banco Didáctico De Un Intercambiador De Calor (Tubos Y Coraza) Para Laboratorio ITM. Medellín, Colombia, 2017. Trabajo De Grado (INGENIERÍA ELECTROMECHANICA). Instituto Tecnológico Metropolitano, Facultad De Ingeniería.

Este documento proporciona la fecha de investigación, diseño, perfeccionamiento y realización del intercambiador de calor de carcasa y tubos de banco. Debido a la importancia de la función del intercambiador de calor, se utiliza en varios sectores industriales, como el sector alimentario, el sector textil. Los fluidos se transforman y se aprovechan los cambios de temperatura. Un fluido se calienta y el otro se enfría.

Intercambiadores de calor en general en aplicaciones de escala industrial Utiliza diferentes fluidos. agua-aceite, agua-refrigerante, aire-líquido, agua-agua, etc. En este proyecto el fluido de trabajo fue agua-agua con diferentes niveles de temperatura.

Enfoque general:

- Donar el laboratorio de fluidos (G-405) con la mesa de enseñanza del intercambiador de calor de carcasa y tubos.
- Analizar visual y prácticamente el cambio de calor y el balance de energía dentro de un intercambiador de calor. [38]

JOYA TALERO, Liz Adriana. Estandarización de los protocolos internos de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos, bajo el concepto del cumplimiento normativo de la resolución 2003 de 2014. Bogotá D.C, Colombia, 2019. Práctica Empresarial (INGENIERÍA BIOMEDICA). Universidad Del Rosario. Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito.

El Centro Policlínico Olaya es una familia de establecimientos reconocidos por sus altos estándares de calidad en la prestación de servicios médicos integrales, humanos, seguros y efectivos enfocados en los pacientes y sus familias. Es una clínica en el 3er y to piso con oficinas en la ciudad de Bogotá, Santa Lucia, Castellana, USA, Calle 98, que es la oficina principal en el distrito de Restrepo de Bogotá, además de oficinas en ciudades como Valledupar, Medellín y Pereira. El proyecto consta de seis torres que albergan los servicios de emergencia, tres unidades de cuidados intensivos (neonatal, pediátrico y de adultos), ginecología y obstetricia, nefrología, cirugía, consulta externa, laboratorios clínicos, imagen y tratamiento, desarrollado en la sede con procedimiento y odontología. La instalación ofrece un entorno moderno y tecnología de última generación.

En la Clínica, el rol de los pasantes de ingeniería biomédica se basa principalmente en la parte administrativa y técnica. H. Asistir en la organización y creación de la hoja de vida del equipo médico y alimentarla a la base de datos para secuenciar adecuadamente la ejecución de las tareas realizadas en la clínica en la fecha establecida. Por otro lado, se realizan actividades como el acompañamiento en las

visitas quirúrgicas para garantizar el correcto funcionamiento durante la cirugía y atender los llamados por fallas en los equipos en los distintos servicios que brinda la institución médica.

Necesito realizar pruebas en equipo. Clínica. En el sector clínico y hospitalario, es de suma importancia mejorar el mantenimiento de los equipos médicos, asegurando así una mayor vida útil de los mismos equipos médicos y lo más importante la seguridad del paciente. Ingeniería Biomédica como Ingeniería Clínica De acuerdo con lo anterior, este proyecto se basa en implementar un mantenimiento preventivo definido como: lubricación, comprobación con simulador, desmontaje del dispositivo, etc.

El mantenimiento preventivo reduce el riesgo de averías y demuestra la fiabilidad del dispositivo en uso. El uso del mantenimiento preventivo permite que el dispositivo se utilice de forma permanente. La desactivación o el uso donde los procesos específicos requieren su uso elimina los riesgos potenciales, como el tiempo de inactividad prolongado, las interrupciones del servicio y la seguridad del paciente comprometido en entornos hospitalarios. “Además, existe un mantenimiento preventivo orientado al riesgo que “evalúa integralmente cada instalación y la prioriza”.

También el Centro Policlínico Olaya ha notado un aumento en el mantenimiento correctivo. De acuerdo a un análisis causa efecto se determinó que la razón principal de dicho incremento puede ser: “la falta de ejecución de mantenimientos preventivos de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes”, ya que probablemente se cometen faltas que pueden contribuir al deterioro acelerado de los equipos y sus consumibles.

Por lo tanto, este proyecto tiene como objetivo comparar los mantenimientos preventivos establecidos por los fabricantes y los ejecutados en la institución, Identificar las posibles diferencias entre ellos y así modificar los protocolos internos para garantizar que el equipo funcione correctamente y de paso, la Sección 2.3 Resolución de Proveedores de Servicios 2003 y Aprobaciones de Servicios Médicos 1 Criterios de Aprobación de Servicios y “Criterios” son normas para el personal que indican que el mantenimiento de equipos biomédicos eléctricos o mecánicos Se debe realizar y prevenir el uso constante de los requisitos de uso práctico y las especificaciones del fabricante y los controles de calidad en el equipo relevante, siguiendo un programa de revisiones periódicas de la naturaleza y calibración del equipo.

Lo anterior se registra en la historia del dispositivo post-mantenimiento”. Esto les ayudará a reconocer la importancia de estandarizar los protocolos para cumplir con los estándares y detectar todo tipo de errores y discrepancias que ocurren en los dispositivos médicos cuando se modifican los protocolos de mantenimiento. De lo anterior, se puede apreciar la importancia y los beneficios de realizar el mantenimiento preventivo de acuerdo al protocolo establecido por el fabricante. Su objetivo principal es extender la vida útil de los dispositivos biomédicos y el desarrollo de este proyecto. Las instalaciones pueden garantizar el correcto funcionamiento de los equipos mediante buenas prácticas de mantenimiento y contribuir a la prestación de un servicio de calidad. [14]

3.1.3 Regionales.

MAYA VELASQUEZ, Jhonny Alexander. Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM. Medellín, Colombia, 2018. Trabajo De Grado (INGENIERÍA MECÁNICA). Universidad Nacional De Colombia, Facultad De Minas, Departamento De Ingeniería Mecánica.

En la próxima tesis de maestría, me enfocaré en el desarrollo del mantenimiento en torno a la confiabilidad o mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) utilizando como estrategia el establecimiento de la metodología TPM (Total Productive Maintenance), especialmente la integración de la implementación y gestión del mantenimiento preventivo. estoy proponiendo Todos los aspectos de la producción interna de galletas Esto debería proporcionar una nueva dirección a los programas actuales de mantenimiento preventivo y planificado en esta área, facilitando la búsqueda de nuevos diseños y planes de programas de mantenimiento basado en la condición (MBC). Además, se propone el desarrollo de un modelo informático que permita la gestión de los métodos de mantenimiento en el marco de un enfoque evaluativo, sistemático e independiente del software actual de la empresa, visualizando el funcionamiento y la trazabilidad de los equipos a través de curvas de confiabilidad, ahora es posible. Durante este desarrollo, se demostró la creación de una matriz de criticidad operativa de la instalación. Este se basó en los supuestos y evaluación del área de mantenimiento, y la evaluación de esta matriz se abordó desde áreas como seguridad, calidad y medio ambiente (DANE, 2018). [15]

MONTEALEGRE YELA, Nora Eliana. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los laboratorios pertenecientes a la facultad de ingeniería mecánica de la universidad tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia, 2018. Trabajo De Grado (INGENIERÍA MECÁNICA). Universidad Tecnológica De Pereira, Facultad De Ingeniería Mecánica.

El presente trabajo es el resultado de la práctica empresarial conducente a trabajo de grado desarrollada por la estudiante en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Este artículo describe el desarrollo de un diseño de plan de mantenimiento preventivo con CMMS SMPlus pro 3.0 en préstamo. El plan de mantenimiento preventivo incluye equipos, maquinarias e instrumentos para 10 de los 12 laboratorios con los que cuentan los docentes al inicio de la práctica. Esto se debe a que se les ha encomendado el diseño final del Plan de Mantenimiento Preventivo del Laboratorio de Máquina Herramienta y Laboratorio de Pruebas y Ensayos de Aire Acondicionado, que se realizará sobre la misma base de datos en SMPlus Pro 3.0. El trabajo presenta así una descripción de las actividades que se desarrollaron durante una práctica comercial de cinco meses. Además, se definen cinco actividades principales para alcanzar los objetivos específicos planteados. Como primera actividad, recolectar y generar la información de registro y memorización adquirida durante la vida útil de cada equipo en cada laboratorio para generar una lista de equipos que constituya un cronograma de mantenimiento preventivo. Como segunda actividad, complete una hoja de datos técnicos y solicite información de los registros de mantenimiento en su hoja de vida de la lista de equipos. La tercera actividad crea un plan de mantenimiento preventivo que considera las tareas básicas de mantenimiento que se deben realizar en cada equipo con una frecuencia específica. Como cuarta actividad, se realiza una prueba piloto en uno de los laboratorios de la facultad para observar el estado actual de la gestión del mantenimiento preventivo en el laboratorio. Finalmente, el equipo requerido para el reemplazo se determina considerando varios criterios dependiendo de las circunstancias en las que se desarrolla la práctica comercial. [16]

MEDINA BÁEZ, Andrés. Técnicas de mantenimiento RCM y TPM, aplicando RCM al mantenimiento eléctrico. Medellín, Colombia, 2019. Trabajo De Grado (INGENIERÍA ELÉCTRICA). Universidad De Antioquia, Facultad De Ingeniería, Departamento De Ingeniería Eléctrica.

El mantenimiento son las acciones tomadas para preservar o reemplazar elementos con el fin de restaurar su funcionalidad diseñada. Hay muchas ideas diferentes sobre cuándo y cómo realizar el mantenimiento de los elementos, y el desarrollo de varias técnicas aplicables en el momento de realizar planes de mantenimiento de elementos, procesos o sistemas ha llevado al mantenimiento. Estas diferentes formas de pensar ahora son posibles. Este artículo analiza dos de las técnicas más conocidas y utilizadas en todo el mundo: RCM y TPM. Se estudia el propósito, los fundamentos, los beneficios, los inconvenientes y cómo aplicar estas técnicas a todo tipo de planificación de mantenimiento.

La empresa donde desarrollé mi pasantía, Ambientes LED S.A.S, es una empresa que brinda servicios eléctricos y uno de sus principales servicios es el mantenimiento eléctrico. Un mayor cliente es una empresa del sector RETAIL con una gran cantidad de tiendas de ropa a nivel nacional, por lo que implementamos un plan de mantenimiento eléctrico utilizando la metodología RCM para este tipo de tiendas. [17]

MARTINEZ FLOREZ, Jeisson Harley. MOLINA DAZA, Michael Steven. Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los talleres de soldadura, automatismos, mecatrónica, hidráulica y refrigeración del centro CIES del Sena de Cúcuta, norte de Santander. Cúcuta, Norte De Santander, Colombia, 2018. Trabajo De Grado (INGENIERIA MECATRÓNICA). Universidad De Pamplona, Facultad De Ingeniería Y Arquitectura.

Este proyecto describe una propuesta de plan de mantenimiento preventivo de los equipos de los talleres de soldadura, mecatrónica, hidráulica y refrigeración del centro CIES del SENA Cúcuta. Debe ser uno de los equipos de mayor importancia y mayor necesidad de formación. Para lograr esto, se realizaron una serie de pasos, comenzando con el ya mencionado inventario y diagnóstico de los equipos de taller. Su estado actual fue analizado con la ayuda del instructor responsable y su experiencia hizo posible el desarrollo de este primer nivel. Las reglas generales del instructor, los manuales técnicos estándar y los manuales del fabricante se consideraron como fuentes de información para el desarrollo del folleto. Luego se realizó un análisis de mantenibilidad y criticidad de los dispositivos inventariados para jerarquizarlos según su importancia para los cursos de capacitación que se ofrecen en cada uno de los talleres del Centro CIES. Luego se desarrolló el Análisis de Modos de Falla y Efectos AMEF, que permitió determinar los posibles modos de falla de un dispositivo y su respectivo análisis de riesgo. Durante este proceso se

prestó mucha atención al correcto desarrollo del AMEF, lo que influyó mucho en otras fases. Finalmente, el uso de las hojas de decisión utilizadas en los Mitos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) que permitió establecer los procedimientos de mantenimiento a realizar. Dependiendo del tipo de falla analizada por AMEF, se especificó el tipo y cantidad de trabajo de mantenimiento a realizar. Constituye la parte principal del plan de mantenimiento, ya que contiene las herramientas básicas para lograr las metas propuestas. Mantenimiento realizado por una persona designada por el Computador de Gastos, quien es el Subdirector de la Sede del CIES Formato mantiene todo bien organizado y documentado. [18]

CEBALLO CAMARGO, Harold José. Desarrollo de un plan de mantenimiento y soluciones tecnológicas para la operación de camas eléctricas hospitalarias de MEDINORTE Cúcuta IPS S.A.S. Cúcuta, Norte De Santander, 2019. Trabajo De Grado (INGENIERIA MECATRÓNICA). Universidad De Pamplona, Facultad De Ingeniería Y Arquitectura.

Este informe presenta el desarrollo de planes de mantenimiento para dispositivos biomédicos, una herramienta esencial en la realización de actividades médicas de diagnóstico y terapéuticas. Establece procedimientos para la selección de establecimientos médicos Medinorte Cúcuta IPS S.A.S. de acuerdo con las normas internacionales. Asimismo, se definen lineamientos, protocolos de mantenimiento y metodologías para su ejecución, así como apartados para el seguimiento de resultados mediante indicadores de mantenimiento. Todos estos se presentan al producto final en relación con todas las formas requeridas para su ejecución. Además, se describe el proceso de restauración de la funcionalidad de la cama hospitalaria eléctrica de ejemplo, a partir del análisis del estado de los sistemas eléctricos, mecánicos y estructurales para poder obtener un diagnóstico y generar criterios de diseño. Desarrollo de algoritmos consistentes con los definidos para restaurar funciones de control, y placas de circuitos impresos para su implementación y adaptación al cableado de camas hospitalarias. [19]

PEINADO BARBOSA, Daniel Camilo. Plan de Mantenimiento de los Equipos de la Empresa GRES CARIBE S.A, Centrado en el Sistema RCM (Practica empresarial). Cúcuta, Norte De Santander, 2019. Trabajo De Grado (INGENIERIA MECATRÓNICA). Universidad De Pamplona, Facultad De Ingeniería Y Arquitectura.

En concreto, este trabajo ha consistido en desarrollar un plan de mantenimiento basado en el sistema RCM para los equipos de las líneas de producción de la empresa ladrillera GRES CARIBE S.A. con el fin de optimizar la operatividad y eficiencia de estas máquinas. Esta investigación se enfoca en el análisis de modos de falla de sistemas mecánicos en equipos de línea de producción.

El mantenimiento basado en el sistema RCM se entiende como una filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual el equipo de trabajo tiene como tarea mejorar la seguridad operacional del sistema viable bajo las condiciones de trabajo especificadas por la empresa y requiere mayor mantenimiento. Establecer importancia de la actividad y respuesta actividades.

Una técnica tan establecida. Empresa Gres Caribe S.A. es una empresa ubicada en el polígono industrial de la Calle Juan Mina de la ciudad de Barranquilla y tiene como política brindar a sus clientes una amplia gama de tejas, ladrillos y adoquines utilizados por las principales constructoras y arquitectos. En la ciudad de Barranquilla.es para Ingeniero civil en proyecto de vivienda.

La empresa Gres Caribe S.A es una empresa que utiliza en su mayoría equipos provenientes de España que ya han sido llevados a estado crítico donde se realiza cada ajuste para mantener las condiciones de trabajo. En general, se desconoce el estado o tratamiento previo de las máquinas, se desconoce el sistema de lubricación de estas máquinas y algunas de las partes básicas de las máquinas no se encuentran en el país, por lo que cada modificación no se puede hacer. Porque todos los recambios se traen de España. Para reducir los costos, las piezas se fabrican internamente, pero las piezas nuevas y las piezas usadas se mezclan durante el ensamblaje, lo que crea un sesgo en el proceso, y las piezas nuevas no están hechas del mismo material que las piezas originales, por lo que se desgastan más rápido. Su propósito principal es identificar las fallas que causan el mal funcionamiento de los sistemas mecánicos. A través del mantenimiento preventivo basado en RCM, analice posibles soluciones a fallas de equipos críticos y defina tareas específicas de mantenimiento de equipos. Lo anterior requiere el desarrollo de sugerencias que puedan mejorar el mantenimiento de este equipo a través del análisis del trabajo de campo y la observación directa del mantenimiento de rutina del equipo.

El presente trabajo tiene como finalidad reducir significativamente las pérdidas económicas y mejorar la posición empresarial de Gres Caribe S.A. El cumplimiento evita que la empresa no cumpla con los clientes y provoque averías en dichas máquinas. El análisis del sistema RCM se realiza utilizando estándares de Jobs,

que son procedimientos estandarizados destinados a brindar orientación sobre cómo realizar tareas de mantenimiento. [20]

3.2 Mantenimiento.

El mantenimiento se define como cualquier acción destinada a reparar un elemento o devolverlo a un estado en el que pueda realizar su función requerida. Estas medidas incluyen una combinación de medidas técnicas y administrativas apropiadas.

La actividad de mantenimiento ha tenido dos historias bien diferentes

La actividad de conservación tiene dos historias muy diferentes: la historia tecnológica y la historia económica.

Aspectos Técnicos: El mantenimiento es el aspecto técnico que nació con las primeras herramientas, la primera piedra afilada por los primitivos y desde ese momento siguió la evolución tecnológica con la evolución de las actividades productivas.

Aspectos Económicos: El conservadurismo en el aspecto económico surge con la sastrería, introduciendo un elemento que diferenciaba entre actividad productiva y conservadurismo, olvidando que ambas actividades son iguales y no complementarias.

3.2.1 Historia Del Mantenimiento.

El mantenimiento surgió porque los humanos necesitaban construir instrumentos para sobrevivir. Estos instrumentos o herramientas tenían fallas y roturas, y el hombre tuvo que repararlas o mejorarlas para que duraran más. Era la era de la Revolución Industrial y la mecanización de la industria, un punto de inflexión cuando surgieron preocupaciones sobre fallas en herramientas y equipos y, a veces, desempleo industrial. Esto ha resultado en una serie de solicitudes de investigación y mantenimiento que se llevan a cabo en el siguiente orden cronológico:

Tabla 1 Línea Del Tiempo.

1780	Mantenimiento Correctivo (CM). Inicio de la Revolución Industrial. Se realizan los bienes por hombres, por lo que los productos son escasos y caros.
1798	Mejora del CM. Uso de partes intercambiables en las máquinas para que, en caso de piezas rotas, no necesitare que se haga una a medida. Producción en masa.
1910	Formación de cuadrillas de Mantenimiento Correctivo.
1914	Mantenimiento Preventivo (MP). La Industria de guerra necesitaba trabajar de forma continua con demanda urgente de productos. Otro punto importante fue la necesidad de que las máquinas de guerra más importantes no fallasen.
1916	Inicio del Proceso Administrativo creado por Henry Fayol. Un modelo integrado de cinco elementos: previsión, organización, dirección, coordinación y control.
1927	Uso de la estadística en producción a fin de controlar el trabajo.
1931	Control Económico de la Calidad del producto Manufacturado.
1937	Conocimiento del Principio de W. Pareto donde permitía ver y establecer prioridades.
1939	Se controlan los trabajos de Mantenimiento Preventivo con estadística. Debido a la Segunda Guerra Mundial, se necesitaban las industrias del acero las 24 horas.
1946	Se mejora el Control Estadístico de Calidad (SQC) porque se veía que el MP no daba buenos resultados.
1950	En Japón se establece el Control Estadístico de Calidad.
1950	En Estados Unidos de América se desarrolla el Mantenimiento Productivo (PM).

1951	Se da a conocer el “Análisis de Weibull”, una técnica para estimar una probabilidad basada en datos medidos o supuestos para solucionar problemas de mantenimiento.
1960	Se desarrolla el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Surge en la industria aérea.
1961	Se inicia el Poka-Yoke (a prueba de errores). Este sistema entra en juego cuando esta la seguridad humana.
1962	Se desarrollan los Círculos de Calidad (QC) basados en el MP.
1965	Se desarrolla el análisis Causa- Raíz (RCA) .
1968	Se presenta el libro “Mantenimiento centrado en la Confiabilidad” conocida como el RCM mejorado.
1970	Difusión del uso de sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS) .
1971	Se desarrolla el Mantenimiento Productivo Total (TPM) .
1978	Se presenta la Guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento en naves aéreas.
1980	Se desarrolla la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO) . Se aplica el RCM-2 en toda clase de industrias.
1995	Se desarrolla el proceso de los 5 Pilars of the Visual Workplace (5S's) .
2005	Se estudia la filosofía de la Conservación Industrial (IC).

Fuente: (FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, 2018)

3.2.1.1 La Primera Generación.

La primera generación es hasta la Segunda Guerra Mundial. En ese momento, la industria no estaba muy mecanizada, por lo que el tiempo de inactividad no importaba mucho. Las máquinas eran más sencillas y en su mayoría diseñadas para una finalidad específica. Esto lo hizo confiable y fácil de reparar. Por lo tanto, no

había necesidad de sistemas de mantenimiento. La complejidad y la necesidad de personal calificado era menor que en la actualidad.

La historia del mantenimiento acompaña el desarrollo de la tecnología industrial humana. A finales del siglo XIX, la mecanización de la industria hizo necesarias las primeras reparaciones. Hasta 1914 el mantenimiento era secundario y lo realizaba el mismo grupo operativo.

Con el inicio de la Primera Guerra Mundial y la introducción de la producción en masa por parte de Ford, las fábricas comenzaron a establecer programas mínimos de producción, lo que generó la necesidad de armar equipos que pudieran reparar las máquinas en el sitio en el menor tiempo posible. Esto creó un puesto suboperativo cuyo propósito principal era el mantenimiento, ahora conocido como 'mantenimiento correctivo'. Los organigramas de cada empresa representan así el cargo de mantenimiento.

Esta situación continuó en la década de 1930, cuando la Segunda Guerra Mundial y la necesidad de aumentar las velocidades de producción hicieron que la gerencia no solo se interesara en corregir errores, sino también en evitar que ocurran. [23]

3.2.1.2 La Segunda Generación.

Durante la segunda guerra mundial las cosas cambiaron totalmente. El tiempo de guerra aumentó la necesidad de todo tipo de productos, mientras que la mano de obra industrial se redujo considerablemente. Esto llevó a la necesidad de una mayor mecanización. Para 1950, se estaban construyendo todo tipo de máquinas cada vez más sofisticadas. La industria se volvió dependiente de ellos. A medida que crecía esta dependencia, las fallas en las máquinas se hacían más evidentes. Esto dio lugar a la idea de que las averías de las máquinas pueden y deben prevenirse, lo que condujo al nacimiento del concepto de mantenimiento preventivo.

Los gerentes de mantenimiento a menudo descubren que se dedica más tiempo a diagnosticar fallas que a realizar reparaciones y se nombró un grupo de expertos en un cuerpo asesor denominado Ingeniería de Mantenimiento para planificar y gestionar el mantenimiento preventivo, analizar causa y efecto de fallas.

En la década de 1960, se basó principalmente en una revisión periódica completa del material. Los costos de mantenimiento comenzaron a aumentar

significativamente también en comparación con otros costos operativos. Como resultado, se implementaron sistemas de planificación y control de mantenimiento. Estos ayudaron a controlar la atención y ahora están establecidos como parte de esta práctica.

3.2.1.3 La Tercera Generación.

A partir de 1966, con la difusión de las computadoras, el fortalecimiento de la Asociación Nacional de Mantenimiento formada a fines del período anterior, y las mejoras en los equipos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento desarrolló criterios de predicción o pronóstico de fallas con el fin de optimizarlos. Desempeño del Grupo de Cumplimiento de Mantenimiento.

Conocidos como mantenimiento predictivo o preventivo, estos estándares están asociados con métodos automatizados de planificación y gestión del mantenimiento, lo que reduce el trabajo burocrático para los contratistas de mantenimiento. Estas actividades llevaron a una fragmentación de la ingeniería de mantenimiento, comenzando con dos equipos. Uno para estudios de fallas crónicas y otro para PCM (Planificación y Control del Mantenimiento), este último destinado a desarrollar, implementar y gestionar los resultados del análisis de mantenimiento y sistemas automatizados.

Hasta la década de 1980, la mayoría de las industrias occidentales tenían objetivos claramente definidos. Significa obtener el máximo rendimiento de una determinada inversión.

Pero a medida que las industrias orientales invaden los mercados occidentales, los consumidores se han convertido en un factor clave en las adquisiciones. La calidad es necesaria para seguir siendo competitivos, especialmente en el mercado internacional.

Este requisito no se debe únicamente a los asiáticos, ya que en 1975 la agencia de las Naciones Unidas definió la última actividad de cada entidad como producción = operaciones + mantenimiento, Podemos asignar las siguientes responsabilidades al segundo factor de este binomio:

- Reducir el tiempo de inactividad del equipo que afecta las operaciones.
- Reparación oportuna de daños que afecten la prestación del servicio.

- Asegurar las operaciones de las instalaciones para garantizar que los productos o servicios cumplan con los estándares establecidos por el control de calidad y las normas establecidas.

Además, con el desarrollo de computadoras personales de lenguaje simple y bajo costo, las agencias de mantenimiento comenzaron a desarrollar y procesar sus propios programas, confiando en la disponibilidad humana y el equipo para cumplir con las prioridades de procesamiento de información. Además, existen dificultades de comunicación cuando se transmiten las necesidades a los analistas de sistemas que pueden no estar bien versados en el dominio del mantenimiento.

Sin embargo, le recomendamos que conecte estas computadoras a su red y ponga la información a disposición de otras partes. Y viceversa. Para algunas empresas, esta actividad ha cobrado tanta importancia que la PCM (planificación y control de mantenimiento) afecta también al área operativa, convirtiéndose en un órgano consultivo de la gestión general de la producción. En este final de siglo, con las exigencias de incremento de la calidad de los productos y servicios, hechas por los consumidores, el mantenimiento pasó a ser un elemento importante en el desempeño de los equipos en un grado de importancia equivalente a lo que se venía practicando en operación.

Estas etapas evolutivas del mantenimiento industrial se caracterizaron por la reducción de costos y aseguramiento de la calidad (debido a la confiabilidad y productividad de los equipos), y la adherencia a los tiempos de ejecución (debido a la disponibilidad de los equipos). [23]

3.2.1.4 La Cuarta Generación.

El aumento continuo en la mecanización significa que el tiempo de inactividad tiene un mayor impacto en la producción, los gastos generales y el servicio al cliente. Esto se está volviendo aún más evidente a medida que el mundo se mueve hacia sistemas de fabricación "justo a tiempo", donde los bajos niveles actuales de inventario significan que pequeños errores pueden paralizar toda una planta. Este aspecto impone grandes exigencias a las operaciones de mantenimiento. Una mayor automatización significa que existe una relación más estrecha entre el estado de la máquina y la calidad del producto. Al mismo tiempo, los estándares de calidad aumentan constantemente. Esto impone mayores exigencias a las operaciones de mantenimiento. Otra característica del aumento de la mecanización es que las consecuencias ambientales y de seguridad de las fallas de las plantas son cada vez

más graves. Al mismo tiempo, los estándares en estas dos industrias también están mejorando debido al creciente interés de la gerencia, los sindicatos, los medios de comunicación y el gobierno. Esto también afecta el mantenimiento. [21]

Hasta la década de 1980, la mayoría de las industrias occidentales tenían objetivos claramente definidos. Significa obtener el máximo rendimiento de una inversión dada. Pero a medida que las industrias orientales invaden los mercados occidentales, los consumidores se han convertido en un factor clave en las adquisiciones. Es especialmente necesario seguir siendo competitivos en el mercado internacional. [23]

Ilustración 1 Generaciones de la industria.



Fuente: (researchgate, 2022)

3.2.2 Tipos De Mantenimientos.

3.2.2.1 Mantenimiento Correctivo (MC).

Al mantenimiento correctivo también se le llama mantenimiento reactivo, el cual se utiliza a nivel industrial con un alto porcentaje en Estados Unidos, América Latina y muchos países subdesarrollados. Este mantenimiento correctivo se aplica cuando una máquina deja de funcionar debido a la ocurrencia de un daño o falla y tiene como objetivo reiniciar la máquina con el menor impacto posible en la productividad; Un dispositivo o pieza de una máquina suele repararse o sustituirse en el menor tiempo posible. En algunas empresas, las estrategias de mantenimiento se enfocan en la corrección debido a que carecen de conocimientos, herramientas, personal calificado, presupuestos fijos y tecnología moderna para realizar otros tipos de mantenimiento. El mantenimiento correctivo se activa si no se diagnostica a tiempo una posible falla de la máquina. Es muy importante averiguar qué causó el error y tomar las medidas necesarias. Existen dos categorías o tipos de mantenimiento correctivo: Mantenimiento correctivo no programado: Se activa cuando ocurre una falla en el equipo o maquinaria, resultando en la correspondiente parada, en la cual se debe retirar el componente dañado y reemplazar el componente, independientemente de que haya sido nuevo o usado. Mantenimiento correctivo planificado o programado: Esto se hace cuando se encuentra que alguna parte de la máquina está defectuosa, por lo que se programa el mantenimiento para corregir esa posible falla. En general, sólo el mantenimiento de reparación no planificado puede conducir a una situación en la que su reparación inmediata sea superficial; ya sea por falta de repuestos o falta de tiempo para realizar las reparaciones oportunas, o bien por falta de personal, lo que probablemente provoque averías con mayores consecuencias posteriores.

3.2.2.1.1 Ventajas Y Desventajas.

Ventajas.

- Prolongar la vida útil de los equipos por medio de reparaciones de componentes o piezas y corregir las fallas.
- Es imposible determinar la falla.
- No genera gastos fijos.
- Sin programar ni prever ninguna actividad.

- Solo se gasta dinero, cuando está claro que se necesita hacerlo.
- A menor plazo se ofrece un buen resultado económico.
- Hay sistemas, máquinas y equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.
- Estos son los argumentos para que muchas industrias se decanten por el mantenimiento correctivo.

Desventajas.

- La avería o falla puede aparecer en el momento más inoportuno.
- Las averías o fallas no detectadas a tiempo pueden ocasionar daños más complejos e irreparables en los equipos.
- Alto inventario de repuestos.
- La producción se vuelve impredecible y poco fiable.
- Se asumen inseguridades económicas, que pueden ser muy relevantes.
- Se disminuye la vida útil de los equipos. No hay un diagnóstico confiable de las causas que provocan las fallas, pues se desconoce por qué falló. Por ello, la falla se puede repetir una y otra vez.
- Hay tareas o actividades que siempre son rentables, como la limpieza, lubricación, revisión.
- Determinados equipos necesitan continuamente ajustes y seguimiento.
- Las averías o fallos y los comportamientos anormales de los componentes, equipos o máquinas no solo ponen en peligro la buena producción, sino la seguridad de las personas, el medio ambiente y los activos de las compañías.
- Apoyarse solamente en el mantenimiento correctivo –reparar cuando solo se presenta la avería–, se debe contar con técnicos muy especializados y cualificados, tener un alto inventario o stock de repuestos (lucro cesante) y también contar con medios técnicos muy variados.

3.2.2.2 Mantenimiento Preventivo (MP).

El mantenimiento preventivo se basa en tareas o actividades planificadas realizadas en determinados intervalos de tiempo, y su finalidad es asegurar que los activos de la empresa realicen las funciones requeridas por el sistema operativo para optimizar la eficiencia de los procesos; prevenir y prevenir fallas de elementos, componentes, máquinas o equipos; porque también se refiere a diversas operaciones realizadas o utilizadas durante períodos de calendario (tiempos dirigidos), tales como cambios o sustituciones, ajustes, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc.

3.2.2.2.1 Los objetivos del mantenimiento preventivo.

La mayoría de las organizaciones y personas tienen algún tipo de programa de mantenimiento preventivo, lo llamen así o no. Hay una serie de objetivos detrás de éste que son comunes para todos, desde un mecánico de fin de semana hasta una corporación multinacional importante. [26]

3.2.2.2.1.1 Disponibilidad.

Se puede definir como la probabilidad de que la máquina pueda funcionar cada vez que se necesite.

3.2.2.2.1.2 Confiabilidad.

es la probabilidad de que la máquina funcione siempre durante el tiempo requerido por el usuario.

3.2.2.2.1.3 Incrementar.

Maximice la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas o equipos realizando un mantenimiento programado.

3.2.2.2.2 Las Categorías Del Mantenimiento Preventivo (MP).

3.2.2.2.2.1 Cubrimiento del MP.

revisar el porcentaje del equipo o máquina críticos, para las cuales se han desarrollado programas de MP.

3.2.2.2.2.2 Ejecución Del MP.

el porcentaje de rutinas del MP que han sido terminadas según programa.

3.2.2.2.2.3 Trabajos Generados Por Las Repeticiones Del MP.

el número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tiene como origen rutinas del MP.

3.2.2.2.3 Fases De Aplicación De Un Plan (MP).

3.2.2.2.3.1 La Planificación:

(se especifica las actividades por desarrollar, con qué personal se va a trabajar, equipos y herramientas por utilizar, tiempo aproximado de trabajo).

Qué se debe tener en cuenta en esta etapa.

3.2.2.2.3.1.1 Inventario técnico.

Mantenga registros de todos los equipos, herramientas, redes, máquinas, edificios, instalaciones, etc. para crear un inventario completo de máquinas, equipos, etc. Debe ser lo más fácil de implementar posible, debe mantenerse actualizado y debe adaptarse a una buena codificación.

3.2.2.2.3.1.2 Preferencias De Manejo O Usos.

Determinar qué máquinas, plantas son productivas y no productivas. Primero, clasifíquelos como críticos, subcríticos y no críticos.

3.2.2.2.3.1.3 Control De Costos.

Análisis de Costos: Un control muy importante para evaluar los resultados del mantenimiento. Esto le permite ver rápidamente las secciones o áreas que necesitan mejoras.

Los costos estándares se calculan según Ecuación 1.

Ecuación 1 Costo Total Acumulado De Mantenimiento.

$$CTM_{prom} = \frac{CMP + CMC}{T}$$

Fuente: (PÉRES RONDÓN, 2021)

CTM: es el costo total promedio acumulado de mantenimiento.

CMP: es el costo del mantenimiento preventivo.

CMC: es el costo del mantenimiento correctivo (observado por las inspecciones del mantenimiento preventivo).

T: es el período de tiempo considerado (por ejemplo: meses, trimestre, semestre, industria, en una forma eficiente y efectiva).

Cada costo de mantenimiento está integrado básicamente por:

- Horas improductivas (lucro cesante).
- Horas – hombre.
- Materiales y servicios de terceros.

El porcentaje de mantenimiento programado durante el mismo período de T (% MP), según Ecuación (2).

Ecuación 2 Porcentaje De Mantenimiento Programado.

$$\%MP = \frac{H_{shombre} - MP}{H_{shombre} - MP + H_{shombre} - MC}$$

Fuente: (PÉRES RONDÓN, 2021)

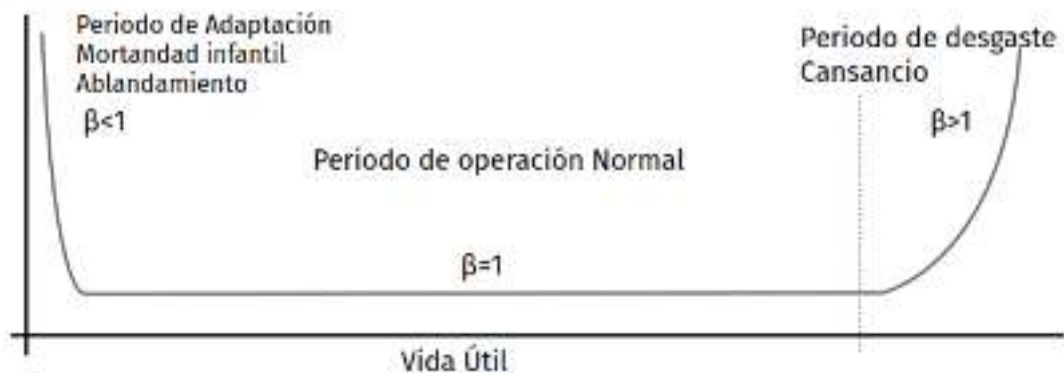
3.2.2.2.3.1.4 Factores Técnicos Que Regulan La Estructuración.

Los factores técnicos que regulan la estructuración del MP pueden ser:

- Período de habilitación entre inspecciones.
- Límite de vida útil en servicio.
- Variables por controlar.

Como referencia del comportamiento de las máquinas se debe tener en cuenta la conocida curva de la bañera, Ilustración 2.

Ilustración 2 Curva De La Bañera O Curva Del Ciclo De Vida De Un Equipo.



Fuente: (PÉRES RONDÓN, 2021)

3.2.2.2.3.1.5 Sistemas De Información.

¿Qué tan importante es hoy en día el uso de las computadoras en el área de mantenimiento?

Todo lo que se puede incluir en una computadora se puede relacionar en el siguiente listado a nivel general:

- Plan mensual, semestral o anual de inspecciones.
- Registro de inspecciones.
- Programa semanal, mensual de lubricación.
- Registro de lubricaciones.
- Ordenes de trabajo para lubricaciones.
- Programa diario, semanal, quincenal, mensual, trimestral, semestral y anual de trabajos.
- Ordenes de trabajo para reparaciones, cambios, ejecución de mantenimientos, ya sea correctivo, preventivo, predictivo.
- Registro de actividades realizadas por equipos, máquinas, sistemas, etc.
- Ordenes de trabajos programadas, realizadas o ejecutadas, pendientes.
- Relación del personal según actividades realizadas.
- Fichas técnicas de equipos, maquinaria.
- Hojas de vida de equipos, maquinaria.
- Taxonomía.
- Costos.
- Indicadores de desempeño de mantenimiento.

- Otros.
[22]

3.2.2.2.3.1.6 Planificación Y Operación.

Un mantenimiento exitoso inicia con una buena planificación, que llegue a una operación efectiva.

3.2.2.2.3.1.7 Existencia, Inventario De Herramientas O Repuestos.

Si bien la presencia de estos elementos compartidos en los depósitos es importante, también no tiene costo para el negocio ya que el capital es estacionario.

Sin embargo, el mantenimiento correctivo se puede realizar sin repuestos, por lo que no se debe perder la premisa de “sin repuestos, sin mantenimiento”. ingeniero. También deben estar disponibles las herramientas, dispositivos y calibres utilizados para verificar el estado del equipo.

3.2.2.2.3.2 La Programación.

(se define el día, la hora, lugar dónde se van a desarrollar, las actividades previamente planificadas).

Aquí se hace referencia a un plan de actividades según el plan de mantenimiento preventivo. Se determinará la fecha y hora, la duración aproximada de la implementación y el lugar donde se implementarán las medidas preventivas. Se puede decir que los plazos de corto, mediano y largo plazo son muy importantes para el desarrollo de la industria.

Esta programación se basa en el orden de realización de las distintas actividades de este tipo de mantenimiento, según el modelo propuesto y teniendo en cuenta su periodicidad. Justificación del nivel por el cual se debe realizar el mantenimiento de acuerdo a la urgencia, disponibilidad del equipo de mantenimiento, uso de material requerido, personal, etc. Otorgado según historial del dispositivo, prioridad, inspección, recomendación, información de fabricación y ventas. La programación se puede realizar de forma diaria, semanal, quincenal y mensual.

3.2.2.2.3.3 La ejecución.

(realización de los trabajos, previamente definidos).

Se deben considerar varios factores al detallar las diversas acciones que se deben tomar durante el mantenimiento preventivo, que incluyen:

3.2.2.2.3.4 El control.

(verificación y validación de los trabajos ejecutados).

Para una correcta gestión de las máquinas, equipos, instrumentos, componentes e instalaciones, es muy importante y siempre necesario llevar varios registros de mantenimiento de cada equipo o máquina. Verifique que el porcentaje de programación del mantenimiento preventivo sea alto.

Hacer controles en:

- Inventario de repuestos.
- Inventarios de equipos, máquinas, instrumentos y repuestos.
- Implementaciones de planes de mantenimiento.
- Definir la prioridad de equipos a reparar.
- Coordinar los servicios de mantenimiento preventivo con personal propio o con contratistas.
- Solicitar la redacción de contratos con las empresas externas.
- Verificar el mantenimiento preventivo.
- Actividades de mantenimiento de registros.
- Analizar las actividades realizadas.
- Los bienes no afectan la seguridad de las personas, los mismos equipos e instalaciones después de que se haya realizado el mantenimiento. Lo mismo se aplica a la contaminación ambiental.
- Retroalimentación.

3.2.2.2.4 Ventajas Y Desventajas.

Ventajas.

- Reduce las interrupciones, las averías y los tiempos de inactividad (mayor disponibilidad de máquinas, plantas y sistemas).
- Prolongar la vida útil de máquinas, dispositivos, componentes y sistemas.

- Se mejora efectivamente la utilización de los recursos.
- Reducido o reducido stock de repuestos.
- Hay ahorros financieros a largo y mediano plazo.
- Elaborar un plan de mantenimiento.
- Se definen los indicadores clave de desempeño o de gestión.
- Los procedimientos del curso están documentados. La información se mantiene actualizada.
- Se realizan las oportunas inspecciones periódicas.
- Implementar un programa de lubricación adecuado.
- Definición del presupuesto.
- Se mejorará la seguridad laboral de las personas.
- Mayor concienciación sobre la contaminación.
- Reducción continua en el pago de horas extras.
- Mejorar el cumplimiento para la entrega a tiempo de la producción.

Desventajas.

- Cada vez que inicia el programa, el costo aumenta.
- Inicialmente, el personal de mantenimiento necesitará tiempo adicional. Encuentre información sobre manuales, historial, fichas técnicas, repuestos, inventario, reparaciones y más. Actualizar información, crear procedimientos, instructivos.
- Tiempo para transferir la información recopilada.
- Técnico de Mantenimiento, trabajo de campo adicional. Clasificación de equipos. Materiales utilizados, horas, etc.
- Fundación, organización del campamento.
- rotaciones de repuestos, actualizaciones e inventario.
- Aumento de los costos de educación y capacitación del personal.

3.2.2.3 Mantenimiento Conductivo.

Una estrategia de mantenimiento basada en la condición no requiere que los técnicos de mantenimiento realicen todas las tareas de inspección o todas las acciones para limitar el deterioro del equipo. Hay un conjunto muy específico de tareas que el propio usuario de la instalación debe realizar. Como se explicará más adelante, las tareas de este grupo se relacionan principalmente con observar si el equipo funciona correctamente, pero también está relacionado evitar la rotación de

la máquina y cambiar o reemplazar ciertos consumibles. En el caso de dispositivos redundantes, siempre se está ejecutando el mismo dispositivo, lo que garantiza el correcto comportamiento de dispositivos normalmente muertos que se activan solo en casos muy específicos. [27] [24]

3.2.2.3.1 Tareas De Mantenimiento Conductivo.

El mantenimiento realizado es, por tanto, un conjunto de tareas de inspección realizadas por el personal operativo y puede implicar algunas tareas sistemáticas que requieren conocimientos técnicos muy básicos. Estas tareas generalmente amplias generalmente se agrupan en órdenes de trabajo recurrentes denominadas recorridos o planes de trabajo. Los tipos de tareas incluidas en una ruta operativa se pueden agrupar de varias formas. Estas diferentes clasificaciones se muestran a continuación.

3.2.2.3.1.1 Tipos De Tareas Según Su Naturaleza Técnica.

En primer lugar, pueden agruparse según su carácter técnico. Por tanto, los 10 tipos de tareas que componen una Ronda Operativa son siempre:

1. Prueba sensorial. Este tipo de inspección es muy importante en cualquier instalación industrial y requiere observar el equipo y compararlo con lo que se considera un patrón de funcionamiento normal.
2. Recopilación de datos mediante dispositivos instalados en el campo, como manómetros, termómetros.
3. Lectura de contadores. En realidad, es un tipo específico de recopilación de datos como se describe en el punto anterior. Estos contadores son contadores de energía, contadores de caudal para determinados líquidos, contadores de tiempo, etc. Computadora portátil. Puede que no haya un dispositivo de medición fijo, pero el operador debe llevar este dispositivo y seguir el procedimiento para tomar las medidas. Siempre son portátiles, no requieren instalación y son muy fáciles de usar.
4. Recogida de datos del sistema de control. Muchos valores medidos, como presión, temperatura, flujo, nivel de llenado, concentración, se envían al sistema de control y se pueden mostrar allí. Gran parte de la recopilación de datos se puede realizar desde la sala de control.
5. Lubricación. Si bien no es común en las plantas de energía solar, en otros tipos de plantas el trabajo de mantenimiento se delega a los operadores. Con niveles de personal y cargas de trabajo livianas durante ciertos momentos del día (noche, períodos de baja radiación, etc.), tiene mucho sentido que los operadores realicen

este tipo de tareas. Como resultado, el trabajo se distribuye mejor entre operaciones y mantenimiento.

6. Rotación de equipo. Las instalaciones suelen tener instalaciones redundantes para que la falla de una de las instalaciones pueda evitar el tiempo de inactividad o el mal funcionamiento de un subsistema, sistema, área o instalación completa. Esto es generalmente más barato. Es común que los equipos se "roten" para que el desgaste de los equipos que forman parte de un subsistema redundante no siempre ocurra en el mismo equipo. H. Cambiar entre dispositivos activos y de repuesto.

7 Validación de equipos de parada suave. Se están desarrollando muchos dispositivos que solo funcionan en determinadas circunstancias. Por ejemplo, solo funciona en emergencias o cuando otros dispositivos están apagados. Debe probarse regularmente para estar relativamente seguro de que estará en buenas condiciones cuando realmente lo necesite.

8 Sustitución de consumibles. Algunos equipos, subsistemas, sistemas o áreas requieren el consumo de ciertos materiales que deben ser reemplazados por el operador. Estos consumibles pueden ser productos químicos, aceites, refrigerantes o fluidos de calefacción.

9. Reemplace los consumibles. Algunos elementos que forman parte del equipo tienen una vida útil corta, o al menos temporal. Deben ser cambiados por otros en un momento determinado, por un período de tiempo determinado, o según la medición de parámetros físicos o químicos. Este es el caso de los filtros, rodamientos, rodamientos, ánodos de sacrificio, etc.

10 Evaluación de datos físicos. Como se explicará más adelante, esta es la base del mantenimiento predictivo termodinámico, una técnica predictiva que puede ser ejercida por el personal operativo para determinar con cierto grado de rigor si un tipo particular de equipo está funcionando correctamente.

3.2.2.3.1.2 Tipos De Tareas Según Lugar De Realización.

Dependiendo de la ubicación de implementación, podemos distinguir entre dos tipos de tareas de gestión. Tareas que deben realizarse en el campo y tareas realizadas desde la sala de control que se relacionan principalmente con la lectura de parámetros desde la pantalla de control.

Es importante dividir el recorrido de operaciones en dos partes. Uno que contiene solo tareas realizadas en el campo y otro que contiene tareas realizadas desde el control.

Considerando que la recolección manual de datos de parámetros ya registrados en el sistema de control no debe asumirse como un trabajo innecesario, a pesar de que el sistema de control ya acepta y registra estos datos, también es importante. Una de las cosas que los sistemas de control no pueden hacer es diagnosticar lo que está pasando, pero las mediciones se mantienen dentro de los parámetros normales. Por ejemplo, es posible que un sistema de control no detecte un aumento de temperatura en un rodamiento hasta que esa temperatura active una alarma. La recopilación se detecta lo suficientemente temprano como para justificar la recopilación manual de datos para los sistemas de control.

3.2.2.3.1.3 Tipos De Tareas De Acuerdo Con La Frecuencia.

El mantenimiento conductivo incluye tareas que deben realizarse con mucha frecuencia. En general, las tareas de mantenimiento conductivo se pueden dividir en las siguientes frecuencias:

1. Tareas que deben realizarse varias veces durante un turno (cada hora, cada dos horas, etc.).
2. Tareas que deben realizarse una vez por turno.
3. Tareas que se realizan una vez al día.
4. Tareas que se realizan semanalmente.

3.2.2.3.1.4 Inspecciones Sensoriales.

Además de la recopilación de datos, las pruebas sensoriales forman uno de los dos pilares de las visitas a la fábrica o el mantenimiento conductivo (el llamado mantenimiento conductivo). Una prueba sensorial, como su nombre indica, es una prueba que utiliza solo los cinco sentidos. Por lo tanto, incluye ver, oler, sentir, tocar y oír.

Los aspectos que pueden ser monitoreados solo con la ayuda de los sentidos, sin la ayuda de medios técnicos, son: Orden y limpieza de la zona en la que está el equipo:

- Aspecto visual de los equipos: estado de la pintura, del aislamiento, etc.
- Integridad estructural: elementos flojos o caídos, falta de algún componente.
- Síntomas de corrosión.

- Ruidos anormales.
- Vibraciones anormales.
- Fugas de fluidos líquidos.
- Fugas de fluidos gaseosos.

Casi todo el equipo de la instalación debe revisarse al menos una vez a la semana, preferiblemente al menos una vez al día. Hay que tener en cuenta que muchos defectos pueden ser detectados por sensores en sus primeras etapas mucho antes de que se conviertan en un problema en la producción y la solución es barata y rápida. [27]

3.2.2.3.2 Ventajas Y Desventajas.

Ventajas

- No hay necesidad de técnicos de mantenimiento profesionales.
- Se ejecuta con frecuencia. Lea parámetros desde el campo
- desde el panel de control central, eliminando la necesidad de que los técnicos viajen.
- Debido a la variedad de tareas, este tipo de mantenimiento ayuda a mantener el dispositivo en óptimas condiciones y previene accidentes.
- Minimizar costes. La rotación de
- dispositivos extiende la vida útil de cada uno al limitar el uso excesivo.
- Se detectan a tiempo ruidos, problemas de lubricación y otras condiciones que afectan el buen funcionamiento de los equipos.
- Método flexible y universal. Por ejemplo, puede realizar el mantenimiento de iluminación conductiva en un edificio para ver si la iluminación es buena o mala. Lo mismo ocurre con la calefacción, la ventilación, la maquinaria de fabricación industrial, etc.

Desventajas.

- Requiere una importante inversión de tiempo.
- Algunas tareas pueden ser demasiado grandes o complejas para realizar, especialmente debido a la gran cantidad de funciones derivadas que los ingenieros deben considerar. [30]

3.2.2.4 Mantenimiento Predictivo.

Hay varias definiciones de mantenimiento predictivo. Uno de estos puede interpretarse como un tipo de mantenimiento en el que el desgaste y el estado de la maquinaria están relacionados con la relación de parámetros físicos. El mantenimiento predictivo implica medir, rastrear y monitorear los parámetros mecánicos o del equipo y las condiciones de operación del equipo. Dichos productos especifican y gestionan valores de pre alarma y disparo para todas las variables consideradas relevantes para la medición y el control.

El mantenimiento predictivo también puede verse como una tecnología que predice futuras fallas, anomalías, roturas o fallas de piezas mecánicas para que las piezas puedan reemplazarse de acuerdo con un plan justo antes de que fallen. Esto reduce el tiempo muerto del equipo y prolonga la vida útil de los componentes.

Consiste en una serie de pruebas no destructivas diseñadas para verificar el funcionamiento del dispositivo y detectar señales de advertencia de que uno de sus componentes no está funcionando correctamente. Cuando revisas este tipo de equipos, la información más importante es la tendencia de los valores, porque existen los cálculos necesarios para predecir con cierto margen de error cuando el equipo subirá. Estas se denominan técnicas predictivas. Cuando se utiliza este tipo de mantenimiento del sistema en base a horas de operación o tiempo desde la última actualización, la innegable ventaja del mantenimiento predictivo es que en la mayoría de los casos no se requiere un desmontaje mayor y en muchos casos ni siquiera se para la máquina.

Suelen ser técnicas no invasivas. Si se descubre algo inusual después de la inspección, se programa el procedimiento. El objetivo es prevenir y, por lo tanto, prevenir la falla catastrófica de un componente, pieza, máquina o dispositivo. Por lo tanto, estas técnicas de mantenimiento predictivo ofrecen una ventaja adicional: las piezas de repuesto se compran cuando se necesitan, eliminando el inventario (capital silencioso sin pérdida de trabajo o pérdida).

Estas aplicaciones predictivas más comunes en instalaciones industriales son las siguientes:

- El análisis de vibraciones mecánicas, considerado por muchos como la técnica estrella dentro del mantenimiento predictivo.
- Aplicación de termografías.
- Uso de baroscopios (inspecciones visuales).
- El análisis de aceites.

- Los análisis de ultrasonidos.
- El análisis de humos de combustión.
- El control de espesores en equipos estáticos.
- también el análisis por medio de luz ultravioleta.

En la Ilustración 3, se pueden apreciar estas técnicas predictivas más habituales.

Ilustración 3 Técnicas Predictivas.



Fuente: (PÉRES RONDÓN, 2021)

En la Ilustración 4, se puede observar un enfoque del mantenimiento basado en condición, según estrategias, metas, tecnologías aplicadas y sus beneficios.

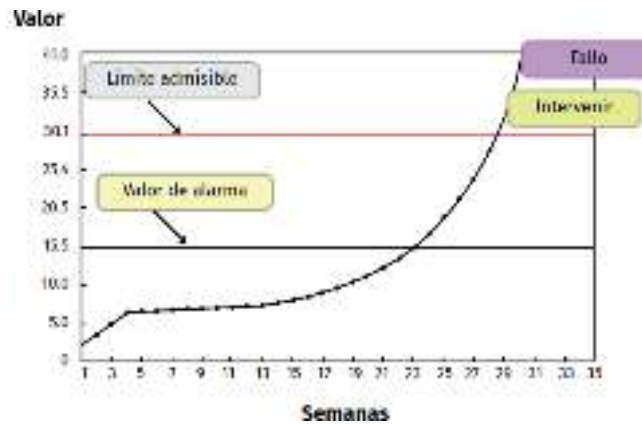
Ilustración 4 Mantenimiento Basado En Condición.



Fuente: (PÉRES RONDÓN, 2021)

Existen otras técnicas de previsión muy fáciles de implementar que no suelen considerarse equivalentes, pero que en realidad lo son: la inspección visual y la lectura de contadores. La implementación del mantenimiento predictivo se basa en gran medida en inculcar una perspectiva histórica sobre la relación entre una variable seleccionada y la vida útil de un componente. Esto se logra tomando valores como la vibración del rodamiento a intervalos regulares hasta que falla el componente. Ilustración 5, muestra una curva típica obtenida al graficar una variable (oscilación) contra el tiempo.

Ilustración 5 Gráfica De Tendencia De Un Valor De amplitud de Vibración De Un Cojinete.



Fuente: (PÉRES RONDÓN, 2021)

Las empresas que producen dispositivos y software de medición de mantenimiento preventivo pueden recomendar intervalos y valores para reemplazar la mayoría de los componentes de equipos, máquinas, sistemas; esto hace que el análisis histórico sea irrelevante para la mayoría de las aplicaciones.

3.2.2.4.1 Técnicas De Mantenimiento Predictivo.

3.2.2.4.1.1 Análisis De Vibraciones.

La importancia de las vibraciones mecánicas en el mantenimiento industrial, la perturbación que se aprecia en el comportamiento de una pieza o elemento vibratorio de una máquina, y por tanto la urgencia de evitar a corto y medio plazo averías provocadas por este tipo de situaciones.

Uno de los principales objetivos de este análisis debe ser caracterizar las amplitudes de vibración predominantes en el componente, elemento o máquina; Identificar las

causas de las vibraciones y por lo tanto corregir el problema causado por ellas. Las vibraciones mecánicas incrementan los esfuerzos y tensiones, las pérdidas de energía, el desgaste de los materiales y los que mayor daño provocan: la fatiga de los materiales y los ruidos perturbadores en el ambiente de trabajo y la seguridad laboral.

3.2.2.4.1.1.1 Factores Relevantes De Las Vibraciones.

- La frecuencia: es el periodo de tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios).
- El desplazamiento: es la distancia específica total que realiza el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su movimiento.
- La velocidad y la aceleración: como valor que involucra a los ítems anteriores.
- La dirección: las vibraciones pueden moverse en forma lineal y rotacional en los 3 ejes (x, y, z).

3.2.2.4.1.1.2 Tipos De Vibraciones:

- Vibración libre: generada por un sistema que oscila debido a una excitación momentánea.
- Vibración forzada: provocada por un sistema que oscila debido a una excitación continua.

Aquí, se relacionan los aciertos más comunes por los que un componente, elemento, máquina o sistema puede llegar a vibrar:

- Vibraciones debido a que las máquinas que giran ocasionan desequilibrio.
- Vibración ocasionada por falta de una buena alineación.
- Vibración generada por la excentricidad de los ejes de acople en equipos rotativos.
- Vibración causada por la falla de cojinetes o rodamientos.
- Vibración creada por problemas de los engranajes, correas de transmisión, tolerancias, holguras, deficiente lubricación, contacto o roce entre piezas metálicas, etc.

3.2.2.4.1.2 Termografía.

Esta técnica se ha convertido en una herramienta de diagnóstico muy valiosa para el mantenimiento preventivo. La aplicación de la termografía detecta posibles defectos que normalmente no se detectan a simple vista, facilitando la implementación de las medidas correctoras necesarias para evitar estos costosos defectos en los procesos productivos industriales Ilustración 6.

Las cámaras térmicas son herramientas muy importantes para determinar la necesidad de mantenimiento, ya que las instalaciones eléctricas y mecánicas suelen sobrecalentarse antes de fallar. Al identificar estos puntos críticos con una cámara termográfica, se pueden tomar medidas proactivas. Esto se hace para que los defectos no generen grandes costos de reparación y, lo que es peor, provoquen incendios con consecuencias potencialmente catastróficas.

Ilustración 6 Cámara de Termografía - Medición De Temperatura.



Una cámara térmica es un dispositivo de alta precisión que puede analizar y ver rápidamente la distribución de temperatura de superficies enteras de equipos y maquinarias eléctricas a una distancia razonable, de modo que el personal que utiliza estos equipos no se arriesgue a exponer su integridad física. La principal ventaja de medir la temperatura por termografía es que este trabajo se realiza sin contacto, por lo que no interfiere en las condiciones de trabajo de los objetos observados. Esta característica lo hace único en la gestión y mantenimiento de elementos muy destacados.

- Los principales usos de la termografía se pueden denominar:
- Medida de espesores de aislamientos, productos térmicos y contra incendios y también detección de discontinuidades.
- Inspección por inspección de tuberías.
- Inspección de soldaduras.
- Identificar puntos calientes.
- Localización de componentes y anomalías de circuitos eléctricos.
- También se utiliza en aplicaciones de seguridad, defensa y atención médica.
- Prevención y detección de posibles incendios.
- En la vista general de contenedores de almacenamiento.
- Para control de calidad en todos los procesos productivos industriales.

En base a aplicaciones o usos pasados, suele ser en las instalaciones eléctricas donde este tipo de herramienta de mantenimiento predictivo (termografía infrarroja).

3.2.2.4.1.3 Baroscopio.

Es una técnica de monitoreo o inspección no destructiva para la superficie, empleado generalmente en soldaduras, para así validar que su integridad mecánica cumple con las especificaciones y estándares. Pero también se puede aplicar a componentes, máquinas y equipos. Es una inspección visual, que puede ser establecida como el examen de un objeto aplicando el sentido de la visión (ojo humano) que se complementa con una mezcla de diferentes instrumentos de amplificación, grabación, registro, entre otros.

La inspección puede ser.

- Inspección visual directa: Se realiza lo más cerca posible del objeto, componente, máquina, utilizando la máxima suficiencia visual del personal. Los dispositivos que se pueden usar incluyen lupas, microscopios, lámparas o linternas, y los dispositivos de medición como calibradores, micrómetros y calibres se usan regularmente para determinar y clasificar las condiciones que se observan.
- Inspección visual remota: se utiliza en situaciones en las que no hay acceso directo al objeto, componente o máquina que se está inspeccionando. Se usa comúnmente en motores alternativos, turbinas estáticas, compresores, tubos de calderas, tuberías, intercambiadores de calor, soldaduras internas, tanques, válvulas y más.

3.2.2.4.1.3.1 Los Análisis De Aceites

Con la ayuda del análisis de lubricantes podemos maximizar el ahorro de costos al cambiar los lubricantes cuando sus propiedades ya no son las correctas o contienen elementos contaminantes, también se utiliza para controlar el desgaste de las máquinas y sus partes, para controlar las partículas. lubricante Con esta técnica, puede analizar el estado del lubricante y sus aditivos. Puede controlar el consumo de lubricante, el desgaste de las máquinas, evitar averías en las máquinas que afectan los costos de producción y mantenimiento. [29]

La contaminación y la mala calidad del aceite provocarán un mayor desgaste del componente o la celda, lo que provocará la falla del equipo El análisis de aceite detecta la contaminación y degradación del lubricante antes de que estas condiciones provoquen la falla del equipo.

En el análisis de aceite se tienen buenos beneficios, ya que, ejecutando mediciones a algunas propiedades fisicoquímicas fueron suministra datos sobre:

- El estado del lubricante (su viscosidad, partículas contaminantes - limpieza).
- Deterioro de la máquina.
- Nos permite instaurar un buen programa de lubricación basado en condición.

Para implementar una estrategia de prevención es importante considerar que se deben implementar dos tipos de alertas:

- Las absolutas.
- Las estadísticas.

Las tolerancias absolutas son límites de sanción utilizados para determinar el estado de contaminación de un aceite o lubricante y pueden ser seguidas por recomendaciones de los fabricantes de máquinas y recomendaciones del laboratorio que analiza los aceites o lubricantes. Las interferencias estadísticas se basan en valores registrados en sus propios dispositivos. Este análisis dio una tendencia que ayuda a identificar anomalías o fallas iniciales. Considere y no olvide la variabilidad asociada con la precisión de las pruebas realizadas.

De igual forma, es importante conocer la metalurgia de las partes móviles en contacto con el lubricante para determinar el origen de los metales de desgaste.

La contaminación es la razón principal por la que se acorta la vida útil de los aceites y aumenta la frecuencia de averías o mal funcionamiento de las máquinas. En la mayoría de las máquinas, la contaminación sólida es la principal causa de daño o falla por desgaste.

Hay otros contaminantes como la humedad y las partículas que contribuyen al deterioro del aceite. En la tabla 2 se pueden ver los efectos o consecuencias de diferentes aditivos en el aceite.

Tabla 2 Efectos De Los Contaminantes Sobre La Superficie De La Maquinaria.

TIPOS DE CONTAMINANTE	IMPACTOS SOBRE LA SUPERFICIE DE LA MAQUINARIA
Partículas	Genera desgaste superficial por abrasión y fatiga.
Agua	Se produce la herrumbre y el rayado.
Combustible	Aumenta el desgaste por pérdidas de resistencia de la película del lubricante.
Anticongelante	También se forma la herrumbre y corrosión. Aumento del desgaste por pérdidas de resistencia de la película del lubricante.
Aire	Genera la cavitación.
Calor	Creación de barniz. Aumento del desgaste por pérdida de resistencia de la película del lubricante.

Fuente: (PÉRES RONDÓN, 2021)

Los aceites por su aplicación y uso en el tiempo sufren un envejecimiento natural que va alterando sus propiedades físicas: la densidad, la viscosidad, y las propiedades químicas que reduce su vida útil, a través los siguientes mecanismos:

- La oxidación
- La polimerización
- La ruptura
- La evaporación

Al reducir la contaminación del agua, el aire, las partículas y el calor, no solo se reduce el desgaste de la máquina, sino que aumenta la vida útil del aceite lo que prolonga la vida útil del proceso del aceite.

3.2.2.5 Mantenimiento Cero Horas (Overhaul).

Es una serie de tareas destinadas a verificar el equipo a intervalos planificados antes de fallar o cuando la confiabilidad del equipo se ha degradado a un nivel en el que es peligroso predecir la capacidad de producción. Esta comprobación consiste en dejar el equipo funcionando durante cero horas, es decir, dejar el equipo como si fuera nuevo. Todas las piezas de desgaste serán reemplazadas o reparadas durante estas revisiones. Está destinado a garantizar un buen tiempo de actividad dado con una alta probabilidad. [28]

3.3 Métodos De Mantenimiento.

3.3.1 Mantenimiento Productivo Total (TPM).

TPM (Mantenimiento Productivo Total) es una tecnología nacida en Japón en 1971. Consiste en un mayor desarrollo de la tecnología de mantenimiento, con el objetivo final de aumentar la eficiencia de las máquinas de la empresa. El objetivo es evitar el tiempo de inactividad no planificado, el tiempo perdido de los técnicos arrancando y reparando máquinas y la degradación del rendimiento de las máquinas. Esto evita pérdidas de productividad por fallas en los equipos o por descuido de algunos técnicos. Para lograr este objetivo, TPM se divide en tres herramientas diferentes. [31]

3.3.1.1 La Tasa De Rendimiento Sintético (TRS).

El índice de rendimiento combinado (TRS) o la eficacia general del equipo (OEE) es un índice de rendimiento desarrollado por Seiichi Nakajima en la década de 1960 para medir la disponibilidad de las plantas industriales. OEE es actualmente la métrica más utilizada para medir el rendimiento del dispositivo, pero actualmente no existe un consenso internacional sobre esta métrica.

Sin embargo, las medidas proporcionadas por dichos indicadores son relativas y en la práctica se utilizan para identificar áreas de mejora. Las mejoras de OEE se miden frente a puntos de referencia de dispositivos específicos. Por lo tanto, el valor de este indicador es específico del dispositivo y no se puede comparar con diferentes tipos de dispositivos en otros departamentos o plantas. Maximizar OEE o TEEP no significa necesariamente lograr un óptimo global para los fabricantes. [33]

3.3.1.2 Las 5s.

5S es un método japonés que existe desde hace varios años. Aunque se completó en la década de 1960, sus orígenes se remontan a la década de 1950. Este esquema fue desarrollado para satisfacer de manera eficiente las necesidades de las grandes empresas estatales después de la Segunda Guerra Mundial. El diseño y concepción del principio de la metodología

5S fue realizado por el fabricante de automóviles Toyota, inspirado en el conocimiento de la cultura japonesa y la sabiduría ancestral para optimizar el desarrollo de los procesos de negocio. La idea era aprovechar al máximo el tiempo y los recursos disponibles, así como las relaciones laborales, el clima y el entorno empresarial.

La aplicación de este método se ha extendido a diversas instituciones, independientemente del departamento al que pertenezcan, debido a los resultados satisfactorios obtenidos con su aplicación. Actualmente es muy efectivo y tiene un efecto positivo en diferentes sectores de la economía ya nivel individual. Entonces, para muchos, es un resumen de las cinco reglas básicas que aplican todos los días. [32]

Ilustración 7 Las 5's



Fuente: (bidegain, 2022)

3.3.1.2.1 Seiri – Clasificar.

El objetivo de Seiri es eliminar del entorno o puesto de trabajo todo aquello que sea innecesario, facilite el trabajo o no proporcione un beneficio tangible al trabajador.

Por lo tanto, en esta primera fase, como su nombre lo indica, necesitamos clasificar los elementos y objetos que se encuentran en el lugar de trabajo, el departamento y la empresa en su conjunto. El objetivo es separar todo lo que sea inútil o innecesario.

En este sentido, es importante asegurarse de que estén presentes todos los elementos realmente necesarios para llevar a cabo las actividades básicas. Esta fase debe realizarse con cierta frecuencia para evitar acumular piezas, herramientas

y objetos adicionales y para tener siempre los medios adecuados para realizar el trabajo. La realización de esta primera clasificación sienta las bases para fases posteriores.

Los criterios utilizados en esta etapa incluyen:

- Desechar anualmente los elementos no utilizados, a menos que sean difíciles de obtener o reemplazar. Por lo tanto, es esencial establecer el orden correcto o la prioridad de los objetos.
- Una vez al mes, aparta todo lo que necesites.
- Dejar en el puesto de trabajo los objetos que se usan por lo menos dos veces todos los días.
- Ten a mano todo lo que usas con frecuencia al menos una vez por hora.

3.3.1.2.2 Seiton – Ordenar.

El propósito de esta segunda fase es hacer un uso eficiente del espacio y mantener una alineación adecuada en el entorno de trabajo. Priorice la ubicación y colocación lógica de materiales y piezas críticas en cada uno de los marcos espaciales de su empresa para que sean de fácil y rápido acceso.

La gestión visual es una forma de lograr el orden adecuado en un área organizacional. Este concepto es muy útil para colocar objetos en ubicaciones específicas donde se pueden encontrar fácilmente. Tener todo lo que puede encontrar en un solo lugar ahorra tiempo y energía.

Utilice los siguientes consejos para organizar las habitaciones correctamente.

- Ordenar y estandarizar de forma lógica el puesto de trabajo, siguiendo reglas de ordenamiento adecuadas.
- Categorizar herramientas según el nivel de uso.
- Colocar juntos los instrumentos de uso frecuente.
- Hace cumplir las reglas utilizadas en la teoría de colas: primero en entrar, primero en salir. Esto evitará que el producto caduque.

3.3.1.2.3 Seiso – Limpiar.

Esta fase elimina la suciedad de las manchas y juntos optimizamos la limpieza. Así identificamos e identificamos las fuentes de suciedad y las eliminamos para evitar que vuelvan a ocurrir. Se logra que todos los objetos y herramientas se mantengan en buen estado.

De esta manera, se debe asegurar el mantenimiento regular de la maquinaria, el equipo y el propio lugar de trabajo. Todo ello para garantizar en todo momento unas excelentes condiciones de trabajo. Asimismo, esto es fundamental para evitar accidentes de trabajo y la ocurrencia de enfermedades relacionadas con los riesgos a los que están expuestos los trabajadores en el trabajo.

Los aspectos a considerar en esta fase incluyen:

- Reconocimiento de la presencia de anomalías en cada equipo, máquina y área de trabajo.
- Implementar procedimientos sistemáticos de inspección y limpieza.

3.3.1.2.4 Seiketsu – Estandarizar.

Uno de los objetivos de Seiketsu es evitar la recurrencia del desorden y la suciedad. Para ello, es fundamental establecer normas y procedimientos que todos los trabajadores deben seguir. Estas reglas están diseñadas para facilitar la detección de lados irregulares. Al mismo tiempo, debería ayudarte a recordar la importancia de la limpieza y el orden en el lugar de trabajo.

3.3.1.2.5 Shitsuke – Mantener La Disciplina.

La fase de entrenamiento es fundamental para asegurar el éxito del método. Esta fase da seguimiento a las acciones realizadas en la fase anterior. También es importante asegurar el cumplimiento de las normas establecidas dentro de la empresa.

Esta fase implica el equilibrio del sistema y un control estricto. De esta forma, se comparan las metas previamente definidas con los resultados obtenidos, facilitando la identificación de debilidades, carencias, fallas y otros aspectos que se deben potenciar. Esta acción puede desencadenar algunas transformaciones estándar y de proceso definidas para lograr el objetivo establecido.

Shitsuke por lo tanto se enfoca en identificar y aplicar procesos de mejora continua. Al mismo tiempo, es responsable de monitorear constantemente el cumplimiento de los estándares de calidad definidos y las metas deseadas. Permitir que todos los empleados de la empresa conozcan y apliquen los principios del método para conseguir resultados prácticos satisfactorios a corto, medio y largo plazo.

3.3.1.3 El Auto-Mantenimiento.

Se puede decir que "auto-mantenimiento" es el nombre de las actividades de mantenimiento que todos los trabajadores de fabricación llevan a cabo, trabajo de mantenimiento, basado en ajuste fino, inspección visual, limpieza, prueba de funcionamiento, propuesta de mejora e implementación, trabajo de mantenimiento, Preventivo, Mantenimiento predictivo y reactivo. El Auto-mantenimiento o TPM (Total Productive Maintenance) es una filosofía originaria de Japón, la cual se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costes en los procesos de producción industrial.

Se trata de pasar de 'Yo opero y tú arreglas' a 'Soy responsable de mi equipo'.

A diferencia del enfoque tradicional del mantenimiento, donde algunas personas son responsables de 'crear' y otras son responsables de 'arreglar' cuando algo sale mal, el auto-mantenimiento implica cuidado, limpieza. Abogamos por la participación continua de todos los empleados en el mantenimiento y mantenimiento. para asegurar que no ocurran fallas. , sin accidentes ni averías.

Con este nuevo enfoque, el mantenimiento de los equipos se ha convertido en una de las mejores características de la producción. Por esta razón, se debe alentar a los trabajadores de producción a que se involucren más en la gestión y el mantenimiento de los equipos, inicialmente desde un nivel más rudimentario, incluso después de asumir más y más responsabilidades.

Innumerables industrias han descubierto que muchas fallas podrían evitarse si los fabricantes tuvieran un cuidado especial con sus equipos.

1. Su aplicación requiere una evolución significativa de las organizaciones y sus comportamientos y prácticas para exigir: Ejemplos:
 - Interrupciones operativas
 - Desviaciones de tiempo de ciclo
 - Preparación y coordinación
 - Cambios en herramientas, herramientas, etc.
 - Problemas de calidad (retiradas, reparaciones, etc.)
 - Interrupciones menores y rendimiento durante el declive del arranque del equipo.
2. Un programa de mantenimiento preventivo de tareas e inspecciones de rutina que realizan los operadores para mantener el equipo en óptimas condiciones de funcionamiento.

3. Solicitar a los trabajadores de manufactura que identifiquen anomalías, las corrijan, sugieran mejoras para corregirlas y proporcionen ideas para establecer nuevos estándares.

No caiga en la trampa de que el auto-mantenimiento es simplemente una cuestión de transferir las actividades de mantenimiento a producción o una oportunidad de delegar la limpieza de la fábrica a los trabajadores de producción, pero prepárese con mucho cuidado para evitar fallas. El auto-mantenimiento

tiene como objetivo construir un sistema comercial que maximice la eficiencia de todo el sistema de producción y establecer un sistema que evite pérdidas en todas las operaciones comerciales. Esto incluye "cero accidentes, cero errores, cero accidentes" a lo largo del ciclo de vida del sistema de producción.

Apoyado en la participación de todos los miembros de la empresa desde la alta dirección hasta el nivel operativo. Lograr la pérdida cero se logra a través de un pequeño esfuerzo de equipo. El auto-mantenimiento

permite que las organizaciones se destaquen de la competencia porque reduce costos, mejora los tiempos de respuesta, brinda confiabilidad, el conocimiento que tienen las personas y la calidad de sus productos y servicios finales.

Metas de auto-mantenimiento:

- Maximizar la efectividad del equipo
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo a lo largo de la vida útil del equipo
- Involucrar activamente a todos los empleados de la empresa
- Grupo de pequeña escala que promueve el auto-mantenimiento al motivar a los empleados en actividades independientes
- Cero Accidentes
- Cero Defectos
- Cero Fallas

Espero que este post les haya resultado útil. También recomendamos adoptar prácticas de auto-mantenimiento en su negocio u organización. [34]

3.3.2 El PDCA.

El PDCA, más conocido como Círculo de Deming, es una técnica que ayuda a mejorar la planificación y gestión de proyectos industriales. Esta herramienta lo

ayuda a convertir sus ideas en acción, dividir el trabajo a realizar en varios pasos y monitorear el progreso. El acrónimo PDCA significa: [35]

3.3.2.1 P – “Plan”: Planificar.

Identificar las actividades que necesitan mejorar y determinar las metas a alcanzar. Se pueden organizar grupos de trabajo, se puede consultar a los trabajadores y se pueden buscar nuevas tecnologías que sean superiores a las que se utilizan actualmente para buscar mejoras potenciales.

3.3.2.2 D – “Do”: Hacer.

Se realizarán cambios para implementar las mejoras sugeridas. En general, es una buena idea hacer una prueba piloto para comprobar la funcionalidad antes de realizar cambios importantes.

3.3.2.3 C – “Check”: Verificar.

Una vez implementada una mejora, existe un período de prueba para verificar su correcto funcionamiento. Si la mejora no cumple con las expectativas originales, debe revisarse para cumplir con los objetivos esperados.

3.3.2.4 A – “Act”: Actuar.

Finalmente, una vez finalizada la fase de prueba, los resultados deben examinarse y compararse con el desempeño de la actividad antes de implementar la mejora. Si los resultados son satisfactorios, las mejoras se implantarán de forma permanente. De lo contrario, debe decidir si hacer cambios para ajustar los resultados o descartarlos. Después de completar el paso, debe volver periódicamente al paso 1 para explorar nuevas mejoras para implementar.

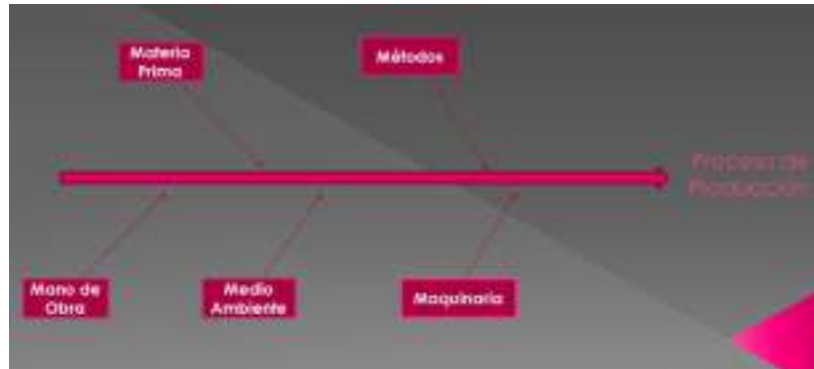
Ilustración 8 El PDCA.



Fuente: (Bernal, 2022)

3.3.3 El Diagrama De Ishikawa.

Ilustración 9 El Diagrama De Ishikawa.



Fuente: (diagramadeishikawa, 2022)

Los diagramas de Ishikawa también se conocen como diagramas de causalidad, diagramas de 5M y diagramas de espina de pescado, y se utilizan para el control de calidad. Puede identificar varias causas y efectos del problema.

El proceso es fácil. Simplemente enumere todas las posibles causas del problema y clasifíquelas según diferentes categorías. Por ejemplo, en Maquinaria, puede crear categorías como Eléctrica, Mecánica, Hidráulica y Automatización, y en cada categoría puede encontrar un conjunto de posibles problemas con esa máquina. Esta herramienta altamente visual se utiliza especialmente para la gestión de riesgos (actividades de gestión de proyectos). Porque le permite anticiparse a todo tipo de problemas que pueden tener consecuencias desastrosas para el negocio de su empresa.

Buscar la efectividad en la corrección de errores y efectos adversos en los procesos de calidad en el piso de fabricación. El objetivo principal es garantizar la calidad y el éxito del montaje. En este caso, Toyota identifica cinco áreas principales que deben monitorearse para lograr la más alta calidad. [38]

3.3.3.1 Materia Prima.

Este proceso es parte integral de la cadena de producción. Un buen producto de partida es garantía de piezas y materiales duraderos y de alta calidad. Esta área puede incluir procesos de almacenamiento, envío y calidad.

3.3.3.2 Metodos.

En este punto, el proceso de aplicación de la estructura y metodología de toda la industria manufacturera. Aquí se discuten y describen varios campos y sectores de desarrollo teórico, técnico y de fabricación. Monitorear y asegurar que se sigan los métodos más efectivos y los mejores resultados.

3.3.3.3 Mano De Obra.

Esta área es probablemente la parte más propensa a errores. Las personas tienden a cometer errores en algún momento, sin importar qué tan hábiles sean en la tecnología actual. El mercado laboral es, por tanto, uno de los más importantes y fundamentales, tanto por su importancia como por sus riesgos potenciales.

3.3.3.4 Medio Ambiente.

Las condiciones climáticas y la ubicación geográfica juegan un papel importante en la formulación adecuada de los objetivos comerciales. Las variables temperatura y tiempo juegan un papel importante. Esto debe medirse y contabilizarse para evitar pérdidas o una menor producción. por frío o calor extremo.

3.3.3.5 Maquinaria.

Asegurar el correcto funcionamiento de toda la maquinaria y tecnología desarrollada en fábrica es una tarea compleja y muy delicada. En este caso, Toyota fue pionera en el uso de sistemas internos de mantenimiento y monitoreo, por lo que esto debe tomarse muy en serio. Empleo y formación de ingenieros y técnicos propios para asegurar el desarrollo de las máquinas y una producción óptima.

3.3.4 Las 5W y 2H.

Ilustración 10 Las 5W Y 2H.



Fuente: (appvizer, 2022)

El método de 5 W describe un método simple y efectivo para el análisis de problemas.

En un contexto profesional, la metodología de este proyecto lo alienta a hacerse las preguntas correctas para comprender y responder de manera efectiva a un problema en particular, en lugar de apresurarse a resolverlo sin consideración previa.

También permite que los equipos trabajen juntos para compartir una visión común de la situación y evitar distracciones.

3.3.4.1 Explicación Y Ejemplo Del Método 5W y 2H

Para que el método funcione completamente, debes:

- Hacer preguntas que sean realmente relevantes y pertinentes para la resolución de tu problema.
- Destacar los puntos más significativos de las respuestas.
- Establecer planes de acción relevantes en relación con los puntos significativos.

3.3.4.2 ¿Cuáles son las 5W?

1. What (Qué)

Se refiere a la razón por la cual se está implementando esta metodología. Suele resultar en:

- ¿Cuál es el problema?
- ¿Qué producto o servicio?
- ¿Para qué se usa el método escogido?
- ¿Cuál es la relación con la persona en cuestión?

2. When (Cuándo)

Busca el momento cuando ocurre el evento. También puede indicar un período de tiempo o una fecha límite:

- ¿Cuándo utiliza el cliente el producto?
- ¿Cuándo se conecta la audiencia a mi sitio?
- ¿En cuánto tiempo esperamos vender este producto?
- ¿Qué tan pronto debemos enviar el boletín?
- ¿A qué edad tendrán hijos?

3. Where (Dónde)

Permite identificar el lugar específico o el lugar afectado por el problema planteado:

- ¿Dónde está el cliente cuando usa el producto?
- ¿A dónde se dirige?
- ¿Dónde surge el problema?
- ¿Dónde se encuentra la información?

4. Who (Quién)

Ayuda a comprender las informaciones importantes de todas las personas involucradas y no necesariamente una sola. Es posible que tengas varios tipos de clientes y todos deberían poder responder a estas preguntas.

En este caso es interesante hacer una tabla con varias entradas:

- ¿Quién tiene conocimiento de la situación?
- ¿Quién es el cliente de este producto?
- ¿Quién lo utilizará? ¿De quién se trata ?
- ¿Con quién está asociada la persona en este contexto?
- ¿Para quién trabaja?
- ¿Quién se hará cargo del proyecto?

5. Why (Por Qué)

Está relacionado con la razón o el desencadenante de la situación. Permite encontrar los primeros elementos de respuesta:

- ¿Qué causó la disminución en la rotación?
- ¿Cuál es el desencadenante de la compra?
- ¿Por qué los clientes prefieren la versión A en lugar de la versión B?
- ¿Por qué los lectores visitan nuestro sitio con menos frecuencia?

3.3.4.3 ¿Cuáles son las 2H?

El método de las 5W suele ser completado por las **2H**:

1. How (Cómo)

Se enfoca en la forma en la cual se llevan a cabo los hechos. Esto es a menudo un elemento importante para la explicación de una situación:

- ¿En qué condiciones los clientes usan nuestro producto?
- ¿Cómo nos conocieron los compradores?
- ¿Cómo prefieren los lectores acceder a nuestro contenido?
- ¿Qué llevó a la persona a llegar a esta situación?

2. How Much (Cuánto) *Criterio Opcional*

Permite cuantificar el objeto de la problemática en cuestión y, a menudo, evaluar la gravedad:

- ¿Cuánto dinero está involucrado?
- ¿Cuál es el precio?
- ¿Cuántas personas visitan nuestro sitio mensualmente?
- ¿Qué tan rápido podemos lanzar un nuevo producto?
- ¿En qué medida la situación impacta nuestro proyecto?

3.3.4.4 Las 5 W DEI Marketing: Ejemplo Concreto

En ventas, como en el contexto periodístico, el vendedor está en contacto directo con el cliente potencial (prospecto) y requiere de un método para recopilar información exhaustiva y objetiva.

Así, puede construir argumentos de ventas relevantes y efectivos. El método 5W maximiza las posibilidades de vender el mismo producto a dos personas sensibles a diferentes argumentos Ejemplo: Tu empresa produce y vende palmeras:

Tabla 3 Ejemplo De 5W.

Eje	Pregunta	Julia	Pablo
¿Quién?	¿Quién es el cliente de la palmera?	El cliente es señor J. P.	Señor J. M. J. G.
¿Qué?	¿Qué tipo de palmera es?	Es una palmera de interior.	Una palmera de interior con un tronco de palmera.
¿Dónde?	¿Dónde va a plantar la palmera?	En un jardín en Málaga.	En un hotel en Madrid.
¿Cuándo?	¿A qué hora va a plantar la palmera?	El día 15 de mayo.	No importa.
¿Cómo?	¿Cómo va a transportar la palmera?	En un coche.	En un camión.
¿Por qué?	¿Por qué quiere plantar una palmera?	La quiere para su jardín.	La quiere para su hotel.

Fuente: (appvizer, 2022)

De este ejemplo tabla 3, podemos concluir que, en el caso particular de Julia, el objetivo era vender no solo el árbol, sino también el servicio impecable de transporte e instalación.

Para Pablo, quiere agregar valor a su hotel más allá de enriquecer su jardín. Así que véndele el árbol más bonito y los complementos (luces LED cálidas, hamacas o columpios de teca). [36]

3.3.5 El Kaizen.

Ilustración 11 Metodología El Kaizen.



Fuente: (dentalcoaching, 2022)

Kaizen es un método japonés que consiste en mejorar la eficiencia de la fábrica y la calidad de la producción a través de pequeñas mejoras continuas. Para que este método funcione, todos los empleados deben estar involucrados en este proceso de mejora continua y todos deben trabajar juntos para lograr las metas establecidas. Para implementar este método, es necesario:

- organizar sesiones de sensibilización para animar a los empleados para que se impliquen y se sientan involucrados;
- formar a los gerentes y técnicos en este método para que puedan medir su utilidad;
- estandarizar todos los procesos e implementar herramientas como el PDCA, presentado anteriormente, o la gestión de la calidad, que permiten a cada uno expresarse libremente y dar su opinión.

3.3.6 Pareto O Análisis ABC.

El análisis de Pareto, también conocido como método 20-80, permitió analizar los principales errores tanto en términos de frecuencia de intervención como de tiempo empleado. Puede estar seguro de que el 20% (o menos) de las causas son responsables del 80% de los problemas detectados en su planta, por lo que puede analizar cada problema para encontrar la respuesta correcta. Para obtener una descripción general de la situación con este método, primero necesita un historial de fallas. El CMMS Mobility Work de nueva generación puede extraer y utilizar automáticamente todos los datos gracias al módulo de análisis.

Ilustración 12 GMAO Aplicando Método De Pareto.



Fuente: (Sagnier, 2022)

Por otro lado, el análisis ABC se basa en el mismo principio que el análisis de Pareto, ya que se deriva directamente del análisis de Pareto. Este es un método de clasificación ampliamente utilizado en el análisis de valores. [31]

3.3.7 FMEA.

FMEA significa Análisis de modo y efecto de falla y es una de las herramientas de análisis de causa raíz más populares.

FMEA, utilizado por primera vez por el Ejército de EE. UU. en 1940, es una técnica analítica para prevenir fallas de procesos/sistemas/equipos y analizar el riesgo mediante la identificación de causa y efecto. Se enfoca en identificar dónde y cómo pueden ocurrir los problemas y gestionar el impacto relativo de esos errores, con el objetivo de identificar las partes del proceso que necesitan ser cambiadas. Es un método sistemático y proactivo. [39]

3.3.7.1 ¿Cuándo Se Usa FMEA?

FMEA es un método particularmente útil para evaluar nuevos procesos antes de la implementación y evaluar el impacto de los cambios en los procesos existentes. Por esta razón, FMEA se usa a menudo durante el diseño para la prevención de errores y luego durante el ciclo de vida para el control de procesos. Por lo tanto, FMEA se utiliza en procesos, sistemas, dispositivos, productos o servicios. [37]

1. En la fase de su diseño o rediseño.
2. Cuando se usan en una forma diferente a la diseñada.
3. Antes de desarrollar planes de control.
4. Cuando se planifican objetivos de mejora.
5. Al analizar fallos o posibles fallos.
6. Periódicamente a lo largo del ciclo de su vida útil.

3.3.7.2 ¿Cómo se realiza el análisis FMEA y cuáles son los pasos?

En FMEA se revisan los siguientes puntos:

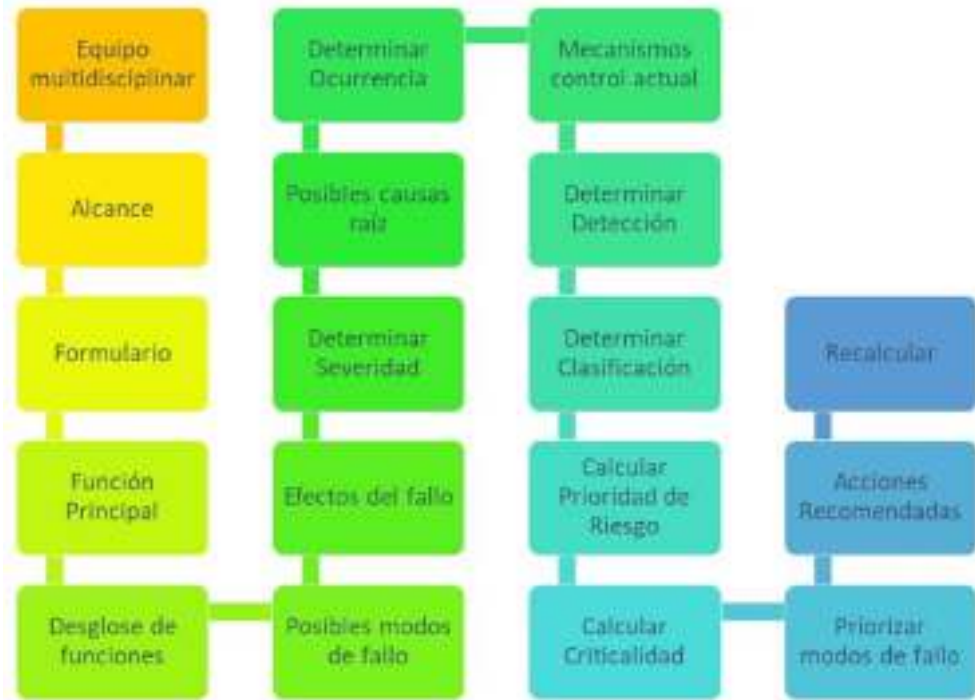
1. Los pasos en el proceso
2. El modo de fallos: ¿Qué puede ir mal?
3. Las causas de fallos: ¿Por qué ocurriría el fallo?
4. El efecto del fallo: ¿Cuáles serían las consecuencias de un fallo?

Las interrupciones se priorizan de acuerdo con la gravedad de sus consecuencias y la frecuencia de ocurrencia. El objetivo es eliminarlos o reducirlos, comenzando con las principales prioridades.

3.3.7.3 Procedimiento FMEA.

Los detalles de implementación y los formatos específicos varían según la organización. Este procedimiento es genérico.

Ilustración 13 Procedimiento FMEA norma SAE J1739.



Fuente: (González, 2022)

- Comience por armar un equipo multidisciplinario con conocimiento diverso de los procesos y necesidades de la organización. Este equipo multifuncional generalmente incluye personal de calidad, diseño, mantenimiento, compras y suministro, producto y posventa.
- Alcance del análisis FMEA especificado. ¿Qué procesos se analizan?, ¿dónde están tus límites? ¿Qué se analiza y qué no? Todos los miembros del equipo deben tener una comprensión clara del alcance.
- A continuación, decida qué formulario FMEA utilizará, cómo recopilará y registrará la información.
- El siguiente paso es definir la función principal. Para ello, debe responder a las siguientes preguntas o similares usando verbos y sustantivos. ¿Cuál es el propósito del equipo o proceso? ¿Qué espera el cliente final?
- Por lo general, la función principal se divide en subfunciones, partes y/o hilos.
- Se identifican posibles modos de falla para cada subfunción.
- Para cada posible tipo de punto anterior del formulario, se debe completar las Consecuencias o Impacto de la Incumplimiento. Aquí están las preguntas que necesitan respuestas: ¿Cuál es la experiencia del usuario final cuando ocurre un error? ¿lo que sucederá?

- En este punto, se determina la gravedad de cada modo de falla. Es decir, una escala del 1 al 10 determina la severidad de la falla (S). 1 es menor y 10 es catastrófico. Si un modo de falla tiene múltiples efectos y sus severidades difieren, se debe considerar la severidad más severa.
- Se identifica una posible causa raíz para cada modo de falla. Para ello se pueden utilizar herramientas de análisis de causalidad con el conocimiento y experiencia de equipos multidisciplinarios. Todas las causas posibles se enumeran y documentan en el formulario FMEA.
- Ahora se registra la ocurrencia (O). La ocurrencia determina la probabilidad de falla debido a una causa particular durante su ciclo de vida. En general se califica del 1 al 10.
- Los mecanismos de control actuales se identifican por causa. Estas son pruebas, procedimientos o mecanismos diseñados para evitar que los errores lleguen a los usuarios finales. Estos procesos ayudan a prevenir que ocurran las causas raíz, reducen la probabilidad de que ocurran y detectan fallas después de que haya ocurrido la causa y antes de que el cliente final se vea afectado.
- En este paso se determina la detección(D). de cada dispositivo de control. La detección es qué tan bien los mecanismos de control pueden detectar la causa raíz antes de que suceda, o deducir el tipo de falla antes de que afecte al cliente final. La detección suele medirse del 1 al 10. 1 significa que el mecanismo de control lo detecta con absoluta certeza, 10 significa que el mecanismo de control no lo sabe con certeza o no existe tal mecanismo.
- Opcionalmente, se puede determinar una clasificación (C). Un modo de falla se clasifica como SI si está asociado a una característica crítica (medida de seguridad, indicador o norma legal), en caso contrario se clasifica como NO. Los modos de falla de clasificación SI generalmente tienen una severidad mayor a 8 y una detección mayor a 3.
- El siguiente paso, es calcular la Prioridad de Riesgo (PR o NPR) y la Criticidad (Cr) [ecuación 4](#).

Ecuación 3 Análisis De Prioridad De Riesgo.

$$NPR = S \times O \times D$$

- Los resultados de PR y Cr priorizan los modos de falla y determinan que el puntaje más alto debe abordarse primero.
- Se han identificado recomendaciones de acción. Estas acciones podrían ser nuevos diseños o cambios en los procesos para mitigar la gravedad o la ocurrencia, y mejorar la detección. No solo debe identificar la acción, sino también quién fue el responsable de la acción y cuánto duró la acción.
- Finalmente, una vez completada la medición, se deben registrar los resultados y datos y recalcular S, O, D, Pr y Cr.

3.3.7.4 Ejemplo FMEA.

En este ejemplo se realiza el diseño de una culata de motor, se analizan posibles fallos y efectos y se priorizan tabla 4.

Tabla 4 Tabla 4 Ejemplo FMEA norma SAE J1739.

Función Descripción	Modo de fallo	Efecto	S	Causa	D	Medida control actual	D	C	PR	Cr
Finalización de la cara inferior	Altura mayor o menor que en especificaciones.	Problema de tumos. Problema de combustible	6	Ajuste incorrecto. Retirada de material incorrecta.	2	Planos. Instrucción de trabajo. Inspección inicial.	3	NO	36	12
Díámetro del inyector	Mayor profundidad del diámetro de la boquilla	Cambios en el punto de inyección puede dar un mayor consumo	6	La cara en reposo del tapón es irregular o está confinada en medio de la cara de control	3	Planos. Instrucción de trabajo. La pieza maestro de profundidad se ajusta.	3	NO	54	18
Finalización de la cara superior	Planicidad fuera de especificaciones.	Problema de encaje. Problema funcional.	6	Ajuste incorrecto. Uso de herramientas incorrectas.	2	Planos. Instrucción de trabajo. Inspección inicial.	1	NO	12	12

Severidad (S): 6 – El producto se mantiene operativo pero hay pérdidas de funcionalidad. Descontento del cliente final.
 2 – Baja.
 3 – Baja.
 Detección (D): 3 – Alta probabilidad de detección.
 1 – Extrema probabilidad de detección. Se puede corregir antes de hacer el prototipo.
 Clasificación (C): NO – No está relacionado con Seguridad o Regulación Legal
 Prioridad de riesgo (PR): PR = S x O x D
 Criticalidad (Cr): Cr = S x D

Fuente: (González, 2022)

4. BANCO INTERCAMBIADOR DE TEMPERATURA.

4.1 Reconocimiento Y Validación Del Banco (Intercambiador De Temperatura).

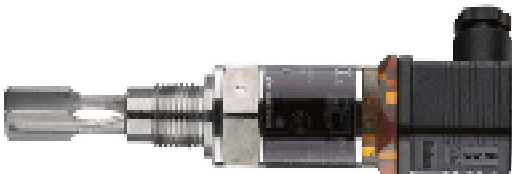
Para el reconocimiento del banco vamos a tener la cuenta el P&ID como lo podemos observar en la ilustración 40, así podemos observar el funcionamiento y todos sus componentes que lo conforman.

Al realizar el reconocimiento de los componentes que hacen parte del banco se realizó grupos como:

4.1.1 Sensores.

Tabla 5 Sensores que hacen parte del banco intercambiador de temperatura.'

Componente	Características
<i>Ilustración 14 Sensor PT100 Entrada De Sistema De Tubos En Intercambiador De Temperatura.</i>  Fuente: Autor	Sensor PT-100 Descripción: consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene una resistencia de 100 ohm y a la vez que aumenta la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. Rango De Medición: -100 a 200 °C Uso: se emplea en lugares que se desea conocer y monitorear temperaturas altas o muy bajas. Función en el banco: El banco cuenta con cuatro sensores TP100 que monitorean las entradas y salidas del intercambiador de temperatura como se observa en Ilustración, 14, 17, 18 y 19.

<i>Ilustración 15 Sensor SITRANS P250.</i>  FUENTE: (instronline, 2022)	Sensor SITRANS P250 Descripción: El transmisor SITRANS P250 mide la presión diferencial de líquidos y gases. Rango de medición: 0 a 25 bar. Señal de salida: 4 a 20 mA o 0 a 5 V. Alimentación: 11 a 33 V dc. Uso: Se emplea en tuberías o cilindros donde se puede generar altas presiones y se desean monitorear por seguridad. Función en el banco: El banco cuenta con un sensor SITRANS P250 que monitorea la presión que sale de la bomba eléctrica y es dirigido para el intercambiador de temperatura como se observa en la ilustración 20.
<i>Ilustración 16 Sensor SITRANS LVL 100</i>  Fuente: (pdfmanuales, 2022)	SITRANS LVL 100 Descripción: SITRANS LVL100 es un sensor de nivel con horquilla vibratoria para la detección de nivel. Está diseñado para el empleo industrial en todas las ramas de la ingeniería de procesos y puede emplearse en líquidos. Rango de medición: Abierto – Cerrado. Alimentación: 11 a 55 V dc. Uso: En la industria se emplea para aplicaciones típicas de protección contra reboses y marca en seco. Función en el banco: monitorea el nivel del tanque de almacenamiento de agua donde se aplican dos sensores uno para nivel máximo y mínimo del banco como se muestra en la ilustración 21.

Fuente: Autor

Ilustración 17 Sensor PT100 Entrada De Sistema De Coraza En Intercambiador De Temperatura.



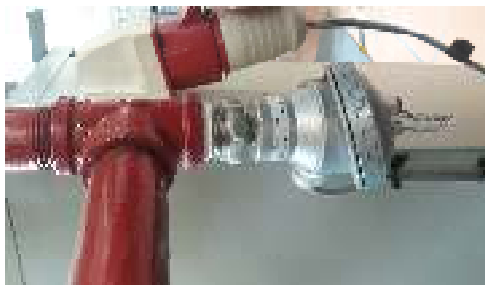
Fuente: Autor

Ilustración 18 Sensor PT100 Salida De Sistema De Coraza En Intercambiador De Temperatura.



Fuente: Autor

Ilustración 19 Sensor PT100 Salida De Sistema De Tubos En Intercambiador De Temperatura.



Fuente: Autor

Ilustración 20 Sensor De Presión SITRANS P250 (7MF1641)



Fuente: Autor

Ilustración 21 Sensores De Nivel SITRANS LVL100.



Fuente: Autor.

4.1.2 ACTUADORES.

Tabla 6 Reconocimiento de los Actuadores del banco de intercambiador de calor.

Componente	Características
<i>Ilustración 22 Válvula Electroneumática SIPART PS2.</i>  Fuente: Autor	SIEMENS - SIPART PS2 Descripción: Válvula electroneumática es un actuador que posiciona un ángulo de la válvula por medio de presión. Rango de operación: 4 a 20 mA. Alimentación: 24V dc. Uso: Generalmente usada en la industria para el accionamiento flujo de forma automatizada. Función en el banco: siendo el único actuador del banco es el que permite el flujo de agua al intercambiador de temperatura en el sistema de agua caliente.

Fuente: Autor.

4.1.3 MODULO DE CONTROL

4.1.4 Estos componentes se pueden observar en la Ilustración 31.

Tabla 7 Reconocimiento del módulo de control del banco intercambiador de temperatura.

Componente	Características
<i>Ilustración 23 Convertidor SINAMICS V20</i>  Fuente: (PLC CITY YOUR AUTOMATION PARTNEL, 2022)	Convertidor SINAMICS V20 Descripción: Dispositivo compacto ideales para soluciones estándar en la automatización. Alimentación: 24 V dc. Uso: General mente usado en la industria para manipular la velocidad de motores asíncronos Función en el banco: modera la velocidad de la bomba eléctrica.
<i>Ilustración 24 PLC S7-1200.</i>  Fuente: (wiautomation, 2022)	PLC S7-1200 Descripción: Dispositivo capaz ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas áreas de automatización. Alimentación: 24 V dc. Uso: Generalmente usado en el campo de la automatización para controlar varios dispositivos. Función en el banco: Es la computadora donde está programado el proceso del banco.
<i>Ilustración 25 Fuente de poder PM-1207.</i>  Fuente: (wiautomation, 2022)	PM-1207 Descripción: Fuente de poder de corriente continua. Alimentación: 120 / 230 V ac. Uso: Alimenta el sistema de control de un proceso. Función en el banco: alimenta el controlador PLC S7-1200.

<i>Ilustración 26 SCALANCE XB005.</i>  Fuente: (wiautomation, 2022)	SCALANCE XB005 Descripción: Comunicador Ethernet industrial para el intercambio de información en bits. Alimentación: 24 V dc. Uso: Es visto en la industria como un bus de conexión Ethernet transfiere información entre módulos. Función en el banco: Conecta por medio de Ethernet los módulos de control y el pc para realizar la programación de automatización.
<i>Ilustración 27 Siemens PLC Pantalla Touch Tkp700 Basic 6av2123-2gb03-0ax0.</i>  Fuente: Autor	KTP700 Basic DP. Descripción: Panel básico de HMI para visualizar todo lo necesario de la planta. Alimentación: 24 V dc. Uso: para visualizar los procesos y datas de una planta o producción. Función en el banco: Visualizar el proceso del banco y sus datos correspondientes del proceso.

<i>Ilustración 28 Modulo AS-i SlimLine 3RK1400-1CE00-0AA2</i>  Fuente: (wiautomation, 2022)	3RK1400-1CE00-0AA2 Módulo AS-i SlimLine Producto a extinguir S45, digital 4DI/4DQ, IP20 4 entradas para sensor de 3 conductores 4 salidas, 1 A, 24 V DC máximo 4 A para todas las salidas bornes de tornillo 45 mm de ancho. Alimentación: 24 V dc.
<i>Ilustración 29 3RV1021-1GA15 SIEMENS.</i>  Fuente: (wiautomation, 2022)	3RV1021-1GA15 SIEMENS Descripción: Interruptor automático tamaño S0 para protección del motor Clase 10 Disparador por sobrecarga con retardo según intensidad 1,4...2 A Disparador de cortocircuito 26 A. Uso: para la protección de máquinas eléctricas.
<i>Ilustración 30 5SY6225-7 SIEMENS.</i>  Fuente: (wiautomation, 2022)	5SY6225-7 SIEMENS Descripción: Interruptor automático con capacidad de 400 V y 25 A para máquinas de alta potencia.

Fuente: Autor

Ilustración 31 Modulo De Control.



Fuente: Autor

4.1.5 OTROS

Tabla 8 Reconocimiento de otros componentes que hacen parte del banco intercambiador de temperatura.

Componente	Características
<i>Ilustración 32 SERVICIOEINSUMOS – RESP-ROSCA-120V-2000W.</i>  Fuente: (servicioeinsumos, 2022)	SERVICIOEINSUMOS – RESP-ROSCA-120V-2000W Descripción: transforma energía eléctrica y energía calorífica. Alimentación: 120 V ac. Potencia: 2 kW Uso: Generalmente se utiliza para subir la temperatura de fluidos. Función en el banco: calentar el agua del tanque del almacenamiento del banco el cual es después trasladada por la tubería impulsada por la bomba eléctrica hacia el intercambiador de temperatura y finaliza de nuevo en el tanque de almacenamiento con la resistencia calefactora.
<i>Ilustración 33 Bomba Eléctrica PEDROLLO CPM660, 1-1/4"x 1" 2hp.</i>  Fuente: Autor	Bomba-Eléctrica CPM 660. Descripción: Es la máquina que transforma energía, aplicándola para mover el agua. Alimentación: 110 V ac Potencia: 1.5 kW – 2 HP Uso: Generalmente se usa para trasladar un fluido de un lugar al otro. Función en el banco: En la transporta el agua caliente del banco, transporta el agua del almacenamiento de agua hasta llegar al intercambiador de temperatura y finaliza en el almacenamiento de agua.

Ilustración 34 PETRUL – COMP-20LP



Fuente: Autor

PETRUL – COMP-20LP

Descripción: Es un equipo que crea una presión en un sistema cerrado y mueve aire presurizado.

Alimentación: 120 V ac.

Potencia 1864 W.

Presión: 800 kPa.

Uso: el compresor de aire se usado en accionamientos neumáticos, herramientas, para pistolas de pintura y para otros usos que requiera aire comprimido.

Función en el banco: participa en el sistema electroneumática de la válvula.

Ilustración 35 Intercambiador de temperatura



Fuente: Autor

Intercambiador de temperatura tubos y carcasa

Descripción: Consiste en un sistema de tubos insertado dentro de un haz de carcasa, uno de los fluidos circula dentro de los tubos y el otro alrededor de ellos dentro de la carcasa.

Temperatura de carcasa: 108.84444 °C

Temperatura de tubos: 16 – 60 °C

Uso: En la industria petrolera, plantas generadoras de energía, Distrito de calefacción, refrigeración y otros donde sea necesario llevar un proceso de intercambiar temperatura.

Función en el banco: la tarea fundamental es pasar un fluido temperatura baja a una alta ya sea para fines académicos el proceso.

<i>Ilustración 36 Regulador de aire para compresor.</i>  Fuente: Autor	Regulador de aire para compresor. Descripción: Un regulador de presión es un dispositivo que tiene como objetivo controlar la presión de salida de un compresor de aire una para una herramienta o equipo requerido. Presión máxima: 140 psi o 0.9 MPa Rango de escala: 0 – 10 bar. Uso: Generalmente se usa para regular la salida de aire de un compresor. Función en el banco: Regula la salida de aire del compresor que va dirigido a hacia la válvula electroneumática.
<i>Ilustración 37 Válvula manual</i>  Fuente: Autor	Válvula manual. Descripción: permite u obstaculiza el flujo de un fluido por una tubería. Función en el banco: permite obstaculizar el fluido del banco hacia la bomba eléctrica.
<i>Ilustración 38 tanque de almacenamiento de agua.</i>  Fuente: Autor	Tanque de almacenamiento de agua. Descripción: permite almacenar agua para una tarea requerida. Capacidad de agua: m³ Función en el banco: almacenar el agua que se utilizara para el sistema de intercambiador de temperatura.

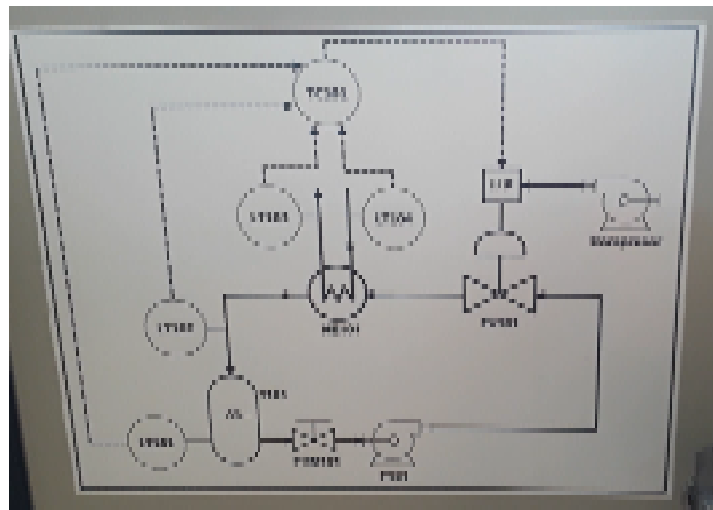
Fuente: Autor

Ilustración 39 Válvula Manual.



Fuente: Autor

Ilustración 40 P&ID Del Banco Intercambiador De Temperatura.



Fuente: Autor

5. Desarrollo de plan de mantenimiento

5.1 Selección de componentes para mantenimiento frecuente

En su totalidad todos los componentes del banco pueden ser más complejos que otros, la cual genera que algunos de ellos tengan más prioridad a la hora de realizar tareas de mantenimiento.

5.1.1 Componentes de alta complejidad.

Teniendo en cuenta que un sistema complejo abarca más de un proceso entre sí, generando una mayor importancia en realizar un mantenimiento del componente o sistema.

- Compresor de aire.
- Bomba eléctrica.
- Válvula electroneumática.

Estos componentes al abarcar partes mecánicas, neumáticas, hidráulica y eléctrica ya se consideran sistemas complejos.

5.1.2 Componentes simples.

Todo componente simple no requiere de un mantenimiento riguroso.

- Sensores.
- Resistencia calefactora.
- Válvula manual.
- Módulo de control.
- Almacenamiento de agua.
- Sistema de tuberías.

5.1.3 Análisis de criticidad

El Análisis de Criticidad es una herramienta que permite asignar clasificaciones según su impacto crítico sobre un proceso, conjunto de dispositivos o máquinas, o grupo de activos, y posibilita el desarrollo y toma de decisiones de estrategias. Realización de proyectos o estudios para mejorar la seguridad operacional.

Debido a que este análisis puede aplicarse a cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas y equipos, su función en el campo del mantenimiento es permitir priorizar de manera más eficiente los programas y cronogramas de mantenimiento preventivo.

5.1.3.1 Jerarquización por método semicuantitativo “CTR”(Criticidad Total De Riesgo) basado en la norma SAE J1739.

El modelo de Criticidad Total De Riesgo (CTR) que se muestra a continuación es un proceso analítico semicuantitativo bastante simple y práctico apoyado en el concepto de riesgo, que es el resultado de multiplicar la frecuencia de un error por su severidad PRN (Números de riesgo de probabilidad, Jones, 1985). Este método ha sido ampliamente desarrollado por consultores y empresas internacionales (Woodhouse, 1996) y aplicado en un número significativo de industrias. [40]

Aquí hay más detalles sobre los términos utilizados para clasificar los sistemas según el modelo CTR:

Ecuación 4 Criticidad total de riesgo.

$$CTR = FF \times C$$

Donde:

CTR: Criticidad total por Riesgo.

FF: Frecuencia de fallos (rango de fallos en un tiempo determinado (fallos/año))

C: Consecuencias de los eventos de fallos

Ecuación 5 Consecuencias de los eventos de fallos.

$$C = (IOXFO) + CM + SHA$$

Donde se supone además que el valor de las consecuencias (C), se obtiene a partir de la siguiente expresión:

Siendo:

IO = Factor de impacto en la producción

FO = Factor de flexibilidad operacional

CM = Factor de costes de mantenimiento

SHA = Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente

La expresión final del modelo de priorización de CTR será la siguiente:

Ecuación 6 Criticidad de riesgo total.

$$CTR = FFx((IOxFO) + CM + SHA)$$

Los criterios de evaluación y los valores de jerarquización Tabla 9 para los métodos semicuantitativos se adoptaron de acuerdo con la norma internacional SAE J1739.

Tabla 9 Criterios de evaluación y valores de jerarquización SAE J1739.

Criterios de Evaluación y Valores de Jerarquización	Descripción:
FF	Factor de Frecuencia de Fallos
1	Excelente. Menos de 0.5 eventos al año
2	Bueno. Entre 0.5 y 1 evento al año
3	Promedio. 1 y 2 eventos al año
4	Frecuente. Mayor a 2 eventos al año
IO	Impacto Operacional (escala de 1 a 10)
1	Pérdidas de producción menos al 10%
3	Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%
5	Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%
7	Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%
10	Pérdidas de producción superiores al 75%
FO	Impacto por Flexibilidad Operacional (escala de 1 a 4)
1	Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños

2	Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios
4	No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes
CM	Impacto en el Costo de Mantenimiento
1	Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 20.000 USD
2	Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 20.000 USD
SHA	Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (escala de 1 a 8)
1	No existe ningún riesgo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.
3	Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.
6	Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración.
8	Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos.

Fuente: Autor

La selección de los factores de ponderación se realiza en una sesión de trabajo en la que participan varias personas involucradas en el contexto operativo (operaciones, mantenimiento, proceso, seguridad y medio ambiente) del objeto de estudio.

A continuación, seleccione un sistema de priorización, genere una lluvia de ideas de ideas y asigne a cada equipo un valor correspondiente para cada uno de los factores que componen la expresión de importancia general por riesgo.

Para obtener el nivel de criticidad de cada dispositivo/sistema, se obtiene el valor sumatorio de cada uno de los principales factores: frecuencia de fallas y consecuencias y se colocan en una matriz de criticidad tabla 9. En el eje vertical están los valores de la frecuencia de errores y en el eje horizontal los valores de la secuencia se toma el resultado final de la [ecuación 5](#). La matriz de importancia que se muestra a continuación nos permite clasificar el sistema en tres áreas Tabla 10.

Área de sistemas No Críticos (NC)

Área de sistemas de Media Criticidad (MC)

Área de sistemas Críticos (C)

Tabla 10 Matriz de criticidad propuesta por el modelo CTR.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: (PhD. Parra Márquez & PhD. Crespo Márquez , 2012)

Vamos a los datos que muestra el [Anexo 2](#) se confirma los componentes más críticos del banco intercambiador de temperatura donde se da una prioridad de aplicar métodos de mantenimiento.

5.2 Desarrollo Del AMEF En Los Componentes De Banco Intercambiador De Temperatura

Para el desarrollo del AMEF se procede a seguir un proceso de RCM (Mantenimiento Centrado En Confiabilidad) que se elaboró de acuerdo con la norma SEA JA1011.

5.2.1 ¿Cuáles son las funciones y normas asociadas deseadas de desempeño del recurso en su contexto de operación actual (funciones)?

Se realiza el análisis de funcionamiento de cada pieza del banco intercambiador de temperatura.

5.2.1 ¿En cuáles modos puede fallar el cumplimiento de sus funciones (fallos funcionales)?

Las fallas funcionales son las que nos permite saber que algo no está bien con el banco o el componente en la se observa algunas funciones de fallas que el operario puede observar a simple vista.

5.2.2 ¿Qué causa cualquier fallo funcional (modos de fallo)?

Se tiene en cuenta las tablas de OREDA y la norma ISO 14224 Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural - recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos se observa lo tipos de modos de fallos más comunes que puede presentar cada componente Tabla 14.

5.2.3 ¿Qué sucede cuando ocurre cada fallo (efectos del fallo)?

Para definir los efectos de fallo es seguir la cadena causas que se han venido desenvolviendo con proceso del AMEF que se aplicado con la información que nos brindó el OREDA y la experiencia del desarrollador del mantenimiento.

5.2.4 ¿En cuál modo ocurre cada fallo (consecuencias del fallo)?

Son aquellas razones por la que el equipo o componente presento la falla, se pueden presentar una cantidad de causas por la que fallo, varias mucho las causas dependiendo en ambiente que está operando los equipos.

5.2.5 ¿Que se haría para pronosticar o prevenir cada fallo (tareas proactivas e intervalos de tarea)?

Son aquellas tareas que pueden prevenir el fallo del equipo pueden ser verificación y lubricación de los componentes.

Poner en práctica las actividades nombradas en los protocolos de mantenimiento de cada componente.

5.2.6 ¿Qué se haría si una tarea proactiva apropiada no pudiera encontrarse (acciones implícitas)?

Se encargar de solucionar el problema visto de forma inmediata o un problema que puedan generar el fallo del banco.

Tabla 11 Severidad de efecto definido Norma ISO 14224.

Severidad		
ASQ (American Society for Quality)		
Clasificación	Efecto	Criterio: Severidad de Efecto Definido (proceso)
10	Critico Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afectan la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.
9	Critico Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afectan la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.
8	Muy Alto	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.
7	Alto	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.
6	Moderado	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.
5	Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	Muy Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.
2	Muy Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.
1	Ninguno	Ningun efecto.

Fuente: (leansolutions, 2022)

Tabla 12 Ocurrencia de falla ISO 14224

Ocurrencia de modo de falla	Clasificación	Frecuencia	Probabilidad
Remota: Falla improbable	1	$\leq 0,010$ por cada mil ítems	$\leq 1 \times 10^{-5}$
Baja:	2	0,1 por cada mil ítems	1×10^{-4}
Relativamente pocas fallas	3	0,5 por cada mil ítems	5×10^{-4}
Moderado:	4	1 por cada mil ítems	1×10^{-3}
Fallas ocasionales	5	2 por cada mil ítems	2×10^{-3}
	6	5 por cada mil ítems	5×10^{-3}
Alta:	7	10 por cada mil ítems	1×10^{-2}
Fallas repetidas	8	20 por cada mil ítems	2×10^{-2}
Muy Alta:	9	50 por cada mil ítems	5×10^{-2}
Falla casi inevitable	10	≥ 100 por cada mil ítems	$\geq 1 \times 10^{-1}$

Fuente: Norma ISO-14224

Tabla 13 Detección de falla ISO 14224

Detección			
ASQ (American Society for Quality)			
Clasificación	Probabilidad de detección	Oportunidad de detección	Criterio: Probabilidad de detección por control de procesos
10	Casi Imposible	Sin oportunidad de detección	No hay controles en el proceso capaz de detectar o prevenir la causa potencial de falla
9	Muy Remota	Es probable que no se detecte en ninguna etapa del proceso	Hay una probabilidad muy remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
8	Remota	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
7	Muy Baja	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad muy Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
6	Baja	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
5	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
4	Altamente Moderada	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad muy moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
3	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
2	Muy Alta	Detección de errores y/o prevención de problemas	Hay muy alta probabilidad de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
1	Casi Seguro	Proceso a prueba de errores	Es casi seguro que el control de proceso es capaz de detectar o de prevenir la causa potencial del modo de falla

Fuente: (leansolutions, 2022)

Aplicando la clasificación de la tabla 11, tabla 12 y tabla 13 donde se da la calificación adecuada a cada problema diligenciado el AMEF. Se procede a hallar el valor del NPR (Numero de Prioridad de Riesgo) con la [ecuación 3](#) para dar por finalizado el desarrollo del AMEF según la Norma SAE JA 1011 como se demuestra en el [ANEXO 1](#).

con la información adquirida del análisis de criticidad y del AMEF se procede a realizar el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo del banco intercambiador de temperatura según la norma ISO 55001:2014 (Gestión de activos – Sistemas de gestión – Requisitos). [ANEXO 3](#)

Para hacer uso del banco se tiene que realizar una solicitud de permiso a usar el banco con una semana de anterioridad que se desea desarrollar la practica con el fin de que el operario realice un mantenimiento preventivo y realizar prueba de funcionamiento del banco para y sea optimo la práctica docente estudiante. cronograma [ANEXO 4](#).

6. Conclusiones

AMEF es un método que se puede utilizar para documentar el análisis de procesos para la mejora continua. Es un análisis sistemático que define y mide los procesos actuales y futuros para aumentar la eficiencia y reducir las pérdidas tanto en dinero como en tiempo, durante el desarrollo del AMEF tomando como guía en los documentos OREDA y la norma 14224 para detectar las fallas del banco se observó que hay varias probabilidades de fallo, en la industria siempre se presentará nuevas probabilidades de fallo y el AMEF seguirá siendo un buen método de diagnóstico para las empresas.

El mantenimiento en la actualidad se cuenta como una inversión a futuro para la empresa de producción se ha ido generando métodos y herramientas apoyan a la ingeniería en mantenimiento como lo es La 5s y 5W2H donde realizan una búsqueda a la raíz del problema de fallo de los equipos obtenido resultados y una rápida reacción a futuro de problemas de fallo.

La documentación es esencial en el campo de la industria donde apoya con un diagnóstico del equipo y a prevenir futuras fallas.

Los componentes más complejos o genéricos tienden a fallar más en los procesos de una planta o banco industrial por su frecuente uso y su función esencial en el proceso generando un mayor desgaste que otras piezas, se genera un análisis de criticidad de cada compone y dando prioridad en la hora del mantenimiento del equipo o banco.

7. Recomendaciones

Se recomienda realizar actualización del P&ID del banco, donde el banco de forma física cuenta con componentes que en el diagrama de P&ID no están siendo nombrado. puede generar una confusión en la hora de poner en marcha el banco desconociendo el proceso que se está ejecutando en el banco.

Se aconseja realizar un mantenimiento modificativo al banco, donde se modifique el lugar del panel de HMI en el banco ya que está en un lugar con alto riesgo de lesiones o quemaduras para el operario o la persona encargada durante el proceso.

Se recomienda realizar con anterioridad (una semana) una orden de permiso para el uso del banco, con el fin de que la persona encargada del laboratorio o el operario (Docente) verifique y diagnostique el estado del banco, realice una prueba de funcionamiento donde pueda efectuar un mantenimiento al componente que lo requiera y pueda garantizar un buen funcionamiento del banco.

Finalmente se recomienda vaciar el tanque de almacenamiento de agua del banco ya que el banco no está siendo frecuente usado, esto puede aligerar el desgaste del mismo tanque de almacenamiento también de los sensores y de la resistencia calefactora del banco.

8. Bibliografía

- [1] TASE VELAZQUEZ, D. R. (2019). MODELO PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE FABRICACIÓN HÍBRIDO CON BASE EN POLÍTICAS CORPORATIVAS Y DE PRODUCCIÓN. *EMTHYMÓS*, 118-134.
- [2] Cordero, O., & Espupiñan, E. (2018). PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE PLANTA MINERA DE COBRE MINISTRO HALES, MEDIANTE ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA FMECA. *Revista Investigación & Desarrollo*, 129-142.
- [3] Salgado Duarte, Y., Martínez Del Castillo Serpa, A., & Santos Fuentefria, A. (2018). Programación óptima del mantenimiento preventivo de generadores de sistemas de potencia con presencia eólica. *Revista de Ingeniería Energética*, 157-167.
- [4] Parra M, C., Viveros G, P., Kristjanpoller, F., Crespo Márquez, A., González Prida, V., & Gómez Fernández, J. (2021). TÉCNICAS DE AUDITORÍA PARA LOS PROCESOS DE: MANTENIMIENTO, FIABILIDAD OPERACIONAL Y GESTIÓN DE ACTIVOS (AMORMS & AMS-ISO 55001). *Ingeman*.
- [5] Gondres Torné, I., Lajes Choy, S., & del Castillo Serpa, A. (2018). Gestión del mantenimiento a interruptores de potencia. Estado del arte. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería.*, 192-202.
- [6] Pérez, F. I. (2019). *DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO MEDIANTE LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL PARA LAS INYECTORAS HORIZONTALES DE POLÍMEROS EN LA EMPRESA INGENIERÍA DISEÑO DE SUELAS. AMBATO.*
- [7] CALDERON, R. M. (2021). *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE LA MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA MEDITERRANEO OPERADORES LOGÍSTICOS S.A.C. AREQUIPA –PERÚ 2020.* Arequipa.
- [8] Iuri ALEXANDER, L. G. (2018). *MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DE CARGUIO - PALAS HIDRÁULICAS - EN MINERÍA : UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.* CAJAMARCA: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.

- [9] PERALTA SALVATIERRA, G. (2019). *PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA METALMECÁNICA AR&ML CONSTRUCTORES E.I.R.L., SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2019*. CALLAO: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO.
- [10] ESPINOZA GAMARRA, C. F. (2018). *IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CURAHUASI*. LIMA: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ.
- [11] VIZACARRA AGUAYO, G. (2019). *ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL PARQUE METROPOLITANO LA MURALLA*. LIMA: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ.
- [12] GUEVARA GONZÁLEZ, C. A. (2020). PRINCIPIOS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD EN EMPRESAS DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DEL SECTOR PETROLERO. *REVISTA VENEZOLANA DE GERENCIA*.
- [13] LOMBANA MIRANDA, M. F., & ZARANTE GONZÁLEZ, B. J. (2018). *MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRITICOS DE LA LINEA DE PRODUCCIÓN 1 DE LA EMPRESA COTECMAR MEDIANTE LA METODOLOGIA RCM*. CARTAGENA DE INDIAS: UNIVERSIDAD DE CARTAGEA.
- [14] JOYA TALERO, L. A. (2019). *ESTANDARIZACION DE LOS PORTOCOLOS INTERNOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS, BAJO EL CONCEPTO DEL CUMPLIMIENTO NORMATIVO DE LA RESOLUCIÓN 2003 DE 2014*. BOGOTÁ D.C: UNIVERSIDAD DEL ROSARIO.
- [15] MAYA VELASQUEZ, J. A. (2018). *APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA METODOLOGÍA TPM*. MEDELLÍN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- [16] MONTEALEGRE YELA, N. E. (2018). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS DE LOS LABORATORIOS PERTENECIENTES*. PEREIRA: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.

- [17] MEDINA BÁEZ, A. (2019). *TECNICAS DE MANTENIMIENTO RCM Y TPM, APLICANDO RCM AL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO*. MEDELLÍN: UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.
- [18] MARTINEZ FLOREZ, J. H., & MOLINA DAZA, M. S. (2018). *DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS DE LOS TALLERES DE SOLDADURA, AUTOMATISMOS MECATRÓNICOS, HIDRÁULICA Y REFRIGERACIÓN DEL CENTRO CIES DEL SENA DE CUCUTA, NORTE DE SANTENDER*. SAN JOSÉ DE CÚCUTA: UNIVERSIDAD DE PAMPLONA.
- [19] CEBALLO CAMARGO, H. J. (2019). *DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO Y SOLUCIONES TECNOLÓGICAS PARA LA OPERACIÓN DE CAMAS ELÉCTRICAS HOSPITALARIAS DE MEDINORTE CÚCUTA IPS S.A.S*. SAN JOSÉ DE CÚCUTA: UNIVERSIDAD DE PAMPLONA.
- [20] PEINADO BARBOSA, D. C. (2019). *PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE LA EMPRESA GRES CARIVE S.A, CENTRADO EN EL SISTEMA RCM (PRACTICA EMPRESARIAL)*. SAN JOSÉ DE CÚCUTA: UNIVERSIDAD DE PAMPLONA.
- [21] FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, E. (2018). *GESTIÓN DE MANTENIMIENTO: LEAN MAINTENANCE Y TPM*. GIJÓN : UNIVERSIDAD DE OVIEDO.
- [22] PÉRES RONDÓN, F. A. (2021). *CONCEPTOS GENERALES EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL*. BUCARAMANGA: USTA.
- [23] MANRIQUE CASTRO, J., & BERNAL MUÑOZ, E. (1996). *ADMINISTRACIÓN MODERNA DE MANTENIMIENTO* . BRASIL: LOURIVAL TAVARES.
- [24] DATISION. (29 de NOVIEMBRE de 2022). Obtenido de <https://datision.com/blog/mantenimiento-conductivo/#:~:text=El%20mantenimiento%20conductivo%20engloba%20al,est%C3%A1%20funcionando%20de%20manera%20apropiada>.
- [25] Tavares, L. A. (29 de 11 de 2022). *predictiva21*. Obtenido de <https://predictiva21.com/1-2-costos-productividad-mantenimiento/>

- [26] APOLON, V. (29 de 11 de 2022). *mantenimientopreventivo*. Obtenido de <https://www.mantenimientopreventivo.site/ingenieria/objetivos-del-mantenimiento-preventivo-en-2-minutos/>

- [27] Garrido, S. G. (29 de 11 de 2022). *renovetec*. Obtenido de <http://www.renovetec.com/irim/254-MANTENIMIENTO-CONDUCTIVO>

- [28] Garrido, S. G. (29 de 11 de 2022). *renovetec*. Obtenido de [http://www.renovetec.com/tiposdemantenimiento.html#:~:text=Mantenimiento%20Cero%20Horas%20\(Overhaul\)%3A,previsiones%20sobre%20su%20capacidad%20productiva](http://www.renovetec.com/tiposdemantenimiento.html#:~:text=Mantenimiento%20Cero%20Horas%20(Overhaul)%3A,previsiones%20sobre%20su%20capacidad%20productiva).

- [29] *automantenimiento*. (29 de 11 de 2022). Obtenido de <https://automantenimiento.net/mantenimiento/tecnicas-de-mantenimiento-predictivo/>

- [30] *comparasoftware*. (29 de 11 de 2022). Obtenido de <https://blog.comparasoftware.com/mantenimiento-conductivo/>

- [31] Sagnier, C. (29 de 11 de 2022). *mobility-work*. Obtenido de <https://mobility-work.com/es/blog/tecnicas-metodos-de-mantenimiento/>

- [32] Martín, J. (29 de 11 de 2022). *cerembs*. Obtenido de <https://www.cerembs.co/blog/las-5-s-japonesas-para-mejorar-tu-negocio-y-tu-vida>

- [33] *teeprtrak*. (29 de 11 de 2022). Obtenido de <https://teeprtrak.com/es/trs-oe/#:~:text=La%20tasa%20de%20rendimiento%20sint%C3%A9tico,utiliza%20ci%C3%B3n%20de%20una%20instalaci%C3%B3n%20industrial>.

- [34] *veedor*. (29 de 11 de 2022). *veedor*. Obtenido de <http://veedor.es/que-es-el-automantenimiento/>

- [35] Bernal, J. J. (29 de 11 de 2022). *pdcahome*. Obtenido de <https://www.pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/>

- [36] *appvizer*. (29 de 11 de 2022). *appvizer*. Obtenido de <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-proyectos/5w-definicion-ejemplos-concretos-y-ventajas-metodo-5-w>

- [37] González, C. (29 de 11 de 2022). *software aeromarine*. Obtenido de <https://software.aeromarine.es/que-es-fmea/>
- [38] *diagramadeishikawa*. (29 de 11 de 2022). Obtenido de <https://diagramadeishikawa.com/metodo-de-las-5m-diagrama-de-ishikawa/>
- [39] solutions, L. (04 de 12 de 2022). *Lean solutions*. Obtenido de <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>
- [40] PhD. Parra Márquez, C., & PhD. Crespo Márquez , A. (2012). *Técnicas de Ingeniería de ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en el proceso de gestion de activos*. Ingeman.
- [41] CEN. (2016). *Norma ISO14224:2016*. PUBLICACION DE ESTANDARES IBS.
- [42] oreda, p. d. (2002). *OREDA*. SINTEF Gestión industrial.
- [43] INTERNACIONAL, N. (2014). *Norma ISO 55001 Gestion de activos - Sistemas de gestion - Requisitos* . Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza.

ANEXOS

ANEXO 1. AMEF DEL BANCO INTERCAMBIADOR DE TEMPERATURA.

AMEF.xlsx.

	Proceso o Producto	Intercambiadores de temperatura
	Fecha	
	AMEF No.	

Equipo:Banco Intercambiadore De Temperatura

AMEF

Item	Especificación	Código especificación	Modelo de fallo	Código de fallo	Descripción de fallo	Código, procedimiento o descripción de fallo	Acciones inmediatas	A	B	C	D	E
1	Banco Intercambiador	T-101	Falla de intercambio	F001	Falla de intercambio por mal montaje	F001-1: Verificar el montaje y asegurar que los componentes estén correctamente instalados.	Revisar el manual de instalación y verificar que los componentes estén correctamente instalados.	1	1	1	1	1
				F002	Falla de intercambio por mala selección de materiales	F002-1: Verificar la selección de materiales y asegurarse de que sean adecuados para el servicio.	Revisar el manual de selección de materiales y verificar que los materiales sean adecuados para el servicio.	1	1	1	1	1
				F003	Falla de intercambio por mala selección de componentes	F003-1: Verificar la selección de componentes y asegurarse de que sean adecuados para el servicio.	Revisar el manual de selección de componentes y verificar que los componentes sean adecuados para el servicio.	1	1	1	1	1
				F004	Falla de intercambio por mala selección de componentes	F004-1: Verificar la selección de componentes y asegurarse de que sean adecuados para el servicio.	Revisar el manual de selección de componentes y verificar que los componentes sean adecuados para el servicio.	1	1	1	1	1

ANEXO 2. ANALISIS DE CRITICIDAD.

Análisis de criticidad.xlsx.

Componente	FF	FD	FO	CM	SHA	Consecuencia	Gravidad
Defecto de control	1	1	1	1	1	1	6
Condiciones de uso	2	5	2	1	6	1	24
Deficiencias	1	7	1	1	1	1	51
Velocidad electrónica	2	7	2	1	3	1	28
Sensación	1	3	1	1	1	1	7
Sistema de frenos	1	7	4	1	1	1	22
Resistencia eléctrica	2	5	2	1	3	1	26
Interconector de temperatura	2	5	2	1	1	1	24

ANEXO 3. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

[Plan de mantenimiento.docx](#)

	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA	Código: UP-VLR-GM-105
	Plan De Mantenimiento Preventivo Intercambiador De Temperatura.	Página 7 de 10

4. Recomendaciones y cuidado

4.1 Limpieza del área de trabajo

Una parte esencial del mantenimiento es la limpieza y detección de anomalías que se presentan alrededor del banco, uno de los mayores enemigos de la lubricación y del mantenimiento es el ambiente de área de trabajo que se puede presentar polvo, herramienta en lugares no apropiados, calidad del aire y otras circunstancias que puede presentar un área no adecuada de trabajo. La limpieza y un lugar organizado genera una confianza al operario y al equipo de un buen funcionamiento ya que funciona en los parámetros adecuados. un área de trabajo descuidada como por ejemplo polvo en los componentes puede generar el desgaste de rodamientos, eje, cuerpo de rotor y estator, puede generar un cambio en la densidad de los aceites, deterioro de las tarjetas electrónicas y rozamiento estático en las válvulas.

ANEXO 4. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

[Cronograma de mantenimiento](#)

