

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

Diseño de un sistema de mantenimientos preventivos en el
departamento de mantenimiento, de la empresa Instalaciones y
Servicios Macopa S.A

AUTOR

Luis Daniel Camacho Gómez

TUTOR

Ing. Allan Maroto

LECTOR

Ing. Jesarela Martínez Azofeifa

San José, III Q, 2023

DEDICATORIA

Primero quiero dedicarle este logro a Dios que sin él no hubiera sido posible.

Se lo dedico a mi madre, quien ha sido fundamental en mi vida y en el proceso de este sueño que inició en el 2016, este logro no es solo mío, sino también de ella quien ha luchado desde que estoy niño por darme todo lo que necesito, hoy soy la persona que soy por ella.

Se la dedico a mi hermana que ha estado en el proceso completo apoyándome y agradezco a Dios por tenerla a mi lado después de tantos momentos difíciles que pasó y mi padre que ha mostrado su apoyo desde que inicié este proceso.

También se la dedico a mi novia que siempre está a mi lado dándome apoyo, motivándome para hacer las cosas de la mejor manera y que siempre tiene una palabra de aliento cuando las cosas no siempre salen como se desea.

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios por darme la fuerza para concluir con esta etapa y por bendecirme cada día con salud, trabajo y familia.

También quiero agradecer a mi madre que estuvo apoyándome cada momento, por no dejarme rendirme en momentos difíciles, siempre tener una palabra de aliento y creer siempre en mi capacidad para concluir esta carrera, también agradezco a mi hermana por siempre apoyarme y motivarme a seguir adelante y a mi padre por su apoyo.

Quiero agradecer a mi novia, que fue un pilar fundamental para salir adelante, por siempre motivarme en momentos difíciles del proceso y por darme ánimos para luchar.

También le agradezco a Nelson Soto, amigo que conocí desde el inicio del primer cuatrimestre y que durante los años de carrera me motivó a no desertar y a seguir luchando por el sueño tan grande con el que iniciamos, agradezco a Diana García y a Randy Soto que fueron amigos que me enseñaron a ser mejor profesional con sus consejos.

Por último, agradecer a mi tutor de tesis Allan Maroto, quien me ayudó mucho y estuvo atento con ayudarme en todo lo que le solicité.

RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación se realizó en la empresa Instalaciones y Servicios Macopa S.A, en una de sus plantas, específicamente la de vidrio, en el departamento de mantenimiento, en la que se encuentran problemas de atrasos en producción de vidrios por motivos de detenciones en las máquinas. Con base a lo anterior, se planteó la pregunta de investigación de este proyecto en la que se pretende dar respuesta a los objetivos planteados con los que se busca identificar las causas y consecuencias que están generando la detención de los equipos.

Al realizar un estudio en el departamento de mantenimiento se detecta que no hay un sistema de mantenimientos preventivos, que minimicen los mantenimientos correctivos de las máquinas, para esto se propone un sistema de mantenimientos preventivos, donde cada técnico electromecánico deba cumplir con cierta cantidad de trabajos, al proponer esto se encuentra otra deficiencia, que es la escases de personal en el departamento de mantenimiento para la realización de intervenciones en las máquinas, el no contar con la cantidad de personal, genera que las reparaciones de los equipos se realicen en un mayor tiempo, así que, se propone en esta investigación la contratación, capacitación y desarrollo de nuevos técnicos electromecánicos, para que trabajen con el sistema de mantenimientos preventivos propuesto.

Luego para el desarrollo del proyecto, se realiza el análisis de la situación, en la que se hace una encuesta para conocer la opinión de los colaboradores de mantenimiento y producción sobre la detención de las máquinas y el parecer de cada uno con respecto al no realizar mantenimientos preventivos constantemente. Se realiza un análisis de las causas por medio de herramientas de ingeniería industrial diseñadas para el estudio que se está haciendo. Se encuentra durante el desarrollo de esta tesis que el departamento de mantenimiento no tiene indicadores, así que se proponen indicadores que puedan medir el desempeño del departamento y para esto se recopila información de los indicadores que se tienen en producción con los equipos, del cumplimiento de estos y de todo lo necesario para elaborar el proyecto.

Al final con el desarrollo de estos indicadores se logra proponer una aplicación para registrar los mantenimientos preventivos que realizan los técnicos electromecánicos y así se obtengan los datos para los indicadores, también se propone la aplicación para registrar las ordenes de trabajo, ya que en este proyecto se establece el indicador de órdenes de trabajo, con esta aplicación se puede llevar el control de cuáles y cuantas órdenes de trabajo se hicieron durante cada mes.

Contenido	
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO.....	2
CARTA AUTORIZACIÓN DEL TUTOR	3
CARTA REVISIÓN FILOLÓGICA	4
CARTA INCORPORACIÓN DE MODIFICACIONES AL TFG	5
DECLARACIÓN JURADA	6
SOLICITUD DE DEFENSA	7
RESUMEN EJECUTIVO	8
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	19
Generalidades de la Empresa	20
Misión.....	20
Visión	20
Valores.....	20
Política Integrada Sistema de Gestión Macopa.....	21
Planteamiento del Problema.....	21
Objetivos	22
Objetivo general	22
Objetivos específicos.....	22
Justificación.....	22
Antecedentes	23
Artículos científicos	23
Tesis.....	25
Proyecciones.....	27
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	28

	10
Conceptos Generales	28
Sistema de gestión de calidad.....	28
Proceso	28
Mantenimiento Preventivo	29
Mantenimiento Correctivo	29
Mantenimiento Predictivo	30
Herramientas para Describir el Problema	30
Análisis FODA	31
Herramienta AMEF	32
Herramientas para Medir las Consecuencias	33
Diagrama de Pareto	33
SIPOC.....	35
Herramientas para Analizar las Causas	36
Diagrama Ishikawa.....	36
Diagrama de flujo.....	37
Herramientas para la propuesta	38
Poka-Yoke	38
Lista de chequeo	39
Herramientas para el Control de la Propuesta.....	40
Diagrama de GANTT	40
Indicadores KPI.....	42
Encuesta	43
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	44
Enfoque	44

Enfoque Cuantitativo.....	44
Enfoque Cualitativo.....	46
Enfoque Mixto.....	47
Selección del Enfoque.....	47
Alcance.....	47
Exploratorio.....	47
Descriptivo	47
Correlacional	48
Explicativo	48
Selección del alcance	49
Diseño.....	49
Experimental	49
No experimental	49
Transeccional o transversal	49
Longitudinal	50
Selección del diseño	50
Variables	50
Muestra.....	52
Instrumentos	53
Recolección de Datos	53
Método de Análisis.....	55
Cronograma.....	57
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	59
Descripción del Problema	59

	12
Diagrama de Flujo.....	59
Encuesta a personal de Macopa	61
Análisis de la encuesta	62
Medición de las Consecuencias.....	70
Mesa de corte monolítico	71
Mesa de corte laminado.....	73
Canteadora.....	76
Biseladora.....	79
Taladro forel	81
Horno temperado.....	84
Horno laminado.....	86
Horno insulado	88
Horas extra por máquina	91
Desperdicio de materia prima	97
Análisis de las Causas	98
Diagrama de Ishikawa.....	99
Causales de detenciones en las máquinas	100
Diagrama de Pareto	104
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
Conclusiones	109
Recomendaciones.....	110
CAPÍTULO VI PROPUESTA	111
Propuesta	111
Sistema de mantenimientos preventivos	111

	13
Incorporación de técnicos.....	125
Capacitación a los técnicos	126
Indicadores	132
Aplicaciones	135
Plan de Implementación	141
Análisis Económico.....	142
Costo de capacitación.....	143
Inclusión de Técnicos Electromecánico	144
Aplicaciones	144
Beneficios Cualitativos	145
Resumen de costos	145
Estudio financiero	146
APÉNDICES.....	147
REFERENCIAS	153

Tablas

Tabla 1: Ejemplo de AMEF.....	33
Tabla 2: Ejemplo de tabla de resumen de Pareto.....	34
Tabla 3: Lista de chequeo.....	40
Tabla 4: Ejemplo de Indicadores	43
Tabla 5: Variables	50
Tabla 6: Muestra.....	52
Tabla 7: Instrumentos	53
Tabla 8: Recolección de datos.....	53

Tabla 9: Método de Análisis.....	56
Tabla 10: Indicador Mesa de Corte Monolítico – Mayo	72
Tabla 11: Indicador Mesa de Corte Monolítico – Junio	73
Tabla 12: Indicador Mesa de Corte Monolítica –Julio	73
Tabla 13: Indicador Mesa de Corte Laminado – Mayo.....	75
Tabla 14: Indicador Mesa de Corte Laminado – Junio	75
Tabla 15: Indicador de Mesa de Corte Laminado – Julio.....	76
Tabla 16: Indicador Canteadora – Mayo	77
Tabla 17: Indicador Canteadora – Junio	78
Tabla 18: Indicador Canteadora – Julio.....	78
Tabla 19: Indicador Biseladora – Mayo	80
Tabla 20: Indicador Biseladora – Junio	80
Tabla 21: Indicador Biseladora – Julio.....	81
Tabla 22: Indicador Taladro Forel – Mayo.....	82
Tabla 23: Indicador Taladro Forel – Junio	83
Tabla 24: Indicador Taladro Forel – Julio	83
Tabla 25: Indicador Horno Temperado – Mayo	85
Tabla 26: Indicador Horno Temperado – Junio	85
Tabla 27: Indicador Horno Temperado – Julio.....	86
Tabla 28: Indicador Horno Laminado – Mayo	87
Tabla 29: Indicador Horno Laminado – Junio.....	88
Tabla 30: Indicador Horno Laminado – Julio	88
Tabla 31: Indicador Horno Insulado – Mayo	90
Tabla 32: Indicador Horno Insulado – Junio	90

Tabla 33: Indicador Horno Insulado – Julio.....	90
Tabla 34: Reporte de Horas Extras – Mesa Monolítica.....	91
Tabla 35: Reporte de Horas Extras – Mesa Corte Laminado.....	92
Tabla 36: Reporte de Horas Extras – Canteadora.....	92
Tabla 37: Reporte de Horas Extras – Biseladora.....	93
Tabla 38: Reporte de Horas Extras – Forel.....	93
Tabla 39: Reporte de Horas Extras – Horno Temperado.....	94
Tabla 40: Reporte de Horas Extras – Horno Laminado.....	94
Tabla 41: Reporte de Horas Extras – Horno Insulado.....	95
Tabla 42: Indicador de Horas Extras – Mantenimiento.....	96
Tabla 43: Análisis de Precios por m ²	97
Tabla 44: Análisis de Desperdicio.....	98
Tabla 45: Problemas de la Mesa de Corte Monolítica.....	100
Tabla 46: Problemas en la Mesa de Corte Laminado.....	101
Tabla 47: Problemas en la Canteadora.....	101
Tabla 48: Problemas en la Biseladora.....	102
Tabla 49: Problemas de Forel.....	102
Tabla 50: Problemas en Horno Temperado.....	103
Tabla 51: Problemas en Horno Laminado.....	103
Tabla 52: Problemas en Horno Insulado.....	104
Tabla 53: Cantidad de Fallos en las Máquinas.....	104
Tabla 54: Fallas Presentadas en las Máquinas.....	106
Tabla 55: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Mesa de Corte.....	112
Tabla 56: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Corte Laminado.....	113

Tabla 57: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Canteadora	114
Tabla 58: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Biseladora	116
Tabla 59: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Taladro Forel.....	117
Tabla 60: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Horno Temperado	119
Tabla 61: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Horno Laminado	120
Tabla 62: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Horno Insulado	122
Tabla 63: Distribución de las Máquinas	123
Tabla 64: Propuesta de Técnicos	125
Tabla 65: Plan de Capacitación – Mesa de Corte Monolítico	127
Tabla 66: Plan de Capacitación – Canteadora	128
Tabla 67: Plan de Capacitación – Taladro Forel.....	129
Tabla 68: Plan de Capacitación – Horno Laminado.....	130
Tabla 69: Plan de Capacitación – Horno Temperado	131
Tabla 70: Indicador de Mantenimientos Preventivos	132
Tabla 71: Cumplimiento de Órdenes de Trabajo.....	133
Tabla 72: Indicadores de Calidad	134
Tabla 73: Análisis Económico de capacitaciones.....	143
Tabla 74: Costo de Inclusión de Técnicos.....	144
Tabla 75: Total de Costos	145
Tabla 76: VAN y TIR	146

Figuras

Figura 1: Representación Esquemática de un Proceso.....	29
Figura 2: Matriz FODA o DAFO	31

Figura 3: Ejemplo de diagrama de Pareto	35
Figura 4: Ejemplo de SIPOC.....	35
Figura 5: Diagrama de Ishikawa	36
Figura 6: Diagrama de flujo	38
Figura 7: Poka Yoke	39
Figura 8: Diagrama de GANTT	41
Figura 9: Proceso Cuantitativo	44
Figura 10: Enfoque Cualitativo	46
Figura 11: WBS.....	57
Figura 12: Diagrama de Gantt.....	58
Figura 13: Diagrama de Flujo	61
Figura 14: Fórmula de población finita.....	62
Figura 15: Pregunta 1	62
Figura 16: Pregunta 2	63
Figura 17: Pregunta 6	67
Figura 18: Pregunta 8	68
Figura 19: Pregunta 9	69
Figura 20: Pregunta 10	69
Figura 21: Mesa de Corte Monolítico	71
Figura 22: Mesa de Corte Laminado.....	74
Figura 23: Canteadora	77
Figura 24: Biseladora	79
Figura 25: Taladro Forel.....	82
Figura 26: Horno Temperado	84

Figura 27: Horno Laminado	87
Figura 28: Horno Insulado	89
Figura 29: Diagrama de Ishikawa	99
Figura 30: Diagrama de Pareto.....	105
Figura 31: Diagrama de Pareto.....	108
Figura 32: Aplicación de Mantenimientos Preventivos	135
Figura 33: Botón para Ingresar la Tarea	136
Figura 34: Formulario para Crear.....	136
Figura 35: Botón para Cerrar la Tarea.....	137
Figura 36: Formulario para Cerrar	137
Figura 37: Aplicación de Órdenes de Trabajo	138
Figura 38: Botón para Crear Orden de Trabajo.....	139
Figura 39: Formulario de Órdenes de Trabajo	139
Figura 40: Botón para Cerrar Órdenes de Trabajo	140
Figura 41: Formulario para Cerrar Orden de Trabajo	140
Figura 42: Diagrama de Gantt.....	141

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Esta investigación se realiza en la empresa Instalaciones y Servicios Macopa S.A., ubicada en San José, Goicoechea, Calle Blancos. Esta compañía se divide en áreas: Macopa Gypsum, Macopa Aceros y Macopa Vidrios, esta última, área de vidrios, es donde se está realizando el proceso de tesis, se pretende involucrar al departamento de mantenimiento para que cumpla con los requisitos y de esta forma tener una adecuada recolección de datos.

El proyecto se plantea debido a la necesidad que posee la empresa en el área de mantenimiento de tener un control óptimo de mantenimientos preventivos en las máquinas, pues no maneja un sistema robusto para el equipo de producción, lo que provoca correctivos en las máquinas y atrasos en la producción. Se va a realizar el diseño de un sistema de mantenimientos preventivos en el área de mantenimiento para tratar de mitigar los problemas de las máquinas debido a que no se maneja un control de preventivos adecuado.

El proyecto consta de seis capítulos, el primer capítulo comprende el planteamiento del problema con su respectiva oportunidad de mejora, la justificación que argumenta y respalda la necesidad que tiene la compañía en esta área. En el segundo capítulo se presenta el marco teórico, el cual trata de plantear conceptos teóricos de las herramientas y técnicas ingenieriles que se van a utilizar a través del proyecto.

El tercer capítulo permite describe y desarrolla la metodología, esta se describe tanto general como específica, la cual es utilizada para definir el problema de la empresa, dirige la medición cuantitativa, la situación actual y la propuesta de mejora que se va a realizar, se estudia la implementación de esta, el control que se le da y el seguimiento de los resultados. Por otra parte, en el cuarto capítulo se recolecta la información de todos los problemas encontrados durante el proceso, lo cual permite evidenciar las posibles mejoras a implementar, se puede utilizar diagramas que faciliten el estado actual y hacer un estudio del impacto que se ha generado.

En el quinto capítulo, se redactan las conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada, con el objetivo de observar las deficiencias y las mejoras en el área de mantenimiento, de esta manera se puede dar a conocer diferentes ideas para la evolución del departamento y cumplimiento de la norma, para el capítulo seis se establece la propuesta de mejora para la empresa e implementación que ayude a solucionar la problemática encontrada en la investigación, se da una solución técnica al problema encontrado y presentan indicadores que puedan controlar lo propuesto

en el trabajo de investigación, esto se presenta a la gerencia para que valoren la implementación del proyecto propuesto.

Generalidades de la Empresa

Instalaciones y Servicios Macopa es una empresa nacional, con capital costarricense, la cual está en el mercado desde el año 1940, la empresa es muy estable y tiene tres grandes áreas, las cuales se subdividen en Macopa Gypsum, Macopa Aceros y Macopa Vidrios. Cada una de las áreas se dedican específica en diferentes productos y producciones, en el área de Macopa Gypsum se dedica a la distribución y la venta de los productos como el Gypsum, pastas, tornillos, aislantes, láminas de zinc, tubería de acero, perling, entre otros.

El área de Macopa Aceros ofrece la producción y transformación de materiales de acero de hierro negro y galvanizado, la cual algunos de sus materiales son perling, tubería, láminas de zinc, malla electrosoldada, entre otros. El área de Macopa Vidrios produce, transforma y despacha materiales de aluminio y vidrio.

Misión

Somos una empresa en constante renovación, dedicada a la fabricación y distribución de productos de la mejor calidad, de acuerdo con las normas y necesidades del mercado, especializada en Sistemas Livianos, Acero, Vidrio y Aluminio para el sector de la construcción e industria.

Visión

Ser la empresa líder en la fabricación y distribución en Sistemas Livianos, Acero, Vidrio y Aluminio a través de la consolidación y desarrollo de nuestros productos en el mercado industrial y de la construcción, desarrollando credibilidad y satisfacción en nuestros clientes.

Valores

Excelencia, honestidad, pasión, respeto, sacrificio, solidaridad, disciplina, comunicación, y servicio al cliente.

Realizamos las actividades necesarias en nuestro trabajo diario, con el fin de que nuestros clientes obtengan el producto en el momento y lugar adecuado y se asegure un uso correcto del mismo, es importante saber que Macopa trabaja cada día por hacer respetar esos valores e inculcar a sus colaboradores a laborar bajo cada valor.

Política Integrada Sistema de Gestión Macopa

Macopa es una empresa nacional que fabrica y distribuye sistemas livianos, de acero, vidrio y aluminio para el sector de la construcción e industria.

Estas operaciones se llevan a cabo, en su totalidad, cumpliendo rigurosamente con los requisitos aplicables para cada uno de los productos fabricados en nuestra empresa, así como, con un total apego al seguimiento y cumplimiento de los requisitos legales aplicables para nuestras operaciones junto con los otros derivados de la comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas.

Asimismo, en Instalaciones y Servicios Macopa, S.A., somos conscientes de los impactos ambientales que pueden generar las actividades, productos y servicios propios de las operaciones normales de nuestra empresa tales como el uso y consumo de energía asociados tanto a la eficiencia energética como a riesgos para la salud y seguridad de los colaboradores, contratistas, visitantes y personas en las cercanías que pudieran verse afectadas por las actividades de la organización.

Dado la importancia trascendental de los elementos mencionados anteriormente, se ha diseñado un sistema de gestión basado en procesos y enfocado en la mejora continua para apoyar la dirección estratégica y el cumplimiento de los objetivos, metas y desempeño de la calidad, ambiental y energético y de la seguridad y salud en el trabajo en las distintas funciones y niveles pertinentes.

Planteamiento del Problema

En los últimos años, Instalaciones y Servicios Macopa ha tenido un crecimiento muy importante en el sector de la construcción, que ha conllevado incluso tener clientes en el mercado internacional, esto implica que la producción ha incrementado de manera exponencial y las máquinas tengan que trabajar más horas de lo habitual, esto resalta que la demanda en los equipos es mayor, por lo que el área de mantenimiento debe actuar de forma eficaz con los mantenimientos preventivos.

Se vienen presentando problemas con mantenimientos correctivos, ya que no hay un cronograma establecido para que los técnicos realicen durante la semana, lo cual ocasiona que haya paradas no deseadas por parte de producción y genere atrasos en las entregas de materiales a los clientes, esto puede generar pérdidas de clientes y de dinero para la compañía porque la competencia es grande y los clientes buscan comprar donde les entreguen rápido y sean eficientes.

Por lo anterior, se pretende dar solución al siguiente problema:

¿Cómo diseñar un sistema de mantenimientos preventivos en el departamento de mantenimiento en la empresa Instalaciones y Servicios Macopa S.A.?

Objetivos

Con base en lo todo lo que se expuso en lo anterior, se pretende plantear los objetivos del proyecto, tanto general como específicos, lo cuales serán de mucha ayuda para darle una orientación a la investigación. El propósito de estos objetivos es expresar de forma clara y concisa el trabajo a realizar y evitar desvíos en el proceso.

Objetivo general

Diseñar un sistema de mantenimientos preventivos en el departamento de mantenimiento, de la empresa Instalaciones y Servicios Macopa S.A.

Objetivos específicos

- Definir el problema que está generando la detención de las máquinas de producción.
- Medir las consecuencias de los problemas en las máquinas de producción al detenerse constantemente.
- Analizar las causas de los retrasos en tiempos de entrega que ocasionan las máquinas de producción al estar detenidas.
- Proponer un sistema de mantenimientos preventivos para el área de mantenimiento.
- Establecer indicadores de control para que se cumpla el sistema de mantenimientos preventivos.

Justificación

Este proyecto se realiza con el fin de mejorar los procesos de la compañía en el área de mantenimiento, ya que es importante para una certificación tener bien estandarizado los procesos para tener el mejor rendimiento en cada una de las máquinas. Los colaboradores deben trabajar de manera correcta, lo cual repercute en la disponibilidad de los equipos en un 100%, por lo que deben conocer sus funciones para que puedan realizarlas con respecto a la necesidad que tiene la empresa en su producción diaria.

Esto se aplicará utilizando diferentes herramientas que permitan analizar los problemas presentados en el proceso productivo, buscando realizar la mejora continua y estandarizando una propuesta adecuada a los requerimientos de Instalaciones y Servicios Macopa S.A., lo que tendrá buen uso del capital humano y va a generar el valor deseado por parte de la empresa, esto va a aumentar la disponibilidad de las máquinas al momento de producir.

Al realizar este trabajo se desea demostrar a la gerencia general, al departamento de mantenimiento y a los colaboradores que, si se tiene un sistema robusto de mantenimientos preventivos, los problemas como atrasos en entregas, mantenimientos correctivos e incluso perder clientes por entregas tardías, va a mitigarse de gran manera y va a tener beneficios que necesita la compañía para seguir creciendo en el mercado y tener credibilidad de sus clientes.

Antecedentes

Mediante tesis y artículos científicos, se va a realizar los antecedentes que tiene como objetivo extraer información importante en la investigación sobre mantenimientos preventivos y el sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015, lo que permite tener mayor enfoque en el tema expuesto y conocer a profundidad la importancia de este trabajo.

Artículos científicos

En la revista ingeniería, investigación y desarrollo, los autores Fanny Cruz, Andrea López y Consuelo Ruiz (2017) mencionan que la ingeniería de calidad es una ciencia interdisciplinaria que se ocupa no sólo de producir productos satisfactorios para los clientes, sino también la reducción de la pérdida total, es decir producir productos de alta calidad a través de un proceso también de calidad. También se refieren al uso de técnicas estadísticas en el proceso, ya que, a través de los años, ha ido tomando fuerza para la mejora continua de los sistemas operacionales, utilizan la estadística descriptiva, diseño de experimentos, prueba de hipótesis y metrología (p.4).

Así mismo, se aborda el sistema de Gestión de Calidad (SGC) basado en la norma ISO 9001, proporciona una base sólida para la construcción de un programa de Gestión total de la calidad, siendo este estándar, el primer gran paso en la implementación de un programa, facilitando el camino hacia la mejora continua (p.5).

Ronald Carriel, Carmen Barros y Fátima Fernández (2018) mencionan en la revista científica mundo de la investigación y el conocimiento que la gestión de la calidad es parte de la

administración de una empresa como lo es la dirección financiera, de recursos humanos, manejo ambiental, entre otros, por lo cual no debe ser considerado como un sistema aislado; ya que su propósito es realizar acciones para aplicar las directrices establecida por la junta directiva y alcanzar los objetivos de la organización relacionados con la calidad, a través de una estrategia capaz de convertir la misión, la visión y los valores en políticas, así como lograr los objetivos y acciones eficaces para la mejora continua (p.4).

Según los autores Javier Chacón y Susana Rugel en el artículo de revisión, teorías, modelos y sistemas de gestión de calidad (2018), la calidad total y la cultura del mejoramiento continuo son metas organizacionales que permiten brindar una mayor satisfacción al usuario de un servicio o sistema, en el marco de sus políticas organizacionales. La implantación de un Modelo de Calidad tiene un papel transformador otorgando un valor agregado al servicio, con su impacto en la eficiencia organizacional, mejoramiento continuo, control o reingeniería de procesos y optimización de recursos, aumento del desempeño y productividad. Utilizan la metodología PHVA para asegurar la calidad (p.1).

Continuando con Javier Chacón y Susana Rugel (2018), mencionan que el sistema de gestión de calidad permite establecer objetivos claros y segmentar los resultados para comprender la experiencia, necesidades y expectativas de clientes específicos (p.3).

Los autores Juan Salazar, Norman Mora, Wilton Romero y Jose Ollague (2020) mencionan en su revista diagnóstico de la aplicación del ciclo PHVA según la ISO 9001:2015 en la empresa INCARPALM company que el sistema de calidad en una empresa lo conforman todas las áreas, departamentos y colaboradores de la organización, enfocados en el objetivo de garantizar un desempeño constante y estandarizado en la producción de determinado producto o la prestación de un servicio. Este sistema tiene como característica principal que debe ser dinámico y permitir la realización de cambios y actualizaciones que favorezcan a su adaptación al medio en que se desarrollan (p.3).

Estos mismos autores mencionan que, la variación es la principal culpable de la mala calidad y que también las inconsistencias en el comportamiento humano en los servicios frustran a los clientes y afectan la reputación de las empresas (p.3).

Los autores Gema Gorotiza y Eva Romero (2021), en su revista el sistema de gestión de calidad con ISO 9001:2015 como estrategia para el mejoramiento de los procesos de la comercializadora

ITM (2021), mencionan que la calidad constituye un factor básico para obtener ventaja competitiva, la empresa debe adoptar una estrategia que persiga la calidad en todos sus productos, procesos y servicios, que la diferencie del resto de la competencia y le permita afrontar los nuevos retos desde una posición de privilegio (p.3).

Así mismo, mencionan sobre la satisfacción del cliente en la actividad económica mundial ha sido y es el factor principal para el crecimiento y sostenibilidad de las empresas, en el mundo globalizado en el que se vive, las empresas han tomado conciencia de que el éxito del negocio es el cliente, cuanto más satisfecho se sienta, mayor crecimiento y rentabilidad genera a la empresa. Utilizan en su metodología diferentes métodos como deductivo, análisis y síntesis y también técnicas como observaciones y encuesta para tener recolección de datos (p.p.3-5).

Así mismo, mencionan, como parte importante, que los objetivos de la calidad pueden ser vistos desde diferentes perspectivas. Por una parte, se busca la completa satisfacción del cliente para diferentes fines, al tiempo que se aspira lograr la máxima productividad por parte de los miembros de la empresa, para que genere mayores utilidades, en pro de alcanzar niveles óptimos de excelencia, por otro lado, bien puede ser parte de un requisito para permanecer en el mercado, aunque no se esté plenamente convencido de los alcances de la calidad (p.9).

Estos mismos autores realizan un SIPOC para analizar las entradas y salidas que tienen en el proceso, analizan el desempeño y buscan enfocarse en la mejora continua (p.16)

Tesis

Según Silva (2015), en su tesis titulada Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de empaque de la línea quantum, menciona que el mantenimiento está considerado como una actividad técnica y funcional, cuya importancia depende del mayor o menor alcance de las funciones que le sean asignadas según la política de la empresa. Además, el mantenimiento, debe ser una actividad preventiva más que remedial. Y más que una actividad de rutina debe convertirse en una actividad técnica y de investigación (p.19).

De la misma manera, Silva en una de sus propuestas aplica un instructivo que guíe a los técnicos a realizar los mantenimientos preventivos para tener una estructura correcta del reporte y del mantenimiento que van a realizar (p.78).

Los autores López y Roa (2016), en su tesis titulada Desarrollo de un sistema de gestión de calidad en la compañía tecnología predictiva kontrolar T.P.K LTDA. Bajo los lineamientos de la NTC ISO 9001:2015 menciona la importancia del ciclo PHVA, el cual dicta que, a través de esta herramienta se puede realizar mejoramiento continuo utilizando la información de la empresa, esto porque a medida que el ciclo va progresando, se van a encontrar fallas en el proceso que de la misma manera se irán corrigiendo por medio de acciones correctivas y preventivas (p.37).

Los autores anteriores mencionan diferentes herramientas para desarrollar durante el proyecto, por ejemplo, ciclo PHVA, six sigma, diagrama de Pareto, gráficos de control, las 5 s entre otros, lo que va a ayudar a dar un análisis correcto de la situación de la compañía y sirve para guiar el proyecto hacia lo que se desea concluir (p.p.39-40).

Vega (2017), en su tesis titulada Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América S.A.S. Santa Anita realiza un diagrama Ishiawa que permite dar a conocer los diferentes factores que pueden incidir en la problemática que se tiene (p.8).

Este mismo autor menciona que el mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa (p.7).

El autor Cañas (2018), en su tesis titulada Análisis de la implementación de un sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO 9001:2015 en la empresa Totality Services S.A.S., habla de que un sistema de gestión de calidad exige documentar y formalizar de acuerdo con la norma ISO 9001:2015. El seguimiento de esta norma permite alcanzar la certificación y generar un compromiso de calidad hacia la satisfacción del cliente en pro de lograr una mayor competitividad (p.49).

Este autor también realiza un análisis FODA para valorar el estado de la compañía y brindarle a la gerencia cada uno de estos puntos para mejorar el proceso y fortalecer lo que se encuentra funcionando bien (p.54).

Rubio (2019), en su tesis titulada Plan de mantenimiento preventivo para la flota de maquinaria pesada y vehículos administrativos del municipio de Motavia menciona que el mantenimiento preventivo planificado es una herramienta esencial para conservar en un estado óptimo el equipo,

una correcta organización y conocimiento de la maquinaria, que con pequeñas inversiones que son recuperables en períodos de tiempos cortos (p.15).

Este mismo autor hizo un análisis de las máquinas, realizó un análisis de criticidad y gestión de repuestos, presenta un plan de mantenimientos preventivos para toda la maquinaria, presenta una ficha técnica con el listado de repuestos, una inspección, un formato de órdenes de trabajo y mantenimientos programados para la mejora propuesta en el proyecto (p.58).

Proyecciones

En este apartado se van a mencionar las proyecciones que se tienen para la ejecución y estandarización del proyecto que se va a realizar, con el mayor detalle posible de cómo se quiere alcanzar cada objetivo planteado para cumplir con las necesidades de la planta de manera que, las máquinas trabajen adecuadamente y el proceso sea estable conforme lo demande la producción diaria de la compañía.

- Se va a ejecutar una investigación del comportamiento de las máquinas y del por qué están teniendo fallas constantes en los equipos.
- Se pretende realizar un estudio con diferentes herramientas, para mejorar el proceso y que la calidad de la producción y disponibilidad de cada máquina sea estable.
- Basados en lo que solicita la norma ISO 9001:2015 para el área de mantenimiento, se va a realizar una propuesta de mantenimientos preventivos que permita reducir incidencias en las máquinas.
- Controlar que cada técnico realice el mantenimiento preventivo asignado cumpliendo la frecuencia entregada mediante datos documentados.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

En este capítulo se van a presentar diferentes herramientas y fuentes de información que darán una idea clara de el tema de investigación que se está realizando, indicando para qué se utilizarán y como se deben de aplicar de forma correcta. Esto va a ayudar a desarrollar el planteamiento del proyecto y resolver el conflicto que se tiene en el departamento de mantenimiento. A continuación, se muestran los conceptos con los que se busca sustentar este trabajo.

Conceptos Generales

En esta sección se van a redactar los diferentes conceptos generales que permitirán dar una claridad sobre los temas a desarrollar en la investigación:

Sistema de gestión de calidad

Según la norma Inte ISO 9001 (2015) indica:

La adopción de un sistema de gestión de la calidad es una decisión estratégica para una organización que le puede ayudar a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible.

Los beneficios potenciales para una organización de implementar un sistema de gestión de la calidad basado en esta Norma Internacional son:

- a) la capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables;
- b) facilitar oportunidades de aumentar la satisfacción del cliente;
- c) abordar los riesgos y oportunidades asociadas con su contexto y objetivos;
- d) la capacidad de demostrar la conformidad con requisitos del sistema de gestión de la calidad especificados (p.7).

Proceso

“La comprensión y gestión de los procesos interrelacionados como un sistema contribuye a la eficacia y eficiencia de la organización en el logro de sus resultados previstos” (Norma Inte ISO 9001, 2015, p.8).

La norma ISO 9001 (2015) proporciona una representación esquemática de cualquier proceso y muestra la interacción de sus elementos (p.9).

En la Figura 1, se puede observar un ejemplo de un esquema de proceso:

Figura 1: Representación Esquemática de un Proceso



Nota: Norma Inte ISO 9001 (2015)

Como se muestra en la figura anterior, se puede ver el esquema que representa un proceso desde la entrada hasta la salida, esto ayuda a observar el paso a paso de cada nivel.

Mantenimiento Preventivo

Ángel, R y Olaya, H (2014) dicen en su tesis que el mantenimiento preventivo “es el que como su nombre lo dice, previene las fallas. Ha sido el más usado y su base de funcionamiento es la estadística, la observación, las recomendaciones del fabricante y el conocimiento del equipo” (p.21).

El mantenimiento preventivo es importante y a la vez crítico, esto porque da una seguridad de que el equipo tiene constantemente una supervisión del estado en que se encuentra y de esta manera se pueden anticipar problemas grandes en la máquina. El no tener implementado un sistema de mantenimientos preventivo afecta directamente el departamento con la certificación de la Inte ISO 9001:2015, pues la disponibilidad de los equipos debe ser constante y no tener un programa genera inconformidades.

Mantenimiento Correctivo

Según Boero (2020), el mantenimiento correctivo “son los que se aplican una vez aparecida la falla” (p.22).

El autor anterior continúa diciendo sobre el mantenimiento correctivo lo siguiente:

La avería se produce cuando se está utilizando y es necesario el equipo para realizar la producción. En muchos casos, el usuario no informa de la falla para poder seguir con la producción. Esto puede deteriorar aún más a la instalación que si se realiza una intervención inmediata con los primeros síntomas de anomalía (p.24).

Mantenimiento Predictivo

“Son los que tratan de prevenirla antes de su aparición” (Boero, 2020, p.22).

El mismo autor menciona:

Este sistema implica conocer el estado actual de cada equipo y sus componentes. Mediante esta base se programa el mantenimiento correctivo en el momento más oportuno.

Las principales ventajas son las siguientes:

- Disminuir la frecuencia de las paradas.
- Aprovechar la intervención para realizar varias reparaciones.
- Realizar las intervenciones en los momentos oportunos de producción y mantenimiento.
- Disponer de los utilajes y repuestos necesarios.
- Distribuir el trabajo de mantenimiento evitando excesos o bajas en las tareas del servicio.
- Evita que las averías se aumenten.
- Disminuye los riesgos para los sistemas de seguridad.

Será necesario implantar un plan de seguimiento para cada equipo. En el plan se deben especificar las técnicas que se aplicarán para detectar posibles anomalías de funcionamiento y la frecuencia en las que se realizarán (p.25).

Herramientas para Describir el Problema

A continuación, se van a describir las diferentes herramientas que serán utilizadas en el proyecto y que permitirá plasmar el problema actual de la compañía:

Análisis FODA

Según el autor Sánchez (2020), el análisis FODA se define como:

El análisis FODA, también conocido en los países hispanohablantes como DAFO o DOFA y en los angloparlantes como SWOT, es una herramienta clave para hacer una evaluación pormenorizada de la situación actual de una organización o persona sobre la base de sus debilidades y fortalezas, y en las oportunidades y amenazas que ofrece su entorno.

La forma visual de un análisis FODA o DAFO es una matriz de cuatro cuadrantes donde se listan las principales características y observaciones correspondientes a cada categoría mencionada (p.15).

En la Figura 2, se puede ver un modelo de la matriz FODA:

Figura 2: Matriz FODA o DAFO



Nota: Sánchez Huerta, (2020).

De acuerdo con los autores Ballesteros et al. (2010), las siglas y sus definiciones de la matriz FODA son las siguientes:

Fortalezas: Se definen como las capacidades especiales de cada Cátedra, relacionadas a la investigación, se incluyen en ellas los recursos disponibles, las capacidades y Habilidades y las actividades positivas.

Oportunidades: Se definen como aquellos factores externos que resultan positivos, favorables, explotables, que se deben descubrir en el medio.

Debilidades: se definen como aquellos factores que provocan una posición desfavorable frente al medio, que entorpecen el alcance de los objetivos o que enlentecen los procesos, como recursos insuficientes, habilidades que no se poseen, actividades que no se desarrollan positivamente.

Amenazas: se definen como aquellas situaciones que provienen del entorno, que se vislumbran como riesgos significativos y que pueden llegar a atentar contra el prestigio institucional (p.p.10-11).

Herramienta AMEF

En esta herramienta que se va a utilizar, el siguiente autor brinda el significado de la herramienta e incluso como se desarrolla desde sus inicios.

La disciplina del AMEF fue desarrollada en el ejército de la Estados Unidos por los ingenieros de la National Agency of Space and Aeronautical (NASA), y era conocido como el procedimiento militar MIL-P-1629, titulado "Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de criticabilidad" y elaborado el 9 de noviembre de 1949; este era empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal o de los equipos (Alonso, 2009, p.4).

El mismo autor menciona que el Análisis de modos y efectos de fallas potenciales, AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas (p.5).

Esta herramienta es muy útil para valorar las fallas y este autor menciona algunos beneficios como:

- Incrementa la probabilidad de que los modos de fallas potenciales y sus efectos sobre la operación del sistema sean considerados durante el diseño.
- Proporciona una información adicional para ayudar en la planeación de programas de pruebas concienzudos y eficientes.

- Desarrolla una lista de modos de fallas potenciales, clasificados conforme a su probable efecto sobre el cliente.
- Proporciona un formato documentado abierto para recomendar acciones que reduzcan el riesgo para hacer el seguimiento de ellas.
- Proporciona un formato documentado abierto para recomendar acciones que reduzcan el riesgo para hacer el seguimiento de ellas (p.6).

En la Tabla 1, se observa una estructura de la herramienta AMEF.

Tabla 1: Ejemplo de AMEF

Esta calificación resulta cuando un modo de falla potencial resulta en un defecto con el cliente final y/o una planta de manufactura / ensamble. El cliente final debe ser siempre considerado primero. Si ocurren ambos, use la mayor de las dos.		
Efecto	Efecto en manufactura / ensamble	Calificación
Peligroso son aviso	Puede exponer el peligro al operador (máquina o ensamble) sin aviso	10
Peligroso con aviso	Puede exponer al peligro al operador (máquina o ensamble) con aviso	9
Muy alto	El 100% del producto puede tener que ser desechado o preparado con un tiempo o costo infinitamente mayor	8
Alto	El producto tiene que ser seleccionado y una parte desechada o reparado con un tiempo y costo alto	7
Moderado	Una parte del producto puede tener que ser desechado sin selección o reparado con un tiempo y costo alto	6
Bajo	El 100% del producto puede tener que ser retrabajado o reparado fuera de línea pero no necesariamente va al área de retrabajo	5
Muy bajo	El producto puede tener que ser seleccionado, sin desecho y una parte retrabajada	4
Menor	El producto puede tener que ser retrabajado, sin desecho, en línea, pero fuera de la estación	3
Muy menor	El producto puede tener que ser retrabajado, sin desecho en la línea, en la estación	2
Ninguno	Ligero inconveniente para la operación u operador, o sin efecto	1

Nota: Moreno Herrera, (2014)

En la tabla anterior, se puede ver un claro ejemplo de una tabla con la herramienta descrita anteriormente.

Herramientas para Medir las Consecuencias

En esta sección se va a realizar una descripción de las herramientas a utilizar para medir las consecuencias de la problemática expuesta:

Diagrama de Pareto

Según Walter (2009), el diagrama de Pareto tiene el siguiente significado:

El diagrama de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos va a ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles (p.4).

Según este mismo autor, el diagrama de Pareto se elabora de la siguiente manera.

- Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hallando el total.
- Reordenar los elementos de mayor a menor.
- Determinar el % acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada.
- Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades).
- Trazar y rotular el eje horizontal (elementos).
- Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes).
- Dibujar las barras correspondientes a cada elemento.
- Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado.
- Analizar el diagrama localizando el "Punto de inflexión" en este último gráfico (p.p.4-5).

Continuando con este autor, otro ejemplo que da es que el 80% del valor del inventario total se encuentra en solo 20% de los artículos en el inventario; en 20% de los trabajos ocurren 80% de los accidentes, o 20% de los trabajos representan cerca de 80% de los costos de compensación para trabajadores (p.5).

En la Tabla 2, se muestra un modelo de Pareto:

Tabla 2: Ejemplo de tabla de resumen de Pareto

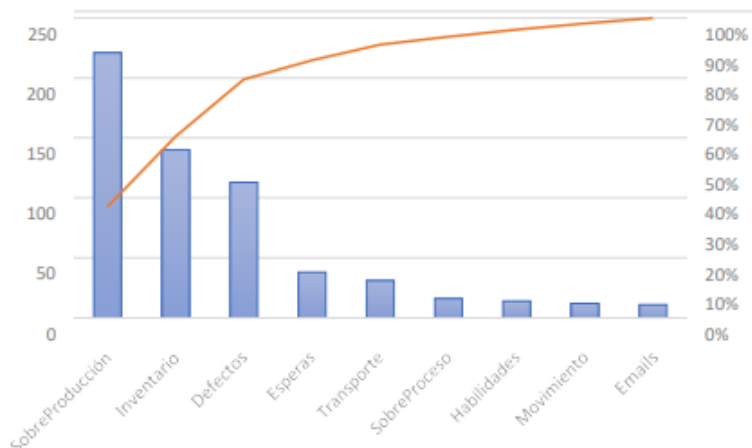
	Tiempo (min)	Frecuencia (%)	Acumulado (%)
Sobreproducción	221	37%	37%
Inventario	140	23%	61%
Defectos	113	19%	80%
Esperas	38	6%	86%
Transporte	31	5%	91%
Sobrepoceso	16	3%	94%
Habilidades	14	2%	96%
Movimiento	12	2%	98%
E-mails	11	2%	100%

Nota: Mompó, Gisbert, Pérez y Pérez (2020).

En la tabla anterior, se muestra un patrón del diagrama de Pareto, el cual representa el 80-20.

En la Figura 3, se muestra el diagrama de Pareto:

Figura 3: Ejemplo de diagrama de Pareto



Nota: Mompó, Gisbert, Pérez y Pérez (2020).

En esta figura 3, se ve el diagrama plasmado de los problemas que se ejemplifican en la tabla 2.

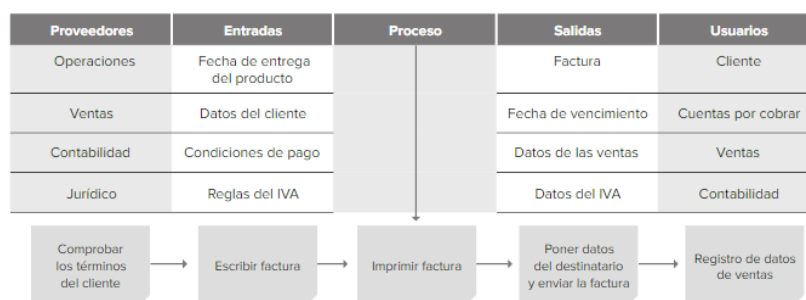
SIPOC

Según el siguiente autor, el SIPOC tiene como objetivo lo siguiente:

El diagrama PEPSU tiene el objetivo de analizar el proceso y su entorno. Para ello se identifica a sus proveedores (P), las entradas (E), el proceso mismo (P), las salidas (S) y los usuarios (U). El acrónimo en inglés de este diagrama es SIPOC (suppliers, inputs, process, outputs and customers) (Gutiérrez, 2020, p.209).

En la Figura 4, se muestra un ejemplo de esta herramienta para identificar fallas.

Figura 4: Ejemplo de SIPOC



Nota: Gutiérrez (2020).

Herramientas para Analizar las Causas

En este apartado, se van a ver diferentes herramientas que ayudarán a determinar y realizar un análisis sobre las causas que está generando la problemática expuesta en el proyecto:

Diagrama Ishikawa

Los autores Carmona et al (2019) dan el siguiente concepto sobre la metodología del diagrama causa-efecto o Ishikawa:

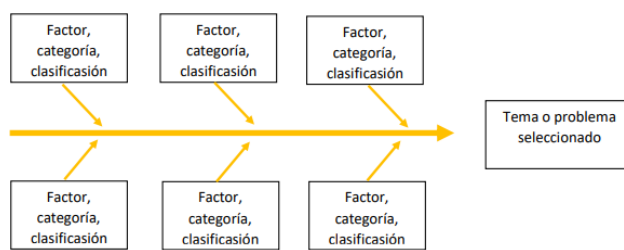
En términos muy generales diremos que el diagrama de causa-efecto se utiliza para ordenar y representar gráficamente las opiniones o posturas que resultan de un proceso de lluvia de ideas que emite cada uno de los miembros de un grupo al dar respuesta a una pregunta que se plantea como inicio o apertura del análisis (p.10).

Según los autores anteriores, los pasos a seguir para elaborar el diagrama son:

- Escribir el tema o problema seleccionado en un recuadro colocado a la mitad en el lado derecho de una hoja y dibujar una flecha gruesa que comienza en el lado izquierdo y apunta hacia el recuadro.
- Categorizar la lluvia de ideas. Titular apropiadamente cada categoría o clasificación y escribir este título en flechas secundarias que apuntan al cuerpo de la flecha dibujada.
- Escribir con mayor detalle los elementos pertenecientes a cada una de las categorías, colocando a estos elementos a los lados de las flechas secundarias, según sea la categoría o la que pertenezca al factor seleccionado por su tasa de aparición (p.p.10-11).

En la Figura 5, se representa una muestra del diagrama Ishikawa:

Figura 5: Diagrama de Ishikawa



Nota: Carmona, de los Ángeles y Sánchez (2019)

Diagrama de flujo

Según el autor Gutiérrez (2020), el diagrama de flujo tiene el siguiente significado:

El diagrama de flujo de procesos es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso. A través de este se ve en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades; es de especial utilidad para analizar y mejorar el proceso (p.207).

Este mismo autor construye diferentes pasos para realizarlos:

- Definir el objetivo del diagrama. Establecer claramente, por escrito, el objetivo que se busca alcanzar con el diagrama a construir.
- Delimitar el proceso bajo estudio. Un proceso es parte de un sistema, por lo que una tarea importante es delimitar las etapas, pasos o variantes que realmente es importante que se incluyan en el diagrama. Por ello será necesario expresar por escrito cuál es el proceso, dónde inicia, dónde termina y cuáles son las grandes variantes que se incluirán en el diagrama. Por ejemplo, supongamos que se quiere analizar el proceso de aprobación de órdenes de compra en una empresa con el objetivo de reducir su tiempo de ciclo. En la delimitación será necesario establecer en qué momento y cómo se ingresa una orden de compra para aprobación, cuándo se considera que está aprobada y cuáles son las variantes que se incluirán en el diagrama, en función de aspectos, como el monto de la orden y el tipo de proveedores
- Hacer un esquema general del proceso. Para cumplir con esta actividad es necesario identificar las etapas o grupos de acciones más relevantes que constituyen el proceso en estudio, junto con la secuencia en la que se realizan.
- Profundizar en el nivel de detalle requerido, hasta incluir lo que se requiere de las actividades que constituyen cada etapa principal.
- Resaltar los puntos de decisión o bifurcación y, de ser necesario, identificar el tipo de actividades.
- Revisar el diagrama completo. Comprobar que el diagrama del proceso tiene una secuencia clara.

2. Aclarando que estos no significan lo mismo: “los problemas (o defectos) son resultados.
3. Los errores son las causas de los resultados y el error se debe a la falta de conocimiento, deficiencia o accidente.
4. Los fracasos en alcanzar lo que se debería hacer (p.79).

En la Figura 7, se muestra un ejemplo de Poka Yoke:

Figura 7: Poka Yoke



Nota: Marín (2016).

Lista de chequeo

Según Gutiérrez y de la Vara (2009), precisan la lista de chequeo o también conocida como hoja de verificación como “un formato construido para coleccionar datos, de forma que su registro sea sencillo, sistemático y que sea fácil analizarlos” (p.148).

También estos autores dicen que, “la finalidad de la hoja de verificación es fortalecer el análisis y la medición del desempeño de los diferentes procesos de la empresa, a fin de contar con información que permita orientar esfuerzos, actuar y decidir objetivamente” (p.148).

Según estos autores citados, algunas de las situaciones en las que resulta de utilidad obtener datos a través de las hojas de verificación son las siguientes:

- Describir el desempeño o los resultados de un proceso.
- Clasificar las fallas, quejas o defectos detectados, con el propósito de identificar sus magnitudes, razones, tipos de fallas, áreas de donde proceden, etcétera.
- Confirmar posibles causas de problemas de calidad (p.148).

Los autores anteriores muestran unos pasos a seguir para verificar una lista de chequeo:

1. Determinar qué situación es necesario evaluar, sus objetivos y el propósito que se persigue. A partir de lo anterior, definir qué tipo de datos o información se requiere.
2. Establecer el periodo durante el cual se obtendrán los datos.
3. Diseñar el formato apropiado. Cada hoja de verificación debe llevar la información completa sobre el origen de los datos: fecha, turno, máquina, proceso, quién toma los datos. Una vez obtenidos, se analizan e investigan las causas de su comportamiento. Para ello se deben utilizar gráficas. Es necesario buscar la mejora de los formatos de registro de datos para que cada día sean más claros y útiles (p.152).

En la Tabla 3 se presenta un ejemplo de lista de chequeo

Tabla 3: Lista de chequeo

Código	Máquina	Frecuencia	Técnico	Observación
01	Horno	Mensual	Daniel	Trabajo para realizar

Nota: Daniel Camacho

Herramientas para el Control de la Propuesta

En este apartado, se verán plasmadas las herramientas que se van a utilizar para realizar el control de la propuesta.

Diagrama de GANTT

Según el autor Bataller (2016), el significado del diagrama de Gantt es el siguiente:

El diagrama de Gantt es una sencilla herramienta de gráficos de tiempos y resulta bastante eficaz para la planificación y la evaluación del avance de los proyectos. Un gráfico de Gantt es un sencillo gráfico de barras con las características siguientes:

- Cada barra simboliza una tarea del proyecto.
- El eje horizontal representa el tiempo.

- Verticalmente, y en la columna izquierda, se escribe una relación de las tareas. (p.p. 38-39)

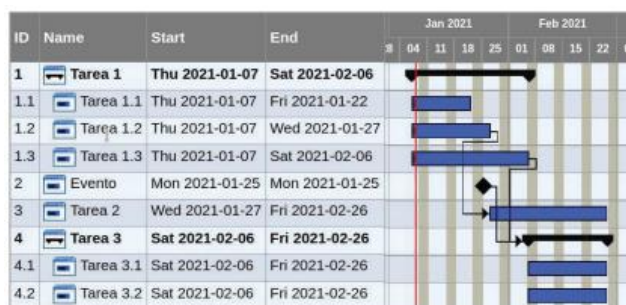
Este mismo autor también dice sobre el diagrama de Gantt que,

Una ventaja importante de los gráficos de Gantt es que ilustran claramente el encabalgamiento entre tareas planificadas. Una vez identificadas las tareas (diagramas de flujo o un simple listado de tareas) se suele efectuar una primera representación visual y una esquematización del proyecto por medio de un diagrama de Gantt. Para usar el diagrama de Gantt como herramienta de planificación y seguimiento, el procedimiento es el siguiente:

- Identificar las tareas que hay que planificar.
- Determinar la duración de cada tarea.
- Escribir la lista de actividades en la columna de la izquierda del gráfico Gantt. Anotar las fechas de inicio y final de cada tarea del proyecto en el eje horizontal del gráfico.
- Pintar una barra para cada tarea según las fechas identificadas.
- Para evaluar los avances del proyecto se marcan los porcentajes de trabajo realizado oscureciendo sobre cada barra la parte proporcional. Si una tarea ha sido completada, su barra correspondiente aparecerá completamente oscura. (p.39)

En la Figura 8 se puede visualizar un diagrama de GANTT:

Figura 8: Diagrama de GANTT



Nota: Mateos y Benac (2021)

Indicadores KPI

Los indicadores se pueden definir como:

(. . .) como instrumentos de medida que proporcionan datos objetivos del desempeño de los procesos (por ejemplo, porcentaje de servicios con incidencias). La misión principal de los indicadores es conocer si los procesos están siendo eficaces o no. Un proceso es eficaz cuando los resultados obtenidos cumplen con los requisitos demandados por los clientes, ya sean internos o externos (Pardo, 2017, p.194).

Este mismo autor menciona como diseñar indicadores de operativa de la siguiente manera:

- Buscar la actividad o actividades críticas del proceso y, dentro de cada una, los parámetros o variables relevantes. Para realizar esta tarea puede ser muy interesante tener delante el diagrama de flujo del proceso.
- Asociar a cada variable crítica una medida (porcentaje, media, número de casos, etc.).
- Fijar un valor umbral, tal y como se propone para el diseño de indicadores de resultado.
- Fijar un valor umbral: constituye la referencia a alcanzar por el indicador y a través de ella juzgar si el funcionamiento es adecuado o no (por ejemplo, para el indicador porcentaje de servicios con incidencias, podríamos establecer un valor umbral <2%) (p.p. 206-207).

Pardo (2017) menciona lo siguiente:

Según el autor para poder medir e interpretar adecuadamente cada uno de los indicadores diseñados se debe determinar una información mínima, que tendría que incluir: responsable de la medición, periodicidad de la medida, fórmula de cálculo y valor umbral. También indica que la fórmula de cálculo es muy importante, pues define cómo relacionar los datos para el cómputo del indicador y para su interpretación (p.216).

En la

Tabla 4, se muestra un modelo de indicadores que se podría usar para medir la efectividad de cada técnico.

Tabla 4: Ejemplo de Indicadores

CUMPLIMIENTO DE PREVENTIVOS			
ÁREA	CANTIDAD DE PREVENTIVOS A REALIZAR	PREVENTIVOS COMPLETADAS	CUMPLIMIENTO SEMANAL
VIDRIO	30	30	100%

Nota: Daniel Camacho

Encuesta

Según el autor Grasso (2006) el concepto de encuesta es el siguiente:

La encuesta es un procedimiento que permite explorar cuestiones que hacen a la subjetividad y al mismo tiempo obtener esa información de un número considerable de personas. Así, por ejemplo, permite explorar la opinión pública y los valores de vigentes en una sociedad, temas de significación científica y de importancia en sociedades democráticas (p.13).

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo, se presentará la metodología que se va a utilizar durante el desarrollo de la investigación, se hará una descripción de las diferentes variables que serán analizadas, también se va a plantear el enfoque, el alcance, el diseño, también el instrumento de medición con el que se van a analizar las variables del proyecto, se recolectarán los datos necesarios para el desarrollo y se va a hacer un cronograma que mostrarán los tiempos de cada etapa del proyecto.

Enfoque

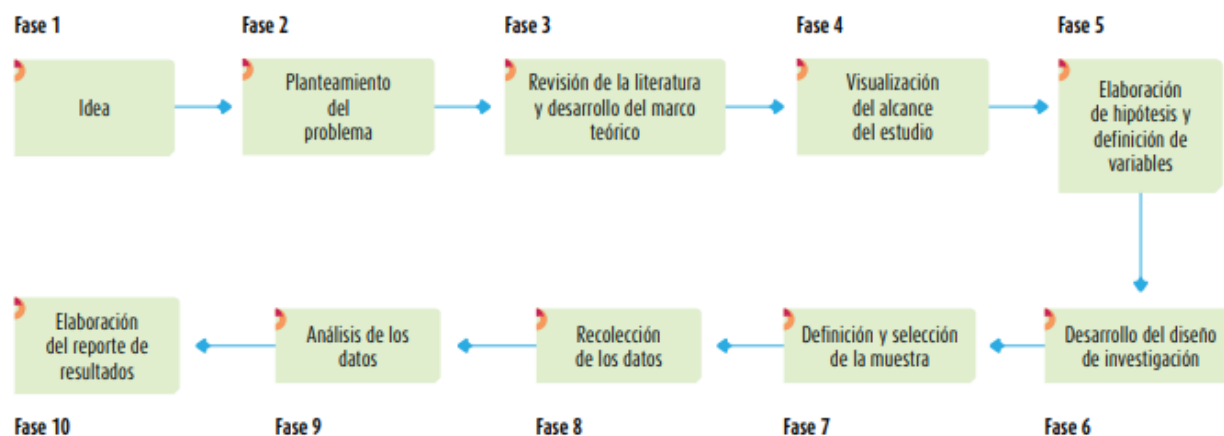
En este apartado se van a definir los tres enfoques de la investigación y se seleccionará uno de acuerdo con lo que se desea realizar:

Enfoque Cuantitativo

Como lo menciona el autor Hernández et al (2014), “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías”. (p.4)

En la Figura 9, se muestra en ejemplo de proceso cuantitativo:

Figura 9: Proceso Cuantitativo



Nota: Hernández, Fernández y Baptista (2014)

Según los autores anteriores, el enfoque cuantitativo tiene algunas de las siguientes características:

- Refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación: ¿cada cuánto ocurren y con qué magnitud?

- El investigador o investigadora plantea un problema de estudio delimitado y concreto sobre el fenómeno, aunque en evolución. Sus preguntas de investigación versan sobre cuestiones específicas.
- Una vez planteado el problema de estudio, el investigador o investigadora considera lo que se ha investigado anteriormente (la revisión de la literatura) y construye un marco teórico (la teoría que habrá de guiar su estudio), del cual deriva una o varias hipótesis (cuestiones que va a examinar si son ciertas o no) y las somete a prueba mediante el empleo de los diseños de investigación apropiados. Si los resultados corroboran las hipótesis o son congruentes con éstas, se aporta evidencia a su favor. Si se refutan, se descartan en busca de mejores explicaciones y nuevas hipótesis. Al apoyar las hipótesis se genera confianza en la teoría que las sustenta. Si no es así, se rechazan las hipótesis y, eventualmente, la teoría.
- Así, las hipótesis (por ahora denominémoslas “creencias”) se generan antes de recolectar y analizar los datos.
- La recolección de los datos se fundamenta en la medición (se miden las variables o conceptos contenidos en las hipótesis). Esta recolección se lleva a cabo al utilizar procedimientos estandarizados y aceptados por una comunidad científica. Para que una investigación sea creíble y aceptada por otros investigadores, debe demostrarse que se siguieron tales procedimientos.
- Debido a que los datos son producto de mediciones, se representan mediante números (cantidades) y se deben analizar con métodos estadísticos.
- En el proceso se trata de tener el mayor control para lograr que otras posibles explicaciones, distintas o “rivales” a la propuesta del estudio (hipótesis), se desechen y se excluya la incertidumbre y minimice el error. Es por esto que se confía en la experimentación o en las pruebas de causalidad.
- Los análisis cuantitativos se interpretan a la luz de las predicciones iniciales (hipótesis) y de estudios previos (teoría). (p.5)

Enfoque Cualitativo

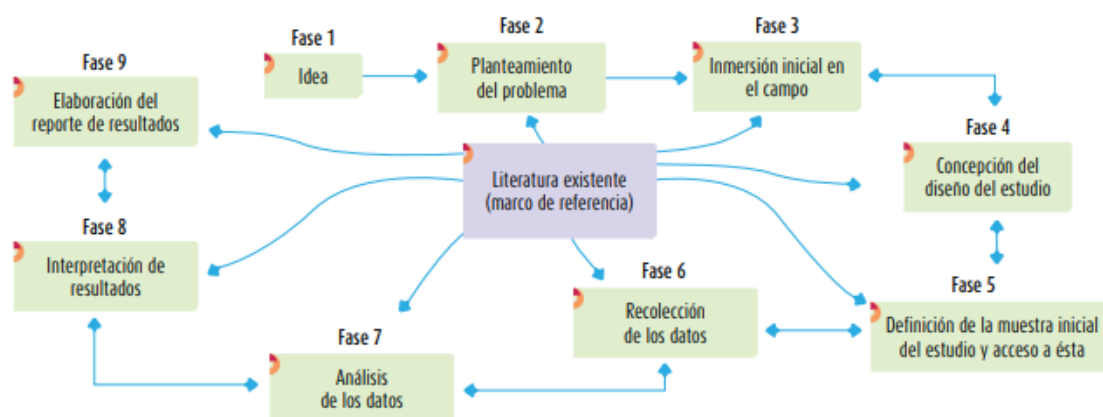
Hernández et al (2014) indica que el enfoque cualitativo “Utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación.” (p.7)

Según estos autores, algunas de las características de este enfoque son:

- El investigador o investigadora plantea un problema, pero no sigue un proceso definido claramente. Sus planteamientos iniciales no son tan específicos como en el enfoque cuantitativo y las preguntas de investigación no siempre se han conceptualizado ni definido por completo.
- Las investigaciones cualitativas se basan más en una lógica y proceso inductivo (explorar y describir, y luego generar perspectivas teóricas).
- En la mayoría de los estudios cualitativos no se prueban hipótesis, sino que se generan durante el proceso y se perfeccionan conforme se recaban más datos; son un resultado del estudio.
- El enfoque se basa en métodos de recolección de datos no estandarizados ni predeterminados completamente.
- El proceso de indagación es más flexible y se mueve entre las respuestas y el desarrollo de la teoría. (p.p.8-9)

En la Figura 10, se muestra un ejemplo de enfoque cualitativo:

Figura 10: Enfoque Cualitativo



Nota: Hernández et al (2014)

Enfoque Mixto

Según los autores Hernández et al (2014), el enfoque mixto “implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema.” (p.532)

Selección del Enfoque

En este proyecto, se seleccionó el enfoque cuantitativo, el cual permitirá explicar de una forma más adecuada una explicación al problema que presenta el departamento de mantenimiento con los correctivos en las máquinas de producción, por esto será necesario la recolección de datos para ejecutar el análisis estadístico y determinar las diferentes causas que están generando los problemas.

Alcance

En esta sección, se definirán los tipos de alcance que son utilizados en las investigaciones y que dará a conocer el tipo de investigación en este proyecto:

Exploratorio

Según Hernández et al (2014), los estudios exploratorios “Se emplean cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso.” (p.91)

Los estudios exploratorios sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, indagar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados. (Hernández et al, 2014, p.91)

Descriptivo

Hernández et al (2014), indica que los estudios descriptivos “Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población”. (p.92)

Con frecuencia, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con

los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. (Hernández et al, 2014, p.92)

Según estos mismos autores, algunos ejemplos de estudios descriptivos son:

- Una investigación que determine cuál de los partidos políticos tiene más seguidores en una nación, cuántos votos ha conseguido cada uno de estos partidos en las últimas elecciones nacionales y locales, así como qué tan favorable o positiva es su imagen ante la ciudadanía.
- Una investigación que nos indicara cuántas personas asisten a psicoterapia en una comunidad específica y a qué clase de psicoterapia acuden. (p.93)

Correlacional

Según Hernández et al (2014), el estudio correlacional “Asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población.” (p.93)

Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables. (Hernández et al, 2014, p.93)

Explicativo

Los autores Hernández et al (2014) dicen que el estudio explicativo “pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian.” (p.95)

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (Hernández et al, 2014, p.95)

Selección del alcance

En esta investigación se seleccionó el estudio explicativo, pues va a permitir dar una explicación a los diferentes factores que están ocasionando problemas con las máquinas de producción, según lo fundamentado en las definiciones anteriores.

Diseño

En este apartado se procederá a definir el diseño, el cual es muy importante para seleccionar que diseño tiene la investigación

Experimental

Según Hernández et al (2014), “los experimentos s manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control.” (p.129)

Según estos autores, “los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula.” (Hernández et al., 2014, p.129)

No experimental

Para los autores Hernández et al (2014), los diseños no experimentales son “estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos.” (p.152)

En un experimento, el investigador prepara deliberadamente una situación a la que son expuestos varios casos o individuos. Esta situación consiste en recibir un tratamiento, una condición o un estímulo en determinadas circunstancias, para después evaluar los efectos de la exposición o aplicación de dicho tratamiento o tal condición. Por decirlo de alguna manera, en un experimento se “construye” una realidad (Hernández et al, 2014, p.152).

Transeccional o transversal

Según Hernández et al (2014), este diseño se define como “Investigaciones que recopilan datos en un momento único.” (p.154)

Algunos ejemplos de este diseño son:

- Medir las percepciones y actitudes de mujeres jóvenes (18-25 años) que fueron abusadas sexualmente en el último mes en una urbe latinoamericana
- Evaluar el estado de los edificios de un barrio o una colonia, después de un terremoto.
- Analizar el efecto que sobre la estabilidad emocional de un grupo de personas provocó en lo inmediato un acto terrorista (como el atentado del maratón de Boston en abril de 2013).
- El estudio de Lee y Guerin (2009) para identificar si la satisfacción respecto a la calidad del diseño ambiental del interior de áreas de trabajo u oficinas afecta significativamente la satisfacción general del espacio de trabajo por parte de sus ocupantes y su desempeño laboral, en un momento específico. (Hernández et al, 2014, p.154)

Longitudinal

Según Hernández et al (2014), los diseños longitudinales son “estudios que recaban datos en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución del problema de investigación o fenómeno, sus causas y sus efectos.” (p.159)

Selección del diseño

El diseño de este proyecto es el No experimental transeccional o transversal, pues tiene las características de analizar la problemática actual en el área de mantenimiento.

Variables

Las variables se elaborarán en la Tabla 5, que se desarrolla según los objetivos específicos.

Tabla 5: Variables

Objetivos Específicos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental

Definir el problema que está generando la detención de las máquinas de producción.	Fallos de las máquinas	“Acción y efecto de detener o detenerse” (Real Academia Española, 2022).	Cantidad de fallos /Total de equipos arreglados	Sistema de datos de producción
Medir las consecuencias de los problemas en las máquinas de producción al detenerse constantemente.	Consecuencia de los problemas de las máquinas	“Hecho o acontecimiento que se sigue o resulta de otro” (Real Academia Española, 2022).	Retrasos en entregas/Pedidos procesados	Sistema de datos de producción
Analizar las causas de los retrasos en tiempos de entrega que ocasionan las máquinas de producción al estar detenidas.	Fallas técnicas	“Acción y efecto de retrasar o retrasarse” (Real Academia Española, 2022)	Total de fallas/Número de máquinas atendidas	Reportes de seguimiento y control
Proponer un sistema de mantenimientos preventivos para el área de mantenimiento.	Mantenimientos Preventivos	“Un plan de mantenimiento preventivo (PMP) va a definir la estrategia del mantenimiento más pertinente que aplicar sobre un equipo, frente a las consecuencias de no aplicarlo.” (Rey, 2014)	Preventivos cumplidos/Preventivos planificados	Matriz de cronograma de mantenimientos preventivos para las máquinas de producción
Establecer indicadores de control para que se cumpla el sistema de mantenimientos preventivos.	Mantenimientos Preventivos	“Un plan de mantenimiento preventivo (PMP) va a definir la estrategia del mantenimiento más pertinente que aplicar sobre un equipo, frente a las	Indicadores cumplidos/Indicadores propuestos	Reportes de seguimiento y control

		consecuencias de no aplicarlo.” (Rey, 2014)		
--	--	---	--	--

Nota: Daniel Camacho (2023)

Muestra

A continuación, se va a realizar la muestra de la investigación, para definir el tipo de muestra, unidad de muestreo y fórmula que se va a utilizar.

En la Tabla 6 se presenta la muestra

Tabla 6: Muestra

Indicador	Tipo de muestra	Unidad de muestreo	Fórmula
Cantidad de fallos/Total de equipos arreglados	No probabilística, por conveniencia	Cantidad de fallos	Datos de producción.
Retrasos en entregas/Pedidos procesados	No probabilística, por conveniencia	Pedidos atrasados	Datos de producción de pedidos atrasados.
Total de fallas/Número de máquinas atendidas	No probabilística, por conveniencia	Máquinas atendidas	Datos de producción de máquinas detenidas.
Preventivos cumplidos/Preventivos planificados	No probabilística, por conveniencia	Reporte de preventivos planificados y cumplidos	Minutas de reunión con el personal de mantenimiento para cumplir los objetivos.
Indicadores cumplidos/Indicadores propuestos	No probabilística, por conveniencia	Todos los involucrados	Se realizará una encuesta al personal de mantenimiento.

Nota: Daniel Camacho (2023)

Instrumentos

En este apartado se va a realizar una tabla con los instrumentos que se van a utilizar en el proyecto, también se mencionarán los recursos utilizados.

En la

Tabla 7 se muestran los instrumentos:

Tabla 7: Instrumentos

Indicador	Instrumento	Recursos Requeridos
Cantidad de fallos/Total de equipos arreglados	Registros de datos de producción	Computadora Base de datos de producción
Retrasos en entregas/Pedidos procesados	Registros de datos de producción	Computadora Base de datos de producción
Total de fallas/Número de máquinas atendidas	Registros de datos de producción	Computadora Base de datos de producción
Preventivos cumplidos/Preventivos planificados	Lista de chequeo	Computadora Excel
Indicadores cumplidos/Indicadores propuestos	Matriz de indicadores	Excel Base de datos de producción

Nota: Daniel Camacho (2023)

Recolección de Datos

En la recolección de datos se va a realizar una tabla donde se va a especificar de dónde van a recolectar, de donde se van a obtener, el método de recolección y los beneficios esperados.

En la

Tabla 8 se va a definir la recolección de los datos:

Tabla 8: Recolección de datos

Indicador	Fuente de datos	Método de recolección de datos	Beneficios esperados
Cantidad de fallos/Total de equipos arreglados	Base de datos de producción	Se va a elaborar un estudio con la cantidad de detenciones de las máquinas de producción, que es lo que está generando el problema en las máquinas. Esta información se va a obtener de la base de datos de producción y de los reportes finales que dan los técnicos.	Recolectar información sobre la cantidad de detenciones de máquinas que están retrasando el proceso.
Retrasos en entregas/Pedidos procesados	Base de datos de producción	Se va a hacer un recorrido en la planta, se van a revisar las fechas de entrega de cada pedido, se va a verificar el informe generado de producción de los pedidos procesados correctamente y se va a revisar la base de datos de producción para tener los datos correctos de la cantidad de pedidos atrasados y producidos correctamente	Ver las consecuencias generadas por los retrasos en producción
Total de fallas/Número de máquinas atendidas	Base de datos de producción, reportes de técnicos de mantenimiento	Se va a hacer un recorrido por las máquinas para verificar el problema que ocurrió, la gravedad del diagnóstico dado por los técnicos, la cantidad de máquinas con problemas y hacer el estudio de la razón por la que están fallando los equipos, esto con base en los reportes de cada técnico y	Analizar las causas que están generando las detenciones de los equipos.

		verificando la base de datos de producción	
Preventivos cumplidos/Preventivos planificados	Reportes de la lista de chequeo	Con la lista de mantenimientos preventivos que se le va a dar a cada técnico, se va a realizar un recorrido por cada máquina, verificar con el responsable del preventivo si se hizo el preventivo como se le asignó y si hay algún punto de mejora en el preventivo realizado, si no se hace se debe elaborar un informe de justificación, ya que es importante cumplir con el indicador.	Verificar cuáles de los preventivos propuestos y planificados se están cumpliendo
Indicadores cumplidos/Indicadores propuestos	Gerencia y supervisor de mantenimiento	Se elaborará una matriz de indicadores en Excel, se va a establecer un porcentaje de cumplimiento, esto se va a realizar en conjunto con el jefe de mantenimiento, el cual dará el visto bueno de lo propuesto y los técnicos deberán elaborar un informe que brinde un diagnóstico del estado de cada máquina como parte del cumplimiento.	Identificar si los indicadores que se implementaron están siendo cumplidos por el personal responsable y darle seguimiento a lo pendiente.

Nota: Daniel Camacho Gómez

Método de Análisis

En seguida, se realizará la tabla con el método de análisis de la investigación, la cual mostrará la manera en que se van a analizar los datos.

En la Tabla 9 se presenta el método de análisis:

Tabla 9: Método de Análisis

Indicador	Análisis para realizar	Programa	Uso
Cantidad de fallos/Total de equipos arreglados	Se va a realizar una encuesta que permita conocer la opinión de los colaboradores de producción y mantenimiento, de esta manera se puede verificar si la cantidad de fallos está relacionada con la falta de mantenimientos preventivos y la detención constante de los equipos.	Google forms	Con este método se pueden analizar las causas que están generando problemas en los equipos.
Retrasos en entregas/Pedidos procesados	Se realizará un Ishikawa que pueda verificar el proceso desde su entrada hasta su salida	Excel	Con esta herramienta, se podrá realizar un análisis de todo el proceso de producción
Total de fallas/Número de máquinas atendidas	Se va a realizar un diagrama de Pareto para clasificar las reincidencias.	Excel	Con esta herramienta, se pueden clasificar los equipos que más están fallando
Preventivos cumplidos/Preventivos planificados	Se realizará un análisis de la planificación realizada con cada responsable utilizando los resultados obtenidos en la lista de chequeo	Excel	Esta herramienta va a ayudar a que el programa de mantenimientos preventivos tenga un orden y una frecuencia para ser ejecutado
Indicadores cumplidos/Indicadores propuestos	Se van a analizar los indicadores cumplidos de cada técnico y cuales no se	Excel	Con el análisis de los indicadores propuestos, se va a obtener un porcentaje de

	cumplen, el por qué no se cumplieron y que plan de acción se debe hacer para que se cumplan		cumplimiento por parte de mantenimiento.
--	---	--	--

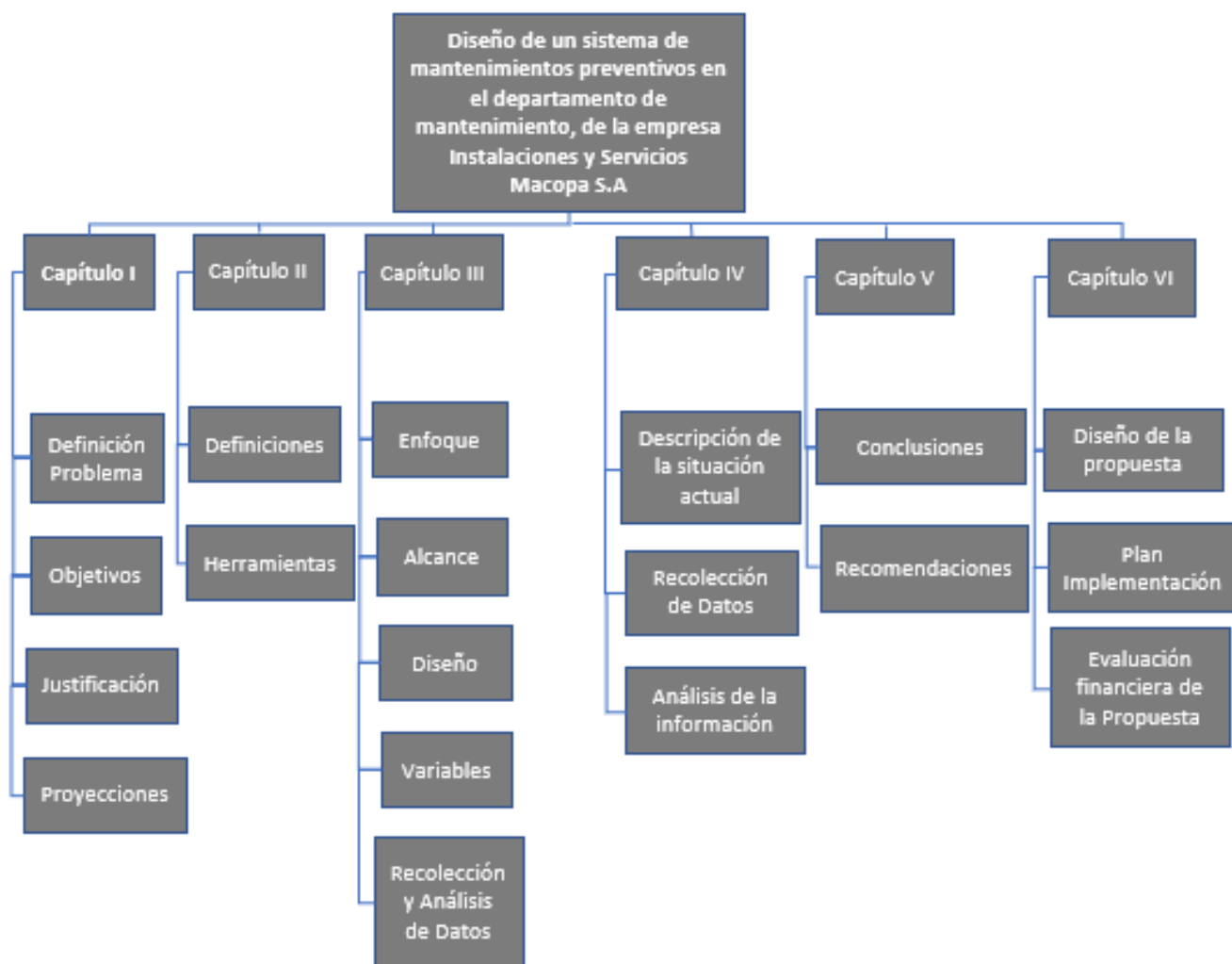
Nota: Daniel Camacho (2023)

Cronograma

En esta sección se presentará el cronograma del proyecto, el cual se realizará con el WBS (EDT) y el diagrama de Gantt, esto para planificar cada uno de los capítulos de este proyecto.

En la Figura 11 se presenta el WBS (EDT):

Figura 11: WBS



Nota: Daniel Camacho (2023)

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presenta el diagrama de Gantt:

Figura 12: Diagrama de Gantt

Actividad	Inicio	Fin	Semanas																										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Capítulo I	2	3		■	■																								
Capítulo II	4	5			■	■																							
Capítulo III	6	8				■	■	■																					
Capítulo IV	10	15								■	■	■	■	■															
Descripción del problema	10	11								■	■																		
Medición de las consecuencias	11	13									■	■	■																
Análisis de las causas	14	15											■	■															
Capítulo V	16	18													■	■													
Conclusiones	16	17													■	■													
Recomendaciones	17	18														■	■												
Capítulo VI	19	27																				■	■	■	■	■	■	■	■
Propuesta	19	20																				■	■						
Plan de implementación	21	22																					■	■					
Análisis Económico	23	24																						■	■				
Revisión	25	26																							■	■			
Entrega	27	27																										■	

Nota: Daniel Camacho (2023)

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo, se va a realizar un estudio de cómo está la situación actual de la empresa, lo cual buscará determinar que está generando el problema expuesto, se va a realizar una descripción y posteriormente, se va a desarrollar la medición de las consecuencias que está ocasionando este problema, finalmente se hará un análisis de las diferentes causas que están generando la complicación en la compañía y, por ende, el proceso productivo de la empresa.

Descripción del Problema

El problema de este proyecto se relaciona con el proceso productivo de la compañía en el área de vidrio, la falta de un programa de mantenimientos preventivos provoca que los equipos tengan muchos mantenimientos correctivos y generen como consecuencia atrasos en el proceso que lleva cada pedido solicitado, esto ocasiona constantemente molestias en los clientes y también que los técnicos de mantenimiento inviertan mucho tiempo en este tipo de mantenimiento, lo cual genera atrasos en otras labores que se deben hacer.

Diagrama de Flujo

En este apartado, se va a realizar un diagrama de flujo, esto va a permitir conocer parte del proceso desde que el cliente ingresa a Macopa, hasta que se entrega el pedido a la persona que lo solicitó. Es importante saber que cuando el pedido ingresa a un proceso establecido y el equipo no está en funcionamiento, genera un cuello de botella y esto ocasiona atrasos en toda la planificación que se tiene, inclusive afecta el plan de trabajo de los días posteriores.

Cuando el cliente ingresa a la compañía se dirige al área de ventas donde se encuentran los vendedores, se le asigna un vendedor a la persona y este solicita información de lo que está interesado en comprar, en el pedido que hace el cliente, el vendedor toma datos importantes como las medidas que necesita, el tipo de vidrio que requiere y los diferentes procesos que va a necesitar que tenga el producto, por ejemplo si el filo del vidrio debe ir vivo o pulido, si lleva huecos o saques, si debe ir temperado, esto ya es decisión del cliente según su necesidad.

Seguido de esto, el vendedor después de tomar los datos que necesita, se cerciora si hay en stock el tipo de vidrio que el cliente solicita, si la respuesta es negativa el cliente se retira, si la respuesta es positiva el vendedor hace el proceso para que la factura sea procesada y la persona vaya a pagar

la compra que realizó. Una vez pagada la factura, el vendedor debe ingresar el pedido al sistema y se le da la fecha de entrega al cliente según lo dicte el sistema

Después de cumplir con este proceso, el pedido se manda a optimizar, esto significa que el sistema genera según el día que ingresa lo solicitado, la fecha en que se debe cortar y dependiendo de los procesos que lleve se genera la fecha de entrega, en ocasiones los vendedores cometen errores al ingresarlos al sistema por lo que no se pueden optimizar, entonces la persona encargada devuelve el pedido para que hagan las correcciones correspondientes, si todo está correcto, se genera la optimización que es el primer proceso, que corresponde a cortarlo según lo solicitado.

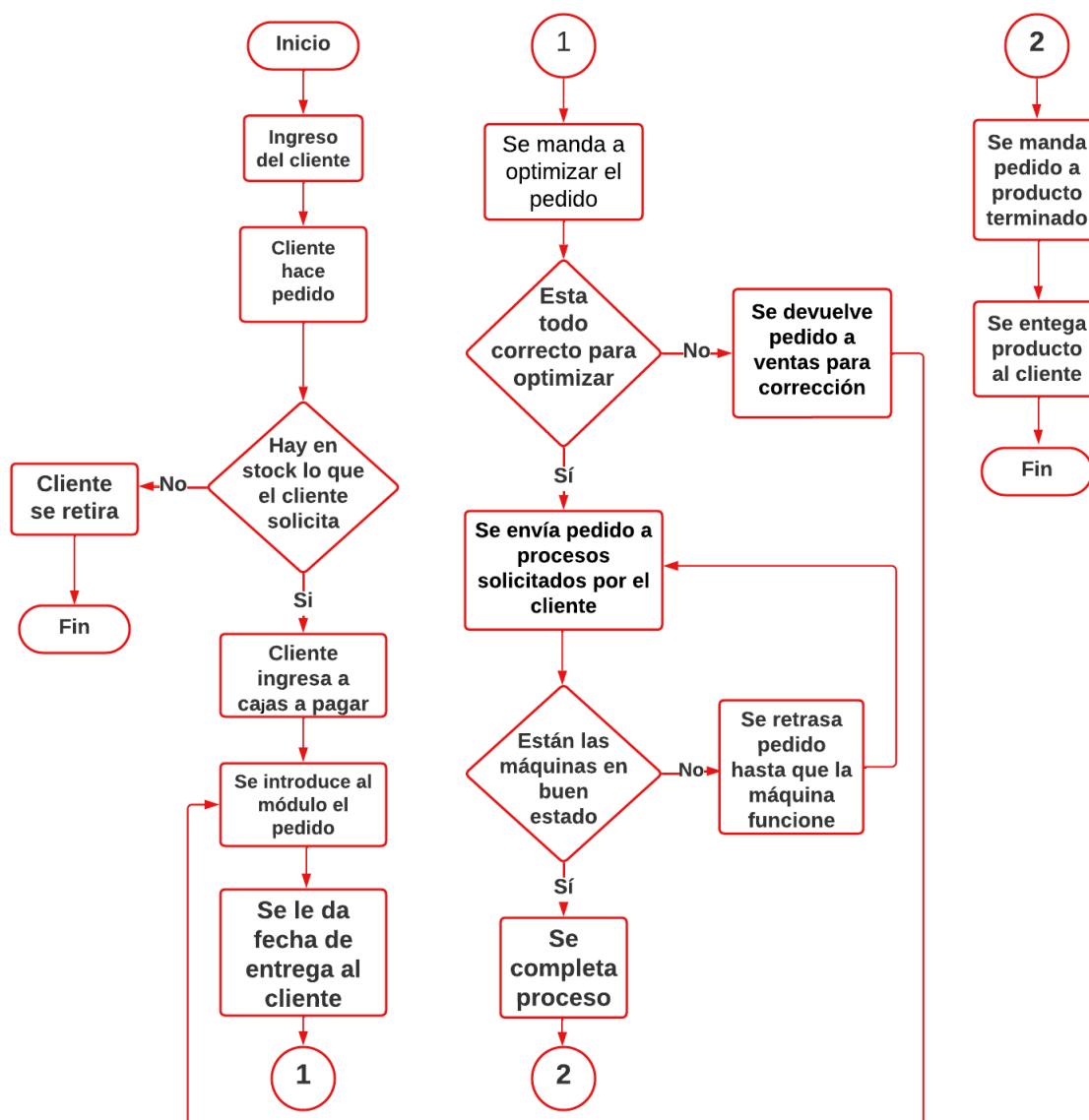
Hay pedidos que pueden llevar un proceso, otros llevan muchos y el tenerlos listos a tiempo depende de que las máquinas estén en buen estado, el problema que tienen las máquinas de producción es que los correctivos que se producen en los equipos son grandes, se necesitan días para arreglarlos e incluso hay máquinas que la estabilidad es muy poca, se soluciona un problema y se genera otro, esto por falta de un sistema de mantenimientos preventivos, que pueda dar un mantenimiento constante y evitar muchos paros en las máquinas, esto va a evitar que los pedidos tengan más exactitud en las fechas de entrega y se cumpla con el cliente.

Cuando el producto pasa por el proceso solicitado por el cliente, control de calidad da el visto bueno para que se pueda enviar a producto terminado, esto porque hay ocasiones en las que un vidrio se raya y se debe limpiar para quitar el defecto, hay ocasiones donde por errores de operarios se hacen huecos mal, por lo que el encargado de esta área revisa y si es necesario hacer reposición del vidrio lo mandará a hacer.

Para la compañía es muy importante empezar a mitigar este problema tan grande que ha empezado a generar problemas con los clientes. Macopa necesita como empresa grande en el mercado, que su producción sea lo más eficiente posible y el hacer mantenimientos correctivos tan constantes no es un buen pronóstico para la visión que la gerencia mantiene, la cual es ser la empresa líder en el mercado. La situación genera preocupación al área de mantenimiento porque el flujo de trabajo que está ingresando día con día es cada vez mayor y el tener atrasos puede generar problemas económicos, no solo con los clientes, si no con los pagos excesivos de horas extras para poder hacer los arreglos que las máquinas necesitan.

En la Figura 13, se presenta el diagrama de flujo desde que un cliente ingresa hasta que se le entrega el producto que solicita.

Figura 13: Diagrama de Flujo



Nota: Daniel Camacho (2023)

Encuesta a personal de Macopa

En este apartado se va a realizar una encuesta que tiene como objetivo conocer el pensamiento del personal de producción y mantenimiento sobre el problema que se está presentando que es en la cantidad de mantenimientos correctivos y si creen que un cronograma de mantenimientos preventivos ayude a mitigar estos inconvenientes en los equipos, esta encuesta será aplicada a 23

personas que laboran día a día en las áreas de producción y mantenimiento según la muestra que se hizo con la fórmula correspondiente.

En la Figura 14, se puede observar la fórmula utilizada para obtener la muestra en la encuesta realizada.

Figura 14: Fórmula de población finita

Población finita.

$$n = \frac{N \cdot (Z_{\alpha/2})^2 \cdot p \cdot q}{(N - 1) \cdot E^2 + (Z_{\alpha/2})^2 \cdot p \cdot q}$$

$$n = \frac{25 \cdot (1,96)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{(25 - 1) \cdot 0,05^2 + (1,96)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 23,52$$

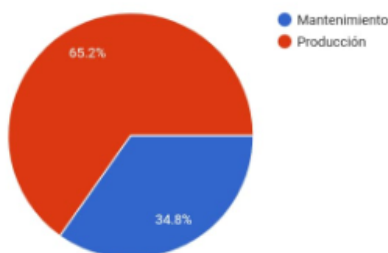
Nota: Daniel Camacho (2023)

Análisis de la encuesta

En la siguiente encuesta, el instrumento que se utilizó para Google Forms, formulario de encuesta, lo que permite realizar las preguntas a las personas involucradas y, a la vez, conocer el criterio de cada uno de ellos en cuanto al tema de mantenimientos preventivos y permite tener una visión sobre las necesidades que se están teniendo en el área productiva y una posible solución a los inconvenientes que se están presentando cada día. A continuación, se presenta los resultados obtenidos.

En la Figura 15, se presenta la pregunta 1. ¿Para cuál departamento labora?

Figura 15: Pregunta 1

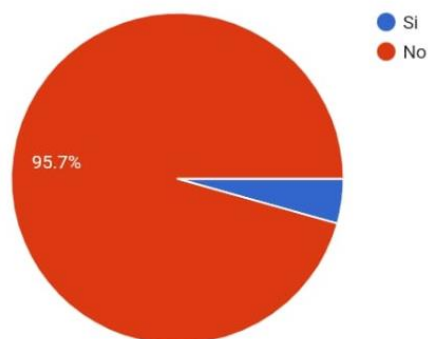


Nota: Daniel Camacho (2023)

El 65.2% de los encuestados laboran en el área de producción y el 34.8% laboran para el área de mantenimiento.

En la Figura 16, se presenta la pregunta 2. ¿Conoce usted de un sistema de mantenimiento preventivo para las máquinas de producción en Macopa?

Figura 16: Pregunta 2



Nota: Daniel Camacho (2023)

El 95.7% de los encuestados ha respondido que no conoce un sistema de mantenimientos preventivos en la empresa, el 4.3% indica que sí.

Pregunta 3. ¿Cree usted que es necesario un cronograma de mantenimientos preventivos para mitigar los mantenimientos correctivos en las máquinas, por qué? Las respuestas son las siguientes:

- Sí, esto ayudaría a disminuir las fallas en máquinas y se puede dar un mejor seguimiento a las partes de cada máquina sabiendo su estado de crítico.
- Sí, porque ayuda a detectar problemas antes de que se compliquen de una peor manera.
- Sí, porque ayuda a anticipar problemas y evita que los correctivos sean constantes.
- Sí, pudiéramos adelantarnos a posibles causas preventivas de una máquina o proceso productivo.
- Claro, es necesario y de mucha importancia hacerle mantenimientos continuamente para que este en óptimas condiciones para trabajar
- Sí, porque ayuda a tener estabilidad en las máquinas.
- Sí, porque ayuda a tener mayor control en las máquinas de producción.
- Claro que sí.
- Sí, porque brindan un buen funcionamiento a la máquina a trabajar.

- Sí, para que el funcionamiento de las máquinas sea constante.
- Sí, para tener un control de los fallos más recurrentes en las máquinas.
- Sí, para poder llevar un control de los fallos más frecuentes y partes de las máquinas que se deben revisar más frecuentes y atacar para evitar los paros.
- Sí, porque ayuda a tener una estabilidad en las máquinas de producción.
- Sí, esto ayuda a que los equipos tengan mayor solidez y que se prevengan situaciones riesgosas.
- Sí, porque va a ayudar a tener en buen estado las máquinas.
- Sí, para tener la mejor disponibilidad posible en los equipos.
- Sí, de esta manera se va a mejorar en no tener tanto correctivo.
- Sí, esto ayuda a que las máquinas estén en mejor estado.
- Sí, esto mejoraría la disponibilidad de las máquinas.
- Sí, esto va a mitigar el mantenimiento correctivo.
- Sí, se debe tener un cronograma para prevenir correctivos.
- Sí, para reducir los atrasos en entregas y defectos en el vidrio.
- Sí, para tener un control de las máquinas mejor.

Se puede observar que el 100% de los encuestados está a favor de que se diseñe un sistema de mantenimientos preventivos debido a que esto va a ayudar a mitigar los paros de máquinas y que los mantenimientos correctivos no sean tan frecuentes como están siendo actualmente.

Pregunta 4. Según su criterio, ¿Cómo influye no tener un programa de mantenimientos preventivos para las máquinas? Las respuestas son las siguientes:

- Atrasos en producción por paros de la máquina.
- Disponibilidad inconsistente en los procesos por fallos operativos.
- Provoca que haya mayor mantenimiento correcto en las máquinas.
- No se lleva un control sobre las partes o máquina en general más críticas.
- En que las máquinas fallen en cualquier momento.
- Fallos muy frecuentes y repetitivos en partes de máquinas.
- Puede en no tener un control exacto de las revisiones que se les hacen a las máquinas.
- Influye en tener elevado el mantenimiento correctivo.

- En no tener garantía de que los equipos duren mayor tiempo sin fallar.
- En que el correctivo sea alto.
- Si se le da mucho uso a la máquina y poco mantenimiento puede ser que en algún momento falle algo y sea aún más costoso de arreglar en el futuro.
- En que las máquinas tengan más probabilidad en fallar.
- Influye en que las máquinas tengan muchos correctivos.
- Influye en daños en máquinas, presupuestos y tiempo de trabajo en máquinas.
- Puede provocar que haya muchas máquinas paradas al mismo tiempo.
- Puede generar desorden y paros largos en las máquinas.
- Esto perjudica mucho el proceso, ya que sin una revisión no se anticipan problemas que se hacen graves con el tiempo.
- De manera que no puede saber qué piezas son las más críticas o cuales tienen mayor afectación a la hora del uso de la máquina.
- Influye mucho, ya que sin un buen cronograma no se da cuenta uno de cómo está el estado en si de la máquina y, a su vez, sería peligroso para el operador que manipule la máquina.
- Influye en que se van a mantener las fallas muy elevadas y quizás se pueda anticipar.
- Influye en el deterioro de las máquinas, provocando constantes fallas.
- Es un menor rendimiento en la producción por problemas en la máquina.
- Influye mucho en la disponibilidad de cada máquina.

Según lo visto en esta pregunta, los encuestados tienden a pensar que, el no tener un sistema de mantenimientos preventivos va a influir de manera negativa en las máquinas, esto va dando a conocer que tanto mantenimiento correctivo es ocasionado a la falta de un sistema que permita hacer revisiones constantes del estado de los equipos y que pueda mitigar una falla grande por medio de un mantenimiento preventivo.

Pregunta 5. ¿Cree usted que la gerencia debe contemplar este tipo de mantenimientos cuando se compra una máquina, por qué? En seguida se observan las respuestas:

- Sí, para conocer mejor la máquina y poder tener un concepto más técnico en ya sea con partes o repuestos de ella.
- Sí, porque se necesita que tenga un rendimiento adecuado.

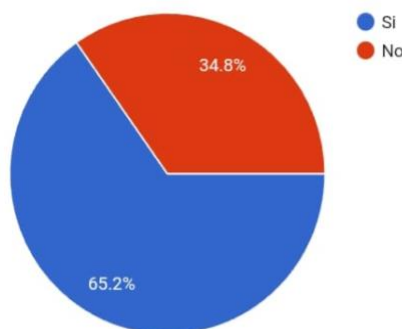
- Sí, porque es importante una revisión constante para evitar detenciones de tiempos muy grandes.
- Totalmente.
- Por supuesto, es parte del día a día es una parte fundamental.
- Sí, porque es necesario para q sea una máquina efectiva y rentable.
- Sí, para evitar el deterioro de las máquinas en un corto y largo plazo.
- Claro que sí, porque esto mejorará la actividad de la máquina, inclusive con estas revisiones será más efectiva la máquina, por lo que será más continua y de mejor calidad la producción.
- Sí, porque así brinda el 100% de su funcionamiento, contemplando futuros daños que con los mantenimientos correspondientes se puede llegar a alargar mucho la vida útil de la máquina en cuestión.
- Sí, porque mantener una estabilidad en las máquinas.
- Sí, para darle seguimiento y conocer a fondo sus partes.
- Sí, para poder atacar desde un principio las partes más críticas o que se desgastan más en la máquina o que pueden ocasionar paros.
- Sí, porque no sabemos si tenemos los recursos necesarios para afrontar un preventivo a una máquina.
- Sí, para tener mayor tiempo disponible la máquina para producir.
- Sí, para que dure más tiempo en buenas condiciones.
- Sí, es importante, ya que ayuda a tener un programa correcto del cuidado y necesidades de las máquinas.
- A mi parecer no, eso lo debe planificar mantenimiento.
- No, porque ellos solo se dedican a ver las compras.
- A mi parecer no, eso no les corresponde a ellos.
- Sí, ellos deben corroborar que todo se haga bien para que la máquina les de mucha utilidad.
- Sí, tanto para capacitar al técnico como para preparar la logística de preventivos.
- Sí, para que el departamento de mantenimiento se prepare en conocimiento de la máquina.
- Sí, para que asuma gastos de capacitación de técnicos y presupueste repuestos.

En esta ocasión, la pregunta realizada a los encuestados tuvo veinte respuestas relacionadas con que los gerentes sí deben estar interesados en que las compras de máquinas nuevas tengan

mantenimientos preventivos, tres personas agregan que no porque eso le pertenece a mantenimiento.

En la Figura 17 se presenta la pregunta 6. ¿Considera usted necesario que los mantenimientos preventivos tengan límite de tiempo?

Figura 17: Pregunta 6



Nota: Daniel Camacho (2023)

Según las respuestas de los encuestados, el 65.2% de las personas respondió que los mantenimientos preventivos sí deben tener límite de tiempo, el 34.8% de los encuestados ha respondido que no deben tener tiempo límite.

Pregunta 7. ¿Considera usted que la falta de mantenimientos preventivos afecta la calidad del producto, por qué? A continuación, las respuestas:

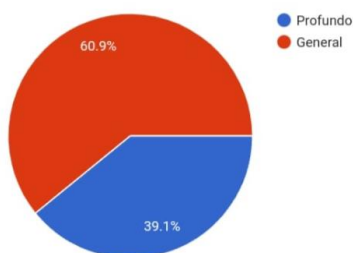
- Sí, porque los vidrios pueden salir en mal estado o con defectos.
- Sí, no vamos a tener producto en óptimas condiciones.
- Sí, evita que la calidad del material o los productos salgan sin defectos.
- Sí, porque las máquinas al no darle mantenimiento pueden fallar.
- Sí, si la máquina esta mala, la calidad será mala.
- Por qué no se detectan desgastes o partes dañadas antes.
- Si, porque si la máquina no se encuentra bien la calidad del producto no va a ser la mejor.
- Sí, tanto fallo en el equipo provoca mala calidad.
- Sí porque si la máquina esta mala, el producto final va a estar defectuoso.
- Sí, porque las máquinas no van a estar en su mejor estado.
- Sí.

- Sí, porque si la máquina tiene un fallo, la calidad se ve afectada.
- Sí, porque si la máquina no está buena la calidad no va a hacer buena.
- Sí, porque la máquina puede que no esté en óptimas condiciones para el trabajo de calidad.
- Sí, no va a salir con la misma calidad si la máquina está mal.
- Sí, los detalles que el cliente pide en el vidrio pueden salir mal.
- Sí, porque no se sabe con exactitud el estado de la máquina y la producción puede dañarse.
- Sí, un buen seguimiento de las máquinas determina su estado y por ende su funcionamiento óptimo para la producción.
- Sí, porque las partes mecánicas son muy propensas a tener desgastes y a su vez ocasionar una mala productividad a la hora de obtener el material o producto que se desee.
- Sí, porque puede que el estado de la máquina no sea el mejor y la producción salga con defecto.
- Sí, porque la máquina puede estar funcionando mal, afectando la calidad del producto, cosa que no pasaría si se hicieran preventivos.
- Sí, no se detectan los daños hasta que surge un problema con la producción.
- Sí, debido a que la máquina no va a estar buena.

Según las respuestas obtenidas, el 100% de los encuestados menciona que la calidad del producto sí se puede ver afectada por falta de mantenimientos preventivos.

En la Figura 18, se presenta la pregunta 8. ¿Cómo considera usted que debe de hacerse un mantenimiento preventivo?

Figura 18: Pregunta 8

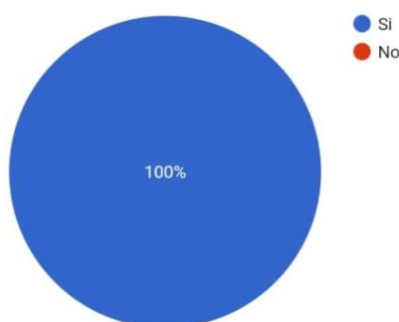


Nota: Daniel Camacho (2023)

Según las respuestas de los encuestados, el 60.9% dice que el mantenimiento preventivo debe ser general, el 39.1% propone que debe ser profundo.

En la Figura 19, se observa la pregunta 9. ¿Considera usted necesaria una capacitación para los técnicos de mantenimiento en las máquinas?

Figura 19: Pregunta 9



Nota: Daniel Camacho (2023)

Según el criterio de las personas que respondieron la encuesta, el 100% de las personas considera que es necesario una capacitación de los técnicos en los equipos para realizar los mantenimientos preventivos.

En la

Figura 20, se observa la pregunta 10. Según su criterio, ¿Cuál cree que es la mayor consecuencia que generan los mantenimientos correctivos?

Figura 20: Pregunta 10



Nota: Daniel Camacho (2023)

Según la perspectiva de los encuestados, la principal consecuencia que generan los mantenimientos correctivos son los atrasos a los clientes con el 65.2% de las opiniones, dos consecuencias representan un 34.8% de las opiniones que son mala calidad en producto final e incumplimiento de indicadores, la otra consecuencia que es manipulación excesiva de las máquinas representa el 26.1% de las opiniones, otra consecuencia menor es el exceso de horas extras con el 21.7% de las opiniones y la consecuencia con menor impacto según los encuestados es la compra excesiva de repuestos con el 17.4%

Medición de las Consecuencias

Uno de los objetivos que tiene este proyecto es medir las consecuencias que están generando el tener un mantenimiento correctivo alto en los equipos, se va a analizar y medir el impacto que genera esto y cómo la empresa puede estar sufriendo un gasto amplio de dinero y recursos que en el futuro pueden pesar, esto se puede evitar teniendo una planificación correcta y un buen manejo de los recursos que brinda la compañía.

Es importante mencionar que si un cliente llega hoy a solicitar un vidrio, la fecha de entrega son tres días después, si es un proyecto, el vendedor debe analizar la cantidad de vidrio que necesitaría el cliente para poder entregar una fecha. Las máquinas más comunes y que en el proceso productivo son muy importantes, deben tener un 95% de efectividad según el indicador propuesto por gerencia, al detenerse una máquina por un daño, ocasiona un cuello de botella grande en los pedidos que están esperando para ser procesados e incluso en los pedidos con fechas anteriores que ya están en cola.

La alta demanda del mercado genera que, una hora de atraso en una máquina sean alrededor de diez vidrios atrasados y esto dependiendo de si la falla es de fácil reparación, si la falla es de una reparación de más horas o incluso días, el cuello de botella se va generando de manera que el trabajo diario se acumula y no se puedan entregar los pedidos en la fecha que se le dice al cliente lo que genera molestias e incluso pérdidas económicas porque los consumidores buscan el lugar donde la entrega sea más efectiva y en la industria de la construcción la competencia es bastante grande.

En Macopa, hay diferentes procesos productivos que son los más solicitados por los clientes debido al acabado que tiene el vidrio y también es lo más utilizado tanto en una casa de habitación como

en un proyecto grande, por lo que, a continuación, se va a realizar un desglose de las diferentes máquinas, cuál es su función y todo lo que puede generar que un equipo se detenga y se deba intervenir de inmediato por daños.

Mesa de corte monolítico

La mesa de corte monolítico es el corazón de la planta, ya que es donde se colocan las láminas que vienen de china y la medida con la que viene es de 3.30m x 2.44m, se cortan al gusto del cliente, ya sean cortes rectos o de diferentes formas según la necesidad que tenga el comprador. Esta máquina trabaja con aire, aceite especial, cuchillas de corte (rulinas), tiene servomotores, piñones, turbina, pistones, unidad neumática, mangueras hidráulicas, ventosas, etiquetadora, sensores y otros repuestos que son delicados y que se deben revisar constantemente para que la máquina trabaje bien.

Es importante mencionar que este equipo trabaja dos turnos, el primero es de 6am a 2pm y el segundo turno es de 2pm a 10pm, al ingresar a laborar, a los operarios se les entrega las optimizaciones de cada pedido, ellos ingresan al sistema y lo escanean para que, por medio de un almacén inteligente, ellos muevan el cargador hacia el caballete donde se encuentra la lámina y lo coloque en posición para que se activen las ventosas y lo coloque en la mesa para cortarlo. Este equipo entre mayo, junio y julio ha llegado a la meta una vez en esos tres meses debido a diferentes fallos que ha presentado.

En la Figura 21, se puede observar la mesa de corte monolítica, esta mesa es la que realiza el corte de las láminas según el gusto del comprador.

Figura 21: Mesa de Corte Monolítico



Nota: Daniel Camacho (2023)

Esta máquina en los meses de mayo, junio y julio, ha presentado diferentes fallos e inclusive fallos repetitivos que han generado que no produzca lo establecido y planificado por la gerencia, es importante tomar en cuenta que, hay paros de máquina que se extienden por horas y cuando es un problema de este tipo es donde se generan grandes atrasos en la producción, algunos ejemplos de estos paros reportados por los operarios son problemas con golpe en cabezal, sonido extraño en los piñones, problemas con el aire de la máquina, esto por poner algunos ejemplos reportados, lo cual ha generado que la máquina en los últimos tres meses solo cumpla con la meta planteada una vez.

Es importante conocer los datos que han arrojado los meses de mayo, junio y julio para tener una idea clara de los problemas y resultados que ha generado este equipo. La meta que se plantea cada mes es por metros cuadrados y es importante conocer que en ocasiones repetida el personal de esta máquina debe laborar en horas extras para que el flujo de trabajo avance y los cuellos de botella disminuyan.

A continuación, se presenta un análisis de los meses de mayo, junio y julio con el metraje planificado por parte de la gerencia y el resultado obtenido:

En la Tabla 10, se muestra el indicador manejado por producción de la cantidad de metros cuadrados que se proyectaron para mayo:

Tabla 10: Indicador Mesa de Corte Monolítico – Mayo

INDICADOR MESA DE CORTE - MAYO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS CORTADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Jose Ruiz	6255	15600	80%
Randall Arguedas	6158		
Total	12413		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se puede observar, la meta es del 95% y en mayo se obtuvo un resultado del 80%, por lo que no se llegó a la meta, esto debido a diferentes problemas reportados en la máquina que consumieron mucho tiempo de correctivo y generó atrasos en los cortes de lámina.

En la Tabla 11, se puede observar el indicador de producción de la mesa de corte monolítico en metros cuadrados de junio:

Tabla 11: Indicador Mesa de Corte Monolítico – Junio

INDICADOR MESA DE CORTE - JUNIO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS CORTADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Jose Ruiz	6200	11900	100%
Randall Arguedas	5700		
Total	11900		

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la tabla anterior, se puede ver que en el mes de junio si se logró llegar a la meta, a pesar de que, si hubo eventos en la máquina y se tuvo que intervenir por parte de mantenimiento, pero fueron soluciones rápidas por lo que la máquina trabajó bien para cumplir con el metraje deseado.

En la

Tabla 12, se va a mostrar el indicador por parte del área de producción en la mesa de corte monolítica de julio en metros cuadrados:

Tabla 12: Indicador Mesa de Corte Monolítica –Julio

INDICADOR MESA DE CORTE - JULIO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS CORTADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Jose Ruiz	5120	12680	89%
Randall Arguedas	6213		
Total	11333		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se puede observar en la tabla 12, la máquina no cumplió con el total de metros cuadrados que se proyectaron, en este mes se presentaron fallos en la máquina que afectaron la producción por lo que la proyección deseada no se alcanzó.

Mesa de corte laminado

La mesa de corte laminado se utiliza solamente para el tipo de vidrio laminado, la diferencia al vidrio normal es que vienen dos vidrios juntos y en medio de estos trae una capa de evalam, este vidrio se utiliza mucho para proyectos, pues es un vidrio de seguridad y evita que al quebrarse ocurra un accidente grave, la lámina mide 3.30m x 2.44m y en esta máquina solo se pueden hacer cortes rectos.

Este equipo está conformado por diferentes piezas importante y de mucha criticidad que se deben estar revisando para su buen funcionamiento, tiene motores, turbina, piñones, fajas, ventosas, sensores, pistones, trabaja con aire y tiene otros componentes importantes, el horario en que esta máquina labora es de 6am a 2pm y de 2pm a 10pm, por lo que mantenerla en buen estado es fundamental. Esta máquina en los últimos 3 meses ha llegado dos veces a la meta.

En la Figura 22, se puede ver la mesa de corte laminado que se cortan vidrios de seguridad en cortes rectos.

Figura 22: Mesa de Corte Laminado



Nota: Daniel Camacho (2023)

En los meses de mayo, junio y julio, se logró llegar en dos ocasiones al indicador planificado, en este caso hubo varios incidentes reportados que generaron atrasos; sin embargo, se solucionaron

de manera efectiva, se debe mencionar que hubo un mes que no se logró cumplir con el indicador, pero fue por una diferencia muy poca, por lo que no se vio tan afectado el proceso y los atrasos se lograron resolver a inicios del mes siguiente.

En seguida se van a mostrar los datos arrojados por parte de producción de mayo, junio y julio con respecto al metraje que se produjo en cada mes y el cumplimiento que tuvo el equipo.

En la Tabla 13, se muestra el indicador del mes de mayo con respecto al metraje que se aplicó en todo el mes:

Tabla 13: Indicador Mesa de Corte Laminado – Mayo

INDICADOR MESA DE CORTE LAM - MAYO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS CORTADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Jose Ruiz	1115	2568	94%
Randall Arguedas	1301		
Total	2416		

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la tabla anterior, se puede ver claramente que estuvo muy cerca de cumplir el indicador, debido a varios fallos presentados durante el mes se tuvo que intervenir la máquina, es importante mencionar que el problema que generó un cuellos de botella fue el descuadre de los topes, pues es un problema que se presenta muy esporádicamente y que para solucionarse se deben tomar tiempo porque se debe ser muy preciso, esto debido a que el corte debe ser recto y cualquier diferencia grande de medida va a ser una devolución de control de calidad.

En la Tabla 14, se puede ver el indicador del mes de junio del metraje cuadrado producido en el equipo:

Tabla 14: Indicador Mesa de Corte Laminado – Junio

INDICADOR MESA DE CORTE - JUNIO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS CORTADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Jose Ruiz	1302	2200	100%
Randall Arguedas	898		
Total	2200		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Según los datos obtenidos que se muestran en la tabla 14, el mes de junio se cumplió con la meta planificada y aunque hubo incidentes reportados a mantenimiento, se lograron solventar de manera eficaz y se pudo trabajar constante para poder lograr el corte proyectado día a día.

En la Tabla 15, se muestra el indicador de julio con respecto al metraje proyectado:

Tabla 15: Indicador de Mesa de Corte Laminado – Julio

INDICADOR MESA DE CORTE - JULIO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS CORTADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Jose Ruiz	621	1589	100%
Randall Arguedas	968		
Total	1589		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Igual que el mes de junio, el indicador de la tabla 15 que pertenece al mes de julio cumplió con el metraje proyectado, por lo que el indicador fue alcanzado, en este mes hubo pocos fallos en el equipo, pero fueron solventados de manera rápida por parte de mantenimiento, pues los fallos presentados eran muy simples de corregir.

Canteadora

Esta máquina es la que hace el pulido a los bordes del vidrio, o sea que le quita los filos y le deja brillo y arista, esta máquina es de suma importancia porque es un proceso en el que, si el cliente desea el vidrio pulido, debe procesarse en este equipo, pues no hay otra opción para pulir los vidrios y es un proceso crítico para la empresa, suele haber cuellos de botella en la canteadora y es de

mucha importancia que mantenimiento tome acciones para mitigar los mantenimientos correctivos. En los últimos tres meses no ha cumplido la meta.

Este equipo tiene varios motores, funciona con un sistema que alimenta la máquina con agua para que el vidrio se mantenga húmedo y no se queme al momento de pulirse, tiene sensores, fajas, cadenas y otros componentes importantes que no se deben descuidar, este equipo trabaja de 6am a 2pm y de 2pm a 10pm y es importante tomar acciones para que los cuellos de botella se eliminen y se pueda cumplir con la producción planificada.

En la Figura 23, se muestra la canteadora, máquina que pule los filos de los vidrios.

Figura 23: Canteadora



Nota: Daniel Camacho (2023)

En esta máquina, los meses de mayo, junio y julio no fueron buenos meses en cuanto a cumplimiento de indicadores se refiere, pues ninguno de los tres meses cumplió con el metraje proyectado y las intervenciones por diferentes problemas han sido complicadas de corregir. Existe preocupación por parte de producción, a que la máquina presenta muchas dificultades y es muy inestable al momento de producir, el implementarle un cronograma de mantenimientos preventivos puede ayudar a mitigar problemas que con el pasar del tiempo no se han atacado y están produciendo grandes problemas en la producción.

A continuación, se van a presentar los datos correspondientes a los meses de mayo, junio y julio de la cantidad de metros cuadrados proyectados y la cantidad que logró producir la máquina.

En la Tabla 16, se muestra el resultado del metraje proyectado versus el metraje canteado por los operarios:

Tabla 16: Indicador Canteadora – Mayo

INDICADOR CANTEADORA - MAYO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS CANTEADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Jose Bolaños	5920	13587	77%
Marcos Masis	4589		
Total	10509		

Nota: Daniel Camacho (2023)

En este mes como se muestra en los resultados, el porcentaje obtenido es preocupante, ya que la cantidad de metros que quedaron pendientes fueron bastantes, esto generó atrasos considerables en los pedidos. Uno de los problemas importantes que dio la máquina fue el fallo de un motor y es que el no darle mantenimiento preventivo generó problemas en los roles de este y se tuvo que intervenir de inmediato, la máquina duró varios días detenida por lo que el paro impactó grandemente la producción.

En la Tabla 17, se muestra los datos generados por parte de producción del metraje cuadrado producido por la máquina:

Tabla 17: Indicador Canteadora – Junio

INDICADOR CANTEADORA - JUNIO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS CANTEADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Jose Bolaños	5900	11580	90%
Marcos Masis	4520		
Total	10420		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Los resultados del mes presentados en la tabla 17, se puede observar una mejora con respecto al mes de mayo; sin embargo, no alcanzó la meta debido a diferentes eventos que tuvo la máquina que se trataron de intervenir de la forma más rápida posible pero que afectaron la meta proyectada del mes.

En la Tabla 18 se puede observar el resultado de los indicadores de julio:

Tabla 18: Indicador Canteadora – Julio

INDICADOR CANTEADORA - JULIO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS CANTEADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Jose Bolaños	6050	12100	91%
Marcos Masis	5002		
Total	11052		

Nota: Daniel Camacho

Como se observa en la tabla 18, no se cumplió con el indicador, ya que la máquina presentó fallos que incluso se presentaron en meses anteriores, lo cual provocó un atraso en el proceso y generó atrasos en los pedidos. Esta máquina está generando preocupación en la gerencia porque no ha llegado al cumplimiento establecido y si no se ejecuta un mantenimiento preventivo constante, puede generar problemas grandes con los pedidos y por ende, conflictos con los clientes.

Biseladora

La biseladora es una máquina que realiza un desgaste en los bordes de los vidrios que sirve de decoración, esto se utiliza más en los espejos, pero hay clientes que solicitan el bisel en vidrios normales. Este equipo en los últimos tres meses ha tenido muchos paros porque no se encuentra en óptimas condiciones y los fallos se han vuelto repetitivos, el mes de julio esta máquina generó un cuello de botella, por lo que se decidió cerrar el módulo para que no ingresaran más pedidos e intervenir durante tres semanas el equipo. Bisel es una máquina compuesta por bombas, fajas, piñones, poleas, motores y más componentes importantes para su funcionamiento. La máquina trabaja en un turno, de 6am a 2pm o de 2pm a 10pm.

En la Figura 24, se observa la biseladora, máquina que desgasta bordes en espejos y vidrios.

Figura 24: Biseladora



Nota: Daniel Camacho (2023)

La biseladora es una máquina de las más antiguas de Macopa, es una de las que más generan problemas por tiene problemas mecánicos, estos problemas son exactamente los mismos pero el hecho de tenerla mucho tiempo sin un mantenimiento preventivo que ayudara a anticipar problemas, ha generado un desgaste mayor y ahora se tiene el resultado de una inestabilidad muy constante y cuellos de botellas grandes en la producción.

En los meses de mayo, junio y julio, la máquina ha tenido comportamientos críticos y ha generado preocupación en la gerencia porque es una de las máquinas más activa en cuanto a producción, esto debido a que muchas personas compran espejos y solicitan el proceso de biselado, por lo que no tener el equipo en óptimas condiciones puede ocasionar una venta perdida y el mercado de la construcción tiene mucha competencia, por lo que la empresa no se puede dar el chance de tener pérdidas.

A continuación, se van a presentar los indicadores de esta máquina en los meses de mayo, junio y julio.

En la Tabla 19 se muestran los indicadores del mes de mayo:

Tabla 19: Indicador Biseladora – Mayo

INDICADOR BISELADORA - MAYO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS BISELADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Giovanni Chavarría	3980	5200	77%

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se muestra en la tabla 19, esta máquina debido a diferentes fallos presentados en el mes no llegó a cumplir el indicador, el colaborador ha tenido que laborar muchas horas extras para poder avanzar con la producción, pero se ha ido complicando con el pasar del tiempo.

En la Tabla 20, se presentan los indicadores de junio:

Tabla 20: Indicador Biseladora – Junio

INDICADOR BISELADORA - JUNIO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS BISELADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Giovanni Chavarría	800	1220	66%

Nota: Daniel Camacho (2023)

Se puede ver que este mes tampoco se puede cumplir el indicador, por lo que gerencia toma la decisión de cerrar el módulo y pide a las jefaturas de producción y mantenimiento que se produzca lo que está atrasado y que se intervenga la máquina con urgencia durante el tiempo que sea necesario.

En la Tabla 21, se muestra el resultado de los indicadores del metraje cuadrado faltante en el mes anterior:

Tabla 21: Indicador Biseladora – Julio

INDICADOR BISELADORA - JULIO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS BISELADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Giovanni Chavarría	420	420	100%

Nota: Daniel Camacho (2023)

En esta ocasión se logró cumplir con el indicador, sin embargo, es importante mencionar que este metraje fue el que faltó en el mes de junio, pues, por orden de gerencia, se tiene que intervenir la máquina lo que resta del mes después de sacar la producción pendiente.

Taladro forel

El taladro forel es una de las máquinas más nuevas de la compañía, en esta máquina se producen huecos del diámetro que el cliente solicite y saques de diferentes formas según sea la necesidad y gusto del comprador, sin embargo, es actualmente la máquina que más problema ha estado generando para el área de mantenimiento y generando cuellos de botella muy grandes en la producción por los fallos tan seguidos que se han estado generando y los atrasos en los pedidos que se han presentado. En los últimos tres meses esta máquina no ha llegado a la meta y no ha producido la cantidad de vidrios que se tenía prevista producir.

Parte de los componentes de esta máquina son bombas, pistones, cadenas, rodillos, sensores, herramientas cónicas y otros repuestos de gran importancia. Este taladro tiene un horario de producción de 6am a 2pm y de 10pm a 6am, aunque tiene dos horarios, normalmente se trabaja doce horas con cada operario para mitigar los cuellos de botella que se generan constantemente, sin embargo, es importante mencionar que, en esas horas extras que se laboran suceden detenciones en el equipo por fallos mecánicos. Esta máquina en los últimos tres meses no ha llegado a la meta.

En la Figura 25, se muestra el taladro forel, el cual realiza huecos y saques en los vidrios.

Figura 25: Taladro Forel



Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se mencionó anteriormente, esta máquina es la más nueva en la compañía y a pesar de esto ha sido una de las máquinas con más fallos presentados durante los últimos meses, en mayo, junio y julio la máquina no ha alcanzado la meta y es que ha tenido muchos eventos que ocasionan paros grandes e incluso de días. Un problema que se ha mostrado es que la falta de capacitación tanto

para los técnicos de mantenimiento como para los operarios ha sido muy básica y el tiempo que tiene el equipo instalado ha sido de aprender a prueba y error, por lo que ha afectado la producción y la generación de cuellos de botella ha sido incontrolable en muchas ocasiones.

A continuación, se va a presentar los indicadores de mayo, junio y julio.

En la Tabla 22 se muestra el cumplimiento generado en mayo en el taladro forel

Tabla 22: Indicador Taladro Forel – Mayo

INDICADOR TALADRO FOREL - MAYO			
OPERARIO	VIDRIOS PROCESADOS	VIDRIOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Gerardo Rodríguez	420	1500	62%
Rafael López	512		
Total	932		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se puede observar, no se cumplió con el indicador implementado, debido a que hubo muchos fallos en la máquina y solucionarlos fue complicado para los técnicos de mantenimiento.

En la Tabla 23, se puede observar el indicador de junio:

Tabla 23: Indicador Taladro Forel – Junio

INDICADOR TALADRO FOREL - JUNIO			
OPERARIO	VIDRIOS PROCESADOS	VIDRIOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Gerardo Rodríguez	950	2068	86%
Rafael López	832		
Total	1782		

Nota: Daniel Camacho (2023)

En esta ocasión, el porcentaje de cumplimiento fue más alto que el mes anterior, sin embargo, no se llegó a la meta por diferentes fallos presentados en la máquina e inclusive muy repetitivos.

En la Tabla 24, se presenta el indicador de julio presentado por producción:

Tabla 24: Indicador Taladro Forel – Julio

INDICADOR TALADRO FOREL - JULIO			
OPERARIO	VIDRIOS PROCESADOS	VIDRIOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Gerardo Rodríguez	430	1386	67%
Rafael López	500		
Total	930		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Al igual que los meses anteriores no se ha podido cumplir con el indicador establecido, la gerencia muestra mucha preocupación porque es un proceso muy nuevo y no se ha podido cumplir con la proyección que se tenía al momento en que se compró la máquina. Una situación complicada es que los técnicos de mantenimiento tuvieron una capacitación muy básica, por lo que resolver los problemas diarios de la máquina ha sido una situación muy compleja para ellos.

Horno temperado

El horno es una de las máquinas más importantes para la empresa, ya que el vidrio temperado se utiliza mucho en construcciones grandes y proyectos de vivienda, el vidrio crudo se mete en el horno a una temperatura aproximada a 650°C, el vidrio se cocina y se convierte en un vidrio de seguridad, pues al reventarse no se expande en pedazos, si no que se revienta y la lámina queda entera.

Está compuesto por bombas, turbina, rodillos de cerámica, sensores, resistencias, cadenas y otros repuestos que son fundamentales para su funcionamiento. Esta máquina trabaja en turno intercalado, ya que de 10am a 12:30md se hace el paro energético para no tener picos de energía, por los que en el día el horario de producción de esta máquina es de 6am a 10am, de 12:30md a 4:30pm y de 10pm a 6am. En los últimos tres meses, esta máquina ha llegado a la meta dos veces.

En la Figura 26, se muestra el horno temperado, máquina en que se cocinan los vidrios a 650°C.

Figura 26: Horno Temperado



Nota: Daniel Camacho (2023)

Este equipo es de los más utilizados en la empresa por los proyectos que se presentan de edificios y viviendas. Ha tenido varios fallos en los meses de mayo, junio y julio, pero ha logrado llegar a la meta en dos ocasiones, sin embargo, se quiebran vidrios constantemente y mantenimiento debe intervenir el equipo para solucionar lo más pronto para que no se atrasen los pedidos, pero si genera problemas estar reponiendo vidrios por estos problemas presentados.

A continuación, se muestran los indicadores de mayo, junio y julio generados en el horno temperado.

En la Tabla 25 se puede observar el indicador de mayo:

Tabla 25: Indicador Horno Temperado – Mayo

INDICADOR HORNO TEMPERADO - MAYO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS TEMPERADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Edwin Rodriguez	1700	3500	76%
Rodrigo Gonzáles	968		
Total	2668		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se puede observar, el indicador fue negativo en cuanto a la meta de producción, la máquina tuvo diferentes fallos que provocaron la detención del equipo.

En la Tabla 26, se presenta el indicador de junio

Tabla 26: Indicador Horno Temperado – Junio

INDICADOR HORNO TEMPERADO - JUNIO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS TEMPERADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Edwin Rodriguez	1380	2850	98%
Rodrigo Gonzáles	1410		
Total	2790		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se puede ver, este mes si se pudo cumplir con el indicador establecido, reponiendo la producción faltante de mayo y completando el metraje que entró al módulo durante el mes.

En la Tabla 27, se presenta el indicador de julio del horno temperado:

Tabla 27: Indicador Horno Temperado – Julio

INDICADOR HORNO TEMPERADO - JULIO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS TEMPERADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Edwin Rodriguez	1520	3060	97%
Rodrigo Gonzáles	1450		
Total	2970		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se puede ver en la tabla presentada, si se logró cumplir con el indicador establecido por gerencia.

Horno laminado

El horno de laminado es una máquina muy importante, pues el vidrio laminado se utiliza mucho en proyectos y en viviendas porque es de seguridad. En muchas ocasiones, el cliente solicita vidrio laminado pero que debe llevar huecos, por lo que se deben preparar 2 vidrios iguales y colocar una capa de evalam para poder ingresarlo al horno con una temperatura aproximada de 150°C, el vidrio se cocina y la capa de evalam se adhiere a ambos vidrios generando que el resultado sea tener un vidrio de seguridad.

Algunos de los componentes de esta máquina son sensores, bombas, encoder, roles, fajas, poleas, resistencias y otros repuestos importantes para el funcionamiento. El horario de esta máquina es intercalado por el paro energético de 10am a 12:30md, por lo que fuera de este horario se produce de 6am a 10am, de 12:30md a 4:30pm de 10pm a 6am. Este equipo ha logrado llegar a la meta en los últimos tres meses solo en dos ocasiones.

En la Figura 27, se observa el horno laminado que cocina dos vidrios unidos que tienen en medio una capa de evalam.

Figura 27: Horno Laminado



Nota: Daniel Camacho (2023)

Esta máquina, ha tenido problemas diferentes en los meses de mayo, junio y julio, pero se han logrado solucionar de forma efectiva, sin embargo, un mes tuvo un problema con un repuesto que reponerlo fue bastante complicado y se detuvo el equipo unos días, por lo que no fue posible cumplir con el indicador en ese mes. Es importante mencionar que, si la máquina hubiera tenido un mantenimiento preventivo, se hubiera evitado este problema.

En seguida, se presentan los indicadores de mayo, junio y julio de la máquina.

En la Tabla 28 se muestra el indicador de mayo

Tabla 28: Indicador Horno Laminado – Mayo

INDICADOR HORNO LAMINADO - MAYO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS LAMINADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Álvaro Chavarría	1200	2500	100%
Carlos Acosta	1300		
Total	2500		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Según los datos de la tabla, se cumplió con el indicador establecido por parte de la gerencia.

En la Tabla 29 se puede observar el indicador de junio:

Tabla 29: Indicador Horno Laminado – Junio

INDICADOR HORNO LAMINADO - JUNIO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS LAMINADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Álvaro Chavarría	1820	4300	80%
Carlos Acosta	1600		
Total	3420		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Observando el resultado de la tabla, no se cumple con el indicador impuesto por gerencia por problemas que tuvo el equipo e intervenciones que se tuvieron que realizar por parte de mantenimiento.

En la Tabla 30 se presenta el indicador de julio:

Tabla 30: Indicador Horno Laminado – Julio

INDICADOR HORNO LAMINADO - JULIO			
OPERARIO	METROS CUADRADOS LAMINADOS	METROS CUADRADOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Álvaro Chavarría	2000	3880	100%
Carlos Acosta	1880		
Total	3880		

Daniel Camacho (2023)

Según los datos arrojados, se cumple con el indicador del mes.

Horno insulado

El horno insulado es uno de los equipos que más utilidades deja en la compañía, debido al precio que tiene un vidrio de este tipo, el vidrio insulado son 2 vidrios separados por un cordón llamado quanex que tiene de ancho doce milímetros de ancho y se posiciona en medio de los dos vidrios, se pasa por un horno a 50°C y finalmente se sella alrededor con un silicón especial para que no entre humedad.

Algunos de sus repuestos son sensores, ventosas, cadenas, piñones, poleas, resistencias, bombas, turbina y otros componentes importantes para el funcionamiento del horno. El horario de esta máquina es intercalado por el paro energético, trabaja de 6am a 10am, de 12:30md a 4:30pm y de 10pm a 6am. El horno insulado en los últimos tres meses, ha logrado llegar a la meta en dos ocasiones.

En la Figura 28 se muestra el horno insulado el cual son dos vidrios unidos por el quanex y el silicón especial.

Figura 28: Horno Insulado



Nota: Daniel Camacho (2023)

Este equipo en los meses de mayo, junio y julio se detuvo en diferentes ocasiones por problemas que se solucionaron de forma rápida; sin embargo, hubo un problema que generó problemas y se afectó la producción generando cuello de botella, mantenimiento intervino la máquina realizando un mantenimiento correctivo, sin embargo, la cantidad de máquinas generan atrasos porque se deben atender para que la producción se realice de la mejor manera posible.

A continuación, se presentan los indicadores de mayo, junio y julio de la máquina.

En la Tabla 31 se muestra el indicador de mayo:

Tabla 31: Indicador Horno Insulado – Mayo

INDICADOR HORNO INSULADO - MAYO			
OPERARIO	CANTIDAD DE VIDRIOS INSULADOS	CANTIDAD DE VIDRIOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Álvaro Chavarría	810	1680	100%
Allan Picado	870		
Total	1680		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se pueden observar los resultados, si se logró cumplir con la meta de producción.

En la Tabla 32 se presenta el indicador de junio:

Tabla 32: Indicador Horno Insulado – Junio

INDICADOR HORNO INSULADO - JUNIO			
OPERARIO	CANTIDAD DE VIDRIOS INSULADOS	CANTIDAD DE VIDRIOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Álvaro Chavarría	580	1300	88%
Allan Picado	570		
Total	1150		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Los datos presentados en la tabla muestran que no se cumplió con el indicador impuesto por gerencia.

En la Tabla 33 se muestran los datos de junio

Tabla 33: Indicador Horno Insulado – Julio

INDICADOR HORNO INSULADO - JUNIO			
OPERARIO	CANTIDAD DE VIDRIOS INSULADOS	CANTIDAD DE VIDRIOS PROYECTADOS	PORCENTAJE OBTENIDO
Álvaro Chavarría	745	1550	100%
Allan Picado	805		
Total	1550		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Según los datos de la tabla, si se cumplió con el indicador impuesto por gerencia para este mes.

Parte importante de tener tantos problemas con las máquinas es que producción busca la forma de cumplir con el indicador y con la producción que se va generando día con día, esto genera una consecuencia y es la cantidad de horas extras que realizan los operarios para intentar sacar el trabajo que se acumula cuando una máquina se detiene por fallos. Hay ocasiones que ellos se quedan días seguidos y hay momentos en que los días se intercalan porque se elevaría mucho el pago de horas extras y esto genera un gasto importante para la compañía.

Horas extra por máquina

A continuación, se va a mostrar un desglose de las horas extras que realizaron los operarios en los meses de mayo, junio y julio en cada máquina, se puede ver el salario que cada uno gana por hora,

la cantidad de horas que hicieron en cada uno de estos meses y el total que se les pagó en horas extras a cada uno.

En la Tabla 34, se presenta el reporte de horas extras de la mesa de corte monolítica:

Tabla 34: Reporte de Horas Extras – Mesa Monolítica

REPORTE DE HORAS EXTRAS MONOLÍTICA							
Salario por hora:				C\$ 2.300			
Hora extra:				C\$ 3.450			
OPERARIO	HORAS DE MAYO	PAGO TOTAL	HORAS DE JUNIO	PAGO TOTAL	HORAS DE JULIO	PAGO TOTAL	TOTAL
Jose Ruiz	28	C\$ 96.600	13	C\$ 44.850	22	C\$ 75.900	C\$217.350
Randall Arguedas	25	C\$ 86.250	8	C\$ 27.600	25	C\$ 86.250	C\$200.100
TOTAL							C\$417.450
TOTAL CON CARGAS SOCIALES							C\$374.286

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se muestra en esta tabla, el monto generado en horas extras es de C\$ 417.450, la mesa de corte monolítica al cumplir el indicador en solo una ocasión, se tuvieron que trabajar horas extras para desahogar los cuellos de botella ocasionados por las diferentes fallas y produjo un monto elevado en los tres meses estudiados.

En la Tabla 35, se puede observar el desglose de horas extra de la mesa de corte laminado:

Tabla 35: Reporte de Horas Extras – Mesa Corte Laminado

REPORTE DE HORAS EXTRAS CORTE LAMINADO							
Salario por hora:				C\$ 2.300			
Hora extra:				C\$ 3.450			
OPERARIO	HORAS DE MAYO	PAGO TOTAL	HORAS DE JUNIO	PAGO TOTAL	HORAS DE JULIO	PAGO TOTAL	TOTAL
Jose Ruiz	0	C\$ -	8	C\$ 27.600	0	C\$ -	C\$ 27.600
Randall Arguedas	0	C\$ -	12	C\$ 41.400	0	C\$ -	C\$ 41.400
TOTAL							C\$ 69.000
TOTAL CON CARGAS SOCIALES							C\$ 61.865

Nota: Daniel Camacho (2023)

Observando los datos arrojados en la tabla 35, con un total de C\$ 69.000, el mes de junio fue el único mes en que se produjeron horas extras, esta máquina fue estable y aunque en un mes se

estuvo cerca de cumplir la meta, los dos siguientes meses fueron bastante estables a pesar de haber presentado algunos fallos.

En la Tabla 36 se presentan los datos de horas extras de la canteadora:

Tabla 36: Reporte de Horas Extras – Canteadora

REPORTE DE HORAS EXTRAS CANTEADORA							
Salario por hora - Jose B:				€	2.510	Salario por hora Marcos M:	
Hora extra - Jose B:				€	3.765	Hora extra - Marcos M:	
				€			
OPERARIO	HORAS DE MAYO	PAGO TOTAL	HORAS DE JUNIO	PAGO TOTAL	HORAS DE JULIO	PAGO TOTAL	TOTAL
Jose Bolaños	16	€ 60.240	12	€ 45.180	20	€ 75.300	€ 180.720
Marcos Masis	8	€ 27.780	12	€ 41.670	18	€ 62.505	€ 131.955
TOTAL							€ 312.675
TOTAL CON CARGAS SOCIALES							€ 280.345

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se muestra en la tabla 36, se generó un monto de € 312.675 en horas extras, la canteadora tuvo en los tres meses presentados diferentes fallas que produjeron una cantidad grande de horas extras, aunque se hizo el esfuerzo de cumplir con la producción planificada, no lograron cumplir con la meta establecida en ninguno de los tres meses. Este es un equipo que preocupa mucho a gerencia porque es un proceso que la mayoría de los pedidos lo llevan y es uno de los que más fallos presenta.

En la Tabla 37 se muestra el monto total de horas extras realizadas en mayo, junio y julio:

Tabla 37: Reporte de Horas Extras – Biseladora

REPORTE DE HORAS EXTRAS BISELADORA							
Salario por hora:				€	2.100		
Hora extra:				€	3.150		
				€			
OPERARIO	HORAS DE MAYO	PAGO TOTAL	HORAS DE JUNIO	PAGO TOTAL	HORAS DE JULIO	PAGO TOTAL	TOTAL
Giovanni Chavarria	24	€ 75.600	18	€ 56.700	12	€ 37.800	€ 170.100
TOTAL CON CARGAS SOCIALES							€ 152.510

Nota: Daniel Camacho (2023)

Esta máquina generó fallas repetitivas que generaron cuellos de botella, por lo que el operario tuvo que trabajar horas extras para poder producir, generando un total de € 170.100, es importante

mencionar que esta máquina en el mes de julio fue detenida por casi un mes para ser intervenida por mantenimiento, por lo que el metraje de este mes fue lo que quedó pendiente de junio.

En la Tabla 38, se puede ver el reporte de horas extras del taladro forel:

Tabla 38: Reporte de Horas Extras – Forel

REPORTE DE HORAS EXTRAS FOREL							
Salario por hora - Gerardo R:				₡ 2.250	Salario por hora - Rafael L:		₡ 2.200
Hora extra - Gerardo R:				₡ 3.375	Hora extra - Rafael L:		₡ 3.300
OPERARIO	HORAS DE MAYO	PAGO TOTAL	HORAS DE JUNIO	PAGO TOTAL	HORAS DE JULIO	PAGO TOTAL	TOTAL
Gerardo Rodríguez	22	₡ 74.250	18	₡ 60.750	25	₡ 84.375	₡219.375
Rafael López	18	₡ 59.400	20	₡ 66.000	28	₡ 92.400	₡217.800
TOTAL							₡437.175
TOTAL CON CARGAS SOCIALES							₡391.970

Nota: Daniel Camacho (2023)

Según el reporte generado en la tabla 38, este equipo ha generado un total de ₡ 437.175 en horas extras debido a que los fallos son constantes y los cuellos de botella se presentan muy seguidos, esta máquina no ha logrado cumplir con la producción planificada en los meses de mayo, junio y julio a pesar de que es un equipo muy nuevo. El taladro forel se adquirió en Macopa con una expectativa, pues es una máquina automática que iba a agilizar el proceso e incluso se iba a utilizar menos mano de obra porque es suficiente tener solo un operario, los fallos presentados han sido constantes durante todos los días y los técnicos de mantenimiento tienen una capacitación básica que se les dio cuando pusieron el equipo.

En la Tabla 39, se observa el dato de horas extras del horno temperado:

Tabla 39: Reporte de Horas Extras – Horno Temperado

REPORTE DE HORAS EXTRAS TEMPERADO							
Salario por hora - Edwin R:				₡ 2.800	Salario por hora - Rodrigo G:		₡ 2.710
Hora extra - Edwin R:				₡ 4.200	Hora extra - Rodrigo G:		₡ 4.065
OPERARIO	HORAS DE MAYO	PAGO TOTAL	HORAS DE JUNIO	PAGO TOTAL	HORAS DE JULIO	PAGO TOTAL	TOTAL
Edwin Rodriguez	20	₡ 84.000	14	₡ 58.800	4	₡ 16.800	₡159.600
Rodrigo Gonzáles	24	₡ 97.560	12	₡ 48.780	4	₡ 16.260	₡162.600
TOTAL							₡322.200
TOTAL CON CARGAS SOCIALES							₡288.885

Nota: Daniel Camacho (2023)

En el horno temperado, se ha trabajado bastantes horas extras según la tabla 39, con un total de ₡322.200, diferentes fallos han ocasionado que los operarios tengan que trabajar más de ocho horas para poder desahogar la producción atrasada.

En la Tabla 40, se muestra el total de horas extras laboradas en el horno laminado:

Tabla 40: Reporte de Horas Extras – Horno Laminado

REPORTE DE HORAS EXTRAS LAMINADO							
Salario por hora - Álvaro C:				₡ 2.440	Salario por hora - Carlos A:		₡ 2.300
Hora extra - Álvaro C:				₡ 3.660	Hora extra - Carlos A:		₡ 3.450
OPERARIO	HORAS DE MAYO	PAGO TOTAL	HORAS DE JUNIO	PAGO TOTAL	HORAS DE JULIO	PAGO TOTAL	TOTAL
Álvaro Chavarría	4	₡ 14.640	10	₡ 36.600	12	₡ 43.920	₡ 95.160
Carlos Acosta	0	₡ -	16	₡ 55.200	18	₡ 62.100	₡117.300
TOTAL							₡212.460
TOTAL CON CARGAS SOCIALES							₡190.490

Nota: Daniel Camacho (2023)

Según los datos arrojados, el total de horas extras fueron de ₡ 212.460, se presentaron diferentes problemas en los equipos que ocasionaron la necesidad de laborar tiempo extra. A pesar de llegar a la meta en dos ocasiones, se tuvieron que poner a laborar en tiempo extra a los operarios para liberar la carga de trabajo.

En la Tabla 41, se muestra el resultado de horas extras en el horno insulado:

Tabla 41: Reporte de Horas Extras – Horno Insulado

REPORTE DE HORAS EXTRAS INSULADO							
Salario por hora - Álvaro C:				₡ 2.440	Salario por hora - Allan P:		₡ 2.300
Hora extra - Álvaro C:				₡ 3.660	Hora extra - Allan P:		₡ 3.450
OPERARIO	HORAS DE MAYO	PAGO TOTAL	HORAS DE JUNIO	PAGO TOTAL	HORAS DE JULIO	PAGO TOTAL	TOTAL
Álvaro Chavarría	0	₡ -	16	₡ 58.560	8	₡ 29.280	₡ 87.840
Allan Picado	0	₡ -	12	₡ 41.400	10	₡ 34.500	₡ 75.900
TOTAL							₡163.740
TOTAL CON CARGAS SOCIALES							₡146.810

Nota: Daniel Camacho (2023)

Según los datos generados en la tabla 41, el total de horas extras generadas en esta máquina es de ₡ 163.740, la máquina presentó fallos en los meses de mayo, junio y julio por lo que fue necesario trabajar en tiempo extra para agilizar la producción.

Otra consecuencia importante de mencionar es que, al estar los equipos con fallos, el personal de mantenimiento debe trabajar para que la máquina funcione lo más rápido posible, por lo que laboran horas extras y esto genera un gasto bastante grande para el departamento. La gerencia se muestra disgustada porque los tiempos de arreglo son muy deficientes y el pago de horas extraordinarias se ha elevado considerablemente por la cantidad de problemas que presentan los equipos día a día.

En seguida, se va a realizar una tabla que muestra la cantidad de horas extras que el personal de mantenimiento ha tenido que realizar para solucionar los problemas en mayo, junio y julio.

En la Tabla 42: Indicador de Horas Extras – Mantenimiento

Tabla 42: Indicador de Horas Extras – Mantenimiento

REPORTE DE HORAS EXTRAS - TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO							
Salario - Randall S.		₡	4.000	Hora extra		₡	6.000
Salario - Álvaro R.		₡	3.200	Hora extra		₡	4.800
Salario - Pablo S.		₡	3.400	Hora extra		₡	5.100
OPERARIO	HORAS DE MAYO	PAGO TOTAL	HORAS DE JUNIO	PAGO TOTAL	HORAS DE JULIO	PAGO TOTAL	TOTAL
Randall Salazar	50	₡ 300.000	47	₡282.000	55	₡ 330.000	₡ 912.000
Álvaro Rodríguez	45	₡ 216.000	51	₡244.800	52	₡ 249.600	₡ 710.400
Pablo Segura	48	₡ 244.800	40	₡ 204.000	57	₡ 290.700	₡ 739.500
TOTAL							₡ 1.651.500
TOTAL CON CARGAS SOCIALES							₡ 1.480.735

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se puede observar en la tabla 42, el técnico Randall Salazar en los meses de mayo, junio y julio ha realizado un total de 152 horas extras, lo que equivale a ₡ 912.000, Álvaro Rodríguez en los meses mencionados realizó un total de 148 horas, por lo que se le tuvo que pagar ₡ 710.400 y Pablo Seguro realizó un total de 145 horas, por lo que recibió un total de ₡ 739.500. La suma total de horas extras que hicieron los técnicos de mantenimiento fue de ₡ 1.651.500, esto es un monto muy elevado que, si no se busca la solución a la recurrencia de estas fallas, la empresa deberá seguir pagando montos elevados en horas extras. Por medio de un sistema de mantenimientos preventivos, se pretende mejorar el funcionamiento de las máquinas y también disminuir horas extras.

Es muy importante que las máquinas trabajen con el mejor rendimiento posible, esto porque hay una consecuencia muy significativa para la empresa y es la pérdida de clientes, normalmente cada cliente que llega a realizar una compra espera que se le entregue su producto en la fecha que le corresponde y que la calidad sea que merece, es grave para la compañía tener tantos problemas en los equipos debido a que se comprometen las ventas, los atrasos en las entregas, productos con mala calidad no dan buen aspecto a Macopa, por lo que es importante y crítico realizar el sistema de mantenimientos preventivos y tratar de minimizar los fallos en cada equipo.

Los diferentes tipos de vidrio que venden en Macopa los clientes lo deben comprar por metro cuadrado, hay variedad de vidrios como claro, gris solar – e, insulados, laminados y otros más que se pueden adquirir. En la compañía se hacen proyectos importantes con constructoras, por lo que tener todo producido a tiempo no solo genera ganancias, sino que también da una buena reputación ante los clientes para volver a realizar futuros proyectos.

De los tipos de vidrios que más se utilizan para proyectos son insulados, laminados, temperados y vidrio crudo, por lo que se pretende realizar un análisis de las pérdidas que se pueden tener al

quedar mal con los clientes y no entregarles en el tiempo correcto y con la calidad que corresponde. Se va a efectuar el análisis poniendo como ejemplo 500 metros cuadrados, cotizando vidrio de 6mm y utilizando el precio actual de cada tipo de vidrio, lo que nos va a dar un panorama de cuánto puede costar perder un cliente por tener los equipos dañados.

En la Tabla 43, se presenta el análisis de precios por tipo de vidrio según el precio que ofrece Macopa en el mercado actualmente:

Tabla 43: Análisis de Precios por m²

PRECIOS DE VIDRIOS POR m²			
DESCRIPCIÓN	PRECIO m²	CANTIDAD DE m² solicitados	TOTAL
Insulado CL6MM+CL6MM	₡ 60.420	500	₡ 30.210.000
LAM ESP CL6+CL 6MM	₡ 56.350	500	₡ 28.175.000
Templado CL 6MM	₡ 27.650	500	₡ 13.825.000
Vidrio crudo	₡ 19.730	500	₡ 9.865.000

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se puede observar en la tabla 43, las pérdidas pueden ser abismales si no se le da al cliente el servicio que merece. Los resultados son sorprendentes, ya que, en este caso se ejemplificó con 500 m² y los proyectos pueden ser mucho más grandes dependiendo del plan de cada cliente. El ejemplo mostrado presenta que, perder un cliente significa tener una pérdida grande de millones y para que la empresa pueda mantenerse en crecimiento no se pueden perder este tipo de proyectos.

La competencia en el mercado de la construcción es muy grande, por lo que una de las razones importantes para mantener a los clientes satisfechos es ser responsables con las fechas que se les da y entregando el material con la mejor calidad posible, es por esto por lo que, mantener las máquinas de producción en buen estado va a agilizar el proceso y el sistema de mantenimientos preventivos ayudará a que los equipos produzcan en óptimas condiciones y que haya fallas que se puedan evitar en el futuro.

Desperdicio de materia prima

Se debe mencionar un punto importante para la empresa en el área productiva y es la cantidad de dinero que pierde la compañía en reposiciones, pues un equipo en mal estado no va a dar una buena

calidad en el producto terminado y esto significa que, se deben reponer todos los vidrios que no cumplan con los parámetros establecidos por la norma de calidad. Este problema es muy frecuente porque las máquinas han tenido muchos fallos y el personal de mantenimiento llega a saber que hay un problema porque se empiezan a quebrar los vidrios y es en ese instante que empiezan a revisar y se encuentran con los diferentes problemas que tiene el equipo.

A continuación, se van a mostrar los porcentajes de materia prima y los montos totales que se perdieron por problemas en las máquinas en los meses de mayo, junio y julio.

En la Tabla 44 se muestra el análisis de desperdicio:

Tabla 44: Análisis de Desperdicio

ANÁLISIS DE DESPERDICIO DE MATERIA PRIMA				
MES	TOTAL EN EL MES	% DESPERDICIO EN EL MES	TOTAL POR MANTENIMIENTO	% DESPERDICIO A MANTENIMIENTO
MAYO	₡ 6.460.956	2,10%	₡ 4.260.380	65,94%
JUNIO	₡ 9.228.487	3,85%	₡ 5.255.000	56,94%
JULIO	₡ 8.411.110	3,59%	₡ 3.887.600	46,22%
TOTAL	₡ 24.100.553		₡ 13.402.980	

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se muestra en la tabla los montos de desperdicio son muy elevados y en este caso es importante analizar el de mantenimiento, esto porque en los tres meses estudiados se observa un total de ₡13.402.980 perdidos por problemas en las máquinas, lo que preocupa a la gerencia porque puede ir empeorando la situación y aumentar la pérdida de dinero por desperdicio de materia prima e indirectamente afectar a los clientes que compran sus productos en la compañía.

Análisis de las Causas

Uno de los objetivos es analizar las causas que están generando la detención de las máquinas, por lo que fue importante realizar una encuesta para conocer la opinión de personas que laboran en el departamento de producción y mantenimiento, con base en estas opiniones se va generando la idea de que muchos de los problemas son generados por la falta de un mantenimiento preventivo correcto en los equipos que está generando muchos mantenimientos correctivos y que de cierta forma los técnicos tienen una acumulación de trabajo porque los problemas son muchos, por lo que se ha dificultado solucionar rápidamente.

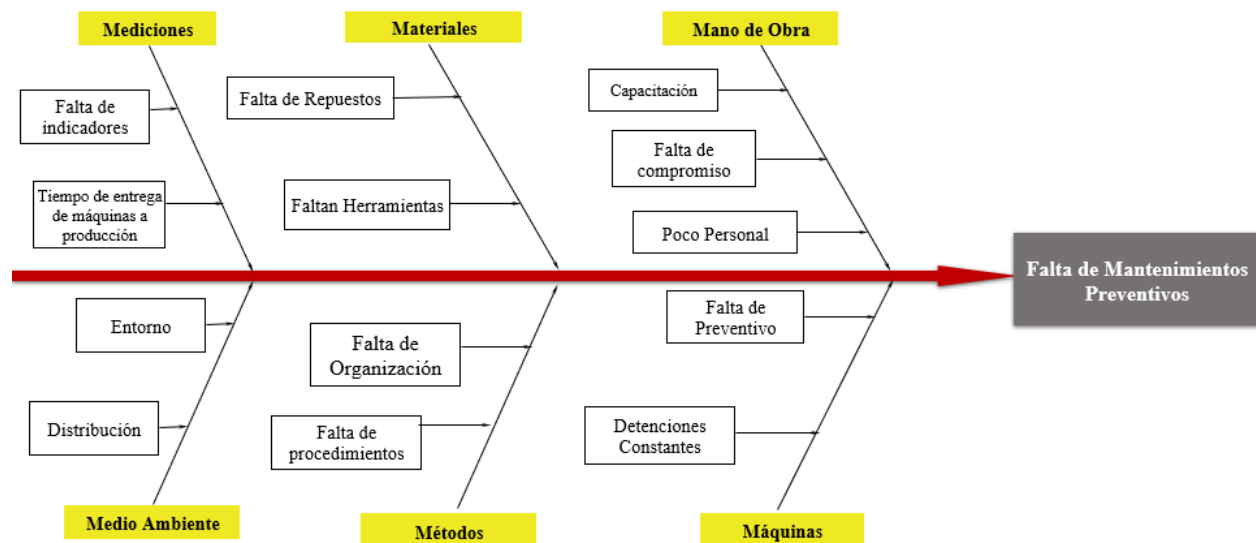
Se van a desglosar por máquina los problemas que han presentado las máquinas en mayo, junio y julio del presente año, esto para hacer un diagrama de Ishikawa que permita hacer un análisis causa raíz de la situación actual. Luego se va a realizar un diagrama de Pareto para conocer cuáles máquinas son las que más problemas han generado en estos meses mencionados y así realizar un programa de mantenimientos preventivos correcto para cada máquina.

Diagrama de Ishikawa

Con base en la percepción que se obtuvo de las encuestas y los indicadores arrojados en los meses de mayo, junio y julio, se elaboró un diagrama de Ishikawa en el que se mencionan los diferentes problemas que presentan los equipos y las causas que pueden estar generando la cantidad de fallos en los equipos, la cuales pueden ser analizadas y puede determinar la causa raíz del problema que se está realizando en esta investigación.

En la Figura 29 se muestra el diagrama de Ishikawa con las diferentes causas que generan la detención de las máquinas:

Figura 29: Diagrama de Ishikawa



Nota: Daniel Camacho (2023)

En este diagrama de Ishikawa se muestran los diferentes factores que es importante tomarlos en cuenta para determinar parte de la causa raíz de los problemas con las máquinas de producción. Estos factores se han tomado en cuenta porque parte del atraso en la entrega de cada equipo cuando

se realiza un mantenimiento correctivo son las mencionadas en el diagrama, lo que es importante hacer correcciones para tener una mejora en el proceso.

Causales de detenciones en las máquinas

Con base en los datos obtenidos en los indicadores y los factores presentados en el diagrama Ishikawa, se va a mostrar cuales son los problemas reportados en las máquinas que han afectado el cumplimiento de los indicadores y los tiempos en que se duró cada arreglo. Es importante darles seguimiento para que, al realizar un sistema de mantenimientos preventivos, esas áreas sean atacadas por parte del departamento de mantenimiento y que se mitiguen estos fallos presentados. También se debe mencionar que, algunos de estos problemas se presentan repetitivamente en los equipos.

En la Tabla 45, se muestra los problemas presentados en los meses de mayo, junio y julio en la mesa de corte monolítica:

Tabla 45: Problemas de la Mesa de Corte Monolítica

PROBLEMAS PRESENTADOS - MONOLÍTICA			
HORAS DE DISPONIBILIDAD: 1008 HORAS (3 MESES)			
CANTIDAD	OBSERVACIÓN	HORAS DE PARO	% DE HORAS DETENIDOS
1	Problemas con servomotor	36 hrs	3,57%
2	Piñón quebrado	24 hrs	2,38%
3	Carrito de cabezal quebrado	16 hrs	1,59%
4	Desajuste con piñones	14 hrs	1,38%
5	Golpe en cabezal	9 hrs	0,89%
6	Problemas con almacén inteligente	6 hrs	0,60%
7	Problemas con impresora	4 hrs	0,40%
8	Falla en decapado	3 hrs	0,30%
9	Sonido de roles	3 hrs	0,30%
10	Problemas con manguera de aire	3 hrs	0,30%
11	Equipo se detiene y no se mueve	3 hrs	0,30%
12	Faja reventada	3 hrs	0,30%
13	Problemas con alineación de la mesa vasculante	2 hrs	0,20%
14	Muñonera suelta	2 hr	0,20%
15	Fuga de aceite en herramienta de corte	1 h	0,10%
16	Máquina sin aceite	1 h	0,10%
TOTAL			12,89%

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 46, se presentan los diferentes problemas en la mesa de corte laminado en mayo, junio y julio:

Tabla 46: Problemas en la Mesa de Corte Laminado

PROBLEMAS PRESENTADOS - CORTE LAMINADO			
HORAS DE DISPONIBILIDAD: 1008 HORAS (3 MESES)			
CANTIDAD	OBSERVACIÓN	HORAS DE PARO	% DE HORAS DETENIDOS
1	Topes de la mesa desajustados	49 hrs	4,86%
2	Sonido extraño en roles	5 hrs	0,50%
3	Fuga de aceite	3 hrs	0,30%
4	Láser de la mesa dañado	2 hrs	0,20%
5	Problemas con portarulinas	2 hrs	0,20%
6	Problema con contactor	2 hrs	0,20%
7	Problemas con reglas de nivel	1 h	0,10%
8	Moqueta de la mesa suelta	1 h	0,10%
TOTAL			6,45%

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 47, se puede observar los problemas presentados en mayo, junio y julio de la canteadora:

Tabla 47: Problemas en la Canteadora

PROBLEMAS PRESENTADOS - CANTEADORA			
HORAS DE DISPONIBILIDAD: 1008 HORAS (3 MESES)			
CANTIDAD	OBSERVACIÓN	HORAS DE PARO	% DE HORAS DETENIDAS
1	Problemas con puntas blancas en el vidrio	260 hrs	25,79%
2	Motor de muela 7 dañado	72 hrs	7,14%
3	Bomba de agua quemada	30 hrs	2,98%
4	Contactador quemado	12 hrs	1,19%
5	Problemas con los pads de entrada	8 hrs	0,79%
6	Fuga de agua	8 hrs	0,79%
7	Problema con el desconector	7 hrs	0,69%
8	Problemas con el micro	4 hrs	0,40%
9	Piñon flojo	4 hrs	0,40%
10	Faja reventada	4 hrs	0,40%
11	Parámetros desajustados	3 hrs	0,30%
12	Cadena de guía reventada	3 hrs	0,30%
13	Prensador desajustado	2 hrs	0,20%
14	Propela de la bomba dañada	2 hr	0,20%
15	Fallo de muela 6	1 h	0,10%
TOTAL			41,67%

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 48, se muestra los problemas reportados en mayo, junio y julio en la biseladora:

Tabla 48: Problemas en la Biseladora

PROBLEMAS PRESENTADOS - BISELADORA			
HORAS DE DISPONIBILIDAD: 504 HORAS (3 MESES)			
CANTIDAD	OBSERVACIÓN	HORAS DE PARO	% DE HORAS DETENIDAS
1	Bisectriz corrida	360 hrs	71,43%
2	Bomba de agua dañada	48 hrs	9,52%
3	Problema de puntas blancas	18 hrs	3,57%
4	Rol del eje quebrado	10 hrs	1,98%
5	Banda en mal estado	8 hrs	1,59%
6	Problemas con el prensador	6 hrs	1,19%
7	Problemas con la centrífuga	5 hrs	0,99%
8	Piñón totalmente seco	1 h	0,20%
9	Aceite hidráulico vacío	1 h	0,20%
TOTAL			90,67%

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 49, se presentan los diferentes problemas ocurridos en mayo, junio y julio en el taladro forel:

Tabla 49: Problemas de Forel

PROBLEMAS PRESENTADOS - FOREL			
HORAS DE DISPONIBILIDAD: 1008 HORAS (3 MESES)			
CANTIDAD	OBSERVACIÓN	HORAS DE PARO	% DE HORAS DETENIDAS
1	Problema con los huecos, herramienta quiebra los vidrios	300 hrs	29,76%
2	Problemas con las brocas y fresas	260 hrs	25,79%
3	Máquina se queda pegada	83 hrs	8,23%
4	Problemas con mandril delantero	55 hrs	5,46%
5	Mandril delantero y trasero descentrado	12 hrs	1,19%
6	Sensor de mandril dañado	12 hrs	1,19%
7	Centrífuga con problemas	11 hrs	1,09%
8	Problema con los filtros	10 hrs	0,99%
9	Falla en sensor de final de carrera	8 hrs	0,79%
10	Golpe en el portaherramientas provocado por el cabezal	7 hrs	0,69%
11	Cables eléctricos dañados	6 hrs	0,60%
12	Problema con vidrios con descuadre	5 hrs	0,50%
13	Cadena reventada por falta de grasa	5 hrs	0,50%
14	Problema con el sensor de entrada	5 hrs	0,50%
15	Empaque de la junta reventada	5 hrs	0,50%
16	Fuga de agua, manguera en mal estado	4 hrs	0,40%
17	Guías no están en el lugar correcto	3 hrs	0,30%
18	Falta limpieza en la salida de la bandeja	3 hrs	0,30%
19	Problemas con guardamotor	3 hrs	0,30%
20	Contactador quemado	2 hrs	0,20%
21	Ventosa con carbones dañados	1 hr	0,10%
TOTAL			79,37%

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 50, se observan los problemas que el horno temperado tuvo en los meses de mayo, junio y julio:

Tabla 50: Problemas en Horno Temperado

PROBLEMAS PRESENTADOS - TEMPERADO			
HORAS DE DISPONIBILIDAD: 1008 HORAS (3 MESES)			
CANTIDAD	OBSERVACIÓN	HORAS DE PARO	% DE HORAS DETENIDAS
1	Falta de temperatura ocasiona que vidrio se reviente dentro del horno	72 hrs	7,14%
2	Dos resistencias quemadas	24 hrs	2,38%
3	Problemas con el kevlar	16 hrs	1,59%
4	Rodillo de cerámica dañado	15 hrs	1,49%
5	Encoder dañado	13 hrs	1,29%
6	Turbina con problemas	12 hrs	1,19%
7	Termocupla dañada	10 hrs	0,99%
8	Algunas ruedas de mesa de entrada dañadas	3 hrs	0,30%
9	Fuga de aire en la turbina	2 hrs	0,20%
10	Piñón de la cadena de entrada seco	2 hrs	0,20%
11	Problemas con el gas del horno	1 h	0,10%
TOTAL			16,87%

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 51, se puede ver la lista de problemas que presentó el horno laminado en mayo, junio y julio:

Tabla 51: Problemas en Horno Laminado

PROBLEMAS PRESENTADOS - HORNO LAMINADO			
HORAS DE DISPONIBILIDAD: 1008 HORAS (3 MESES)			
CANTIDAD	OBSERVACIÓN	HORAS DE PARO	% DE HORAS DETENIDAS
1	Encoder fallando	24 hrs	2,38%
2	Problema con el automático de las bandejas	16 hrs	1,59%
3	Herramienta para cortar evalam con problemas	15 hrs	1,49%
4	Horno superior con problemas de temperatura	12 hrs	1,19%
5	Tres contactores dañados	8 hrs	0,79%
6	Fuga de aceite en la tijera	7 hrs	0,69%
7	Caracol de la turbina con mucha suciedad	5 hrs	0,50%
8	Bandeja de almacén no funciona	4 hrs	0,40%
9	Problemas con las puertas del horno	3 hrs	0,30%
10	Sensor del horno fallando	3 hrs	0,30%
11	Polipasto dañado	1 h	0,10%
12	Paro de emergencia dañado	1 hr	0,10%
TOTAL			9,82%

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 52, se presentan los problemas reportados en el horno insulado en mayo, junio y julio:

Tabla 52: Problemas en Horno Insulado

PROBLEMAS PRESENTADOS - HORNO INSULADO			
HORAS DE DISPONIBILIDAD: 1008 HORAS (3 MESES)			
CANTIDAD	OBSERVACIÓN	HORAS DE PARO	% DE HORAS DETENIDAS
1	Cadena reventada por falta de grasa	24 hrs	2,38%
2	Tanques de la lavadora con fuga	13 hrs	1,29%
3	Turbina de la mesa tiene muy poco aire	12 hrs	1,19%
4	Roles de la mesa de rodillos dañados	8 hrs	0,79%
5	Problemas con las ventosas de la araña	3 hrs	0,30%
6	Resistencia del horno quemada	2 hrs	0,20%
7	Problemas con pistola de easy pro	2 hrs	0,20%
8	Manguera de la entrada de la lavadora de insulado rota	1 hrs	0,10%
TOTAL			6,45%

Nota: Daniel Camacho (2023)

Con base en la información recolectada de los fallos en cada equipo de producción, se realizará un análisis mediante el diagrama de Pareto de cada problema presentado y de esta manera determinar cuáles son las máquinas con más incidencias presentadas según los reportes de producción. El diagrama de Pareto va a ayudar a identificar los equipos que han presentado la mayor cantidad de fallos y que se deberá de dar mayor seguimiento.

Diagrama de Pareto

Según los datos anteriores de la cantidad de fallos en las máquinas, se muestra en la siguiente tabla cada máquina con los problemas presentados en mayo, junio y julio para realizar el diagrama de Pareto.

En la Tabla 53, se muestra la cantidad de incidencias en las máquinas:

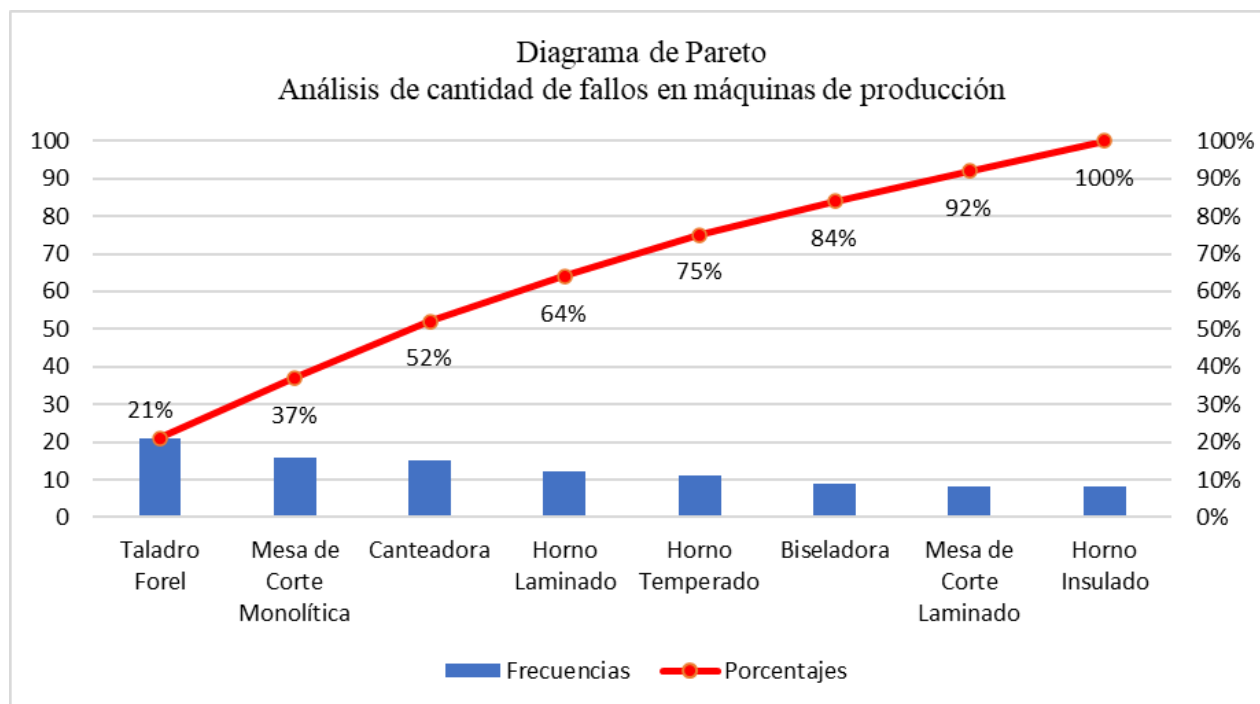
Tabla 53: Cantidad de Fallos en las Máquinas

MÁQUINA	FRECUENCIA	%	% ACUMULADO
Taladro Forel	21	21%	21%
Mesa de Corte Monolítica	16	16%	37%
Canteadora	15	15%	52%
Horno Laminado	12	12%	64%
Horno Temperado	11	11%	75%
Biseladora	9	9%	84%
Mesa de Corte Laminado	8	8%	92%
Horno Insulado	8	8%	100%
Total	100	100%	

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Figura 30, se muestra el diagrama de Pareto:

Figura 30: Diagrama de Pareto



Nota: Daniel Camacho (2023)

Según los datos del gráfico de Pareto y analizando las frecuencias de los fallos en los equipos de producción, el taladro forel, la mesa de corte monolítica, la canteadora, el horno laminado y el horno temperado son las máquinas a las que se debe de poner atención según el principio de Pareto (80,20), por lo que si se trabaja en estos cinco equipos se van a mitigar considerablemente la mayoría de los problemas presentes en la producción.

También se consideró importante conocer cuáles son las fallas que más se están presentando y que pueden estar generando un problema en la producción. Obteniendo estos datos, el personal de mantenimiento puede empezar a atacar esas deficiencias que, han generado problemas en los equipos y que ha ocasionado cuellos de botella e incluso que el indicador de cada máquina se vea afectado por los diferentes problemas presentados. La falta de mantenimientos preventivos en las máquinas ha provocado un descontrol importante para el área de mantenimiento, esto porque no se lleva un control debido y se interviene siempre para hacer correctivos.

En la Tabla 54 se muestra la cantidad de fallas en los equipos y sus frecuencias:

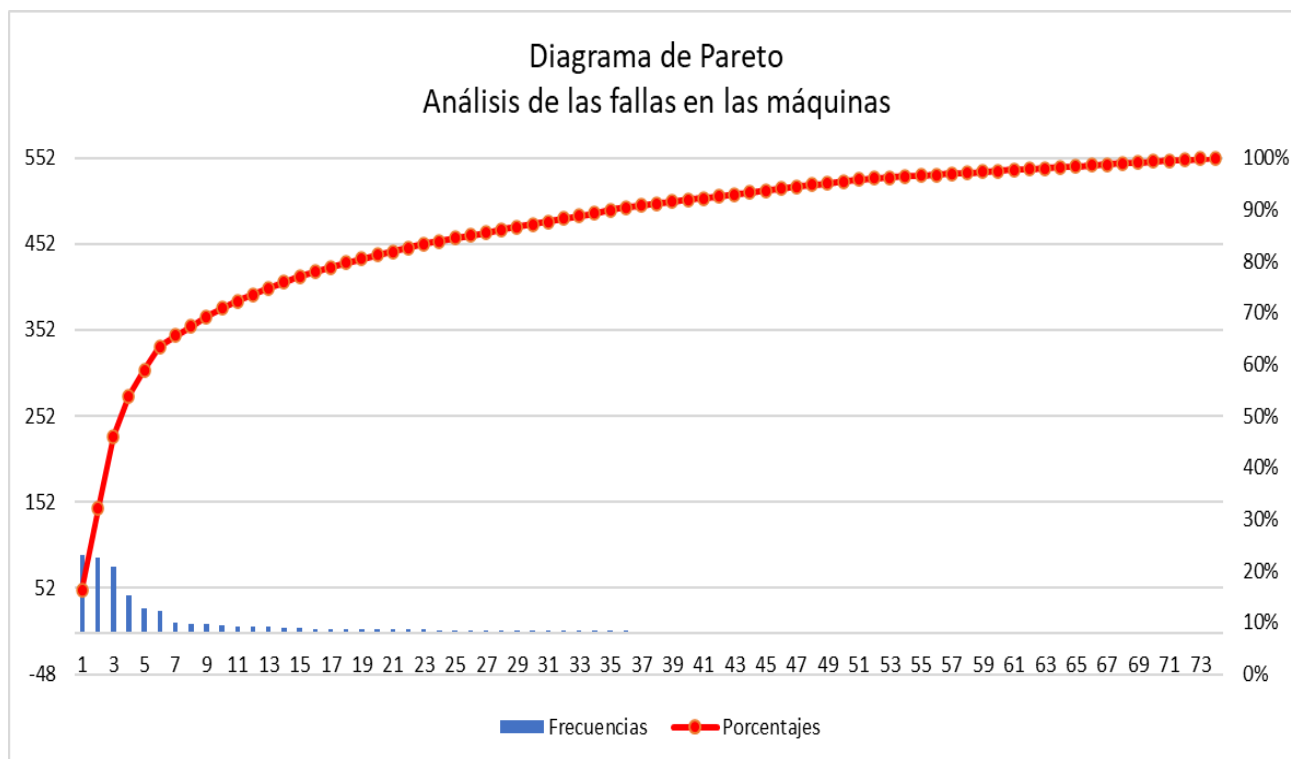
Tabla 54: Fallas Presentadas en las Máquinas

Cantidad	FALLA PRESENTADA	FRECUENCIA	%	% ACUMULADO
1	Problema con los huecos, herramienta quiebra los vidrios	90	16%	16%
2	Bisectriz corrida	87	16%	32%
3	Problemas con las brocas y fresas	77	14%	46%
4	Mandril delantero y trasero descentrado	43	8%	54%
5	Máquina se queda pegada	28	5%	59%
6	Problemas con puntas blancas en el vidrio	25	5%	63%
7	Problema con contactor	12	2%	66%
8	Topes de la mesa desajustados	10	2%	67%
9	Problema con vidrios con descuadre	10	2%	69%
10	Fuga de agua	9	2%	71%
11	Sonido de roles	8	1%	72%
12	Carrito de cabezal quebrado	7	1%	74%
13	Termocupla dañada	7	1%	75%
14	Fuga de aceite	6	1%	76%
15	Problemas con el kevlar	6	1%	77%
16	Problemas con servomotor	5	1%	78%
17	Problemas con los pads de entrada	5	1%	79%
18	Problemas con la centrífuga	5	1%	79,7%
19	Problemas con almacén inteligente	4	1%	80%
20	Piñón quebrado	4	1%	81%
21	Faja reventada	4	1%	82%
22	Cadena de guía reventada	4	1%	82,6%
23	Herramienta para cortar evalam con problemas	4	1%	83%
24	Problemas con impresora	3	1%	83,9%
25	Problemas con manguera de aire	3	1%	84%
26	Problemas con portarulinas	3	1%	85%
27	Problema con el desconector	3	1%	85,5%
28	Banda en mal estado	3	1%	86%
29	Sensor de mandril dañado	3	1%	86,6%
30	Golpe en el portaherramientas provocado por el cabezal	3	1%	87%
31	Ventosa dañadas	3	1%	87,7%
32	Falta de temperatura ocasiona que vidrio se reviente dentro del horno	3	1%	88%
33	Rodillo de cerámica dañado	3	1%	88,8%
34	Bandeja de almacén no funciona	3	1%	89%
35	Problema con el automático de las bandejas	3	1%	89,9%

Cantidad	FALLA PRESENTADA	FRECUENCIA	%	% ACUMULADO
36	Horno superior con problemas de temperatura	3	1%	90%
37	Muñonera suelta	2	0,36%	90,8%
38	Equipo se detiene y no se mueve	2	0,36%	91,1%
39	Golpe en cabezal	2	0,36%	91,5%
40	Parámetros desajustados	2	0,36%	91,8%
41	Prensador desajustado	2	0,36%	92,2%
42	Problemas con el micro	2	0,36%	92,6%
43	Bomba de agua quemada	2	0,36%	92,9%
44	Problemas con guardamotor	2	0,36%	93,3%
45	Dos resistencias quemadas	2	0,36%	93,7%
46	Fuga de aire en la turbina	2	0,36%	94,0%
47	Encoder dañado	2	0,36%	94,4%
48	Problemas con las puertas del horno	2	0,36%	94,7%
49	Caracol de la turbina con mucha suciedad	2	0,36%	95,1%
50	Tanques de la lavadora con fuga	2	0,36%	95,5%
51	Problemas con pistola de easy pro	2	0,36%	95,8%
52	Falla en decapado	1	0,18%	96%
53	Problemas con alineación de la mesa vasculante	1	0,18%	96,2%
54	Máquina sin aceite	1	0,18%	96,4%
55	Problemas con reglas de nivel	1	0,18%	96,6%
56	Láser de la mesa dañado	1	0,18%	96,7%
57	Moqueta de la mesa suelta	1	0,18%	96,9%
58	Fallo de muela 6	1	0,18%	97,1%
59	Motor de muela 7 dañado	1	0,18%	97,3%
60	Propela de la bomba dañada	1	0,18%	97,5%
61	Aceite hidráulico vacío	1	0,18%	97,6%
62	Guías no están en el lugar correcto	1	0,18%	97,8%
63	Falta limpieza en la salida de la bandeja	1	0,18%	98%
64	Problema con los filtros	1	0,18%	98,2%
65	Falla en sensor de final de carrera	1	0,18%	98,4%
66	Problema con el sensor de entrada	1	0,18%	98,6%
67	Empaque de la junta reventada	1	0,18%	98,7%
68	Cables eléctricos dañados	1	0,18%	98,9%
69	Turbina con problemas	1	0,18%	99%
70	Algunas ruedas de mesa de entrada dañadas	1	0,18%	99,3%
71	Problemas con el gas del horno	1	0,18%	99,5%
72	Paro de emergencia dañado	1	0,18%	99,6%
73	Sensor del horno fallando	1	0,18%	99,8%
74	Manguera de la entrada de la lavadora de insulado rota	1	0,18%	100%
	Total	552	100%	

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Figura 31, se observa el diagrama de Pareto de las fallas reportadas en las máquinas:

Figura 31: Diagrama de Pareto

Nota: Daniel Camacho (2023)

Con base en los datos arrojados en el diagrama de Pareto, se determina que las fallas con más relevancia según el principio de Pareto (80-20) son las primeras 19, las cuales se han presentado repetitivamente durante el proceso productivo y que han generado cuellos de botella en los equipos. Es importante que mantenimiento ataque estos problemas para que se pueda estabilizar cada máquina y haya una mejora considerable en el proceso.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se van a presentar los diferentes puntos detectados en la investigación realizada, dejando claro los resultados obtenidos y dando respuesta a los objetivos planteados, teniendo en cuenta los elementos necesarios y suficientes alcanzados en el trabajo. Por último, el capítulo va a finalizar con las recomendaciones a la empresa, las cuales son de gran importancia y que se utilizarán en la propuesta que se va a plantear en el capítulo VI.

Conclusiones

- Por medio del estudio realizado en este proyecto, se concluye que, los problemas de detenciones en las máquinas de producción son generados por falta de revisiones constantes en los equipos que permita prevenir daños graves y detenciones de larga duración.
- Un punto importante de concluir es que las consecuencias que generan las detenciones de las máquinas son atrasos en entregas, pérdida de dinero en desperdicio de materia prima, pago excesivo en horas extras a los colaboradores de producción y mantenimiento e incluso la pérdida de clientes por atrasos en las entregas.
- Se observa como conclusión importante que, una de las mayores consecuencias para el área de producción es que por los fallos de las máquinas no se alcanza la meta establecida para los equipos.
- Se concluye que, las máquinas que causan mayor problema en el proceso productivo y a las que se le deben poner mayor atención son taladro forel, mesa de corte monolítica, canteadora, horno laminado y horno temperado, estos equipos han causado que al detenerse se generen retrasos en los tiempos de entrega del producto final.
- Otro punto para destacar en la investigación realizada son los tiempos en que los técnicos de mantenimiento duran en realizar los arreglos en las máquinas, esto puede ser generado por falta de capacitación y conocimiento en cada equipo, lo cual genera atrasos importantes en cada intervención.
- Es importante mencionar como conclusión que no existe un cronograma de mantenimientos preventivos para las máquinas, por lo que no se tiene un seguimiento de los posibles fallos a corto, mediano y largo plazo.

- En el departamento de mantenimiento no existen indicadores de mantenimientos preventivos que comprometan a los técnicos a realizar revisiones constantes y prevengan fallos, ya sean leves o graves en la producción.

Recomendaciones

- Se recomienda implementar un sistema de mantenimiento preventivo que permita realizar revisiones constantes en las máquinas y, de esta manera, reducir la cantidad de mantenimientos correctivos que actualmente se está teniendo.
- Se recomienda tener dos técnicos por turno, ya que solo se tiene uno por cada horario y esto puede agilizar el arreglo de una máquina e incluso intervenir dos equipos al mismo tiempo si así se requiere.
- Se recomienda realizar una capacitación a los técnicos de mantenimiento de los equipos que mayor tiempo se están durando en reparar, ya que la falta de conocimiento está aumentando los tiempos en mantenimientos correctivos.
- Se recomienda elaborar indicadores para el cumplimiento de mantenimientos preventivos, esto para comprometer a los técnicos a realizar reportes sobre futuros daños que se puedan dar y también para asegurarse que los equipos se están revisando constantemente.
- Se recomienda realizar una aplicación en la que los técnicos puedan hacer los reportes y que estos queden registrados en una base de datos, de esta manera cada reporte realizado puede ser verificado por el supervisor y el jefe de mantenimiento y que se puedan atacar problemas pequeños que en el futuro pueden ser graves.

CAPÍTULO VI PROPUESTA

En este capítulo se va a diseñar la propuesta de la investigación realizada, la cual se elaborará para dar solución a los problemas identificados en la empresa y que se estudió en el análisis ejecutado en el capítulo IV. Seguidamente de realizar la propuesta, se va a hacer el plan de implementación por medio de listas de chequeo que permita comprobar que se realice correctamente el sistema de mantenimientos preventivos con las frecuencias correspondientes, para finalizar el capítulo se va a hacer el análisis económico.

Propuesta

Esta propuesta se va a diseñar con el objetivo de mejorar el funcionamiento de las máquinas de producción en la empresa Instalaciones y Servicios Macopa S.A., mediante un sistema de mantenimientos preventivos, por lo que cada máquina va a tener un plan elaborado que abarque cada uno de los componentes importantes para hacerle la revisión que se necesita, en seguida, se va a analizar el proponer incluir técnicos nuevos al departamento de mantenimiento para intervenir con mayor eficiencia los equipos, posteriormente, se va a realizar un plan de capacitación a los técnicos de mantenimiento en las máquinas que más problemas están generando, luego se van a realizar indicadores para el departamento de mantenimiento y por último, se va a proponer una aplicación para la recolección de datos y el reporte de cada preventivo realizado.

Sistema de mantenimientos preventivos

Para las máquinas de producción es importante tener un sistema de mantenimientos preventivos que funcione como guía para los técnicos de mantenimiento, esto va a mejorar la calidad y funcionamiento del equipo, porque si no se identifica de manera correcta lo que se va a revisar, puede que se realice mal y que el objetivo de atacar los diferentes problemas que están ocasionando las detenciones constantes no sea solucionado como se desea.

Es importante que cada técnico conozca bien el equipo y que, al llegar a realizar un mantenimiento preventivo identifique los diferentes componentes que tiene una máquina, esto va a permitir ejecutar la tarea con mayor fluidez y que el tiempo de intervención sea el más corto posible, teniendo en cuenta que hay problemas que no se solucionan rápido. A cada técnico, se le va a asignar una máquina con la lista de lo que se debe realizar, el componente que tiene que revisar, la frecuencia que lo debe hacer dependiendo de la criticidad del preventivo y el tiempo que se dura aproximadamente en el preventivo a realizar.

En la Tabla 55, se muestra el cronograma de mantenimientos preventivos para la mesa de corte monolítica:

Tabla 55: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Mesa de Corte

MANTENIMIENTO PREVENTIVO MESA DE CORTE MONOLÍTICA			
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	TIEMPO DE DURACIÓN
Máquina general	Revisión general de la máquina, resoque de conectores y tuercas en general, detección y corrección de fugas	Semanal	30 min
Mesa Corte	Limpieza y lubricación de guías, cremalleras y ruedas de carga (limpieza con WD-40 y aplicar Grasa Azul)	Quincenal	35 min
Cargador	Limpieza y lubricación de guías, cremalleras, cadenas, piñones, rodamientos y brazo de carga (revisar tensión de cadenas)	Quincenal	35 min
Caballetes	Revisión de estado de caballetes, resoque de tornillería	Mensual	45 min
Sensores de mesa	Limpieza de sensores en mesa (7 en mesa y 1 en cabezal)	Semanal	45 min
Lubricación de corte	Revisión y ajuste de nivel de aceite de corte, limpieza del depósito de purgado	Semanal	30 min
Bandas transportadoras	Revisión de estado y tensión, aplicar aferrante	Mensual	30 min
Equipo de decapado	Revisión de estado de muela, limpieza interna de cobertores y de filtro de aire	Mensual	1 h
Ventosas de mesa	Revisión de estado de la ventosa, limpieza con alcohol	Semanal	30 min
Turbina	Limpieza de las turbinas (2 en mesa de corte y 1 en mesa de tronceo), revisión de fugas	Quincenal	1:45 hrs
Cabezal de corte	Revisión, limpieza y resoque	Semanal	20 min
Panel eléctrico (2 paneles)	Revisión, limpieza, resoque y termografía	Trimestral	25 min

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 56, se muestra el cronograma de la mesa de corte laminado:

Tabla 56: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Corte Laminado

MANTENIMIENTO PREVENTIVO MESA DE CORTE LAMINADO			
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	TIEMPO DE DURACIÓN
Turbina	Limpieza de ambas turbinas (mesa de corte y mesa de carga) , revisión de fugas	Quincenal	1:15 hrs
Sistema Neumáticos	Revisión de fugas, pistones y lubricación manual de pistones	Quincenal	45 min
Cabezal de corte	Revisión de sensores(vertical / horizontal), micros y servos, estado de fajas y aplicar aferrante	Quincenal	1 h
Sistema Eléctrico	Revisión Termografía de paneles eléctricos y motores, resoque de terminales y limpieza, verificar el funcionamiento de hongos, limpieza de los sensores ópticos, micros y final de carrera	Quincenal	50 min
Lubricación	Lubricación de guías, cremayera y engrase de rodamientos lineales	mensual	45 min
Sistema de carga y elevación	Revisión de acoples, pistones, topes fijos y móviles (ajuste), nivelación de maquinas y engrasar articulaciones revisión de estado de ventosas y labios de mesa	mensual	45 min
Lubricación de corte	Revisión y ajuste de nivel de aceite de corte	Quincenal	40 min
Sistema hidráulico y lubricación	Revisar nivel del hidráulico, limpieza general, resoque del panel eléctrico, y sensores, engrase y/o lubricación	Quincenal	45 min
Resistencias (lamparas)	Revisión de estado y funcionamiento	Quincenal	35 min
Mangueras y bomba de vacío	Hacer revisión y limpieza de mangueras y bomba de vacío	Quincenal	40 min
Lubricación	Revisión y lubricación de pedales	semanal	30 min
Nivel de aceite	Cambio de aceite hidráulico (mesa carga y descarga)	Anual	25 min
Topes	Revisión y verificación de medidas de topes de ejes X y Y	quincenal	20 min

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 57, se puede ver el cronograma de mantenimientos preventivos en la canteadora:

Tabla 57: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Canteadora

MANTENIMIENTO PREVENTIVO CANTEADORA			
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	TIEMPO DE DURACIÓN
Cinta transportadora (entrada y salida)	Revisar tensión (3 pulgadas) y Lubricar piñón con penetrante	Mensual	45 min
Bomba de refrigerante	Revisar desgaste de la propela	Semestral	30 min
Motores eléctricos	Cambio de roles, megueo, barniz de motores(cambio de sellos mecánicos, en caso de bomba)	Anual	Programado
Motores eléctricos, fajas y mandriles	Limpieza general, medición de volt, amp. Revisar tensión de fajas y aplicar aferrante, Revisión y ajuste del sistema de levante/Lubricacion de guias de los motores	Mensual	60 min
Mangueras de lubricación	Revisar el estados de las mangueras de lubricación	Mensual	35 min
Cadenas de transmisión	Limpieza, ajuste y lubricación (grasa)	Semanal	50 min
Reductor	Revisar nivel del aceite, presencia de fugas, estado de acoples	Mensual	35 min
Banda de Prensador	Calibración y revisar tensión de la cadena, estado de zapatas	Semanal	60 min
Botas y Cepillos de barrido	Revisión del estado y limpieza	Semanal	45 min

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	TIEMPO DE DURACIÓN
Paneles eléctricos	Limpieza y resoque de contactos eléctricos, Termografía	Bimensual	1 h
Maquina en general	Termografía en rodamientos y motores	Mensual	40 min
Maquina en general	Nivelación de mesa, banda de entrada, salida y prensador	Mensual	1 h
Bomba Refrigerante	Revisión y limpieza de la propela	Semanal	45 min
Banda transportadora	Cambio de pad de entrada y salida	Semanal	45 min
Prensador	Revisión, ajuste y calibración de prensador (validado por el supervisor de Mant)	Trimestral	30 min
Micro detector del vidrio	Revisión, limpieza y lubricación del micro	Semanal	15 min
Cajas reductoras	Revisión y limpieza, verificación y relleno del nivel de aceite	Anual	4 h
Desconector	Revisión, limpieza, resoque y termografía	Trimestral	25 min
Polispasto y Puente	Lubricación general, revisión de roles, desgaste en riel, conexión de transformador, ajuste y alineamiento de la lindo barra	Mensual	60 min

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 58, se muestra el cronograma de mantenimientos preventivos en la biseladora:

Tabla 58: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Biseladora

MANTENIMIENTO PREVENTIVO BISELADORA			
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	TIEMPO DE DURACIÓN
Revisión de motores principales	Revisar vibración, mequeo, medición de voltaje y amperaje	Bimensual	1 h
Revisar estado de muelas	Revisar condición general, desgaste y revisión de sistema de lubricación	Quincenal	1 h
Piñones y cadenas	Revisar tensión, roles, desgastes, lubricación general	Quincenal	45 min
Sistema de bandas	Revisión de bandas transportadoras (entrada y salida)	Quincenal	40 min
Bomba y mezclador	Limpieza general, medición de voltaje y amperaje	Semanal	1 h
Prensador	Revisar desgastes de bandas (prensador)	Quincenal	45 min
Revisión general	Inspección general, revisión y limpieza de drenajes y tuberías revisión de cepillos y corrección de fugas	Semanal	1 h
Sistema eléctrico	Revisión y limpieza de panel eléctrico, termografía en panel eléctrico, motores y roles	Quincenal	45 min
Lubricación automática	Revisión de nivel de aceite en sistema de lubricación automática	Quincenal	35 min
General de bombas y mezclador	Cambio de roles, cambio de sellos mecánicos, mequeo, barníz de motores	Anual	50 min
Desconector	Revisión, limpieza, resoque y termografía	Trimestral	25 min

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 59, se observa el cronograma de mantenimientos preventivos en taladro forel:

Tabla 59: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Taladro Forel

MANTENIMIENTO PREVENTIVO TALADRO FOREL			
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	TIEMPO DE DURACIÓN
Filtro regulador de presión	Comprobación de la ausencia de condensación en el filtro regulador de presión principal (Si es necesario purgue)	Semanal	20 min
Filtro separador de aceite	Comprobación de la ausencia de condensación en el filtro separador de aceite situado junto al regulador “PRESIÓN PRESURIZACIÓN MANDRIL” (Si es necesario purgue)	Semanal	20 min
Cadenas porta cables	Control de la integridad y del movimiento correcto de las cadenas portacables: <ul style="list-style-type: none"> • dispositivo sujetavidrio • cabezal operador delantero • cabezal operador trasero (En caso de anomalía, contacte con la oficina de asistencia de Forel) / se deben quitar cobertores 	Semanal	10 min
Cadena de transmisión	Engrase de la cadena de transmisión del arrastre de rodillos en la zona de proceso	Semanal	20 min
Filtros de ventilación	Control de la limpieza de los filtros de ventilación del cuadro, en caso de que no esté presente el sistema de refrigeración (opcional). Si es necesario, limpie usando un chorro de aire	Mensual	15 min
Máquina general	<ul style="list-style-type: none"> • Control de la integridad de los manguitos de goma de los arrastres de rodillo • Control de la integridad de las ruedas del transportador • Control de la integridad y del funcionamiento de las ventosas • Control de la integridad de los mamparos de goma en la zona de proceso • Control de la integridad de las pinzas portaherramientas de los almacenes • Control de la integridad de las guías verticales de los cabezales operadores (ausencia de oxidación y arañazos) y de los patines • Control de la tensión de las cadenas de transmisión de los arrastres de rodillo 	Mensual	20 min

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	TIEMPO DE DURACIÓN
Engrase de la máquina	<p>Engrase de las cadenas de transmisión de los arrastres de rodillo. Engrase de las cremalleras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • dispositivo sujetavidrio • cabezal operador delantero • cabezal operador trasero. Engrase de los patines de las guías: • dispositivo sujetavidrio • cabezal operador delantero (lubricar alemaits) • cabezal operador trasero (lubricar alemaits) • aproximación cabezal operador delantero (lubricar alemaits) • aproximación cabezal operador trasero (lubricar alemaits) • eje X cabezal operador delantero (lubricar alemaits) <p>almacén de herramientas. Engrase de los tornillos de recirculación de bolas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • actuador de aproximación cabezal operador delantero (lubricar alemaits) • actuador de aproximación cabezal operador trasero (lubricar alemaits) • actuador eje X cabezal operador delantero. <p>Engrase de los pernos de bloqueo de las ventosas móviles. Engrase de las varillas de recorrido de las ventosas móviles. Engrase de las juntas de estanqueidad del paso de agua del mandril</p>	Mensual	25 min
Mandril	Sustitución de las juntas de estanqueidad del paso de agua del mandril, Control de la integridad y del funcionamiento de las pinzas de los mandriles	Semestral	30 min
Sistema neumático	Control de la integridad del sistema neumático	Semestral	10 min
Bandejas	Limpiezas de bandejas	Semanal (Sab)	30 min
Mandril trasero y delantero	Revision y lubricacion con penetrante	Diario	15 min
panel electrico, tablero y caja de registro.	Revision, limpieza, resoque y termografia	Trimestral	25 min
Polispasto y Puente	Lubricacion general, revision de roles, desgaste en riel, conexión de transformador, ajuste y alineamiento de la linda barra	Mensual	60 min
Bombas y servomotores	Revision y estado, realizar mediciones y termografias a 3 bombas y a servomotores de los mandriles	Quincenal	45 min

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 60, se observa el cronograma de mantenimientos preventivos en el horno temperado:

Tabla 60: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Horno Temperado

MANTENIMIENTO PREVENTIVO HORNO TEMPERADO			
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	TIEMPO DE DURACIÓN
Horno	Apertura del horno (revisar gazas, resistencias y sus conectores, válvulas, termocuplas, estado de kevlar, rodamientos de rodillos cerámicos y limpieza general) revisión y reparación del yeso en los sellos de los rodillos	Trimestral	8 h
Turbina	Revisar nivel de los cartucho de grasa de la caja de roles y motor.	Quincenal	45 min
Panel eléctrico principal	Termografía, limpieza general, resoque de terminales y revisión de ventiladores	Mensual	1:30 hrs
Panel eléctrico quench	Termografía, limpieza general, resoque de terminales	Mensual	30 min
Máquina general	Revisar estado de la electroválvulas	Semanal	45 min
Sistema de rodillos de cerámica	Revisión o cambio de roles de sistema de alimentación	Mensual	45 min
Sistema de hidráulico	Limpieza y revisión de aceite de la bomba	Mensual	45 min
Maquina general	Revisión estado de luminarias, cableado general, revisión de sistema de emergencia	Quincenal	45 min
Sistema de respaldo	Limpieza, prueba de capacidad de carga de la baterías 12V de respaldo (probador de batería automotriz) medición de voltaje	Mensual	40 min
Maquina general	Lubricar sistema neumáticos total	Mensual	45 min
Mesa de entrada y de salida	Engrase de muñoneras, lubricación las cadenas, revisión de fajas de los rodillos, revisión y ajuste de nivel de aceites de las cajas de reductores, revisar pedales de mesa, revision, limpieza y lubricación de clutch	Mensual	1 h
Cuarto del Quench	Revisión y limpieza de ductos y mangueras de salida del Quench, revisión y VOSOA de motor, termografía, resoque contactos eléctricos	Bimensual	1 h
Quench	Limpieza profunda de todo el sistema. Limpieza de interna de la turbina y de las aspas. Limpieza de interna del distribuidor de aire y sus filtros. Limpieza de mangueras y ductos del enfriador.	Semestral	45 min
Resistencias del horno	Revisión de las resistencias	Semanal	30 min
Fajas del enfriador	Revisión y ajuste de las fajas del enfriador	Diario	45 min
Turbina	Limpieza y revisión de los filtros	Semestral	45 min

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 61, se puede ver el cronograma de mantenimientos preventivos en el horno laminado:

Tabla 61: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Horno Laminado

MANTENIMIENTO PREVENTIVO HORNO LAMINADO			
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	TIEMPO DE DURACIÓN
Bomba Vacío	Revisión de nivel, estado y color del aceite, y detección de fugas, revisión de estado de filtro	Mensual	45 min
Mesas de trabajo	Sistema de bolas, nivelación, luces	Mensual	40 min
Sistema de vacío	Revisión de mangueras y sellado de bolsas, tapas y bandejas, silicón, manetas y lona de silicón de las tapas, ventosas de vacío, revisar fugas, comprobar nivel y color de aceite, revisar filtro de aire de vacío, revisar filtro de aire de escape	Quincenal	45 min
Sistema de elevación o tijereta	Revisión de pistones y engrasar articulaciones. Revisar alemas (lubricar si es necesario), niveles de aceite de bombas hidráulicas (revisar temperatura del motor), NO TOCAR NI LUBRICAR ENCODER, revisar fugas, revisar pistón neumático y fugas de aire, revisar el nivel de aceite en el depósito, revisar ruidos anormales en bomba y bobinas,	Mensual	1 hora
Sistema eléctrico	Limpieza y resoque de contactos en panel eléctrico y revisión de Cableado, paros de emergencia, guardamotor y termografía. Revisar panel de la tijereta, consumo de resistencias, revisar desconector eléctrico principal (hacer termografía). Comprobar niveles y temperaturas de líneas de alimentación de los ventiladores del horno. Comprobar el estado de los fusibles, lámparas de señalización y alarma (cambiar si es necesario)	Mensual	55 min
Motores	Revisión de motores, blower y ventiladores (termografía, medir volt y amp). Revisar 6 turbinas y la principal de enfriamiento	Quincenal	45 min
Resistencias	Revisión de resistencias y sistema de sellado en puertas y consumo general	Quincenal	1 h
Sistema neumático	Revisión de fugas en pistones de puertas, mangueras y electro válvulas	Quincenal	30 min

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	TIEMPO DE DURACIÓN
Sistema de elevación o tijereta	Cambiar aceite (revisar aceite con termografía que no supere los 70° durante el ciclo de trabajo), limpiar el filtro de aceite.	Anual	2 h
Sistema de elevación o tijereta	Lubricar rodamientos con grasa de litio, verificar desgaste en las cadenas y engranajes	Trimestral	15 min
Horno	Verificar fugas de aire en las juntas entre paneles, ventiladores o campers. Inspeccionar la superficie exterior de los ventiladores y recirculadores, limpiar si es necesario. Lubricar los rodamientos a través de los engrasadores	Anual	2 h
Bandejas con membranas de silicona	Comprobar que los rodamientos están ajustados, sin desplazamiento lateral y que rueden libremente. Cambiar si es necesario. Inspeccionar estado de las cremalleras	Trimestral	35 min
Armario eléctrico y líneas	Comprobar las condiciones de trabajo de los interruptores, disyuntores y conductores, inspeccionar el estado de los contactores (limpiar y reemplazar si es necesario), verificar las condiciones de funcionamiento de los roles técnicos e interruptores de protección general	Trimestral	25 min
Armario eléctrico y líneas	Verificar la limpieza general del armario eléctrico y la protección contra la humedad. Inspeccionar la identificación y señalización de todos los componentes del armario eléctrico. Comprobar el apriete de los contactos, abrazaderas y terminales de conexión	Anual	1 h
Turbina	Revisión y limpieza de los caracoles	Mensual	45 min
Panel eléctrico	Revisión, limpieza, resoque y termografía	Trimestral	25 min
Polispasto y puente	Lubricación general, revisión de roles, desgaste en riel, conexión de transformador, ajuste y alineamiento de la línea barra	Mensual	1 h

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 62, se puede ver el cronograma de mantenimientos preventivos del horno insulado:

Tabla 62: Cronograma de Mantenimientos Preventivos – Horno Insulado

MANTENIMIENTO PREVENTIVO HORNO INSULADO			
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	TIEMPO DE DURACIÓN
Máquina general	Revisión de funcionamiento, detección y corrección de fugas, ajuste de aceite neumático	Semanal	1 h
Mesas de Trabajo	Revisión de ruedas, revision de nivel de mesas (lavadora, mesa trabajo, horno, mesas salida). Lubricar partes móviles en mesa levante, resoque te tornillos en mesa de madera	Quincenal	35 minutos
Turbina	Limpieza de las turbinas interna como externa, también su estructura y filtros (2 en mesa de trabajo y 1 en lavadora). Revisión de fugas en Mangueras, limpieza y termografía en motores	Quincenal	1:30 hrs
Páneles Eléctricos	Limpieza y resoque de contactos eléctricos, termografías (lavadora, mesa trabajo, horno), revisión de botoneras y pedaleras	Mensual	1 h
Horno	Revisión de lámparas, termografía a agitadores, revisión de sistema de levante de rodillos, lubricación de rodamientos y cadenas	Mensual	1 h
Araña	Revisión estado de ventosas, revisión de piñones, rieles y muñoneras, Revisión de fugas y termografía en motores. NO LUBRICAR PORQUE LE CAE A LA MESA Y SE MANCHAN LOS VIDRIOS	Mensual	1 h
Caja de registro	Revisión y limpieza	Mensual	30 min
Lavadora	Lubricación de rodamientos de rodillos, revisión de estado de piñones, cepillos. Revisión de los prisioneros de los piñones	Quincenal	45 min
Lavadora	Revisión de resistencia de agua caliente, limpieza y vosoa de motores(8 unid), Revisión de cableado	Mensual	1 h

Nota: Daniel Camacho (2023)

Con el sistema de mantenimientos preventivos es importante mantener un orden de la información que se va a adquirir en cada reporte de los técnicos, esto para darle un seguimiento correcto a los problemas que se van a ir detectando y atacarlos antes de que el equipo se dañe y provoque consecuencias mayores. La información será almacenada en una base de datos que será alimentada del SharePoint, plataforma que utiliza la compañía para almacenar datos y que los colaboradores puedan tener acceso. En dicha plataforma, los datos serán ingresados por medio de una aplicación en power apps que tendrán los por medio de su teléfono celular.

El encargado de darle seguimiento a que se realicen los mantenimientos preventivos es el supervisor de mantenimiento, el cual deberá velar por la validación de cada uno haciendo un recorrido en cada máquina verificando detalles importantes como los niveles de aceite, estado de diferentes componentes, lubricación de piezas importantes y así tener certeza de que se está dando un mantenimiento correcto a los equipos.

También es fundamental que los técnicos conozcan el funcionamiento de todas las máquinas, por lo que se van a repartir las máquinas entre los tres técnicos que hay en el departamento y cada tres meses se van a rotar los equipos, esto para ampliar el conocimiento de cada uno en cada máquina y que cuando ocurra un problema mayor en la máquina, todos tengan conocimiento y que el tiempo de respuesta sea rápido y eficaz.

A continuación, se va a realizar una tabla con la distribución de las máquinas.

En la Tabla 63, se muestra la distribución de las máquinas a cada técnico y se observa la rotación trimestral que tendrán con cada equipo:

Tabla 63: Distribución de las Máquinas

DISTRIBUCIÓN DE LAS MÁQUINAS									
MESES	TÉCNICO	MESA CORTE LAMINADO	MESA CORTE MONOLÍTICO	CANTEADORA	BISELADORA	TALADRO FOREL	HORNO TEMPERADO	HORNO LAMINADO	HORNO INSULADO
ene-24	Randall Salazar	▶			▶			▶	
	Pablo Segura		▶			▶			▶
	Álvaro Rodríguez			▶			▶		
feb-24	Randall Salazar	▶			▶			▶	
	Pablo Segura		▶			▶			▶
	Álvaro Rodríguez			▶			▶		
mar-24	Randall Salazar	▶			▶			▶	
	Pablo Segura		▶			▶			▶
	Álvaro Rodríguez			▶			▶		

MESES	TÉCNICO	MESA CORTE LAMINADO	MESA CORTE MONOLÍTICO	CANTEADORA	BISELADORA	TALADRO FOREL	HORNO TEMPERADO	HORNO LAMINADO	HORNO INSULADO
abr-24	Randall Salazar			▶			▶		
	Pablo Segura	▶			▶			▶	
	Álvaro Rodríguez		▶			▶			▶
may-24	Randall Salazar			▶			▶		
	Pablo Segura	▶			▶			▶	
	Álvaro Rodríguez		▶			▶			▶
jun-24	Randall Salazar			▶			▶		
	Pablo Segura	▶			▶			▶	
	Álvaro Rodríguez		▶			▶			▶
jul-24	Randall Salazar		▶			▶			▶
	Pablo Segura			▶			▶		
	Álvaro Rodríguez	▶			▶			▶	
ago-24	Randall Salazar		▶			▶			▶
	Pablo Segura			▶			▶		
	Álvaro Rodríguez	▶			▶			▶	
sep-24	Randall Salazar		▶			▶			▶
	Pablo Segura			▶			▶		
	Álvaro Rodríguez	▶			▶			▶	
oct-24	Randall Salazar	▶			▶			▶	
	Pablo Segura		▶			▶			▶
	Álvaro Rodríguez			▶			▶		
nov-24	Randall Salazar	▶			▶			▶	
	Pablo Segura		▶			▶			▶
	Álvaro Rodríguez			▶			▶		
dic-24	Randall Salazar	▶			▶			▶	
	Pablo Segura		▶			▶			▶
	Álvaro Rodríguez			▶			▶		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se puede observar en la tabla anterior, cada técnico tiene asignada una máquina e inclusive en ocasiones tienen que hacer tres debido a la cantidad de técnicos que hay. Cada uno debe realizar los mantenimientos preventivos de los equipos asignados según la frecuencia propuesta en el cronograma que se les va a brindar y cada tres meses deben cambiar de máquinas con el fin de que adquieran conocimiento en todos los equipos.

Incorporación de técnicos

Actualmente, en el departamento de mantenimiento hay 3 técnicos, los cuales se distribuyen en uno por turno. El tener tan pocos técnicos ocasiona que, las intervenciones a las máquinas sean más lentas porque hay problemas que para agilizar el arreglo se necesita más mano de obra, lo cual conlleva pagar horas extras, sin tener en cuenta que, son varios equipos de producción y que si hay una necesidad en otra máquina el cuello de botella se puede hacer más grande y no hay suficiente personal para atacar los inconvenientes.

La propuesta que se desea hacer es que, si hay dos técnicos en cada turno se va a incrementar el tiempo de respuesta en los equipos, ya que, si en dos máquinas se tienen inconvenientes, se van a poder revisar al mismo instante y el resolver los problemas en tiempos cortos va a mejorar la productividad de la planta. Es importante mencionar también que, si hay dos mecánicos en planta y si alguno de los dos no sabe algún detalle por falta de conocimiento, el compañero le puede dar soporte y esto va a agilizar la intervención que se esté realizando.

En la Tabla 64, se presenta la propuesta de incorporar tres técnicos nuevos con sus respectivos puestos y salarios:

Tabla 64: Propuesta de Técnicos

PROPUESTA DE TÉCNICOS		
NOMBRE	PUESTO	SALARIO POR HORA
Randall Salazar	Técnico Electromecánico	₡ 4.000
Pablo Segura	Técnico Electromecánico	₡ 3.400
Álvaro Rodríguez	Técnico Eléctrico	₡ 3.200
Técnico 1	Técnico Electromecánico	₡ 3.000
Técnico 2	Técnico Electromecánico	₡ 3.000
Técnico 3	Técnico Eléctrico	₡ 3.000

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se muestra en la tabla anterior, lo que se desea es incorporar tres técnicos al departamento de mantenimiento con el fin de mejorar el tiempo de respuesta a los equipos y que la productividad sea mayor. Cada turno tendrá dos técnicos, por lo que en el momento que una máquina se detenga, habrá dos personas interviniendo el problema y el tiempo de duración va a disminuir. Otro punto importante para mencionar es que no se tendrá que pagar horas extras, ya que la intervención se va a dar por los colaboradores de turno. El salario será de ₡ 3000 por hora, esto porque se quiere manejar un salario competitivo y que se tenga estabilidad en el área.

Capacitación a los técnicos

Como propuesta para mejorar el conocimiento de cada técnico y el supervisor, se recomienda realizar una capacitación a cada uno para que conozcan los componentes de las máquinas, puedan realizar revisiones profundas como se requiere y tengan un criterio técnico y correcto de los diferentes problemas que han estado sucediendo. Es muy importante que ellos atiendan los equipos y que al ver una anomalía puedan revisar ciertos componentes e ir descartando problemas, de esta forma, será más simple conocer la raíz de los problemas y los tiempos de intervención van a disminuir significativamente.

Se creará un plan de formación a los técnicos y supervisor, para que desarrollen mejor sus habilidades en las cinco máquinas que han tenido mayor deficiencias al momento del proceso productivo, se podrá observar un cronograma sobre estas capacitaciones, las cuales impartirá un técnico electromecánico experto en la materia y con gran experiencia en cada una de estas máquinas, el objetivo de que este tutor capacite a los técnicos no solo es brindarles el conocimiento básico de los equipos, sino que también la resolución de problemas más allá de los cotidianos en la planta y por supuesto, enseñarles las necesidades de este equipo.

Como se explicó anteriormente, es muy importante para el departamento de mantenimiento y producción que estas capacitaciones sean efectivas y que logren los técnicos saber cada uno los diferentes componentes que se tienen en cada máquina, que reconozcan las señales de lo que pueda ser dependiendo del comportamiento de la máquina y que puedan observar cómo se extraen diferentes piezas correctamente.

Es importante tomar en cuenta que para realizar estas capacitaciones no se debe detener durante varios días el proceso productivo, esto porque se puede acomodar para realizarlas el fin de semana, el sábado se revisará con tiempo para solicitar al planificador la fecha en que se impartirá la

capacitación, de esta manera el módulo se cerrará y no ingresarán pedidos en el equipo, el domingo no se produce por lo que no hay inconveniente alguno para que se realice.

A continuación, se mostrará el plan de capacitación para cada uno de los equipos.

En la Tabla 65, se puede observar el plan de capacitación de la mesa de corte monolítico:

Tabla 65: Plan de Capacitación – Mesa de Corte Monolítico

PLAN DE CAPACITACIÓN - MESA DE CORTE MONOLÍTICO
Participantes: 4
Capacitador: Electromecánico Experto
TEMAS A CAPACITAR
Cómo ajustar un caballete
Cómo rellenar el aceite de corte
Funcionamiento y cambio de las ventosas
Conexión del sistema con el almacén inteligente
Cómo cambiar una rulina
Cómo se cambia el porta rulina
Sistema mecánico de la mesa vasculante
Cómo despegar el servomotor
Cambio de balineras
Revisión y lectura del plano eléctrico
Partes del cabezal de corte
Revisión general de sensores

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 66, se puede ver el plan de capacitación de la canteadora:

Tabla 66: Plan de Capacitación – Canteadora

PLAN DE CAPACITACIÓN - CANTEADORA
Participantes: 4
Capacitador: Electromecánico Experto
TEMAS A CAPACITAR
Sistema mecánico y funcionamiento de la máquina
Calibración del prensador
Calibración de las muelas
¿Cómo cambiar las muelas?
Calibración de los parámetros en punta y cola
Cambio de la guía
Cambio de la cadena
¿Cómo cambiar una bota?
¿Cómo cambiar una flauta y su posición correcta?
Posición correcta del micro
¿Cómo hacer un cambio de motor?
Cambio y posición correcta de pads
Niveles correctos de aceite
Revisión y lectura del plano eléctrico

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 67, se muestra el plan de capacitación del taladro forel:

Tabla 67: Plan de Capacitación – Taladro Forel

PLAN DE CAPACITACIÓN - TALADRO FOREL
Participantes: 4
Capacitador: Electromecánico Experto
TEMAS A CAPACITAR
Repaso del proceso del equipo
Revisión de todos los sensores de la máquina
Funcionamiento de las ventosas
Funcionamiento de los filtros y la centrífuga
Revisión general de los mandriles
Posición correcta de las herramientas
Funcionamiento del almacén de herramientas
Cambio de ruedas transportadoras
¿Cómo lubricar la junta?
Cambio y posición correcta de la junta
Ajuste correcto de las presiones de agua y el vacío de las ventosas
Ajuste correcto del punto cero desde el panel de control
Revisión y lectura del panel eléctrico

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 68, se puede ver el plan de capacitación del horno laminado:

Tabla 68: Plan de Capacitación – Horno Laminado

PLAN DE CAPACITACIÓN - HORNO LAMINADO

Participantes: 4

Capacitador: Electromecánico Experto

TEMAS A CAPACITAR

Revisión del sistema de elevación

Revisión del sistema de vacío

Revisión y posición correcta de los sensores

Ajuste correcto del sistema automático de las bandejas

Niveles de aceite en las bombas de la tijereta

¿Cómo cambiar el aceite de las bombas de vacío?

Ajuste del piñón de la bandeja desde el panel de control

Cambio de lona de silicón de las bandejas

Limpieza correcta de la turbina

Posición correcta del encoder

Revisión y lectura del plano eléctrico

Revisión correcta de guías y piñones

Posicionamiento correcto de la ventosa

Funcionamiento de las turbinas individuales

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Tabla 69, se muestra el plan de capacitación del horno temperado:

Tabla 69: Plan de Capacitación – Horno Temperado

PLAN DE CAPACITACIÓN - HORNO TEMPERADO
Participantes: 4
Capacitador: Electromecánico Experto
TEMAS A CAPACITAR
¿Cómo cambiar una termocupla?
¿Cómo cambiar una resistencia?
¿Cómo utilizar el control horario del equipo?
¿Cómo cambiar un relé?
Inducción de la apertura del horno
¿Cómo limpiar la turbina?
¿Cómo se deben de cambiar los cartuchos de grasa del horno?
Posición correcta del kevlar en los rodillos
¿Cómo retirar los rodillos del enfriador?
¿Cómo cambiar las ruedas de las mesas de entrada y salida?
Uso correcto del gas y nitrógeno
¿Cómo cambiar la faja del motor?
Revisión general de sensores
Uso correcto de las recetas para cada grosor de vidrio
Revisión y lectura del panel eléctrico

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se muestra en el plan de capacitación de cada máquina, hay diferentes temas que tratar en cada una de las máquinas, tomando en cuenta los diferentes problemas que se han presentado y que

en ocasiones se ha tardado más de lo que se debe por falta de conocimiento. Se tomarán dos días para cada equipo, hay temas que el tiempo de solución es corto y otros que se abarca más tiempo por lo que se dividirá dependiendo de la planificación del capacitador. La capacitación debe ser práctica y teórica para la comprensión de cada uno y de esta manera aprender a ejecutar correctamente el procedimiento de cada tema planteado.

Indicadores

Los indicadores es una parte fundamental para medir el rendimiento al momento de cumplir con las labores establecidas para cada uno de los técnicos de mantenimiento, al final los indicadores van a ayudar a identificar de manera más sencilla el desempeño de cada uno, por otra parte, va a va a tener al departamento en una mejora continua, depende del área implementarla o no, sin embargo, el hecho de que los indicadores puntualicen esas mejoras continuas es de mucha ayuda para detectar las deficiencias que puede tener el departamento frente a problemas del día a día.

Para este proyecto se han estudiado tres indicadores, el primero es medir el 80% del cumplimiento de mantenimientos preventivos. Se va a iniciar con este porcentaje para poder identificar las mejoras año tras año, es decir, conforme pase el tiempo el departamento de mantenimiento va a tener que aumentar este porcentaje, de esta manera se va a lograr observar una mejora en desempeño laboral de cada técnico y en productividad de la planta. También es importante mencionar que, se inicia con el 80% porque la carga de trabajo es grande para la cantidad de técnicos que hay, los cuales deben atender los mantenimientos correctivos de cada equipo.

En seguida, se mostrará la Tabla 70 que enseña cómo se registrará el cumplimiento de los preventivos:

Tabla 70: Indicador de Mantenimientos Preventivos

INDICADOR DE PREVENTIVOS		
TÉCNICO	CUMPLIMIENTO	INCUMPLIMIENTO
Alvaro Rodriguez		
Pablo Segura		
Randall Salazar		
Técnico 1		
Técnico 2		
Técnico 3		

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se observa en la tabla, se va a medir cada técnico por los preventivos que realice y los que no pueda hacer, como se mencionó anteriormente, el cumplimiento deberá de ser un 80% y se registrará por mes la cantidad de preventivos completado y los que no se pudieron ejecutar. Es importante mencionar que, si no se cumple con el objetivo planteado, se debe tener una justificación válida para tenerla como evidencia ante la gerencia, en caso de que no haya una razón de peso por incumplir, se llamará la atención al técnico conforme a las políticas de la empresa. Se debe mencionar que los preventivos deberán ser validados por el supervisor, esto para tener seguridad de que se están realizando correctamente.

El segundo indicador que se va a proponer es el cumplimiento de las órdenes de trabajo, por lo que se comparará cuantas órdenes de trabajo ingresan por parte del departamento de producción versus las que los técnicos logren resolver. En cuanto a las órdenes de trabajo solo se le permitirá al departamento de producción reportar paradas correctivas de las máquinas, para esto se va a proponer crear una aplicación donde ellos puedan ingresar todas las órdenes de trabajo y los técnicos las puedan reportar como completadas una vez finalizada la tarea.

En la Tabla 71 se muestra cómo se llevará registrado cada mes el indicador

Tabla 71: Cumplimiento de Órdenes de Trabajo

CUMPLIMIENTO DE ÓRDENES DE TRABAJO			
ÁREA	CANTIDAD DE ÓRDENES SOLICITADAS	ÓRDENES COMPLETADAS	CUMPLIMIENTO TOTAL
Macopa Vidrio			

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se observa en la tabla, las órdenes de trabajo se van a medir las que ingresen versus las que se realicen, el porcentaje de cumplimiento debe ser un 80% en cada mes y se debe justificar en caso de no cumplirlas. Cabe mencionar que cada orden va a ser realizada por el departamento de producción, el supervisor de esta área deberá hacerla cada vez que hay un problema en una máquina, así quedará registro de la comunicación entre ambos departamentos y de las intervenciones realizadas por los técnicos de mantenimiento. Se debe mencionar que, se inicia con este porcentaje por la carga de trabajo que tienen los técnicos, ya que son pocos.

Como tercer indicador, se tiene la disponibilidad de la máquina, el cual le va a indicar a los técnicos de mantenimiento si un equipo está produciendo lo esperado, en este caso lo esperado mínimo es del 95%, es decir, que, si en este indicador no está el cumplimiento del porcentaje correcto, el departamento debe de realizar ya sea, un mantenimiento preventivo o correctivo. Aunque este indicador sea el último, no es el menos importante, ya que de hecho mantiene informados al área del funcionamiento de los equipos. La información se obtendrá del informe en el OEE que realiza el departamento de producción cada mes.

El cuarto indicador, es el de calidad de cada una de las máquinas. Cada equipo tiene diferentes procesos, por lo que es importante cumplir con la calidad según las normas establecidas, por esta razón es importante que el departamento de mantenimiento realice mantenimientos preventivos constantes para que estos equipos se mantengan funcionando correctamente y las especificaciones de los vidrios salga bien. A continuación, se presenta la Tabla 72 que muestra los indicadores establecidos para cada equipo.

Tabla 72: Indicadores de Calidad

MÁQUINA	INDICADOR
Mesa de corte laminado	La medida de los vidrios tiene un margen máximo de +3mm y -3mm
Mesa de corte monolítico	La medida de los vidrios tiene un margen máximo de +3mm y -3mm
Canteadora	La arista debe ser igual y el brillo del canto debe ser uniforme
Biseladora	El bisel debe coincidir con la medida solicitada y el margen aceptado de la viceatriz es de 3mm
Taladro forel	El margen máximo de los saques y huecos es +3mm y -3mm
Horno temperado	Se debe hacer una vez al mes pruebas de impacto y fragmentación para probar la calidad del vidrio El horno debe tener una temperatura entre 600° y 700°
Horno laminado	El tamaño máximo de una burbuja es de 2mm La reseta debe ir dependiendo del tipo de vidrio
Horno insulado	Se debe hacer una vez al mes prueba de humedad en un vidrio insulado, no debe entrar humedad en el vidrio La temperatura del horno debe ser entre 130° y 150°

Nota: Daniel Camacho (2023)

Aplicaciones

Como se mencionó anteriormente en las recomendaciones, realizar una aplicación para almacenar los datos de los mantenimientos preventivos que realicen, servirá de gran ayuda para analizar las observaciones que hagan los técnicos y que los encargados del departamento puedan tomar decisiones para mejorar el estado de cada equipo. La aplicación será de fácil uso para que puedan crear una tarea, cerrarla y ser validada por parte del supervisor y la podrán utilizar en el teléfono celular.

A continuación, en la Figura 32 se mostrará la aplicación que se va a utilizar para los mantenimientos preventivos:

Figura 32: Aplicación de Mantenimientos Preventivos



Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Figura 33, se puede observar donde se debe ingresar la información inicial cuando se va a realizar un mantenimiento preventivo:

Figura 33: Botón para Ingresar la Tarea

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Figura 34, se muestran los espacios que se deben rellenar para crear la tarea de un mantenimiento preventivo:

Figura 34: Formulario para CrearUn formulario web con un encabezado rojo que dice "REPORTE DE MANTENIMIENTO". El formulario contiene cuatro campos de selección obligatorios: "Técnico", "Turno", "Maquina" y "Código", cada uno con un menú desplegable que muestra "Buscar elementos" y una flecha hacia abajo. Debajo de estos campos hay dos campos de texto: "Clasificación" y "Descripción". En la parte inferior del formulario hay dos botones: "Cancelar" (rojo) y "Agregar" (gris).

Nota: Daniel Camacho (2023)

El formulario que se muestra en la figura 34, se completa con los siguientes pasos:

1. Técnico: Aquí el técnico debe colocar el su nombre, esto se debe realizar presionando la flecha de la derecha, el cual desplegará una lista con todos los nombres de los técnicos.
2. Turno: Se debe elegir el turno en el cual se encuentre, turno a es de 6am a 2pm, turno b es de 2pm a 10pm y el turno c es de 10pm a 6am.

3. Máquina: Aquí realizaremos el mismo procedimiento de selección, en este caso debemos agregar el nombre de la máquina en la que vamos a trabajar.
4. Código: Aquí el técnico debe colocar el código que equivale al preventivo que va a realizar.
5. Agregar: Luego de revisar todas las casillas anteriores y corroborar que la información sea correcta, presionamos el botón de agregar para empezar la tarea.

En la Figura 35, se observa el formulario para cerrar una tarea:

Figura 35: Botón para Cerrar la Tarea



Cerrar

Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Figura 36, se puede ver el formulario para cerrar una tarea:

Figura 36: Formulario para Cerrar

Un formulario web con un fondo gris claro. En la parte superior, se muestran los datos del técnico: 'Técnico Daniel Camacho', 'Máquina Horno Laminado', 'Código MP2-02' y 'Turno Turno A'. Debajo, hay un campo de selección para 'Estado de Tarea' con un menú desplegado que muestra 'Completa'. A continuación, hay un campo de texto para 'Observaciones'. En la parte inferior, hay dos botones: 'Cancelar' (rojo) y 'Actualizar' (azul).

Nota: Daniel Camacho (2023)

El formulario mostrado en la figura 36, se debe completar de la siguiente manera:

1. Estado de la tarea: se debe de desplegar la pestaña y cambiar el estado a completa.
2. Observaciones: el técnico debe de dar descripciones de la tarea realizada.

3. Actualizar: luego de corroborar la información, se debe presionar el botón de actualizar, esto finalizará la tarea de forma automática.

A continuación, se va a mostrar la aplicación que se va a proponer para realizar las órdenes de trabajo, esta herramienta será fácil de utilizar y se podrá tener en el celular para que en el momento que una máquina sufra algún problema, el supervisor de producción pueda realizarla rápidamente y que los técnicos de mantenimiento intervengan el equipo dañado. Se debe mencionar que el encargado de mantenimiento puede estar chequeando la cantidad de órdenes pendientes para poder planificar su ejecución.

En la Figura 37, se muestra la aplicación de órdenes de trabajo:

Figura 37: Aplicación de Órdenes de Trabajo



Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Figura 38, se observa el botón que se debe presionar para entrar al formulario de las órdenes de trabajo:

Figura 38: Botón para Crear Orden de Trabajo

Nota: Daniel Camacho (2023)

Luego de presionar el botón de solicitud, se ingresa a un formulario que se debe rellenar, el cual se muestra en la Figura 39:

Figura 39: Formulario de Órdenes de TrabajoUn formulario web con un fondo gris claro. Tiene los siguientes campos: un menú desplegable etiquetado "* ÁREA" con el texto "Buscar elementos" y una flecha hacia abajo; un campo de texto etiquetado "* LUGAR"; un campo de texto etiquetado "* TRABAJO SOLICITADO"; un campo de texto etiquetado "* SOLICITANTE"; una sección "Datos adjuntos" que muestra "No hay nada adjunto." y un ícono de clip con el texto "Adjuntar un archivo"; y dos botones rojos en la parte inferior: "Cancelar" y "Agregar".

Nota: Daniel Camacho (2023)

Según el formulario, los pasos para rellenar los espacios son los siguientes:

1. Área: se debe elegir el área en el cual se presenta la necesidad.

2. Lugar: el solicitante debe ingresar el lugar donde se necesita realizar el trabajo.
3. Trabajo solicitado: se debe dar una descripción clara del trabajo que se debe realizar.
4. Solicitante: se debe ingresar el nombre de quien solicita el trabajo.
5. Agregar: luego de revisar todas las casillas anteriores, presionamos el botón agregar para crear la orden.

En la Figura 40, se muestra el botón que se debe presionar para cerrar las órdenes de trabajo:

Figura 40: Botón para Cerrar Órdenes de Trabajo



Nota: Daniel Camacho (2023)

En la Figura 41, se observa el formulario a completar para cerrar una orden:

Figura 41: Formulario para Cerrar Orden de Trabajo

Un formulario web con un fondo gris claro. El formulario está dividido en secciones con encabezados en rojo: 'ÁREA' con el valor 'VIDRIO'; 'TRABAJO SOLICITADO' con el texto 'Revisar caballete A18 ya que no se mueve y esta bloqueado en el almacén'; 'LUGAR' con un campo de texto vacío; '* TECNICO' con un menú desplegable que muestra 'Buscar elementos'; '* TRABAJO REALIZADO' con un campo de texto que contiene 'Se arregla caballete A18 con técnico de turo'; 'ESTADO DE LA TAREA' con un menú desplegable que muestra 'COMPLETA'. Al final del formulario, hay un campo 'Datos adjuntos' y dos botones rojos: 'Cancelar' y 'Actualizar'.

Nota: Daniel Camacho (2023)

Según el formulario mostrado en la figura 41, se debe completar de la siguiente manera:

1. Técnico: el técnico que realiza el trabajo debe poner su nombre.

2. Trabajo realizado: el técnico debe de dar descripciones de la tarea realizada.
3. Estado de tarea: aquí se debe desplegar la pestaña y cambiar el estado a completa.
4. Actualizar: Luego de corroborar la información, se debe presionar actualizar para finalizar la tarea.

Plan de Implementación

El plan de implementación de esta investigación se recomendará iniciar en enero del 2024, se realizará un diagrama de Gantt indicando los meses en que se cree importante iniciar con cada una de las propuestas en el proyecto. Este diagrama va a ayudar a realizar un plan estratégico para el próximo año y ayudar a mejorar la productividad de las máquinas y para que la información recolectada ayude a minimizar los riesgos presentes en cada equipo. Es por eso que se muestra en la Figura 42 el diagrama de Gantt que presenta con los inicios y finales de cada punto propuesto en el proyecto.

Figura 42: Diagrama de Gantt

Actividad	Inicio	Fin	Meses													
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
Sistema de mantenimientos preventivos	Enero	Diciembre	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Capacitaciones a técnicos	Febrero	Junio		■	■	■	■	■								
Incorporación de técnicos	Enero		■													
Indicadores	Enero	Diciembre	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Aplicaciones	Enero	Diciembre	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Nota: Daniel Camacho (2023)

Según el diagrama de Gantt presentado en la figura 42, se muestra que el sistema de mantenimientos preventivos se propone implementar en enero del 2024 y que se realice todos los meses del año, la idea de implementar esta actividad es que año tras año los encargados del departamento de mantenimiento trabajen en la mejora continua e introduzcan nuevas ideas para

que las máquinas produzcan con la mayor calidad posible y el producto final que se entregue al cliente se entregue a tiempo.

Las capacitaciones a los técnicos es una propuesta para realizar de febrero a junio, esto por el costo que tienen las capacitaciones en cada equipo, lo que se pretende es que, se realice una capacitación por mes tomando en cuenta que se debe realizar un sábado y domingo de cada mes y sacar el máximo provecho en cada máquina. El plan se implementa a partir de febrero, esto porque en enero se va a realizar la logística de cada capacitación y se debe de hacer con tiempo para reservar el espacio con cada proveedor.

La incorporación de técnicos se va a proponer realizarlo en enero, esto porque el jefe de mantenimiento debe presentarle a la gerencia una justificación válida con resultados del 2023 de todos los problemas por falta de personal. Es importante para el departamento iniciar el 2024 con nuevas incorporaciones de personal que permita aumentar la productividad en mantenimientos preventivos y mantenimientos correctivos cuando una máquina sufra algún daño.

Para el departamento de mantenimiento es muy importante tener indicadores de rendimiento para cada uno de sus técnicos, estos van a aumentar el compromiso de cada uno de ellos y también los encargados podrán medir su eficiencia. Se pretende proponer que los indicadores se implementen en enero del 2024, esto para llevar un orden sobre los trabajos realizados y al mismo tiempo poder presentarle a gerencia el progreso desde que inicia el año y también va a ayudar al departamento a defender diferentes variables como el daño en una máquina, la solicitud de RRHH de un nuevo técnico, el rendimiento de los técnicos y la mejora continua del departamento.

Las aplicaciones son importantes para la recolección de datos que ingrese cada técnico según lo que observe en cada equipo, esto va a permitir que, se analicen los problemas en los equipos y que se puedan solucionar antes de que las consecuencias sean graves por falta de un mantenimiento correcto. Esto también va a ayudar a tener evidencia ante las auditorías, pues Macopa está entrando en un proceso de implementación de certificaciones internacionales y el tener los datos guardados sirve de gran ayuda para lo que solicita el ente certificador.

Análisis Económico

En este apartado, se va a realizar un análisis económico de las propuestas realizadas en este proyecto para la empresa Instalaciones y Servicios Macopa S.A, donde se van a detallar los costos para llevar a cabo estas actividades y dar solución a los problemas que están afectando la

productividad de las máquinas. Es importante mencionar que esta propuesta se va a hacer maximizando los recursos necesarios y buscando los mejores beneficios para la compañía.

Costo de capacitación

En la Tabla 73, se puede observar el análisis económico de las capacitaciones que se proponen realizar en este proyecto, el cual contempla el costo de la capacitación, el día laborado, las horas extras que los colaboradores deberán realizar para dichas capacitaciones el sábado y domingo, las cargas sociales y los viáticos que la empresa le brindará al capacitador para la alimentación de ambos días.

Tabla 73: Análisis Económico de capacitaciones

ANÁLISIS ECONÓMICO DE CAPACITACIÓN					
	MESA DE CORTE MONOLÍTICA	CANTEADORA	TALADRO FOREL	HORNO LAMINADO	HORNO INSULADO
Costo de capacitación	₡ 3.500.000	₡ 800.000	₡ 6.000.000	₡ 3.000.000	₡ 1.500.000
Día laborado	₡ 120.800	₡ 120.800	₡ 120.800	₡ 120.800	₡ 120.800
Horas extras a colaboradores	₡ 453.000	₡ 453.000	₡ 453.000	₡ 453.000	₡ 453.000
Cargas sociales sobre horas extras y día laborado	₡ 60.249	₡ 60.249	₡ 60.249	₡ 60.249	₡ 60.249
Viáticos de capacitador	₡ 30.000	₡ 30.000	₡ 30.000	₡ 30.000	₡ 30.000
Total	₡ 4.103.800	₡ 1.403.800	₡ 6.603.800	₡ 3.603.800	₡ 2.103.800

Nota: Daniel Camacho (2023)

Cabe mencionar que, el presupuesto mensual del departamento de mantenimiento es de ₡15.000.000, pero no será necesario utilizar parte de este monto para realizar cada capacitación, esto porque cuando se realizan este tipo de formaciones para los colaboradores, la Gerencia Financiera no aplica los rebajos a los presupuestos de los departamentos, ya que es de conocimiento en la empresa que si se requiere capacitar y desarrollar al personal en áreas que puedan afectar la producción y venta de materiales, la empresa lo asume como una inversión a corto y largo plazo, así que contabilidad registra estos gastos en cuentas de capacitación, ya predestinadas por ellos.

Para esto, es necesario que el departamento de contabilidad si debe de tener un presupuesto estimado para estas áreas, una vez que mantenimiento les indique el monto de la capacitación ellos deben de aprobar, en el caso de los días laborados, las extras y las cargas sociales se debe de avisar a Recursos Humanos, en el caso de ser por motivo de capacitación desarrollo de los técnicos la Gerencia de Recursos Humanos debe de aprobar esto.

Al implementar estas capacitaciones se espera que los técnicos del departamento de mantenimiento desarrollen diferentes habilidades y obtengan beneficios que los ayuden a resolver de mejor forma las fallas en las máquinas, estos beneficios puede ser conocimiento en las máquinas, resolver problemas de manera más rápida y efectiva, ayudar al departamento a llevar niveles de indicadores correctos, evitar mantenimientos correctivos, pues los preventivos van a verse con mayor detalle porque tienen el conocimiento amplio de los equipos que están viendo, va a mejorar los niveles de productividad de material.

Inclusión de Técnicos Electromecánico

Con respecto a contratar nuevos técnicos electromecánicos, se requiere primero presentar a Gerencia los niveles de indicadores actuales para mostrar la necesidad que tiene la planta sobre la productividad año tras año, así que como se mencionó anteriormente en la Tabla 64 se propone contratar tres técnicos más, si Gerencia General aprueba esto, se le brinda el dato a Recursos Humanos para que inicien el proceso de contratación, con esto se piensa tener dos técnicos por turno que ayuden a solucionar los problemas de la planta, realicen preventivos y ordenes de trabajo que ayuden a mantener los indicadores. En la Tabla 74, se va a mostrar el gasto que debe hacer la empresa en caso de contratar los tres técnicos propuestos.

Tabla 74: Costo de Inclusión de Técnicos

PROPUESTA DE TÉCNICOS				
NOMBRE	PUESTO	SALARIO POR HORA	SALARIO MENSUAL	SALARIO CON CARGAS SOCIALES
Técnico 1	Técnico Electromecánico	₡ 3.000	₡ 623.520	₡ 688.990
Técnico 2	Técnico Electromecánico	₡ 3.000	₡ 623.520	₡ 688.990
Técnico 3	Técnico Eléctrico	₡ 3.000	₡ 623.520	₡ 688.990
Total				₡ 2.066.969

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se mencionó anteriormente, parte de la propuesta es incluir tres técnicos que, permita solucionar los problemas en las máquinas con mayor eficiencia, esto va a reducir los atrasos en producción debido a que actualmente solo se tiene una persona atendiendo los equipos y muchos de los inconvenientes son complicados de resolver para un solo colaborador, tomando en cuenta que tiene que velar por que cada máquina produzca correctamente en el turno correspondiente.

Aplicaciones

Parte importante de la propuesta son las aplicaciones para obtener los datos de los mantenimientos preventivos y las órdenes de trabajo que ejecuten los técnicos, esto beneficia al departamento, ya que, al generar la información se puede iniciar los indicadores del área para medir los trabajos realizados por los técnicos y analizarlos para evitar futuros daños en los equipos, ahora bien, estas aplicaciones el costo que tienen es el salario del supervisor, el cual es de ¢800.000, ya que él es el que las va a realizar y deberá invertir tiempo en estas.

Beneficios Cualitativos

Parte de los beneficios cualitativos que la empresa va a obtener con la propuesta del proyecto son técnicos capacitados en los equipos que mayores problemas presentan, intervenciones más eficientes, mayor rendimiento de los técnicos al no hacer tantas horas extras en la semana, ahorrar desperdicio de materia prima, ya que, en los tres meses estudiados, ¢13.402.980 son por problemas en las máquinas, equipos con mayor productividad, implementación de indicadores que midan el rendimiento de los colaboradores y recolección de datos para futuras auditorías.

Resumen de costos

A continuación, se presenta un resumen de los costos que presenta el proyecto con las recomendaciones dadas, es importante mencionar que el sistema de mantenimientos preventivos no tiene costo alguno porque se realizó haciendo un recorrido en cada máquina por parte del jefe y supervisor de mantenimiento para recaudar los datos necesarios y así elaborar cada mantenimiento preventivo, los indicadores los realizan los encargados del departamento. En la Tabla 75, se observa el resumen de costos del proyecto.

Tabla 75: Total de Costos

TOTAL DE COSTOS	
NOMBRE	TOTAL
Capacitaciones	¢ 17.819.000
Inclusión de técnicos	¢ 2.066.969
Aplicaciones	¢ 800.000
Total	¢ 20.685.969

Nota: Daniel Camacho (2023)

Estudio financiero

A continuación, se presenta el estudio financiero del proyecto para verificar la viabilidad del proyecto, ya que el monto es de ¢20.685.969 y es importante que la propuesta no genere pérdidas a la compañía. Es importante mencionar que, por confidencialidad de la empresa, no me brindaron los montos de dinero producidos en el 2023, sin embargo, me dieron el dato de la meta mensual para la producción de vidrio el cual es ¢80.000.000.

Se realiza el VAN y el TIR con base al cronograma de implementación propuesto, en enero se propone contratar los técnicos y realizar las aplicaciones, el cual se pone el salario del supervisor que es el que las va a realizar, de febrero a junio se propone realizar las capacitaciones, por lo que el VAN y el TIR se realiza con los meses de enero hasta junio y se utiliza la tasa de descuento de 12%. En seguida, se muestra en la Tabla 76 el VAN y el TIR realizado para el proyecto.

Tabla 76: VAN y TIR

VAN Y TIR	
MES	FLUJO DE CAJA
0	-¢ 20 685 969
1	¢ 80 000 000
2	¢ 80 000 000
3	¢ 80 000 000
4	¢ 80 000 000
5	¢ 80 000 000
6	¢ 80 000 000
Tasa de descuento	12%
TIR	387%
VAN	¢ 308 226 617

Nota: Daniel Camacho (2023)

Como se observa en tabla 76, el proyecto si es rentable, ya que los resultados del VAN y el TIR es positivo.

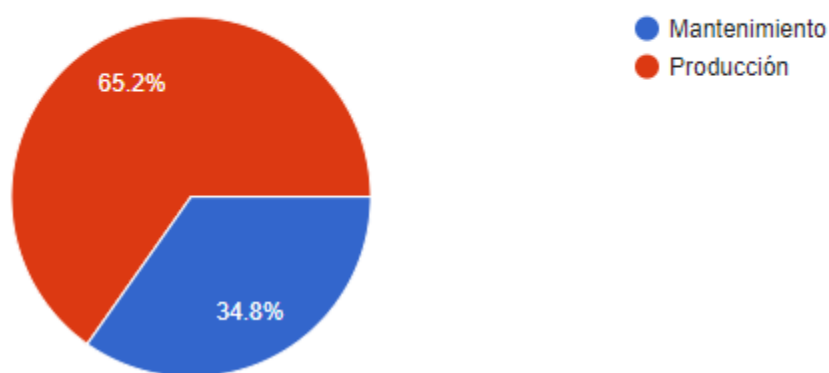
APÉNDICES

Mantenimiento Preventivo

Importancia de los Mantenimientos Preventivos

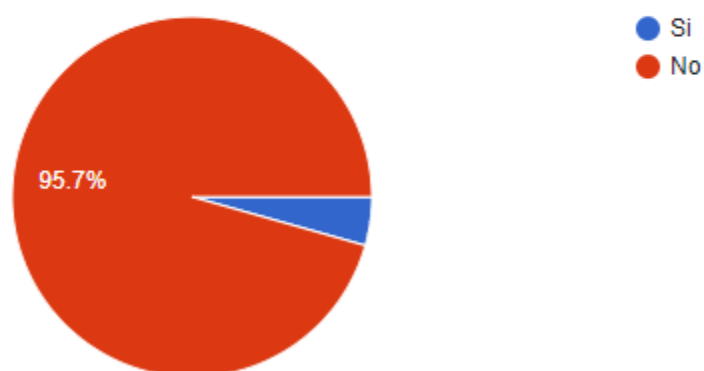
¿Para cuál departamento labora?

23 respuestas



¿Conoce usted de un sistema de mantenimiento preventivo para las máquinas de producción en Macopa?

23 respuestas



¿Cree usted que es necesario un cronograma de mantenimientos preventivos para mitigar los mantenimientos correctivos en las máquinas, por qué?

23 respuestas

- Si, esto ayudaría a disminuir las fallas en máquinas y se puede dar un mejor seguimiento a las partes de cada máquina sabiendo su estado de crítico.
- Sí, porque ayuda a detectar problemas antes de que se compliquen de una peor manera.
- Sí, porque ayuda a anticipar problemas y evita que los correctivos sean constantes.
- Sí, pudiéramos adelantarnos a posibles causas preventivas de una máquina o proceso productivo.
- Claro, es necesario y de mucha importancia hacerle mantenimientos continuamente para que este en óptimas condiciones para trabajar
- Si porque ayuda a tener estabilidad en las máquinas.
- Sí, porque ayuda a tener mayor control en las máquinas de producción.
- Claro que sí.
- Si porque brindan un buen funcionamiento a la máquina a trabajar.
- Si para que el funcionamiento de las máquinas sea constante.
- Sí, para tener un control de los fallos más recurrentes en las máquinas.
- Sí, para poder llevar un control de los fallos más frecuentes y partes de las máquinas que se deben revisar más frecuentes y atacar para evitar los paros.
- Si, porque ayuda a tener una estabilidad en las máquinas de producción.
- Sí, esto ayuda a que los equipos tengan mayor solidez y que se prevengan situaciones riesgosas.
- Sí, porque va a ayudar a tener en buen estado las máquinas.
- Sí, para tener la mejor disponibilidad posible en los equipos.
- Sí, de esta manera se va a mejorar en no tener tanto correctivo.
- Si, esto ayuda a que las máquinas estén en mejor estado.
- Si, esto mejoraría la disponibilidad de las máquinas.
- Si, esto va a mitigar el mantenimiento correctivo.
- Si, se debe tener un cronograma para prevenir correctivos.
- Si, para reducir los atrasos en entregas y defectos en el vidrio.
- Si, para tener un control de las máquinas mejor.

Según su criterio, ¿Cómo influye **no** tener un programa de mantenimientos preventivos para las máquinas?

23 respuestas

- Atrasos en producción por paros de la máquina.
- Disponibilidad inconsistente en los procesos por fallos operativos.
- Provoca que haya mayor mantenimiento correcto en las máquinas.
- No se lleva un control sobre las partes o máquina en general más críticas.
- En que las máquinas fallen en cualquier momento.
- Fallos muy frecuentes y repetitivos en partes de máquinas.
- Puede en no tener un control exacto de las revisiones que se les hacen a las máquinas.
- Influye en tener elevado el mantenimiento correctivo.
- En no tener garantía de que los equipos duren mayor tiempo sin fallar.
- En que el correctivo sea alto.
- Si se le da mucho uso a la máquina y poco mantenimiento puede ser que en algún momento falle algo y sea aún más costoso de arreglar en el futuro.
- En que las máquinas tengan más probabilidad en fallar.
- Influye en que las máquinas tengan muchos correctivos.
- Influye en daños en máquinas, presupuestos y tiempo de trabajo en máquinas.
- Puede provocar que haya muchas máquinas paradas al mismo tiempo.

- Puede generar desorden y paros largos en las máquinas.
- Esto perjudica mucho el proceso, ya que sin una revisión no se anticipan problemas que se hacen graves con el tiempo.
- De manera que no puede saber qué piezas son las más críticas o cuales tienen mayor afectación a la hora del uso de la máquina.
- Influye mucho ya que sin un buen cronograma no se da cuenta uno de cómo está el estado en sí de la máquina, y a su vez sería peligroso para el operador que manipule la máquina.
- Influye en que se van a mantener las fallas muy elevadas y quizás se pueda anticipar.
- Influye en el deterioro de las máquinas, provocando constantes fallas.
- Es un menor rendimiento en la producción por problemas en la máquina.
- Influye mucho en la disponibilidad de cada máquina.

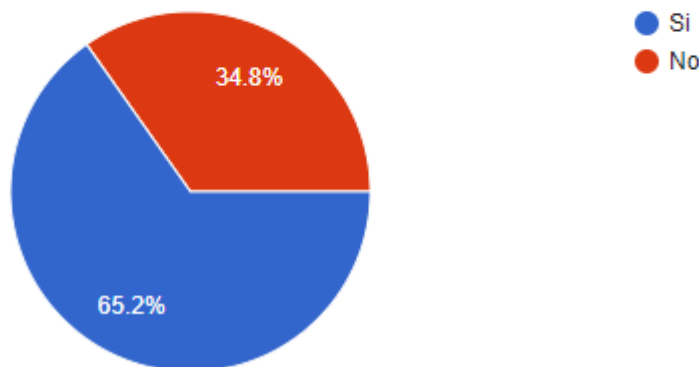
¿Cree usted que la gerencia debe contemplar este tipo de mantenimientos cuando se compra una máquina, por qué?

23 respuestas

- Sí, para conocer mejor la máquina y poder tener un concepto más técnico en ya sea con partes o repuestos de ella.
- Sí, porque se necesita que tenga un rendimiento adecuado.
- Sí, porque es importante una revisión constante para evitar detenciones de tiempos muy grandes.
- Totalmente.
- Por supuesto, es parte del día a día es una parte fundamental.
- Sí porque es necesario para q sea una maquina efectiva y rentable.
- Sí, para evitar el deterioro de las máquinas en un corto y largo plazo.
- Claro que sí, porque esto mejorará la actividad de la máquina, inclusive con estas revisiones será más efectiva la máquina, por lo que será más continua y de mejor calidad la producción.
- Sí, porque así brinda el 100% de su funcionamiento, contemplando futuros daños que con los mantenimientos correspondientes se puede llegar a alargar mucho la vida útil de la maquina en cuestión.
- Sí porque mantener una estabilidad en las máquinas.
- Sí, para darle seguimiento y conocer a fondo sus partes.
- Sí, para poder atacar desde un principio las partes más críticas o que se desgastan más en la maquina o que pueden ocasionar paros.
- Sí, porque no sabemos si tenemos los recursos necesarios para afrontar un preventivo a una máquina.
- Sí, para tener mayor tiempo disponible la máquina para producir.
- Sí para que dure más tiempo en buenas condiciones.
- Sí, es importante, ya que ayuda a tener un programa correcto del cuidado y necesidades de las máquinas.
- A mi parecer no, eso lo debe planificar mantenimiento.
- No, porque ellos solo se dedican a ver las compras.
- A mi parecer no, eso no les corresponde a ellos.
- Sí, ellos deben corroborar que todo se haga bien para que la máquina les de mucha utilidad.
- Sí, tanto para capacitar al técnico como para preparar la logística de preventivos.
- Sí, para que el departamento de mantenimiento se prepare en conocimiento de la máquina.
- Sí, para que asuma gastos de capacitación de técnicos y presupueste repuestos.

¿Considera usted necesario que los mantenimientos preventivos tengan límite de tiempo?

23 respuestas



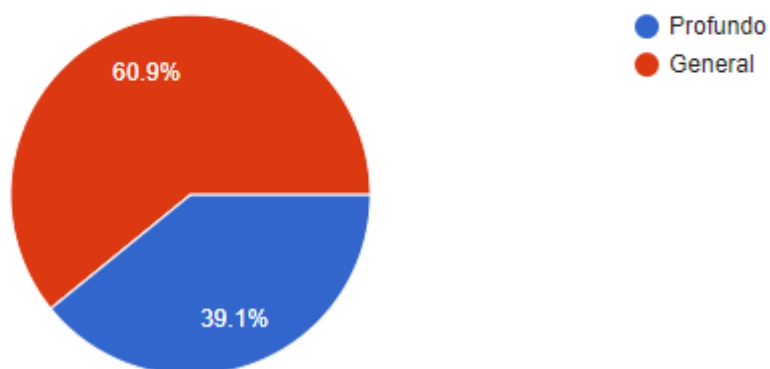
¿Considera usted que la falta de mantenimientos preventivos afecta la calidad del producto, por qué?

23 respuestas

- Si, porque los vidrios pueden salir en mal estado o con defectos.
- Si, no vamos a tener producto en óptimas condiciones.
- Si, evita que la calidad del material o los productos salgan sin defectos.
- Si, porque las máquinas al no darle mantenimiento pueden fallar.
- Si, si la máquina esta mala, la calidad será mala.
- Por qué no se detectan desgastes o partes dañadas antes.
- Si, porque si la maquina no se encuentra bien la calidad del producto no va a ser la mejor.
- Si, tanto fallo en el equipo provoca mala calidad.
- Si porque si la máquina esta mala, el producto final va a estar defectuoso.
- Si, porque las máquinas no van a estar en su mejor estado.
- Si.
- Si, porque si la máquina tiene un fallo, la calidad se ve afectada.
- Si porque si la máquina no está buena la calidad no va a hacer buena.
- Si porque la maquina puede que no esté en óptimas condiciones para el trabajo de calidad.
- Si, no va a salir con la misma calidad si la maquina está mal.
- Si, los detalles que el cliente pide en el vidrio pueden salir mal.
- Si, porque no se sabe con exactitud el estado de la máquina y la producción puede dañarse.
- Si, un buen seguimiento de las máquinas determina su estado y por ende su funcionamiento óptimo para la producción.
- Si porque las partes mecánicas son muy propensas a tener desgastes y a su vez ocasionar una mala productividad a la hora de obtener el material o producto que se desee.
- Si, porque puede que el estado de la máquina no sea el mejor y la producción salga con defecto.
- Si, porque la máquina puede estar funcionando mal, afectando la calidad del producto, cosa que no pasaría si se hicieran preventivos.
- Sí, no se detectan los daños hasta que surge un problema con la producción.
- Si, debido a que la máquina no va a estar buena.

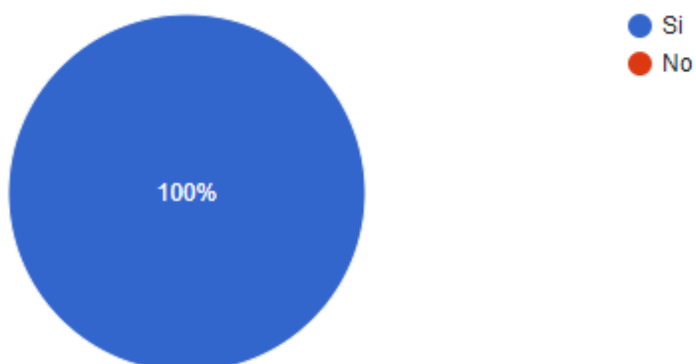
¿Cómo considera usted que debe de hacerse un mantenimiento preventivo?

23 respuestas



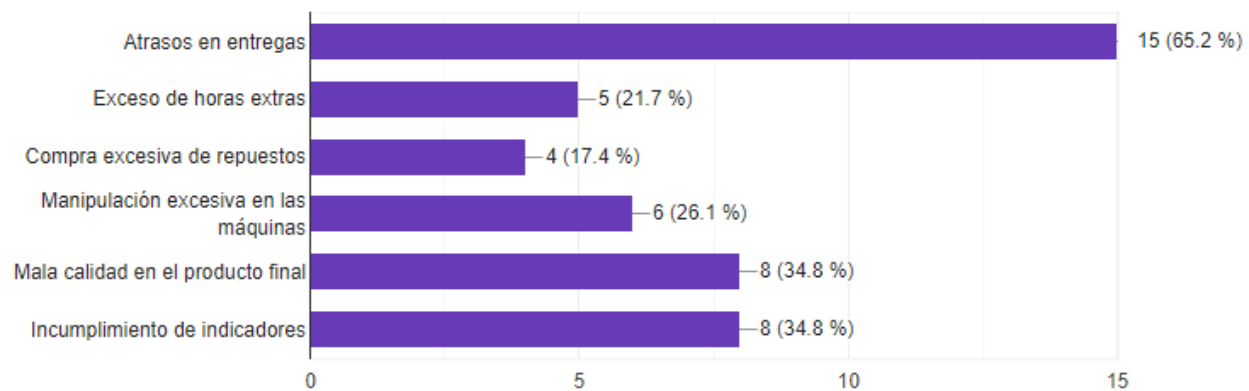
¿Considera usted necesaria una capacitación para los técnicos de mantenimiento en las máquinas?

23 respuestas



Según su criterio, ¿Cuál cree que es la mayor consecuencia que generan los mantenimientos correctivos?

23 respuestas



REFERENCIAS

- Alonso, J. (2019). *Análisis de modos y efectos de fallas potenciales* (Primera edición ed.). España: El Cid Editor.
- Álvarez, J. (2017). *Gestión por Procesos y Riesgo Operacional*. AENOR Internacional, S.A.U.
- Ángel, R., y Olaya, H. (2014). Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa Agroangel [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia].
 file:///C:/Users/dcamacho/Desktop/TESIS/Documentos%20utilizados%20en%20marco%20te%C3%B3rico/DISEÑO_DE_UN_PLAN_DE_MANTENIMIENTO_PREVE%20(1).pdf
- Ballesteros, H., Verde, J., Costabel, M., Sangiovanni, R., Dutra, I., Rundie, D., . . . Bazán, L. (2010). *Análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas)*. Revista Uruguaya de Enfermería, 5(2), 8-17.
<http://rue.fenf.edu.uy/index.php/rue/article/view/85/83>
- Bataller, A. (2016). *La gestión de Proyectos* (Primera ed.). UOC.
- Boero, C. (2020). *Mantenimiento Industrial* (Primera edición ed.). Bolivia: Jorge Sarmiento Editor - Universitas.
- Cañas, J. (2018). Análisis de la implementación un sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO 9001:2015 en la empresa Totality Services S.A.S [Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia].
 file:///C:/Users/dcamacho/Desktop/TESIS/Tesis%20para%20informaci%C3%B3n/Tesis%202018%20v6.pdf
- Carmona, J., Cruz, J., y Sánchez, L. (2019). *La actividad agrícola en localidades rurales en procesos conurbatorios: Una aproximación mediante el diagrama de Ishikawa*. Revista Iberoamericana de contaduría, Economía y de Administración, 8(16), 1-28.
 doi:<https://doi.org/10.23913/ricea.v8i16.134>
- Carriel, R., Barros, C., y Fernández, F. (2018). *Sistema de gestión y control de la calidad: Norma ISO 9001:2015*. Mundo de la Investigación y el conocimiento, 2(1), 625-644.
 doi:<http://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/151>

- Chacón, J., y Rugel, S. (2018). *Artículo de Revisión. Teorías, Modelos y Sistemas de Gestión de calidad*. Espacios, 39(50), 14.
file:///C:/Users/dcamacho/Desktop/TESIS/Art%C3%ADculos%20Cient%C3%ADficos/a18v39n50p14.pdf
- Cruz, F., López, A., y Ruiz, C. (2017). Sistema de Gestión ISO 9001-2015: Técnicas y Herramientas de Ingeniería de Calidad para su Implementación. *Revista Ingeniería, investigación y desarrollo*, 17(1), 59-69.
file:///C:/Users/dcamacho/Desktop/TESIS/Art%C3%ADculos%20Cient%C3%ADficos/P527_Sistema_gestion_iso_9001.pdf
- Gorotiza, G., y Romero, E. (2021). El sistema de gestión de calidad con ISO 9001:2015 como estrategia para el mejoramiento de los procesos de la Comercializadora ITM. *Polo del conocimiento*, 6(4), 270-294. doi:DOI: 10.23857/pc.v6i4.2561
- Grasso, L. (2006). *Encuestas, Elementos para su Diseño y Análisis* (Primera ed.). Brujas.
- Gutiérrez, H. (2020). *Calidad y Productividad* (Quinta edición ed.). México: Mc Graw Hill.
- Gutiérrez, H., y De la Vara, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. Mc Graw Hill.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Mac Graw Hill.
- INTECO. (2015). *Norma Inte ISO 9000* (Quinta ed.). INTECO.
- López, K., y Roa, Á. (2016). Desarrollo de un sistema de gestión de calidad en la compañía Tecnología Predictiva Kontrolar T.P.K LTDA bajo los lineamientos de la NTC ISO 9001:2015 [Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Libre, Colombia].
file:///C:/Users/dcamacho/Desktop/TESIS/Tesis%20para%20informaci%C3%B3n/Proyecto%20de%20grado%20final.pdf
- Marín, W. (2016). *Poka Yoke, una herramienta para el control de procesos* (Primera ed.). Intranetacademia.
- Mateos, C., y Benac, C. (2021). Generación Automática de Diagramas de Gantt [Licenciatura en Ingeniería Informática, Universidad Politécnica de Madrid, España].
https://oa.upm.es/66279/1/TFG_CARLOS_MATEOS_MARTIN.pdf

- Morant, J., Gisbert, V., Pérez, A., y Perez, E. (2020). *Cuadernos de Investigación Aplicada 2020* (Primera ed.). Área de Innovación y Desarrollo, S.L.
- Moreno, S. (2014). Plan de Mejora para Aumentar la Confiabilidad del Proceso de Fabricación de Tubos PVC, en la Empresa Durman Esquivel S.A. de C.V. Basado en el AMEF [Licenciatura en Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, México]. <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/594>
- Pardo, J. (2017). *Gestión por Procesos y Riesgo Operacional*. AENOR Internacional S.A.U.
- Real Academia Española. (2022). *Asociación de Academias de Lengua Española*. <https://dle.rae.es>
- Rey, F. (2014). *Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo*. Técnica Industrial, 308, 30-41. www.tecnicaindustrial.es
- Rubio, W. (2019). Plan de Mantenimiento Preventivo para la Flota de Máquinaria Pesada y Vehículos Administrativos del Municipio de Motavita [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, Colombia]. <file:///C:/Users/dcamacho/Desktop/TESIS/Tesis%20para%20informaci%C3%B3n/2019williamrubio.pdf>
- Salazar, J., Mora, N., Romero, W., y Ollague, J. (2020). *Diagnóstico de la aplicación del ciclo PHVA según la ISO 9001:2015 en la empresa INCARPALM*. Digital Publisher, 5(6), 459-472. doi:doi.org/10.33386/593dp.2020.6-1.440
- Sánchez, H. (2020). *Análisis FODA o DAFO* (Primera edición ed.). España: Bubok Publishing S.L.
- Silva, A. (2015). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de empaque de la línea Quantum de la empresa Papeles Nacionales S.A. [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia]. <file:///C:/Users/dcamacho/Desktop/TESIS/Tesis%20para%20informaci%C3%B3n/6200046S586.pdf>
- Vega, A. (2017). Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América S.A.C. Santa Anita [Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad César Vallejo, Perú]. file:///C:/Users/dcamacho/Desktop/TESIS/Tesis%20para%20informaci%C3%B3n/Vega_AAM.pdf

Walter, S. (2019). *Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa* (Primera edición ed.). México: El Cid Editor.