



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

Elaboración de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad y gestión de activos para Panadería ‘‘Las Torres’’ .

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Ingeniero en
Mantenimiento Industrial.

Alumno:
Diego Andrés Alegría Campos

Profesor Guía:
Carlos Boris Garay Burgos



Índice

INTRODUCCIÓN:	1
Objetivo General:	1
Objetivos específicos:	2
Capítulo 1: Marco teórico.	2
1.1 ¿Qué es una panadería?	2
1.2 ¿Qué es mantenimiento?	2
1.3 Tipos de mantenimiento:	3
1.3.1 Mantenimiento Correctivo	3
1.3.2 Mantenimiento Restaurativo	3
1.3.3 Mantenimiento Mejorativo	3
1.3.4 Mantenimiento Preventivo	3
1.3.5 Mantenimiento Predictivo	3
1.3.6 Mantenimiento Proactivo	4
1.3.7 Mantenimiento Detectivo	4
1.3.8 Mantenimiento Previsto	4
1.3.9 Mantenimiento de Ronda	4
1.4 Conceptos básicos:	4
1.4.1 ¿Qué es una falla?	4
1.4.2 ¿Qué es mantenibilidad?	4
1.5 Normas	5
1.5.1 La norma SAE JA 1011:	5
1.5.2 La norma SAE JA 1012:	6
1.5.3 Norma ISO 14224:	6
1.6 Mantenimiento centrado en la confiabilidad. (RCM)	6
1.6.1 Antes de aplicar un RCM.	6
1.6.2 Siete preguntas.	6
1.6.3 Funciones y parámetros de funcionamiento.	7
1.6.4 Contexto operacional.	8
1.6.5 Falla funcional.	8
1.6.6 Modos de falla.	8
1.6.7 Efectos de falla.	9
1.6.8 Matriz de decisión o árbol lógico:	10
1.6.9 El AMFE	10
1.7 ¿Qué es confiabilidad?	11



1.7.1 Tiempo medio entre fallas (MTBF):	11
1.7.2 Tiempo medio para la falla (MTTF)	12
1.7.3 Tiempo medio para reparación (MTTR)	12
1.8 Análisis de criticidad.	13
1.8.1 Factor de criticidad:	13
1.8.2 Factor de ocurrencia:	14
1.8.3 Factor de criticidad de la máquina:	15
1.9 Análisis de causa raíz (ACR).	15
1.9.1 ¿Por qué es necesario implementar un análisis de causa raíz?	16
1.9.2 Diagrama Causa-Efecto o Diagrama de Ishikawa.	16
Capítulo II: Planteamiento del problema.	17
2.1 Antecedentes del proyecto.	17
2.2 Descripción.	21
2.3 Justificación del Proyecto.	21
2.4 Beneficios del proyecto.	29
2.5 Diagnóstico del problema.	31
2.5.1 Tabla de remuneraciones	31
2.5.2 Procesos productivos de la empresa.	31
2.5.3 Volumen diario de ventas.	33
2.5.4 Fallas de maquinas	33
2.5.5 Análisis de criticidad cualitativo.	34
2.5.6 Diagrama de Pareto.	36
2.5.7 Diagrama de Ishikawa.	37
Capitulo III: Análisis y desarrollo de solución.	38
3.1 Análisis de situación actual.	38
3.2 Diagnostico de causas.	38
3.2.1 Aplicación del diagrama de Ishikawa.	38
3.2.2 Resultados del Diagrama de Ishikawa.	39
3.2.3 Propuesta de mejoras de acuerdo al diagnóstico Diagrama de Ishikawa.	40
3.3 Aplicación de Análisis de criticidad cuantitativo.	41
3.3.1 Factor de criticidad de la máquina.	41
3.3.2 Factor de ocurrencia de falla.	43
3.3.3 Matriz de criticidad global de la máquina y resultados.	45
3.4 Funciones y tiempos de funcionamiento.	46
3.5 Desarrollo de análisis de modos y efectos de falla (AMFE).	47
3.5.1 Fallas funcionales	47



3.5.2 Modos de falla:	48
3.5.3 Efectos de falla:	49
3.5.4 Resultados de análisis de modos y efectos de falla:	54
3.6 Matriz lógica de decisiones (RCM).	56
3.6.1 Modelo a seguir de Matriz lógica de decisiones (RCM)	56
3.6.2 Matriz lógica de decisiones para amasadora (RCM):	57
3.6.3 Matriz lógica de decisiones para hornos (RCM):	57
3.6.4 Matriz lógica de decisiones para batidora (RCM):	58
3.6.5 Matriz lógica de decisiones para Laminadora (RCM):	59
3.6.6 Matriz lógica de decisiones para Congelador (RCM):	60
3.6.7 Matriz lógica de decisiones para Vitrina de refrigeración (RCM):	60
Capitulo IV: Elaboración de plan de mantenimiento y Propuesta de presupuesto anual para este.	61
4.1 Impacto en ingresos por paradas inesperadas.	61
4.2 Elaboración de plan de mantenimiento.	62
4.2.1 Objetivo de plan de mantenimiento preventivo.	62
4.2.2 Equipos críticos identificados:	63
4.2.3 Programación de actividades de mantenimiento preventivo.	63
4.2.5 Planillas de registro de actividades de mantenimiento preventivo para maquinas críticas de Panadería Las Torres.	66
4.3 Propuesta de presupuesto anual para plan de mantenimiento preventivo anual en Panadería Las Torres.	70
Capítulo V: Conclusiones.	72
Referencias bibliográficas	73

Índice de Figuras y Tablas.

Figura 1-1: Aumento de mantenibilidad.	5
Figura 1-2: Ejemplo de matriz de decisiones.	10
Figura 1-3: Factor de criticidad de la máquina.	14
Figura 1-4: Factor de ocurrencia de falla.	15
Figura 1-5: Factor de criticidad de la máquina.	15
Figura 1-6 : Pasos para definir idea de causa raíz.	16
Figura 1-7: Ejemplo de diagrama de Ishikawa.	17
Figura 2-1: Entrada de Panadería Las Torres.	19
Figura 2-2: Analogía de salud-maquina a salud Humana.	22
Figura 2-3: Horno industrial.	23



Figuras 2-4: Hornos industriales.	23
Figura 2-5: Amasadora.	24
Figura 2-6: Batidora.	25
Figura 2-7: Laminadora.	26
Figura 2-8: Congelador.	27
Figura 2-9: Congelador.	27
Figura 2-10: Vitrina de refrigeración.	27
Tabla 2,1: Tabla de remuneraciones.	31
Tabla 2,2: Proceso de masas.	31
Tabla 2,3: Tiempos de panadería.	32
Tabla 2,4: Procesos de pasteles.	32
Tabla 2,5: Tiempos de pastelería.	33
Tabla 2,6: Ingresos por producto.	33
Tabla 2,7: Fallas de máquinas.	34
Tabla 2,8: Análisis de criticidad cualitativo.	35
Tabla 2,9: Descripción de colores.	35
Tabla 2,10: Diagnostico de fallas para diagrama de Pareto.	36
Figura 2-11: Diagrama de Pareto.	36
Figura 2-12: Diagrama de Ishikawa.	37
Tabla 3,1: Factor de criticidad de criticidad de la misión.	43
Tabla 3,2: Factor de ocurrencia de cada equipo.	44
Figura 3-1: Matriz de criticidad global A: Amasadora, H: Horno, L: Laminadora, B: Batidora, V: Vitrinas de refrigeración, C: Congeladores.	45
Figura 3-2: Colores, Riesgos y Acción que necesitará.	46
Tabla 3,3: Tiempos de equipos operativos.	47
Tabla 3,4: Maquina, Función, Falla funcional, Modo de falla y efecto de falla.	56
Figura 3-1: Matriz lógica de decisiones.	57
Figura 3-2: Matriz lógica de decisiones para amasadora.	57
Figura 3-3: Matriz lógica de decisiones para Hornos.	58
Figura 3-4: Matriz lógica de decisiones para Laminadora.	60
Figura 3-5: Matriz lógica de decisiones para congelador.	60
Figura 3-6: Matriz lógica de decisiones para vitrina de refrigeración.	61
Tabla 4,1: Impacto económico por parada considerando el proceso de masas y pasteles, sin considerar los trabajadores parados por maquinas inoperables.	62
Tabla 4,2: Datos del equipo.	66



Tabla 4,3: Planilla resumen plan de mantenimiento preventivo.	67
Tabla 4,4: Inventario de repuestos Panadería Las Torres.	67
Tabla 4,5: Planilla para inspección diaria.	68
Tabla 4,6: Planilla para inspección semanal.	68
Tabla 4,7: Planilla para inspección trimestral.	69
Tabla 4,8: Planilla general para tiempos de parada y costos asociados.	69
Tabla 4,9: Plantilla para inspección anual.	70
Tabla 4,10: Propuesta de presupuesto anual para plan de mantenimiento.	71



INTRODUCCIÓN:

La industria panadera enfrenta desafíos significativos relacionados con la eficiencia operativa, la satisfacción del cliente y la sostenibilidad. En este contexto, Panadería Las Torres se presenta como un negocio familiar con una trayectoria de casi ocho años, destacándose por su enfoque integral que combina panadería tradicional y minimarket. Sin embargo, la ausencia de un plan de mantenimiento estructurado para sus equipos críticos plantea riesgos considerables para la continuidad operativa, la calidad del producto y la competitividad en el mercado local.

En la actualidad, la falta de mantenimiento adecuado genera fallas frecuentes en equipos como hornos, amasadoras, congeladores, laminador, batidora y vitrinas de refrigeración, con un promedio de fallas cada seis meses. Estas interrupciones afectan directamente la producción, generan insatisfacción en los clientes y derivan en pérdidas económicas significativas, estimadas en 300.000 CLP por día de paralización solo en la venta de pan, alcanzando montos alarmantes en caso de fallas prolongadas.

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) que permita mitigar estas problemáticas mediante estrategias que optimicen el rendimiento de los equipos, reduzcan tiempos de inactividad y promuevan la sostenibilidad del negocio. Se espera que esta propuesta no solo asegure la continuidad operacional y el cumplimiento normativo, sino que también fortalezca la satisfacción del cliente, mejore la productividad y contribuya al crecimiento sostenible de Panadería Las Torres.

Con este enfoque, el proyecto busca consolidar a la empresa como una referencia de excelencia en el mercado local, resaltando la importancia de la gestión de mantenimiento como un pilar fundamental para su desarrollo y competitividad.

Objetivo General:

Definir un plan de mantenimiento en la panadería Las Torres que garantice la confiabilidad de los equipos, minimizando riesgos de fallos inesperados, con el fin de entregar herramientas para prolongar la vida útil de los activos y



asegurando la calidad de los productos elaborados, y así no tener pérdidas en los ingresos, debido a una falla no prevista.

Objetivos específicos:

Se realizará un detalle sobre métodos de mantenimiento que existan, dando énfasis al plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad y gestión de activos, con el fin de entender la base teórica a analizar.

Determinar un ACR, RCM y un Análisis de criticidad con el fin de diagnosticar.

Especificar los modos y efectos de fallas de los equipos críticos identificados.

Elaborar un plan de mantenimiento que contemple actividades diarias, semanales, mensuales y anuales que sirva como herramienta para mejorar la gestión de los activos en Panadería las Torres.

Construir un presupuesto anual específico para el plan de mantenimiento.

Capítulo 1: Marco teórico.

Fundamentos teóricos de Plan de mantenimiento centrado en la Confiabilidad y Gestión de Activos para Panadería las Torres.

1.1 ¿Qué es una panadería?

Una panadería es un establecimiento que se dedica a producir, vender productos elaborados a base de harina, como galletas, tortas y pastelería en general.

1.2 ¿Qué es mantenimiento?

Definimos mantenimiento como un conjunto de acciones de preservar activos en un sector productivo, con el fin de satisfacer estándares de calidad, seguridad o servicios. También se relaciona cómo impacta en la salud económica del negocio a través de los gastos en los que hay que incidir para realizar las tareas, sin embargo, y al igual como sucede con la empresa en su totalidad, las estrategias y actividades para mantener las funciones de los equipos deben estar alineadas con la misión y objetivos de la empresa en este caso; la gestión



del mantenimiento debe desarrollarse, desde todo punto de vista, lo más cercanamente a la producción. Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

1.3 Tipos de mantenimiento:

1.3.1 Mantenimiento Correctivo (una acción reactiva no programada)

Consiste en la reparación de las fallas funcionales a medida que se van produciendo. Se necesita poco planeamiento, pero generalmente tiene un gran impacto en la producción, deteniéndola y generando grandes pérdidas en cantidad y calidad. Por lo general, se debe proceder en forma acelerada lo que aumenta el riesgo de accidentes. Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

1.3.2 Mantenimiento Restaurativo (una acción reactiva programada)

Como consecuencia de las rutinas de mantenimiento pro-activas, puede detectarse que ciertos parámetros están fuera del estado óptimo de funcionamiento, aun sin haberse producido todavía la falla funcional. También se lo conoce como mantenimiento de restauración programada (MP). Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

1.3.3 Mantenimiento Mejorativo (Una acción reactiva programada)

Contempla tareas de rediseño para optimizar el proceso productivo, eliminar los fallos crónicos o bien aumentar la mantenibilidad de los activos. Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

1.3.4 Mantenimiento Preventivo

Se realiza a intervalos de tiempo, horas, ciclos, etc. Regulares bien definidos y sin importar el estado del ítem a mantener. Normalmente se realizan con el equipo o instalación fuera de servicio y consiste en el reemplazo o restauración cíclica de componentes. Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

1.3.5 Mantenimiento Predictivo

Propone la idea de que es posible la identificación de síntomas prematuros de desajustes, algún tiempo antes de que se produzca una detención no deseada. Es decir, se presume que ciertos componentes "avisan" antes de llegar a la falla funcional. Pistarelli, Alejandro J.. (2010).



1.3.6 Mantenimiento Proactivo

Tipo de mantenimiento que pretende determinar la causa “más” raíz que puede provocar una falla funcional con el fin de desviar una tendencia indeseable.

Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

1.3.7 Mantenimiento Detectivo

Son las acciones tendientes a poner de manifiesto fallos ocultos que se dan básicamente en dispositivos redundantes o de protección. Identificar un fallo oculto y eliminarlo, aumenta la disponibilidad del dispositivo de seguridad.

Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

1.3.8 Mantenimiento Previsto

Se trata de minimizar la ocurrencia de futuros fallos durante la etapa de diseño. Se agrupan aquí las técnicas de mejora utilizadas durante el proceso de diseño (diseño básico) para optimizar tareas de mantenimiento, aumentar la mantenibilidad, o minimizar las consecuencias de las fallas. Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

1.3.9 Mantenimiento de Ronda

Consiste en una vigilancia regular del material a base de “rondas” de frecuencia corta, que entrañan pequeños trabajos cuando es necesario. Gallardo Quesada, F. (2008).

1.4 Conceptos básicos:

1.4.1 ¿Qué es una falla?

Una falla es la consecuencia que se da como resultado de manifestarse, al menos un modo de falla. Pistarelli, Alejandro J.. (2010). Es decir “es la alteración o interrupción de un bien en el cumplimiento de una función requerida” Gallardo Quesada F (2008).

1.4.2 ¿Qué es mantenibilidad?

La mantenibilidad es un indicador estadístico que evalúa la probabilidad de que un equipo averiado pueda ser diagnosticado y reparado con éxito dentro de un tiempo específico y bajo ciertas condiciones operativas. Este concepto abarca

tanto la facilidad para identificar la falla como la capacidad de realizar las reparaciones necesarias de manera rápida, teniendo en cuenta la complejidad del equipo. Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

La mantenibilidad no es una propiedad que debemos tener en cuenta solo para la ejecución de reparaciones provocadas por averías imprevistas (mantenimiento correctivo), sino también para programar aquellas rutinas definidas en el plan de mantenimiento optimizando el tiempo que estas son capaces de insumir. (mantenimiento preventivo)

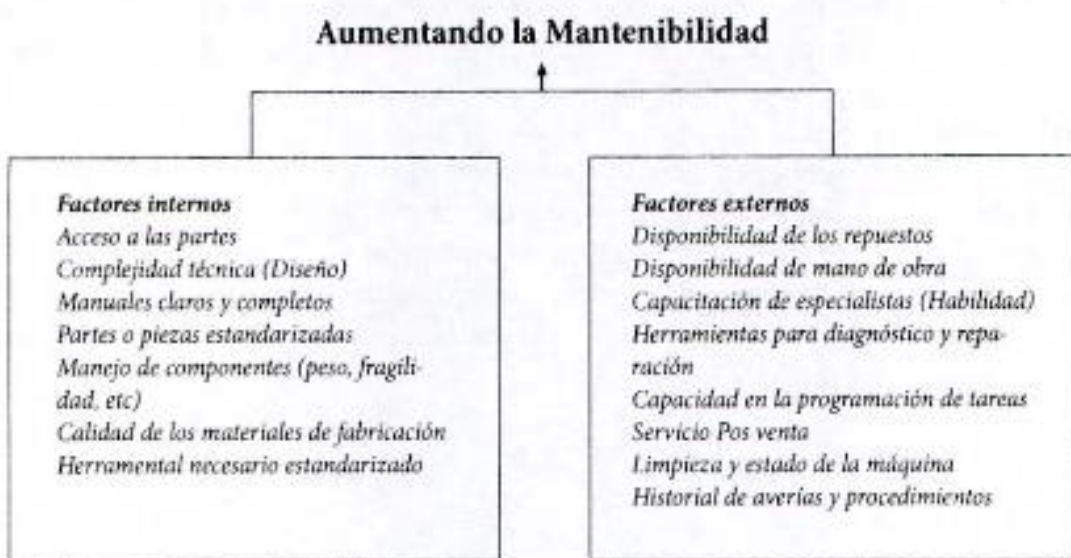


Figura 1.2.19
Factores internos y externos para el aumento de Mantenibilidad.

Figura 1-1: Aumento de mantenibilidad. Fuente: Extraído de Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

Con toda la información reunida del marco teórico, tenemos las aptitudes suficientes para realizar el planteamiento del problema que posee Panadería Las Torres.

1.5 Normas

1.5.1 La norma SAE JA 1011: nos da los lineamientos generales que debe tener toda aplicación de la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). Los puntos importantes para considerar deben respetar la norma SAE JA 1011.



1.5.2 La norma SAE JA 1012: Define ampliamente la norma SAE JA 1011 con ejemplos y terminología adecuada para las empresas que deseen implementar el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).

1.5.3 Norma ISO 14224:

Esta Norma internacional brinda una base para la recolección de datos de Confiabilidad y Mantenimiento en un formato estándar para las áreas de perforación, producción, refinación transporte de petróleo y gas natural, con criterios que pueden extenderse a otras actividades e industrias. Sus definiciones son tomadas del RCM.

Presenta los lineamientos para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos que permitan Cuantificar la Confiabilidad de los Equipos y compararla con la de otros de características similares. Los parámetros sobre Confiabilidad pueden determinarse para su uso en las fases de diseño, montaje, operación y mantenimiento.

El RCM es un proceso desarrollado durante los años 60's y 70's con la finalidad de ayudar a las empresas a determinar las políticas más adecuadas para mejorar las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencias de sus fallos. SAE International, (2009).

1.6 Mantenimiento centrado en la confiabilidad. (RCM)

Moubray, J. (1992) definió el MCC como un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional.

1.6.1 Antes de aplicar un RCM.

Antes de comenzar el análisis que marca la norma SAEJA1011, propone que se recopile y analice la información que corresponde al activo que será requerido, también que se establezca la clasificación y se analice el proceso operativo del activo. SAE International, (2009).

1.6.2 Siete preguntas.

Cuando hayamos seleccionado los activos que formaran parte del RCM, el método formula siete preguntas:

- ¿Cuáles son las funciones y parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera puede fallar al cumplir sus funciones?
- ¿Qué causa cada falla funcional?
- ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional?
- ¿De qué manera afecta cada falla?
- ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué hacer cuando una tarea proactiva no está disponible?

1.6.3 Funciones y parámetros de funcionamiento.

Una función consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por Moubray, J. (1992). Por ejemplo:

Hornear productos a una temperatura constante de 180° c durante un tiempo preestablecido, asegurando una cocción uniforme en todo el lote.

- Verbo: Hornear (acción principal que realiza el equipo).
- Objeto: Productos alimenticios
- Estándar o parámetro de funcionamiento deseado: Temperatura constante de 180°C, tiempo preestablecido según el producto (por ejemplo, 20 minutos para pan francés), cocción uniforme en todas las áreas del horno (sin diferencias entre productos del mismo lote).

Además, las funciones se clasifican en 2:

- Funciones primarias: Se conoce por ser la razón principal por la que fue adquirido el equipo
- Funciones Secundarias: Los activos físicos cumplen una o más funciones adicionales, además de la primaria.

El enfoque del RCM destaca la importancia de establecer estándares de funcionamiento de manera cuantificable siempre que sea posible. Estos estándares deben considerar aspectos como la producción, la calidad del producto, el servicio al cliente, el impacto ambiental, los costos operativos y la seguridad del producto. Esto subraya la necesidad de entender claramente las



expectativas de los usuarios al momento de diseñar un programa de mantenimiento eficaz. Basado en Moubray, (1992).

1.6.4 Contexto operacional.

Melendres Quispe, K. A. (2019) describe que antes de comenzar el análisis se debe redactar el contexto operacional, breve descripción donde se debe indicar: régimen de operación del equipo, disponibilidad de mano de obra y repuestos, consecuencias de indisponibilidad del equipo (producción perdida o reducida, recuperación de producción en horas extra, tercerización), objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente, etc.

1.6.5 Falla funcional.

Se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario Moubray, (1992).

Antes de aplicar las herramientas adecuadas, es importante identificar las posibles fallas que pueden ocurrir en el sistema. Una falla funcional se produce cuando un activo no logra cumplir con las expectativas de los usuarios respecto a su desempeño. Estas fallas solo pueden determinarse una vez que se han definido las funciones del activo y los parámetros que rigen su funcionamiento. Por cada función, es necesario especificar las fallas funcionales asociadas, las cuales pueden ser múltiples y deben registrarse lo antes posible.

1.6.6 Modos de falla.

Un modo de falla es definido como un evento que puede causar un modo de falla, es decir un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional. Moubray, (1992).

ISO, 2016. Define el modo de falla como un efecto a través del cual una falla es observada, es decir el modo de falla puede ser el síntoma cuantificable o evento que indica la ocurrencia de una falla. SAE International, (2009).

Moubray, (1992) expresa que “los modos de fallas deben ser descritos con el detalle suficiente como para que sea posible seleccionar una estrategia adecuada de manejo de falla, pero no con tanto detalle como para que se pierda demasiado tiempo en el proceso de análisis.”



1.6.7 Efectos de falla.

Este paso consiste en realizar una lista que describa lo que sucede al producirse un modo de falla, por ende, la lista debe describir toda la información necesaria para ayudar en la evaluación de las consecuencias de las fallas. Concretamente la lista sería así:

- La evidencia (si existiera) de que se ha producido una falla.
- Las maneras (si existiera) en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- Las maneras (si existiera) en que afecta a la producción o a las operaciones.
- Los daños físicos (si existiera) causado por la falla.
- Qué debe hacerse para reparar la falla.

Al Responder solo a las cuatro primeras preguntas del análisis esto nos ofrece oportunidades significativas para mejorar el rendimiento y la seguridad de los equipos. Además, permite identificar y corregir errores de manera efectiva. Este enfoque también fomenta una mayor comprensión global sobre el funcionamiento y la gestión de los activos, promoviendo mejoras tanto operativas como en conocimiento de los activos. Basado en Moubray, (1992).

Definiendo los pasos anteriores podemos seguir con:

1.6.8 Matriz de decisión o árbol lógico: Nos permitirá identificar y sistematizar los pasos a seguir.

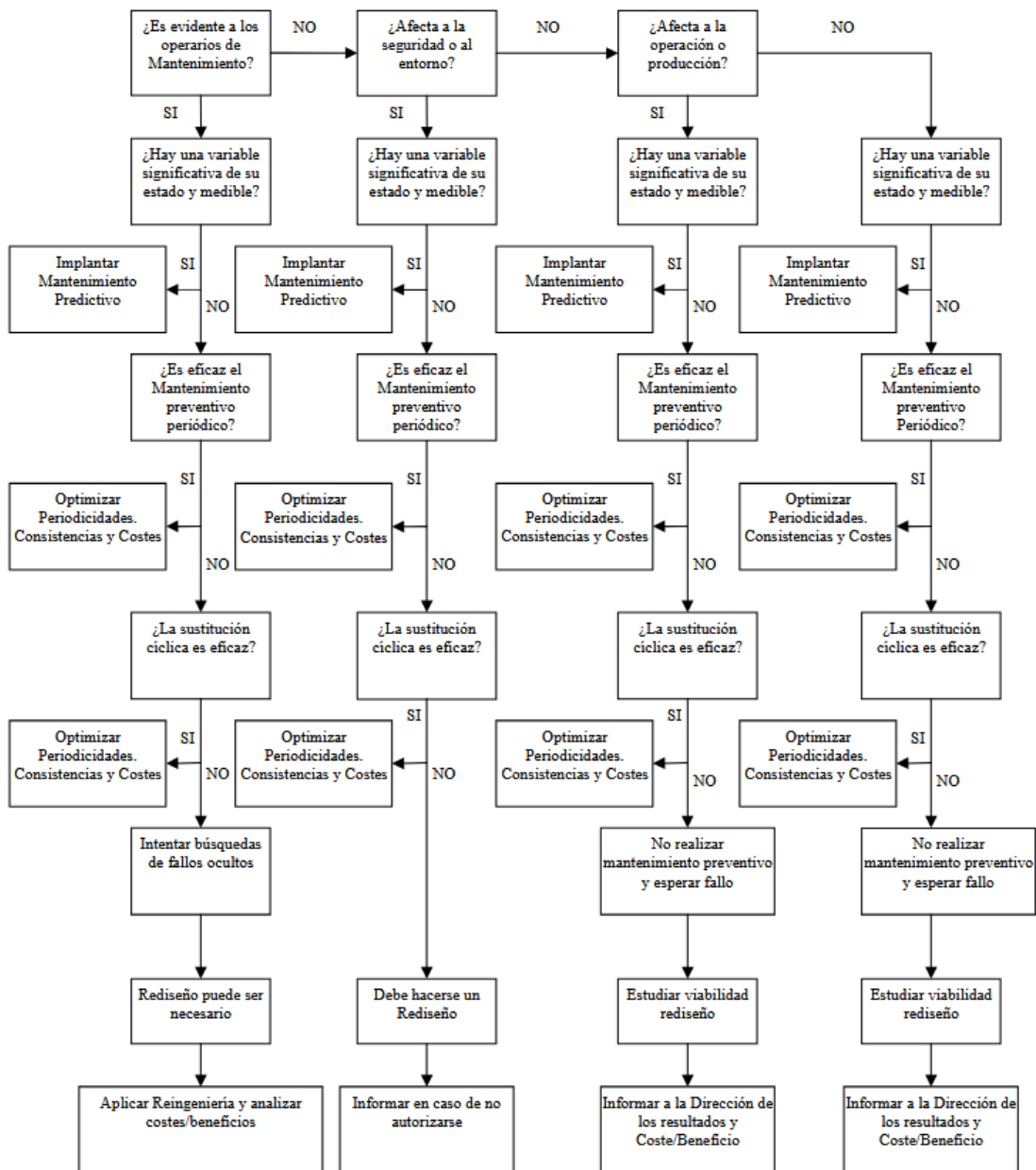


Figura 1-2: Ejemplo de matriz de decisiones. Fuente: extraída de Rivera Rubio, E. M. (2011).

1.6.9 El AMFE (Failure Modes and Effects Analysis)

Es una metodología sistemática utilizada en mantenimiento para identificar, analizar y prevenir fallos en procesos y sistemas. Su objetivo principal es evitar errores y fallos recurrentes mediante un análisis estructurado basado en experiencias pasadas. Este enfoque no busca culpables, sino las causas de los fallos, proponiendo medidas correctivas y preventivas para evitar que se repitan.



El método AMFE tiene su origen en las industrias automotriz y aeronáutica durante los años 80, donde se utilizó inicialmente para analizar fases de diseño, procesos fabriles y sistemas de explotación. En el ámbito del mantenimiento, se adapta para evaluar los efectos de los fallos y priorizar acciones según su nivel de riesgo.

Puntos clave del AMFE:

Análisis sistemático: Examina las fallas, sus causas y efectos, con énfasis en el aprendizaje y la mejora continua.

Clasificación de fallos:

- Criticidad: Evalúa la gravedad y la probabilidad de ocurrencia.
- Origen del fallo: Considera factores como errores operativos, desgaste, mal diseño, o fatiga.

Trabajo colaborativo: Involucra a equipos multidisciplinarios de diferentes áreas de la empresa (mantenimiento, producción, ingeniería) para estructurar problemas, identificar funciones críticas y deducir soluciones preventivas.

El resultado del análisis debe documentarse en fichas rigurosas que incluyan conclusiones y propuestas concretas de mejora. Estas fichas son auditables y permiten dar seguimiento a las medidas implementadas.

El AMFE es una herramienta esencial para calificar la importancia de los fallos, priorizar acciones y diseñar medidas preventivas que mejoren la confiabilidad y eficiencia del sistema analizado. Basado en Rivera Rubio, E. M. (2011).

1.7 ¿Qué es confiabilidad?

Se entiende como confiabilidad $C(t)$, a la probabilidad de que un componente o que equipo satisfaga las funciones establecidas sin fallas durante un tiempo dado y en un contexto definido. Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

1.7.1 Tiempo medio entre fallas (MTBF):

El MTBF (Mean Time Between Failures) se usa para determinar el intervalo promedio entre dos fallas de un equipo o sistema en condiciones específicas de operación. Este parámetro aplica tanto a componentes individuales como a

sistemas complejos, siempre que se reparen después de fallar. Matemáticamente, se calcula como el tiempo total de operación (T_o), menos el tiempo destinado a reparaciones o paradas no planificadas (T_{np}), dividido por el número total de fallas (Cf).

$$\text{Formula: } MTBF = \frac{T_o - T_{np}}{Cf}$$

Basado en Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

1.7.2 Tiempo medio para la falla (MTTF)

El MTTF (Mean Time To Failure) mide el tiempo promedio que transcurre hasta que un componente o elemento falla y necesita ser reemplazado. Aunque similar al MTBF, la diferencia es que no considera el tiempo de reparación. Para calcular, se toma el tiempo de operación (T_o) multiplicado por el número de unidades en funcionamiento (n), y se divide por la suma de las fallas ocurridas ($Cf_{(i)}$) para todas las unidades durante el período considerado. Basado en Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

$$\text{Formula: } MTTF = \frac{T_o \cdot n}{\sum CF(i)}$$

El MTTF es útil para analizar poblaciones grandes de componentes, donde el resultado es más preciso si el período de observación es amplio. Debo señalar que, aunque MTTF y MTBF son conceptos relacionados, no son intercambiables, es decir, el MTTF asume un tiempo de reparación nulo. Además, no debe confundirse con la vida útil, que representa un caso especial del MTTF. La vida útil es representativa solo cuando las fallas ocurren en tiempos similares dentro de una muestra de componentes, mientras que el MTTF se enfoca en el promedio general del tiempo de operación antes de fallar.

En algunos casos, puede ser difícil estabilizar el cálculo del MTTF debido a la dispersión de datos, pero sigue proporcionando información valiosa sobre la confiabilidad del componente analizado.

1.7.3 Tiempo medio para reparación (MTTR)



El MTTR (Mean Time To Repair) es un parámetro que mide el tiempo promedio necesario para realizar reparaciones en un equipo o sistema. Se calcula dividiendo el tiempo total dedicado a las intervenciones de restauración (T_{tr}) por la cantidad total de reparaciones realizadas (C_r). Este indicador es particularmente útil cuando se analiza un grupo de equipos con características similares y se llevan a cabo reparaciones del mismo tipo.

$$\text{Formula: } MTTR = \frac{T_{tr}}{C_r}$$

Basado en Pistarelli, Alejandro J.. (2010).

1.8 Análisis de criticidad.

El Análisis de criticidad es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, para facilitar la toma de decisiones.

Posibilita direccionar el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual R. Huerta, (2010).

1.8.1 Factor de criticidad: Para realizar un Análisis de Criticidad primero debemos de obtener el Factor de Criticidad de cada máquina según el siguiente esquema:

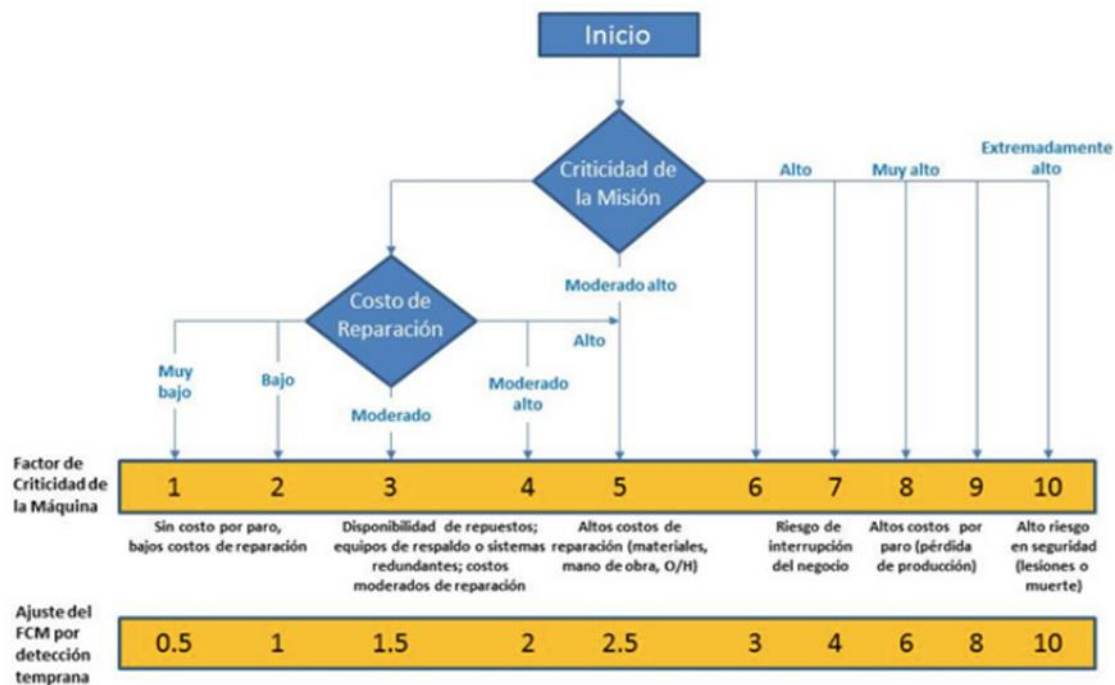


Figura 1-3: Factor de criticidad de la máquina. Fuente: Extraída de R. Huerta (2010).

1.8.2 Factor de ocurrencia: Luego obtenemos el factor de ocurrencia que se encuentra plasmado en la siguiente tabla:

Factor de Ocurrencia de Falla (FOF)			
FACTOR DE OCURRENCIA DE FALLA		METODO A. SE CONOCE LA HISTORIA DE CONFIABILIDAD DE LA MÁQUINA	METODO B. SE DESCONOCE LA HISTORIA DE CONFIABILIDAD DE LA MAQUINA
1	Nunca	La máquina tiene una larga trayectoria, nunca ha fallado y no muestra signos de afectar la confiabilidad	Completar el "Cociente de Elementos de Confiabilidad"
2	Rara vez	La máquina es altamente confiable, y rara vez ha fallado (+ de 15 años de vida en servicio)	
3	Raro	La máquina puede operar por más de 10 años sin fallar	
4	Poco frecuente	Se sabe que la máquina falla pero sólo después de 5 o más años	
5	Ocasionalmente	Las fallas suelen ocurrir en un rango entre 3 y 8 años	
6	Común y probable	Las fallas suelen ocurrir después de 3 a 5 años de su vida en servicio	
7	Poco frecuente	Las fallas tienden a ocurrir después de 2 a 5 años de su vida en servicio	
8	Frecuente	Las fallas tienden a ocurrir después de 1 a 3 años de su vida en servicio	
9	Muy frecuente	Las fallas ocurren frecuentemente entre 0.5 y 2 años de vida en servicio	
10	Crónica y cierta	Se espera que las fallas ocurran en menos de 1 año de su vida en servicio	

Figura 1-4: Factor de ocurrencia de falla. Fuente: Extraída de R. Huerta (2010).

1.8.3 Factor de criticidad de la máquina:

Por último, con los datos entregados anteriormente, podemos generar el factor de criticidad de la maquina según la siguiente matriz:

		FACTOR DE CRITICIDAD DE LA MAQUINA												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Color	Riesgo	Acción requerida
FACTOR DE OCURRENCIA DE FALLA	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Riesgo Extremo Alto Riesgo Manejable Menor Bajo Riesgo	Acción Inmediata Alta Prioridad Tan pronto como sea posible Mejora Continua Ninguna
	2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20			
	3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30			
	4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40			
	5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50			
	6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60			
	7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70			
	8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80			
	9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90			
	10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100			

Figura 1-5: Factor de criticidad de la máquina. Fuente: Extraída de R. Huerta (2010).

Por lo tanto, el enfoque de un análisis de criticidad finalmente es establecer un planteamiento que facilite la identificación y clasificación de procesos, sistemas y equipos dentro de una empresa con varios equipos. Este análisis permite dividir los elementos en segmentos que puedan ser gestionados de manera controlada. La información obtenida durante el estudio puede ser utilizada para:

- Priorizar las órdenes de trabajo en operaciones y mantenimiento.
- Priorizar los proyectos de inversión.
- Diseñar estrategias de mantenimiento.
- Determinar políticas para la gestión de repuestos y materiales.
- Orientar las estrategias de mantenimiento hacia las áreas o sistemas de mayor criticidad.

1.9 Análisis de causa raíz (ACR).

Esta herramienta es un método para identificar las causas de un problema con el fin evitarlas o disminuirlas en un futuro.

1.9.1 ¿Por qué es necesario implementar un análisis de causa raíz?

Es muy necesario, ya que las organizaciones suelen responder a problemas con soluciones rápidas, sin embargo, depender de mejoras rápidas requiere que estas se vuelvan a repetir varias veces. Enfocarse en soluciones a corto plazo no es adecuado para una mayor rentabilidad y crecimiento organizacional.

Para mejorar la eficiencia y rentabilidad, necesitamos observar más allá de la superficie de la raíz del problema o situación, observando el efecto (el cual solamente es el síntoma) de un problema, y deduciendo qué lo ha causado. Se pueden crear soluciones preventivas que deberían poner fin al problema, con la finalidad de entender la fuente del problema, por lo tanto, se tendría que desarrollar un análisis de causa raíz.

Existen guías para realizar un análisis de causa raíz, las cuales tienen el propósito de identificar la causa o las causas que inicia la generación de los eventos no conformes que atacan a proceso, estas pautas se enlistan a continuación:

Según Ruiz-Lopez, P., Rodriguez-Salinas, C. G., & Alcalde-Escribano, J. (2005).



Figura 1-6 : Pasos para definir idea de causa raíz. Fuente: Extraído de Ruiz-Lopez, P., Rodriguez-Salinas, C. G., & alcalde-Escribano, J. (2005).

1.9.2 Diagrama Causa-Efecto o Diagrama de Ishikawa.

El diagrama de Causa-Efecto, también llamado como Ishikawa o análisis de 6Ms, es una técnica bastante útil para realizar un análisis de causa raíz más compleja,

profunda y detallada. Este tipo de diagrama identifica todos los potenciales factores que contribuyen a la generación de un problema en el proceso. En este diagrama se analizan factores como son en los listados a continuación:

- Mano de Obra
- Método
- Maquina
- Material
- Medio ambiente
- Medición

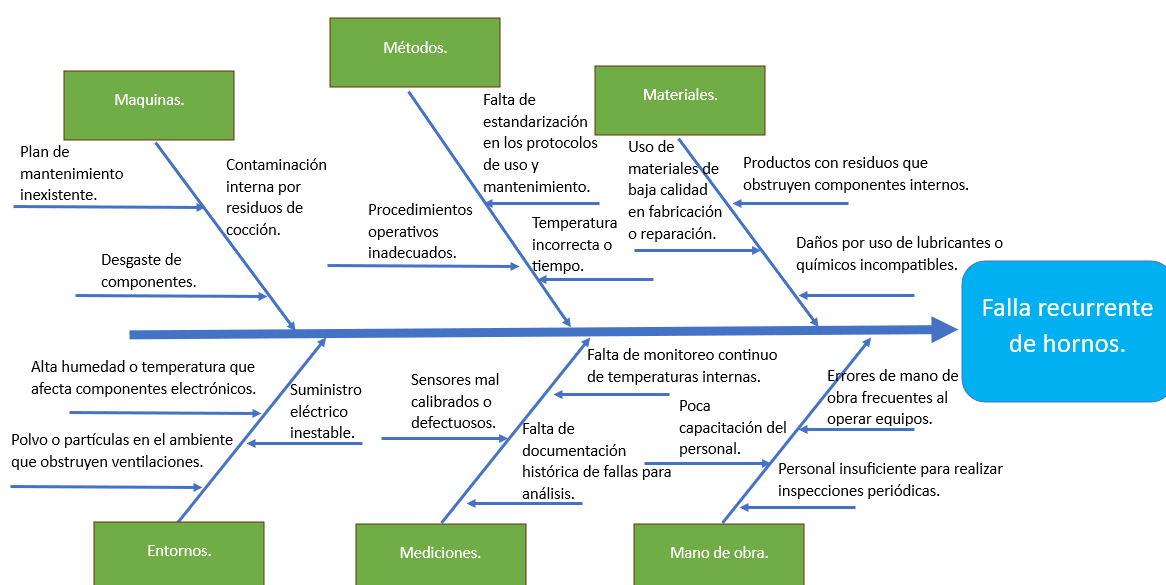


Figura 1-7: Ejemplo de diagrama de Ishikawa. Fuente: Elaboración propia.

Con toda la información reunida del marco teórico, tenemos las aptitudes suficientes para realizar el planteamiento del problema que posee Panadería Las Torres.

Capítulo II: Planteamiento del problema.

2.1 Antecedentes del proyecto.

Las empresas a nivel mundial que elaboran productos con materias primas, se exigen que estas operen con un nivel de excelencia óptimo. Es decir, deben cumplir con elaborar sus productos, pero además deben hacerlo de forma rápida, precisa y eficiente con tal de asegurar la calidad del producto. J. Oyarce (2013) Sostiene que " Por gestión de excelencia se entiende, en términos generales, a aquel conjunto de prácticas sobresalientes aplicadas en la



administración y gestión de la empresa, con el fin de obtener resultados relevantes, a base de un conjunto de principios, valores y conceptos claves compartidos por toda la organización.”

Es decir, que para obtener esto es importante que se cumplan ciertos requisitos, tales como poseer equipos confiables que nos aseguren un estado óptimo, con el propósito de mantenerse así el mayor tiempo posible. Según Pistarelli, Alejandro J.. (2010). Si las instalaciones se conciben aisladas del contexto de funcionamiento del que forman parte, las acciones tomadas no tendrán la profundidad necesaria para satisfacer los resultados esperados. Muchas acciones irán dirigidas a objetivos intrascendentales y se generarán gastos innecesarios. Por otra parte, se correrá el riesgo de omitir tareas imprescindibles para evitar o minimizar perjuicios en la seguridad o el entorno.

Por el contrario, si se considera a los activos dentro del sistema productivo y formando parte de un proceso integrado, donde no haya propiedades absolutas sino relativas, podremos darle al proceso de gestión de mantenimiento mayor alcance, eficacia y eficiencia.

Asumir que los equipos pertenecen a un proceso sistémico pondera la hipótesis del contexto y permite conocer sus funciones en profundidad para mantenerlas en estado operativo.



Figura 2-1: Entrada de Panadería Las Torres. Fuente: Elaboración propia.

La empresa Panadería las Torres fue fundada en el año 2016 por Mauricio Alejandro Pinera Gutiérrez y Virginia Soledad Reyes. Su ubicación es en Avenida Par Vial Las Torres 3784, San Pedro de la Paz, Además, su infraestructura es dentro de una casa adaptada para la producción y venta. Esta empresa es familiar y su representante legal es Mauricio Alejandro Pineda Gutiérrez.

La trayectoria de la empresa es casi de 8 años, y el horario de atención es de 7:30 am a 21:00pm de lunes a sábados en horas continuadas y el sector donde se ubica la Panadería tiene un nivel socioeconómico de clase media.

El equipo de trabajo se compone de:

- Administrador de la empresa y mantenedor.
- Maestro Pastelero
- Repostero
- Vendedores con sistemas de turnos (3)
- Contador auditor

La empresa cuenta con distintos equipos de producción mencionados a continuación:



1. Hornos Industriales (3):
2. Amasadora (1):
3. Batidora (1):
4. Laminadora o sobadora de masa (1):
5. Cortadoras de pan (1):
6. Congeladores (4):
7. Vitrinas de refrigeración (7)

Además, Panadería las Torres posee un vehículo a disposición para repartos y compras de mercadería.

En tecnología se utiliza un software de gestión que facilita la venta e inventario de los productos existentes en el Minimarket y Panadería.

Panadería Las Torres nació aprovechando una ubicación estratégica, en una zona con alta frecuencia de vehículos y peatones.

Desde sus inicios, se ha destacado por ofrecer un servicio integral, que combina una tradicional panadería junto a un Minimarket el cual brinda una amplia gama de productos, incluyendo diferentes variedades de pan, dulces, pasteles, bebidas, congelados, abarrotos, frutas, verduras, productos de limpieza y otros productos para la canasta familiar. La combinación de calidad, conveniencia y cercanía con sus clientes ha permitido que la empresa sea una opción preferida para la población local.

En panadería Las Torres no existe un plan de mantenimiento para los equipos que se utilizan diariamente, lo cual evidentemente genera riesgos, ya que, si un equipo crítico como hornos, amasadoras, batidoras, refrigeración llegasen a fallar, la panadería tendría que detener la producción para solucionar el problema, por lo tanto, la paralización sería indefinida, y la empresa tendría pérdidas importantes por no contar con uno de sus servicios básicos.

La falta de un mantenimiento puede incrementar los costos operativos a largo plazo, no solo por reparaciones imprevistas, sino también por la reducción en la vida útil de los equipos. Las fallas ocurren generalmente en amasadoras, hornos, laminadora, neveras y congeladores, estas suelen fallar en promedio cada 6 meses lo cual afecta directamente la calidad de los productos, pero también genera un descontento en los clientes al tener que detener la venta de pan,



dulces y pasteles o productos refrigerados. Lo cual impacta en la competitividad, ya que el tiempo inactivo de las maquinas afecta en la producción de los dulces, distintos tipos de panes, empanadas, etc. Lo que conlleva, clientes insatisfechos que se dirigen a otras empresas a comprar productos similares que ofrece Panadería Las Torres.

Según Naik et al., (2010) "La satisfacción del cliente tiene un efecto en la rentabilidad de casi todas las empresas; sin embargo, la presencia de clientes insatisfechos tiene un efecto aún mayor en el resultado final; los clientes que reciben un servicio deficiente suelen divulgar su insatisfacción a un promedio de entre quince y veinte personas más."

2.2 Descripción.

Este proyecto de título se centra en la problemática de la falta de un plan de mantenimiento en los equipos de Panadería Las Torres. Actualmente, la ausencia de una estrategia de mantenimiento genera frecuentes fallas en los equipos, ocasionando interrupciones en la producción y altos costos de reparación. Por lo tanto, este proyecto busca desarrollar una propuesta de plan de mantenimiento estructurado, que permita optimizar el rendimiento de los equipos, reducir el tiempo de inactividad y mejorar la eficiencia operativa de la panadería. Con ello, se espera garantizar una operación continua, reducir los costos asociados a fallas inesperadas y extender la vida útil de los equipos.

2.3 Justificación del Proyecto.

El proyecto está destinado a resolver problemas relevantes como la falta de un plan de mantenimiento en la empresa lo cual genera fallas inesperadas en los equipos. El objetivo principal es no tener paros de producción que conlleven elevadas pérdidas y costos de reparación. Además, el proyecto permitirá optimizar el rendimiento de los equipos, reducirá costos operativos, aumentará la productividad y satisfacción del cliente.

Las fallas ocurren generalmente cada 6 meses y estas afectan directamente la calidad de los productos, pero también genera un descontento en los clientes al tener que detener los servicios de la empresa o disminuir la producción por falta de máquinas operativas.

Según Monchy, Francois. (1990).

“El mantenimiento es la “medicina de las maquinas””.

Existe una analogía, puesta en evidencia en el siguiente cuadro:

SALUD DEL HOMBRE		Analogía		SALUD-MÁQUINA	
Conocimiento del hombre	Nacimiento	Puesta en servicio		Conocimiento de la tecnología	
Conocimiento de las enfermedades	Longevidad	Durabilidad		Conocimiento de los tipos de fallos	
Carnet de salud				Histórico	
Dossier médico				Dossier máquina	
Diagnóstico, examen, visitas	Buena salud	Fiabilidad		Diagnóstico, prueba, inspección	
Conocimiento de los tratamientos				Conocimiento de las acciones curativas	
Tratamiento curativo				Arreglo, reparación	
Operación				Renovación, modernización, recambio estándar.	
	Muerte	Rechazo			
MEDICINA				MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	

Figura 2-2: Analogía de salud-maquina a salud Humana. Fuente: Extraído de Monchy, Francois. (1990).

El cual refleja el importante rol que tiene un mantenedor en un área de producción, ya que al igual que la salud del hombre si no llevamos un control adecuado de las enfermedades esto podría afectar directamente a la longevidad y salud de la persona que en algunos casos llevan a la muerte, por lo tanto podemos decir lo mismo de la maquinas, es decir siguiendo esta lógica, si no existe un control adecuado en cuanto a la durabilidad y fiabilidad esto podría incidir directamente en fallas inesperadas o en casos extremos muerte del equipo.

Por esto es importante mencionar que en Panadería Las Torres las maquinas que fallan más frecuentemente son:

Hornos Industriales (3): Los hornos son muy importantes para hornear el pan y otros productos de repostería, lo cual asegura que los alimentos alcancen la textura requerida, sabor y calidad deseados.



Figura 2-3: Horno industrial. Fuente: Elaboración propia.



Figuras 2-4: Hornos industriales. Fuente: Elaboración propia.

La falla de un horno interrumpe completamente la cocción de productos. Lo que conlleva disminuir la producción o en casos extremos pérdidas de productos en proceso y no poder satisfacer la demanda de los clientes.

Amasadora (1): Mezclan y amasan los ingredientes, lo que crea una masa uniforme con la consistencia necesaria para cada tipo de pan o producto.



Figura 2-5: Amasadora. Fuente: Elaboración propia.

En caso de que la amasadora falle, la preparación de la masa se detiene, lo cual provoca retrasos en la producción, ya que al mezclar manualmente la masa requiere más tiempo debido a la gran producción que se realiza diariamente. Esto repercute en la calidad y satisfacción del cliente.

Batidora (1): La batidora se utiliza especialmente para masas más ligeras, cremas y otros rellenos.



Figura 2-6: Batidora. Fuente: Elaboración propia.

La falla de una batidora ha provocado disminución en producción de productos de repostería, disminuyendo el stock y la fidelidad de algunos clientes.

Laminadora o sobadora de masa (1): El trabajo de este equipo es aplanar y estirar la masa de manera uniforme.



Figura 2-7: Laminadora. Fuente: Elaboración Propia.

Sin la sobadora, el proceso de estirado de la masa se vuelve manual, lo que es mucho más lento y puede llevar a inconsistencias en el grosor de la masa. Esto afecta la calidad final del producto, generando desperdicio de materia prima y retrasos en la producción.

Cortadoras de pan: Las cortadoras de pan facilitan el corte uniforme de panes y otros productos en rebanadas iguales, generando una presentación consistente y agilizando el proceso de empaquetado.

En el caso de Panadería las Torres no existe una cortadora de pan, por lo tanto, los cortes se realizan manualmente.

Congeladores (4): Estos equipos son esenciales para almacenar ingredientes y productos perecibles, manteniéndolos a temperaturas seguras que retrasan la descomposición y preservan la calidad.



Figura 2-8: Congelador. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2-9: Congelador. Fuente: Elaboración propia.

El que estos equipos fallen provocaría pérdidas de materia prima, y no generaría producción la empresa, además generaría problemas sanitarios.

Vitrinas de refrigeración (7): Permiten exhibir los productos de forma atractiva, manteniéndolos frescos y visibles para los clientes.



Figura 2-10: Vitrina de refrigeración. Fuente: Elaboración propia.



No tener vitrinas podría impactar en una visión negativa hacia los clientes por su precaria presentación, reduciendo la probabilidad de venta.

En los primeros años del siglo XXI la calidad ha dejado de ser una prioridad competitiva para convertirse en un requisito imprescindible para competir en muchos mercados. Es decir, tener calidad no garantiza el éxito, si no que supone una condición previa para competir en el mercado Según Gonzalez (2007).

La calidad del servicio es un concepto multidimensional porque los clientes evalúan una variedad de dimensiones Gambo, (2016). Según Grönroos (1984), es el resultado de un proceso de evaluación, ya que los consumidores a menudo hacen una comparación entre lo que esperan con lo que reciben; mientras que Parasuraman et al. (1985, 1988), la definen como la diferencia entre las percepciones del cliente y sus expectativas de un servicio excelente dentro de esa industria. Así, la definición de calidad del servicio se basa en la satisfacción de los requisitos del cliente, confiando en la capacidad de la organización para determinarlos y luego cumplirlos Felix, (2017).

Por su parte, la satisfacción del cliente es una de las áreas de más rápido crecimiento en la investigación de mercado actual Hoffman y Bateson, (2011); debido a su importancia reconocida, ha sido un tema que ha generado una atención considerable entre los académicos Jashireh et al., (2016); y es un concepto que ha sido abordado ampliamente desde diferentes ángulos, teóricos y prácticos, incluso, bajo la metodología de casos de estudio y estudios empíricos Cruz et al., (2016).

La necesidad de suministro de un servicio de calidad ha sido destacada, y una de las formas en que las empresas pueden obtener clientes potenciales es ofreciendo servicios que brinden satisfacción al cliente Obioma, (2016). El énfasis en la satisfacción del cliente a menudo se deriva de la idea de que mantener a los clientes actuales es mucho menos costoso que tratar de atraer nuevos clientes Jashireh et al, (2016).

Definida como una comparación de percepciones y expectativas de servicio previstas, la satisfacción del cliente se ha asociado con beneficios tales como ventas repetidas, ventas más frecuentes, mayores ventas por transacción, comunicaciones positivas de boca en boca, aislamiento de la competencia de



precios y ambientes de trabajo agradables para empleados Hoffman y Bateson, (2011).

Panadería las torres tiene un gran impacto en el sector San Pedro de la Costa, ya que diariamente solo en cuanto a ventas de pan, en promedio, se vende 1 kg para cada familia y en la empresa llegan a comprar hasta 160 hogares. Además, la empresa tiene contratados a 5 trabajadores remunerados por sueldos de acuerdo a lo establecido legalmente, por lo tanto, está comprometida a remunerarlos todos los meses, y si la empresa no obtiene ingresos debido a fallas inesperadas, viéndose obligada a parar la producción y cerrar la empresa por no contar con un plan de mantenimiento, tendría problemas legales con sus trabajadores.

El hecho de parar la producción solo de pan, impactaría en los ingresos de la empresa, ya que por 1 día que no se vende pan la empresa pierde aproximadamente 300.000 clp.

Por lo tanto, si nos vamos a casos extremos, como una parada de 1 mes; la empresa perdería 7.800.000 clp.

Por esto, la propuesta de elaboración de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y la Gestión de Activos en la Panadería "Las Torres" es muy relevante y necesario, ya que nos permitirá abordar estos problemas específicos que actualmente la empresa posee.

2.4 Beneficios del proyecto.

El proyecto aportará diversas herramientas de alto valor que permitirá desarrollarse con las soluciones que este entregará; mejorando los procesos de producción, y ayudando con conocimientos nuevos para los trabajadores de mantenimiento que podrán ser aplicados para la mejora continua de Panadería las Torres.

Al elaborar un análisis de criticidad, se minimizarán las fallas inesperadas que podrían generar reparaciones de alto costo e incluso en casos extremos comprar otro equipo. Esto nos ayuda a disminuir significativamente los costos operativos y a una mejor gestión del capital de la empresa.



Según R. Huerta (2010). "Un buen estudio de criticidad permite potenciar el adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal, dado que se puede diseñar un plan de formación técnica, artesanal y de crecimiento personal, basado en las necesidades reales de la instalación, tomando en cuenta primero las áreas más críticas, que es donde se concentra las mejores oportunidades iniciales de mejora y de agregar el máximo valor."

Un mantenimiento adecuado asegura que los procesos de producción no se vean interferidos, lo que mejora significativamente la productividad. Al garantizar la disponibilidad continua de productos frescos y de alta calidad, la panadería puede cumplir con lo que esperan los clientes de los productos y así mantener su reputación en el mercado local, ya que según Hoffman y Bateson, (2011) "la satisfacción del cliente se ha asociado con beneficios tales como ventas repetidas, ventas más frecuentes, mayores ventas por transacción, comunicaciones positivas de boca en boca, aislamiento de la competencia de precios y ambientes de trabajo agradables para empleados."

Un programa de mantenimiento bien estructurado ayuda a cumplir con las normativas locales e industriales en cuanto a seguridad alimentaria y de equipos. La gestión de activos también puede incluir medidas para asegurar que los equipos de la panadería operen de acuerdo a los estándares de seguridad, reduciendo bastante el riesgo de accidentes laborales.

También al aumentar la eficiencia de los equipos y reducir el consumo energético, el plan de mantenimiento ayuda a un uso más sostenible de los recursos. Lo cual no solo tiene beneficios económicos, sino que también mejora el compromiso de la empresa con el medio ambiente.

En un mercado competitivo donde la confiabilidad y la calidad son factores claves para la satisfacción del cliente, un plan de mantenimiento sólido y bien gestionado ofrece una ventaja competitiva a diferencia de otras empresas. Al evitar tiempos de inactividad y mantener la calidad de los productos, Panadería "Las Torres" puede posicionarse como un negocio eficiente y confiable, sobresaliendo de otras competencias en el mercado.

2.5 Diagnóstico del problema.

Como mencioné anteriormente existen los siguientes trabajadores en la empresa y sus remuneraciones son las siguientes:

2.5.1 Tabla de remuneraciones

Tabla de remuneraciones			
Labor	Remuneración mensual (CLP)	Nº Trabajadores	Remuneración final (CLP)
Vendedor Part Time	300.000	3	900.000
Maestro pastelero	400.000	1	400.000
Maestro Panadero	700.000	1	700.000
Administrador y mantenedor.	1.200.000	1	1.200.000
Contador auditor	200.000	1	200.000
Total			3.400.000

Tabla 2,1: Tabla de remuneraciones. Fuente: Elaboración propia.

2.5.2 Procesos productivos de la empresa.

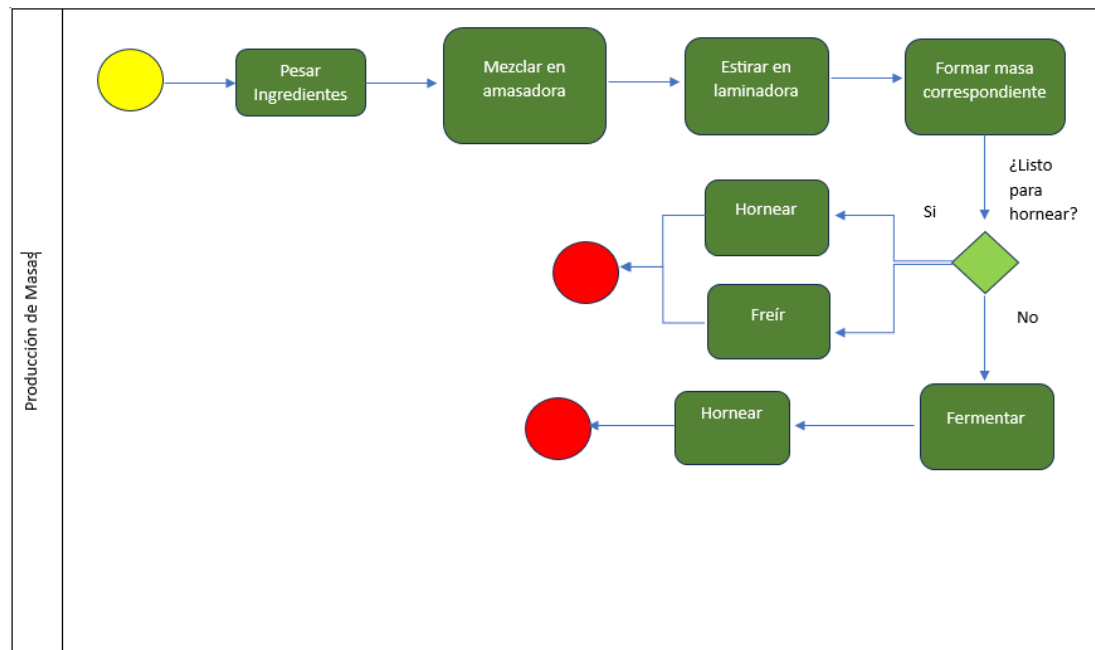


Tabla 2,2: Proceso de masas. Fuente: Elaboración propia

El esquema nos muestra la línea de procesos para la producción del pan, masas de sopaipillas, de dulces, etc.

Tiempos de panadería	
Labor	Tiempo [Minutos]
Pesar ingredientes	3
Mezclar en amasadora	10
Estirar en laminadora	10
Formar masa	15
Fermentar	30
Hornear	40
Total	108

Tabla 2,3: Tiempos de panadería. Fuente: Elaboración propia.

Tenemos las labores y tiempos en minutos que demora cada procedimiento.

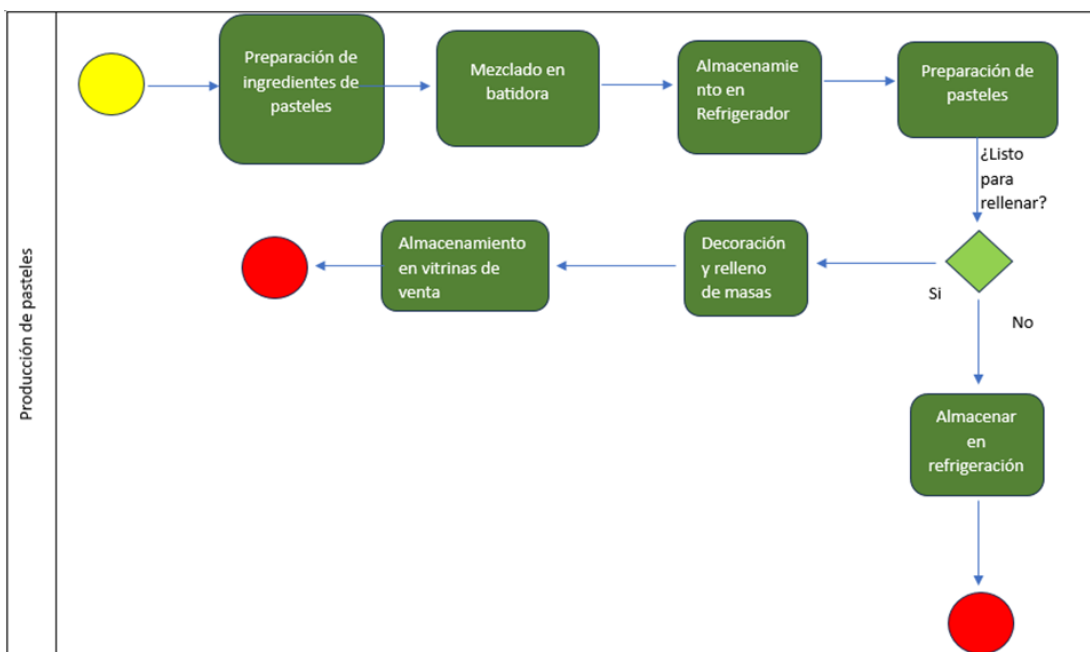


Tabla 2,4: Procesos de pasteles. Fuente: Elaboración propia.

También definimos en el esquema anterior la producción de pasteles.

Tiempos de pastelería	
Tarea	Tiempo[minutos]
Proceso panadería	120
Congelar	60
Batir ingredientes	10
Total	190

Tabla 2,5: Tiempos de pastelería. Fuente: Elaboración propia.

Junto a sus labores y tiempos de cada labor en minutos.

2.5.3 Volumen diario de ventas.

Aquí podemos apreciar el volumen diario de ventas en Panadería las Torres, donde visualizamos distintos productos que produce la panadería.

Producto	Costo[Un]	Producción diaria [Un]	Demanda diaria [Un]	Ingresos por producto
Pan	150	2250	2000	300.000
Sopaipillas	500	30	20	10.000
Empanadas	2000	20	15	30000
Berlines	850	20	15	12750
Pie de limon	1500	2	1	12000
Kuchen de durazno	1500	2	2	24000
Pan Holandes	750	20	17	12750
Galleton de azucar	600	30	25	15000
Enpolvados	800	30	25	20000
Alfajores	800	30	20	16000
Queque	600	3	2	9600
Colegial	600	3	2	12000
Donas	1000	20	14	14000
Hojaldre	1500	20	20	30000
Total				518.100

Tabla 2,6: Ingresos por producto. Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla podemos notar el impacto que mencionamos anteriormente, el cual hacía énfasis a que la venta diaria de pan es para 160 hogares y esto lo respaldamos de acuerdo a esta tabla que nos indica que la producción diaria de pan es de 2250 [Un], por lo tanto, si esto lo dividimos por 14, que sería un promedio de acuerdo a la cantidad de panes que se pesan para obtener un kilogramo de este, nos da un total de 160 kg de pan, es decir, podríamos intuir que si cada familia consume un kg de pan diario considerando el desayuno-cena y que generalmente por familia en promedio son cuatro personas, podemos decir que panadería las Torres tiene un gran impacto en el sector, ya que diariamente se vende pan para aproximadamente 160 hogares.

2.5.4 Fallas de maquinas

Fallas de maquinas						
Maquina	Año de adquisicion	Ultima falla	Frecuencia [mes]	Tiempo de parada [hr]	Detalle de fallas	Solución
Hornos	2016	2023	18	6	Obstruccion en conductos de gas	Limpieza de valvulas
Amasadora	2016	2022	20	3	Rotura de correas y poleas	Reemplazo de componentes y ajuste
Batidora	2017	2023	23	6	Problemas con rondamiento	Sustitución de pieza dañada
Laminadora	2016	2023	30	8	Desgaste de correas y tension inadecuada	Reemplazar correas y tensionar correctamente
Congeladores	2016	2023	34	48	Falla en compresor	Revisar el nivel de refrigerante y reparar fugas
Vitrina refrigerante	2016	2023	18	48	Fugas refrigerantes	Localizar fuga y reparar

Tabla 2,7: Fallas de máquinas. Fuente: Elaboración propia.

En este apartado se puede visualizar la maquinaria critica existente, el año de adquisición de estas, la última falla, frecuencia [mes] desde que se adquirieron los equipos hasta que ocurrió la última falla, tiempo de parada [hr] de acuerdo a la última falla que ocurrió, por último, se menciona la solución de cada falla.

2.5.5 Análisis de criticidad cualitativo.

Equipo	Factor de ocurrencia de falla. (1-5)	Impacto en la producción (1-5)	Factor de criticidad (P*I)	Justificación
Amasadora (1)	10	5	20	Su falla detiene la producción.
Hornos (3)	10	5	15	Su falla genera pérdidas de productos y paradas críticas.
Batidora (1)	9	5	15	Esencial para mezclas de pasteles.
Laminadora (1)	9	4	12	Relentiza la producción.
Congeladores (4)	4	4	8	Conservación de materias primas. Pérdidas de productos.
Vitrinas de refrigeración (7)	7	4	8	Conservación de materias primas. Pérdidas de productos.

Tabla 2,8: Análisis de criticidad cualitativo. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla de criticidad cualitativa podemos observar los equipos, el factor de ocurrencia, impacto en la producción, factor de criticidad y por último la justificación de cada equipo.

Aquí tenemos el color, riesgo y acción requerida.

Color	Riesgo	Acción requerida
Rojo	Riesgo Extremo	Inmediata
Naranja	Alto riesgo	Alta prioridad
Amarillo	Riesgo Manejable	Tan pronto como sea posible
Verde	Riesgo menor	Mejora continua
Azul	Bajo Riesgo	Ninguna

Tabla 2,9: Descripción de colores. Fuente: Elaboración propia.

2.5.6 Diagrama de Pareto.

En esta tabla utilizamos los datos de fallas para construir el Diagrama de Pareto.

Diagnostico de fallas				
Cod	Maquina	Frecuencia [mes]	%	% Acumulado
E	Congeladores	34	24%	24%
D	Laminadora	30	21%	45%
C	Batidora	23	16%	61%
B	Amasadora	20	14%	75%
A	Hornos	18	13%	87%
F	Vitrina refrigerante	18	13%	100%
Total		143	100%	

Tabla 2,10: Diagnostico de fallas para diagrama de Pareto. Fuente: Elaboración propia.

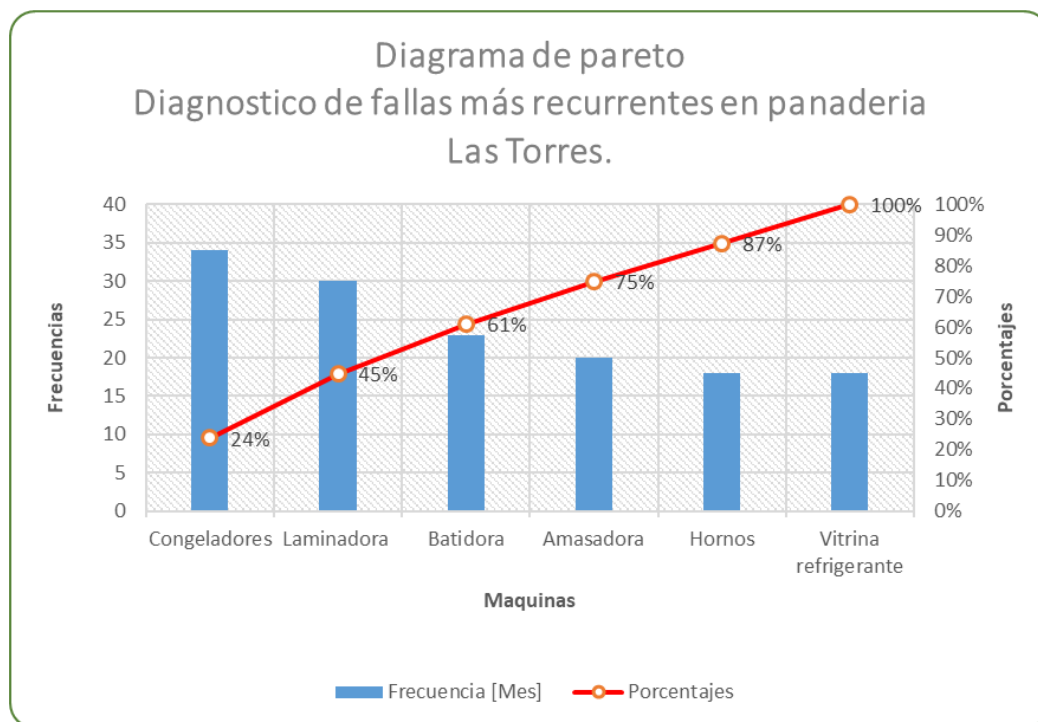


Figura 2-11: Diagrama de Pareto. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al Diagrama de Pareto podemos inferir que existen 4 equipos, los cuales son; congeladores, laminadora, batidora y amasadora, en estos debemos enfocarnos al momento de elaborar el plan de mantenimiento, ya que estos son los que fallan más frecuentemente, pero sin quitarles importancia a los demás

equipos, ya que las fallas que han tenido a lo largo de los años son bastante similares a los demás.

2.5.7 Diagrama de Ishikawa.

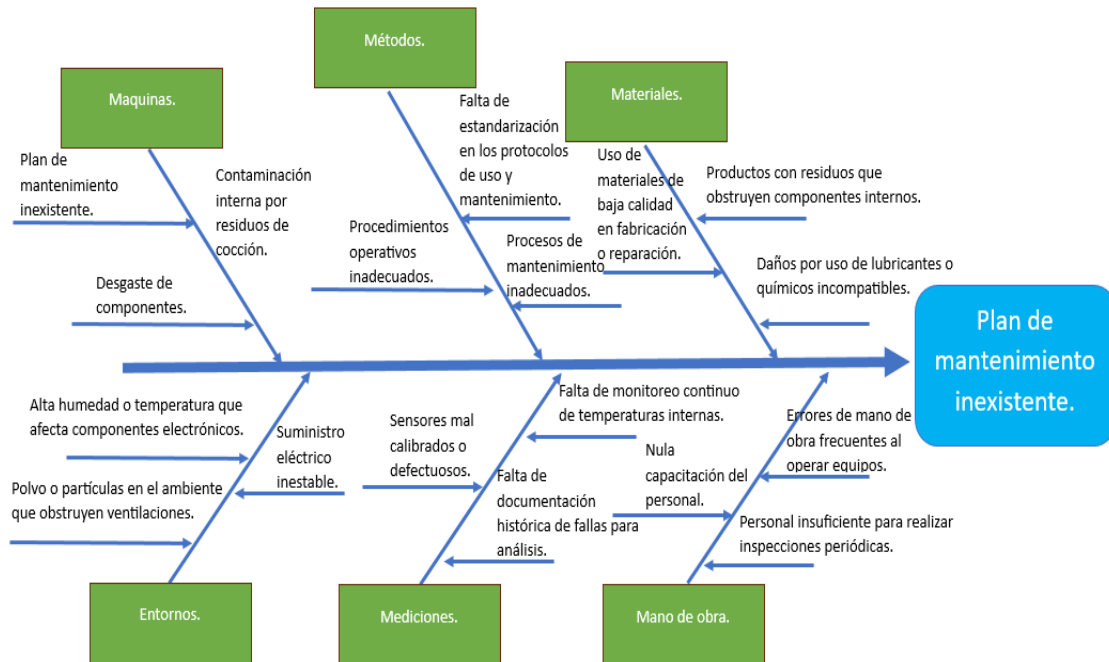


Figura 2-12: Diagrama de Ishikawa. Fuente: Elaboración propia.

¿Por qué ocurre el problema que existe en Panadería Las torres?

De acuerdo al método Diagrama de Ishikawa, podemos identificar la causa raíz, que en este caso es que no existe un plan de mantenimiento en la empresa Panadería Las Torres. Además, especificamos las causas donde se encuentran definidas como: Maquinas, métodos, materiales, entornos, mediciones y mano de obra.

Realizado el diagnóstico del problema utilizando diferentes herramientas como tablas de procesos de producción, remuneración, ingresos diarios, análisis de criticidad cualitativo, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, tenemos suficiente información para realizar el análisis y desarrollo de soluciones.

Capítulo III: Análisis y desarrollo de solución.

3.1 Análisis de situación actual.

- Resumen de problemas identificados: Frecuencia de fallas en equipos críticos (Congeladores, amasadoras, batidora, laminadora, hornos, vitrinas de refrigeración), impacto económico por paradas inesperadas, descontento del cliente debido a la interrupción de servicios.
- Identificación de equipos prioritarios mediante el Diagrama de Pareto:

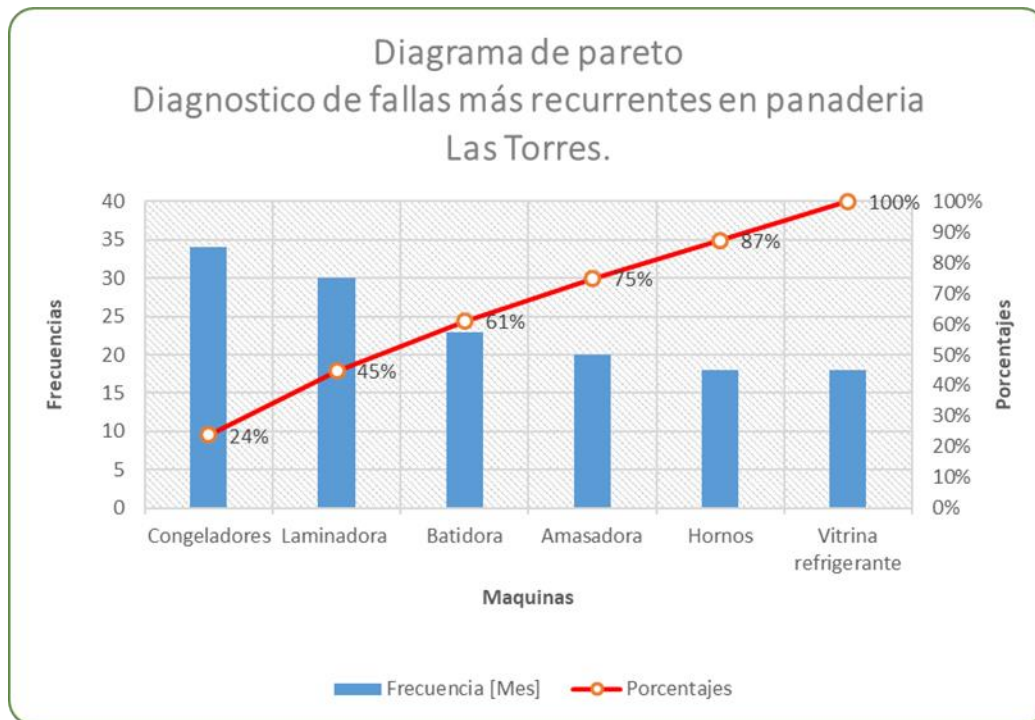


Figura 2-11: Diagrama de Pareto. **Fuente:** Elaboración propia.

Podemos inferir del diagrama que los equipos que presentan más fallas recurrentes son los congeladores, laminadora y batidora, pero no debemos descuidar los demás equipos, por lo tanto, también se debe desarrollar un plan estructurado para amasadora, hornos y vitrinas de refrigeración.

3.2 Diagnostico de causas.

3.2.1 Aplicación del diagrama de Ishikawa.

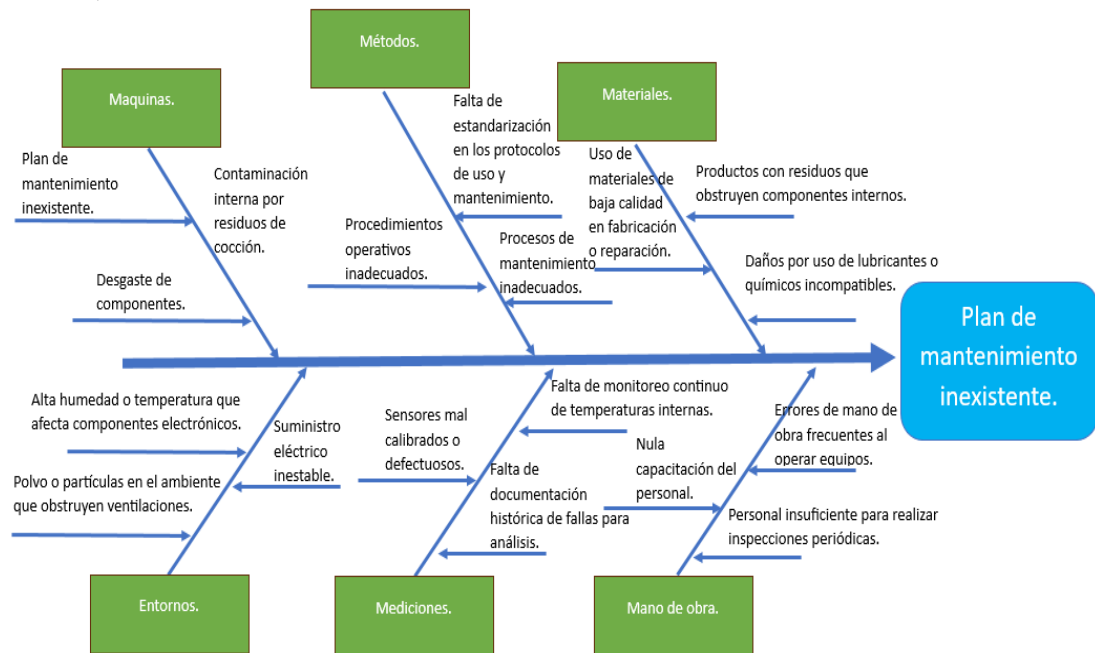


Figura 2-12: Diagrama de Ishikawa. **Fuente:** Elaboración propia.

3.2.2 Resultados del Diagrama de Ishikawa.

De acuerdo al siguiente Diagrama de Ishikawa podemos identificar la causa raíz del problema que en este caso consiste en que no existe un plan de mantenimiento y las causas que provocan esto principalmente derivan en las siguientes:

- Maquinas:** Debido a un desgaste de componentes, maquinas con una vida útil llegando a su fin y contaminación interna por residuos de cocción.
- Métodos:** Por procedimientos operativos inadecuados, procesos de mantenimiento inadecuados, falta de estandarización en protocolos de uso y mantenimiento.
- Materiales:** Uso de materiales de baja calidad en fabricación o reparación, productos con residuos que obstruyen componentes internos, y por último no existe un inventario de repuestos críticos.
- Entornos:** Suministro eléctrico inestable, polvo o partículas en el ambiente que obstruyen ventilaciones, alta humedad o temperatura que afecta a componentes electrónicos.
- Mediciones:** Sensores mal calibrados o defectuosos, falta de monitoreo continuo de temperaturas internas, no existe documentación de fallas históricas para análisis.

- F. Mano de obra: No existe capacitación del personal, el personal es insuficiente para realizar las inspecciones programadas, existen errores frecuentes al operar equipos.

3.2.3 Propuesta de mejoras de acuerdo al diagnóstico Diagrama de Ishikawa.

Podemos decir que el diagnóstico realizado nos entregó la causa raíz del problema, pero además y no menos importante las causas del problema raíz, de las cuales podemos proponer las siguientes mejoras:

A. Maquinas:

- Podríamos aplicar mantenimiento predictivo con técnicas como análisis de vibraciones o termografía para detectar el desgaste de los componentes a tiempo.
- Realizar un plan de replazo de las maquinas con vida útil prontamente a vencer.
- Diseñar un plan de limpieza rutinaria interna para proteger a los equipos de acumulación de residuos.
- Utilizar lubricantes específicos recomendados por el fabricante para prolongar la vida útil de los componentes.

B. Materiales:

- Obtener materiales y repuestos de proveedores certificados.
- Implementar un sistema de inventario que asegure la disponibilidad de repuestos críticos.
- Realizar un plan de limpieza de materiales.
- Seleccionar materiales compatibles con las especificaciones de las máquinas para evitar confusiones o incompatibilidades.

C. Entornos:

- Incorporar reguladores de voltaje para proteger equipos electrónicos sensibles a choques eléctricos.
- Implementar filtros de aire y sistemas de ventilación que permitan reducir la acumulación de polvo.
- Considerar instalar sistema de enfriamiento para zonas críticas.
- Utilizar más sensores para controlar la temperatura y humedad del ambiente.

D. Mediciones:

- Calibrar sensores de forma regular para obtener datos precisos.
- Crear un sistema digital para registrar fallas como en Excel, análisis causa raíz y soluciones que se puedan aplicar.
- Implementar alarmas que notifiquen cuando un parámetro está fuera de lo normal.

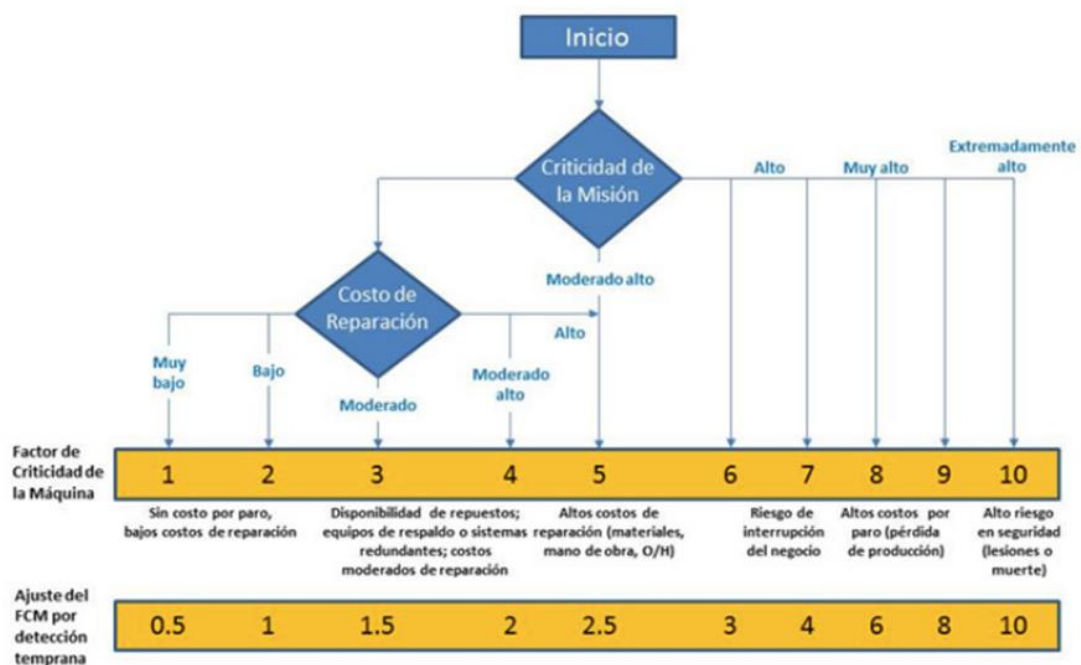
E. Mano de obra:

- Realizar talleres para capacitar a los trabajadores sobre operación segura y mantenimiento de equipos.
- Contratar técnicos calificados para cubrir necesidades de inspecciones y reparaciones.
- Implementar un sistema que permita medir el desempeño de los trabajadores para así ofrecer retroalimentación constante.
- Crea guías visuales y breves que permita informar sobre cada equipo.

3.3 Aplicación de Análisis de criticidad cuantitativo.

La aplicación del análisis de criticidad cuantitativo nos permite identificar equipos críticos mediante datos numéricos que nos permitirá medir y expresar el factor de criticidad de la máquina, factor de ocurrencia de falla, para finalmente obtener la matriz de criticidad global, donde el resultado nos permitirá definir la ubicación de cada máquina en la matriz de criticidad. Como explicamos en el marco teórico anteriormente.

3.3.1 Factor de criticidad de la máquina.





En base a la siguiente tabla generamos el factor de criticidad que corresponde principalmente a la criticidad de la misión, costo de trabajo para luego obtener el factor de criticidad de la maquina:

1. Amasadora: Este equipo se encarga de mezclar la materia prima por lo tanto un paro de este equipo genera un gran impacto en la producción, ya que sin completar este proceso no se puede producir, es por esto que su criticidad de la misión es de 9 muy alta y sus costos de reparación son bajos.
2. Hornos: Los hornos se encargan de la cocción de los productos y es una de las maquinas más importantes en los procesos de producción, además indica un alto riesgo para los operadores, ya que se encuentra a altas temperaturas y se utiliza gas para operar, por esto su criticidad de la misión es de 8 muy alto y los costos de reparación son bajos.
3. Batidora: La batidora en los procesos de masas no está relacionada a pérdidas de producción, pero si en los procesos de pastelería, ya que antes mencionamos que la fuente principal de ingresos es de pan y pastelería por lo tanto si no está operativa esta máquina significaría una pérdida de ingresos, es por esto que su criticidad de la misión es de 6 (alta) y sus costos de reparación son bajos.
4. Laminadora: Este equipo es el encargado de laminar las masas rápidamente para luego ser cortadas, por lo tanto, si esta máquina falla interrumpe totalmente los procesos de producción de masas y generaría perdidas de materia prima, ya que este proceso pasaría a ser manual, lo cual ralentiza todos los procesos que siguen, por lo tanto, la criticidad de la misión es de 8 (muy alto) y sus costos de reparación son bajos.
5. Congeladores: Los congeladores se encargan de almacenar, mantener refrigerada la producción con el fin de retrasar la descomposición de esta y sin estos la producción se descompondría más rápido es por esto que su criticidad de la misión es moderada y su costo de reparación es moderado.
6. Vitrinas de refrigeración: Cumple la misma función de los congeladores solamente que se encargan de exhibir los productos, por lo tanto, su

criticidad de la misión es moderada y su costo de reparación es moderado.

Con todos los datos generados anteriormente podemos crear la siguiente tabla:

Equipo	Criticidad de la misión (1-10)	Costos de reparación	Factor de criticidad
Amasadora (1)	9	Bajo costo	9
Hornos (3)	8	Bajo costo	8
Batidora (1)	6	Bajo costo	6
Laminadora (1)	8	Bajo costo	8
Congeladores (4)	5	Moderado	3
Vitrinas de refrigeración (7)	5	moderado	3

Tabla 3,1: Factor de criticidad de criticidad de la misión. Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2 Factor de ocurrencia de falla.

Aplicando una metodología parecida a la anterior vamos a generar el factor de ocurrencia de falla, guiándonos de la siguiente tabla:

Factor de Ocurrencia de Falla (FOF)			
FACTOR DE OCURRENCIA DE FALLA		METODO A. SE CONOCE LA HISTORIA DE CONFIABILIDAD DE LA MÁQUINA	METODO B. SE DESCONOCE LA HISTORIA DE CONFIABILIDAD DE LA MAQUINA
1	Nunca	La máquina tiene una larga trayectoria, nunca ha fallado y no muestra signos de afectar la confiabilidad	Completar el "Cociente de Elementos de Confiabilidad"
2	Rara vez	La máquina es altamente confiable, y rara vez ha fallado (+ de 15 años de vida en servicio)	
3	Raro	La máquina puede operar por más de 10 años sin fallar	
4	Poco frecuente	Se sabe que la máquina falla pero sólo después de 5 o más años	
5	Ocasionalmente	Las fallas suelen ocurrir en un rango entre 3 y 8 años	
6	Común y probable	Las fallas suelen ocurrir después de 3 a 5 años de su vida en servicio	
7	Poco frecuente	Las fallas tienden a ocurrir después de 2 a 5 años de su vida en servicio	
8	Frecuente	Las fallas tienden a ocurrir después de 1 a 3 años de su vida en servicio	
9	Muy frecuente	Las fallas ocurren frecuentemente entre 0.5 y 2 años de vida en servicio	
10	Crónica y cierta	Se espera que las fallas ocurran en menos de 1 año de su vida en servicio	

De acuerdo a la tabla que nos entregaba todas las fallas ocurridas desde que se adquirieron las maquinas podemos definir el factor de ocurrencia para cada máquina de acuerdo a los niveles presentados en esta figura.

1. Amasadora: De acuerdo a los datos entregados por la empresa las amasadoras fallaron en total 20 veces desde que se adquirieron las maquinas, estas fallaban generalmente cada 6 meses todos los años, es por esto que su FOF es de 10.
2. Hornos: Los hornos fallaron 18 veces desde que se adquirieron las maquinas, estas fallaban generalmente cada 6 meses todos los años, es por esto que su FOF es de 10.
3. Batidora: La batidora falló 23 veces desde que se adquirió, esta falla generalmente cada 4 meses todos los años, es por esto que su FOF es de 10.
4. Laminadora: La laminadora falló 30 veces desde que se adquirió, esta fallaba generalmente cada 3 meses todos los años, es por esto que su FOF es de 10.
5. Congeladores: Los congeladores fallaron 30 veces desde que se adquirieron, estos fallan generalmente cada 3 meses todos los años, es por esto que su FOF es de 10.
6. Vitrinas refrigerantes: Las vitrinas de refrigeración fallaron 18 veces desde que se adquirieron, estas fallan generalmente cada 6 meses todos los años, es por esto que su FOF es de 10.

Es decir, los datos mencionados podemos verlos en la siguiente tabla:

Equipo	Factor de ocurrencia de falla (1-10)
Amasadora (1)	10
Hornos (3)	10
Batidora (1)	10
Laminadora (1)	10
Congeladores (4)	10
Vitrinas de refrigeración (7)	10

Tabla 3,2: Factor de ocurrencia de cada equipo. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Matriz de criticidad global de la máquina y resultados.

Finalmente utilizando los datos de factor de criticidad de la máquina por el factor de ocurrencia de falla, obtendremos los datos para rellenar la matriz de criticidad global y dependiendo del resultado dado en las diferentes maquinas, ese número permitirá diferenciar con su inicial a la maquina en la matriz de criticidad.

		FACTOR DE CRITICIDAD DE LA MAQUINA									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FACTOR DE OCURRENCIA DE FALLA	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
	4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	6	6	12	18	24	C-V	36	42	48	54	B
	7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
	8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
	9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
	10	10	20	30	40	50	60	70	H-L	A	100

Figura 3-1: Matriz de criticidad global A: Amasadora, H: Horno, L: Laminadora, B: Batidora, V: Vitrinas de refrigeración, C: Congeladores.
Fuente: Extraída de R. Huerta (2010).

De esta figura obtenemos la criticidad global del cálculo Criticidad de la maquina por el factor de ocurrencia para los equipos: Amasadoras, Hornos, Laminadora, Batidora, Congeladores y vitrinas de refrigeración. Además, en la siguiente tabla se explican mejor los colores, riesgos asociados y acción requerida.

Color	Riesgo	Acción requerida
Rojo	Riesgo Extremo	Inmediata
Naranja	Alto Riesgo	Alta Prioridad
Amarillo	Riesgo Manejable	Tan pronto como sea posible
Verde	Riesgo Menor	Mejora Continua
Azul	Bajo Riesgo	Ninguna

Figura 3-2: Colores, Riesgos y Acción que necesitará. Fuente: Extraída de R. Huerta (2010).

De acuerdo a la tabla podemos inferir que los colores rojo, naranja y amarillo corresponden a los equipos críticos, por ende, tenemos que la amasadora, Horno, Laminadora y Batidora se encuentran en el color rojo por lo tanto son de riesgo extremo de acuerdo a la matriz, además los Congeladores y vitrinas de refrigeración contienen un riesgo manejable pero también son críticos.

3.4 Funciones y tiempos de funcionamiento.

En Panadería Las Torres cada equipo cumple una función diferente, y los tiempos que se encuentran operando también son diferentes y son los siguientes:

1. Amasadora: La función principal de este equipo es amasar para mezclar la materia prima y así elaborar las diferentes masas requeridas. El equipo se encuentra encendido aproximadamente 7 horas diarias.
2. Hornos: Este equipo se encarga principalmente de cocer, pero también de generar las texturas y sabores de los productos. El uso diario en promedio es de 14 horas.
3. Batidora: La función de este equipo es batir mezclas más blandas, en este caso para procesos de pastelería y se estima que opere 6 horas diarias.
4. Laminadora: El equipo se encarga de estirar las masas hasta conseguir la forma adecuada. Los tiempos de esta máquina son de 6 horas diarias.

5. Congeladores: La función de este equipo es mantener los productos frescos, para retrasar la descomposición de estos. Los tiempos de esta máquina son de 24h diarias.
6. Vitrinas de refrigeración: La función de este equipo es mantener los productos frescos, para retrasar la descomposición de estos, pero también se encarga de exhibir los productos. Los tiempos de esta máquina son de 24h diarias.

Los datos anteriores podemos verlos reflejados en la siguiente tabla:

Tiempos de equipos operativos.	
Maquina	Tiempo [hr]
Amasadora	7
Hornos	14
Batidora	6
Laminadora	6
Congeladores	24
Vitrinas de refrigeración	24

Tabla 3,3: Tiempos de equipos operativos. Fuente: Elaboración Propia.

3.5 Desarrollo de análisis de modos y efectos de falla (AMFE).

3.5.1 Fallas funcionales

Nos referimos a fallas funcionales cuando el activo en este caso deja de realizar sus funciones, es por esto que es importante identificar las fallas que ha tenido cada equipo, basándonos en lo anterior:

1. Amasadora: Las fallas que conocemos hasta el 2023 son rotura de correas, poleas, engranajes.
2. Hornos: Fallas que han ocurrido hasta el 2023 son obstrucción en conductos de gas, falla en bobina que activa chisperos y acumulación de residuos.
3. Batidora: De acuerdo a las fallas que han ocurrido hasta el 2023 se puede decir principalmente a falla en rodamiento y acumulación de residuos.
4. Laminadora: Las fallas que han ocurrido hasta el 2023 son rotura de correas y poleas por tensión inadecuada, acumulación de masa en los rodillos y desgaste en los rodillos de alimentación.

5. Congeladores: Hasta el 2023 han ocurrido fallas en compresor, fugas de refrigerantes, acumulación de hielo y ruidos excesivos.
6. Vitrinas de refrigeración: Las fallas de este equipo hasta el 2023 se han presentado también en fugas de refrigerantes, compresor y ruidos excesivos.

3.5.2 Modos de falla:

De acuerdo a las fallas funcionales podemos describir por qué ocurre cada una en los equipos:

1. Amasadora: Podemos decir que la rotura de correas evidentemente se produce por un fallo del sistema de transmisión causado por desgaste y falta de tensión adecuada. La rotura de poleas ocurre por deformaciones, daño por uso prolongado e inadecuada alineación. Además, los engranajes fallaron porque se usaron excesivamente y estos no estaban adecuadamente lubricados.
2. Hornos: De acuerdo a las fallas funcionales en los hornos, la obstrucción en los conductos de gas se produce por bloqueos que impiden el flujo de combustible, afectando la temperatura y generando un riesgo en el operador. La bobina que manda la señal a los chisperos para ser activados no funciona porque el horno está siendo sobre exigido, además, el exceso de residuos afecta directamente el rendimiento térmico de los hornos.
3. Batidora: Presentó fallos en la rotación suave del batidor debido a un desgaste y falta de lubricación de este. También por acumulación de residuos en las partes móviles provocó obstrucciones y disminución del rendimiento.
4. Laminadora: Podemos decir que el desgaste de correas y poleas se produce por tensiones inadecuadas y envejecimiento del material. La acumulación de masa en los rodillos tiene un impacto en el movimiento y la uniformidad del laminado de la masa. También el desgaste de rodillos de alimentación es debido al contacto continuo de masas densas perdiendo su capacidad de agarre.
5. Congeladores: Presentó fallos en el compresor por sobrecalentamiento y desgaste interno. Fugas en el refrigerante por escape de gases por fisuras en mangueras, juntas o conexiones. Además, la acumulación de

hielo reduce la capacidad operativa del equipo generando un mayor consumo energético y, por último, los ruidos excesivos por desgastes en rodamientos del motor y desajustes en piezas móviles.

6. Vitrinas de refrigeración: Al igual que los congeladores hubo fugas en el refrigerante por fisuras en mangueras, juntas o conexiones. Falla en el compresor por sobrecalentamiento y desgaste interno. Además, las vibraciones que proviene de piezas sueltas y desgaste en el motor del ventilador.

3.5.3 Efectos de falla:

Amasadora:

1. Rotura de correas:

El efecto inmediato que tenemos por este modo de falla es la detención del equipo, interrupción del proceso de amasado de masas, lo que provoca retraso en la preparación de masas. Pérdidas por retrasos y posibles horas extra del personal para compensar la producción. Además, existe riesgo del mantenedor que al realizar el cambio de correas este puede accidentarse por manipulación incorrecta o al intentar reiniciar el equipo si no está capacitado.

2. Rotura de poleas:

El efecto inmediato que ocurre por este modo de falla es de vibraciones excesivas y transmisión descompuesta. Nula eficiencia del amasado, afectando directamente la calidad del producto. Involucra costos de reparación y disminución de productividad. También existe riesgo de accidentes por poca capacitación del personal al realizar la reparación.

3. Desgaste de engranajes:

El efecto inmediato que ocurre por este modo de falla es pérdida de potencia o bloqueo del sistema. Reduciendo la capacidad de la máquina para producir masa uniforme. En consecuencia, se generan costos elevados de reparación por piezas a remplazar. Además, existe riesgo de atrapamiento de manos si no se realizan los procedimientos de reparación adecuadamente por nula capacitación del mantenedor.

Hornos:

1. Obstrucción en conductos de gas:

El efecto inmediato que ocurre en este modo de fallo es que no alcanzará las temperaturas necesarias para su funcionamiento adecuado. Se producirán Productos mal cocidos e incluso se perderán lotes completos de estos. Lo que impacta económicamente por pérdidas de materias primas e ingresos. En cuanto al efecto ambiental ocurren emisiones de gases que no fueron quemados, lo cual aumenta la contaminación y genera un riesgo para los trabajadores ya que existe acumulación de gas con la posibilidad de explosión o incendios

2. Falla en sensor que activa chisperos:

El efecto inmediato de este modo de falla es que el sensor no activara a los chisperos para que estos enciendan, lo que impacta en productos crudos. En cuanto a lo económico existen pérdidas de lotes completos y descontento de clientes por baja producción. Además, los operadores corren riesgo de explosión y quemaduras por expulsión de gas en el ambiente.

3. Acumulación de residuos:

El efecto inmediato de este modo de falla es que reduce considerablemente la eficiencia térmica. Aumenta el tiempo de cocción, que afecta directamente a los tiempos de entrega, lo que se relaciona directamente con más consumo de gas, por lo tanto, aumentan los gastos. También esto genera contaminación por partículas y humo liberadas al aire, lo cual es un riesgo ya que esto podría provocar un incendio al tener residuos acumulados.

Batidora:

1. Problemas en los rodamientos:

El efecto inmediato de este modo de falla es que se generan vibraciones y ruidos durante el uso e incluso que el equipo deje de funcionar. Lo que provoca disminución en la calidad de las mezclas o posibles paradas del equipo. Lo anterior viene acompañado de costos de reparación y reducción en la capacidad de producción. Además, existe el riesgo de atrapamiento de

manos por movimientos descontrolados del equipo lo cual no es seguro para el operador.

2. Acumulación de residuos:

El efecto inmediato de este modo de falla es que se obstruyen las partes móviles del equipo, lo que afecta directamente a la producción con productos inconsistentes y riesgos de contaminación. Se generarán costos adicionales por limpieza y en algunos casos pérdidas de materia prima. Además, en seguridad los riesgos pueden ser de infecciones de los trabajadores al manipular residuos acumulados.

Laminadora:

1. Desgaste de correas y poleas:

El efecto inmediato de este modo de falla es existen vibraciones y pérdida de potencia en los rodillos. Lo que genera laminados defectuosos y retrasos en la producción. Junto a costos por correas y poleas nuevas, además de pérdidas por tiempos inactivos de la máquina. También hay riesgos de lesiones por mantenimiento inadecuado al cambiar piezas.

2. Acumulación de masa en rodillos:

El efecto inmediato de este modo de falla es que los rodillos se bloquean o generan movimientos irregulares. Lo cual genera inconsistencias en los grosores de las masas, pérdidas de materia prima por productos mal procesados, residuos alimenticios que generan olores y pueden atraer plagas. Además, existen riesgos en el operador o mantenedor por cortes o atrapamiento al intentar limpiar los rodillos manualmente.

3. Desgaste en rodillos de alimentación:

El efecto inmediato de este modo de falla es dificultad para alimentar la masa de manera uniforme. Lo cual genera reducción en la calidad y aumento de reprocesos. Pérdidas de tiempo y más uso de energético. Además de riesgos de lesiones por exponer a trabajadores a bordes filosos en los rodillos desgastados.

Congeladores:

1. Falla en el compresor:

El efecto inmediato de este modo de falla es Pérdida de capacidad de enfriamiento. Lo cual repercute en los productos terminados que se descomponen más rápido, este impacto puede generar pérdidas significativas de inventario en la producción. Lo que conlleva mayor consumo energético para intentar compensar la pérdida de eficiencia del congelador. Además, existen riesgos de sobrecalentamiento y daños eléctricos. La solución es realizar un mantenimiento preventivo estructurado.

2. Fugas de refrigerante:

El efecto inmediato de este modo de falla es pérdida de capacidad de enfriamiento. Lo cual impacta en los productos que se descomponen más rápido. Lo que conlleva gastos por recarga de refrigerante y posibles pérdidas de productos descompuestos. También se produce la liberación de gases que son dañinos para el medio ambiente, acompañado de riesgos de intoxicación si los trabajadores están expuestos a esos gases.

3. Acumulación de hielo:

El efecto inmediato de este modo de falla corresponde a reducción del espacio disponible del equipo, pero además bloquea el correcto flujo de aire. De acuerdo al efecto en la producción impacta en menor capacidad de almacenamiento. Conllevando así en costos adicionales por limpieza, mayor consumo energético y generación de desechos de hielo, riesgo de resbalones al manipular exceso de hielo.

4. Ruidos excesivos:

El efecto inmediato de este modo de falla corresponde a vibraciones anormales que indican desgaste interno de la máquina. Lo cual impacta directamente en la producción por interrupciones frecuentes por mantenimiento, también económicamente por mantenimiento correctivo, en cuanto a lo ambiental genera contaminación acústica en el entorno de trabajo y en seguridad puede causar estrés por excesos de ruidos para los trabajadores.

Vitrinas de Refrigeración:

1. Fugas de refrigerante:



Al igual que los congeladores el efecto inmediato de este modo de falla es pérdida de capacidad de enfriamiento. Lo cual impacta en los productos que se descomponen más rápido. También se produce la liberación de gases que son dañinos para el medio ambiente, acompañado de riesgos de intoxicación si los trabajadores están expuestos a esos gases. Lo que conlleva gastos por recarga de refrigerante para solucionar la falla y evitar pérdidas de productos.

2. Falla en el compresor:

El efecto inmediato de este modo de falla es Pérdida de capacidad de enfriamiento. Lo cual repercute en los productos terminados que se descomponen más rápido, este impacto puede generar pérdidas significativas de inventario en la producción. Lo que conlleva mayor consumo energético para intentar compensar la pérdida de eficiencia del congelador. Además, existen riesgos de sobrecalentamiento y daños eléctricos.

3. Ruidos excesivos:

El efecto inmediato de este modo de falla corresponde a vibraciones anormales que indican desgaste interno de la máquina. Lo cual impacta directamente en la producción por interrupciones frecuentes por mantenimiento, también económicamente por mantenimiento correctivo, en cuanto a lo ambiental genera contaminación acústica en el entorno de trabajo y en seguridad puede causar estrés por excesos de ruidos para los trabajadores.

3.5.4 Resultados de análisis de modos y efectos de falla:

Máquina	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Amasadora	La función principal de este equipo es amasar para mezclar la materia prima y así elaborar las diferentes masas requeridas.	1.Rotura de correas 2.Rotura de poleas. 3.Rotura de engranajes.	1.La rotura de correas ocurre por fallo del sistema de transmisión causado por desgaste y falta de tensión adecuada. 2.La rotura de poleas ocurre por deformaciones, daño por uso prolongado o inadecuada alineación. 3.Los engranajes fallaron porque se usaron excesivamente y estos no estaban adecuadamente lubricados.	1.Rotura de correas: El efecto inmediato que tenemos por este modo de falla es la detención del equipo, interrupción del proceso de amasado de masas, lo que provoca retraso en la preparación de masas. Pérdidas por retrasos y posibles horas extra del personal para compensar la producción. Además, existe riesgo del mantenedor que al realizar el cambio de correas este puede accidentarse por manipulación incorrecta o al intentar reiniciar el equipo si no está capacitado. 2.Rotura de poleas: El efecto inmediato que ocurre por este modo de falla es de vibraciones excesivas y transmisión descompuesta. Nula eficiencia del amasado, afectando directamente la calidad del producto. Involucra costos de reparación y disminución de productividad. También existe riesgo de accidentes por poca capacitación del personal al realizar la reparación. 3.Desgaste de engranajes: El efecto inmediato que ocurre por este modo de falla es pérdida de potencia o bloqueo del sistema. Reduciendo la capacidad de la máquina para producir masa uniforme. En consecuencia, se generan costos elevados de reparación por piezas a reemplazar. Además, existe riesgo de atrapamiento de manos si no se realizan los procedimientos de reparación adecuadamente por nula capacitación del personal.
Hornos	Este equipo se encarga principalmente de cocer, pero también de generar las texturas y sabores de los productos.	1.Obstrucción en conductos de gas. 2.Falla en sensor que activa chisperos. 3.Acumulación de residuos.	1.La obstrucción en los conductos de gas se produce por bloqueos que impiden el flujo de combustible, afectando la temperatura y generando un riesgo en el operador. 2.La bobina que manda la señal a los chisperos para ser activados no funciona porque el horno está siendo sobre exigido. 3.El exceso de residuos afecta directamente el rendimiento térmico de los hornos.	1. Obstrucción en conductos de gas: El efecto inmediato que ocurre en este modo de fallo es que no alcanzará las temperaturas necesarias para su funcionamiento adecuado. Se producirán Productos mal cocidos e incluso se perderán lotes completos de estos. Lo que impacta económicamente por pérdidas de materias primas e ingresos. En cuanto al efecto ambiental ocurren emisiones de gases que no fueron quemados, lo cual aumenta la contaminación y genera un riesgo para los trabajadores, ya que, existe acumulación de gas con la posibilidad de explosión o incendios 2. Falla en sensor que activa chisperos: El efecto inmediato de este modo de falla es que el sensor no activara a los chisperos para que estos enciendan, lo que impacta en productos crudos. En cuanto a lo económico existen pérdidas de lotes completos y descontento de clientes por baja producción. Además, los operadores corren riesgo de explosión y quemaduras por expulsión de gas en el ambiente. 3. Acumulación de residuos: El efecto inmediato de este modo de falla es que reduce considerablemente la eficiencia térmica. Aumenta el tiempo de cocción, que afecta directamente a los tiempos de entrega, lo que se relaciona directamente con más consumo de gas, por lo tanto, aumentan los gastos. También esto genera contaminación por partículas y humo liberadas al aire, lo cual es un riesgo ya que esto podría provocar un incendio al tener residuos acumulados.
Batidora	La función de este equipo es batir mezclas más blandas.	1.Problemas con los rodamientos. 2.Acumulación de residuos.	1.Presentó fallos en la rotación suave del batidor debido a un desgaste y falta de lubricación de este. 2.También por acumulación de residuos en las partes móviles provocó obstrucciones y disminución del rendimiento.	1. Problemas en los rodamientos: El efecto inmediato de este modo de falla es que se generan vibraciones y ruidos durante el uso e incluso que el equipo deje de funcionar. Lo que provoca disminución en la calidad de las mezclas o posibles paradas del equipo. Lo anterior viene acompañado de costos de reparación y reducción en la capacidad de producción. Además, existe el riesgo de atrapamiento de manos por movimientos descontrolados del equipo lo cual no es seguro para el operador. 2. Acumulación de residuos: El efecto inmediato de este modo de falla es que se obstruyen las partes móviles del equipo, lo que afecta directamente a la producción con productos inconsistentes y riesgos de contaminación. Se generarán costos adicionales por limpieza y en algunos casos pérdidas de materia prima. Además, en seguridad los riesgos pueden ser de infecciones de los trabajadores al manipular residuos acumulados.

<p>Laminadora</p>	<p>El equipo se encarga de estirar las masas hasta conseguir la forma adecuada.</p>	<p>1.Desgaste de correas y poleas. 2.Acumulación de masa en los rodillos. 3.Desgaste en los rodillos de alimentación.</p>	<p>1.El desgaste de correas y poleas se produce por tensiones inadecuadas y envejecimiento del material. 2.La acumulación de masa en los rodillos tiene un impacto en el movimiento y la uniformidad del laminado de la masa. 3.También el desgaste de rodillos de alimentación es debido al contacto continuo de masas densas perdiendo su capacidad de agarre.</p>	<p>1.Desgaste de correas y poleas: El efecto inmediato de este modo de falla es existen vibraciones y pérdida de potencia en los rodillos. Lo que genera laminados defectuosos y retrasos en la producción. Junto a costos por correas y poleas nuevas, además de pérdidas por tiempos inactivos de la máquina. También hay riesgos de lesiones por mantenimiento inadecuado al cambiar piezas. 2.Acumulación de masa en rodillos: El efecto inmediato de este modo de falla es que los rodillos se bloquean o generan movimientos irregulares. Lo cual genera inconsistencias en los grosores de las masas, perdidas de materia prima por productos mal procesados, residuos alimenticios que generan olores y pueden atraer plagas. Además, existen riesgos en el operador o mantenedor por cortes o atrapamiento al intentar limpiar los rodillos manualmente. 3.Desgaste en rodillos de alimentación: El efecto inmediato de este modo de falla es dificultad para alimentar la masa de manera uniforme. Lo cual genera reducción en la calidad y aumento de reprocesos. Pérdidas de tiempo y más uso de energético. Además de riesgos de lesiones por exponer a trabajadores a bordes filosos en los rodillos desgastados.</p>
<p>Congeladores</p>	<p>La función de este equipo es mantener los productos frescos, para retrasar la descomposición de estos.</p>	<p>1.Falla en compresor. 2.fugas de refrigerantes. 4.Ruidos excesivos.</p>	<p>1.Fallos en el compresor por sobrecalentamiento y desgaste interno. 2.Fugas en el refrigerante por escape de gases por fisuras en mangueras, juntas o conexiones. 4.Los ruidos excesivos por desgastes en rodamientos del motor y desajustes en piezas móviles.</p>	<p>1.Falla en el compresor: El efecto inmediato de este modo de falla es Pérdida de capacidad de enfriamiento. Lo cual repercute en los productos terminados que se descomponen más rápido, este impacto puede generar pérdidas significativas de inventario en la producción. Lo que conlleva mayor consumo energético para intentar compensar la pérdida de eficiencia del congelador. Además, existen riesgos de sobrecalentamiento y daños eléctricos. La solución es realizar un mantenimiento preventivo estructurado. 2.Fugas de refrigerante: El efecto inmediato de este modo de falla es pérdida de capacidad de enfriamiento. Lo cual impacta en los productos que se descomponen más rápido. Lo que conlleva gastos por recarga de refrigerante y posibles pérdidas de productos descompuestos. También se produce la liberación de gases que son dañinos para el medio ambiente, acompañado de riesgos de intoxicación si los trabajadores están expuestos a esos gases. 3.Ruidos excesivos: El efecto inmediato de este modo de falla corresponde a vibraciones anormales que indican desgaste interno de la máquina. Lo cual impacta directamente en la producción por interrupciones frecuentes por mantenimiento, también económicamente por mantenimiento correctivo, en cuanto a lo ambiental genera contaminación acústica en el entorno de trabajo y en seguridad puede causar estrés por excesos de ruidos para los trabajadores.</p>
<p>Vitrinas de refrigeración</p>	<p>La función de este equipo es mantener los productos frescos, para retrasar la descomposición de estos, pero también se encarga de exhibir los productos.</p>	<p>1.Fugas de refrigerantes. 2.Falla en compresor. 3.Ruidos excesivos.</p>	<p>1.Fugas en el refrigerante por fisuras en mangueras, juntas o conexiones. 2.Falla en el compresor por sobrecalentamiento y desgaste interno. 3.Excesivas vibraciones que proviene de piezas sueltas y desgaste en el motor del ventilador.</p>	<p>1.Fugas de refrigerante: Al igual que los congeladores el efecto inmediato de este modo de falla es pérdida de capacidad de enfriamiento. Lo cual impacta en los productos que se descomponen más rápido. También se produce la liberación de gases que son dañinos para el medio ambiente, acompañado de riesgos de intoxicación si los trabajadores están expuestos a esos gases. Lo que conlleva gastos por recarga de refrigerante para solucionar la falla y evitar pérdidas de productos. 2.Falla en el compresor: El efecto inmediato de este modo de falla es Pérdida de capacidad de enfriamiento. Lo cual repercute en los productos terminados que se descomponen más rápido. Lo que conlleva mayor consumo energético para intentar compensar la pérdida de eficiencia del congelador. Además, existen riesgos de sobrecalentamiento y daños eléctricos. 3.Ruidos excesivos: El efecto inmediato de este modo de falla corresponde a vibraciones anormales que indican desgaste interno de la máquina. Lo cual impacta directamente en la producción por interrupciones frecuentes por mantenimiento, también económicamente por mantenimiento correctivo, en cuanto a lo ambiental genera contaminación acústica en el entorno de trabajo y en seguridad puede causar estrés por excesos de ruidos para los trabajadores.</p>

Tabla 3,4: Maquina, Función, Falla funcional, Modo de falla y efecto de falla. Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, podemos decir que la mayoría de los equipos en este caso tienen modos y efectos de falla diferentes a diferencia de los congeladores y vitrinas de refrigeración que son bastante similares, pero gracias al análisis de modos y efectos de fallas, podemos seguir a desarrollar la matriz lógica de decisiones (RCM).

3.6 Matriz lógica de decisiones (RCM).

Luego de elaborar el análisis de modos y efectos de fallas, vamos a realizar un método que nos permitirá en este caso definir pasos a seguir para disminuir la aparición de modos de fallos que anteriormente mencionamos, con ello realizaremos la Matriz lógica de decisiones o Árbol lógico de decisiones (RCM).

3.6.1 Modelo a seguir de Matriz lógica de decisiones (RCM)

En el siguiente apartado se presentará la Matriz lógica de decisiones (RCM) que se empleará para cada equipo que es crucial para el funcionamiento de Panadería Las Torres.

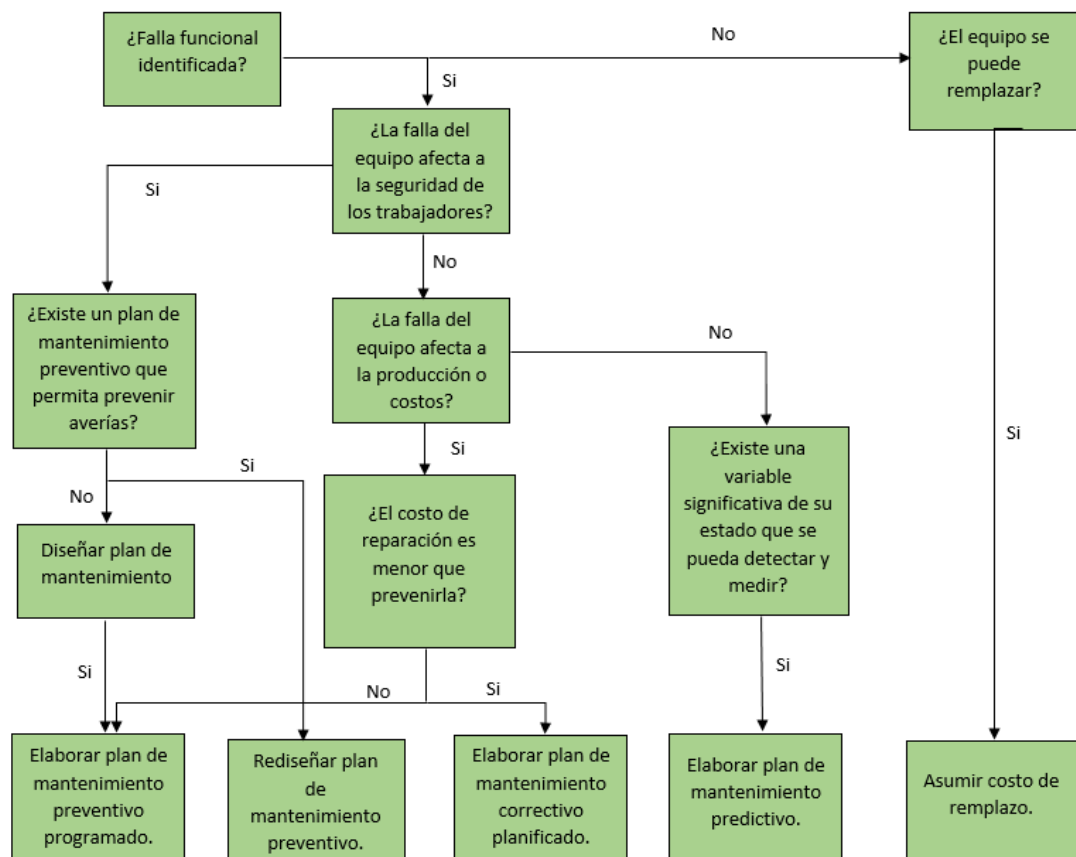


Figura 3-1: Matriz lógica de decisiones. Fuente: Elaboración propia.

3.6.2 Matriz lógica de decisiones para amasadora (RCM):

De acuerdo a la matriz se evaluará primero a la amasadora, donde indicaremos en color rojo los pasos a seguir de los equipos:

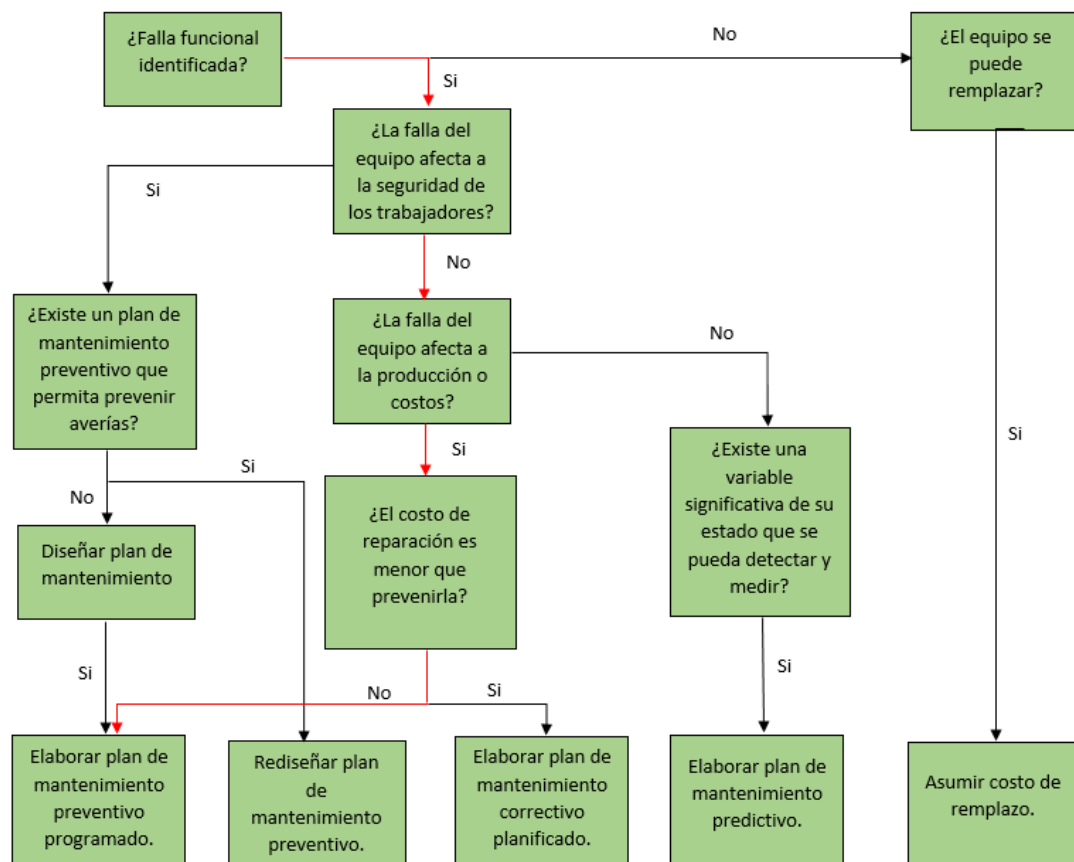


Figura 3-2: Matriz lógica de decisiones para amasadora. Fuente: Elaboración propia.

3.6.3 Matriz lógica de decisiones para hornos (RCM):

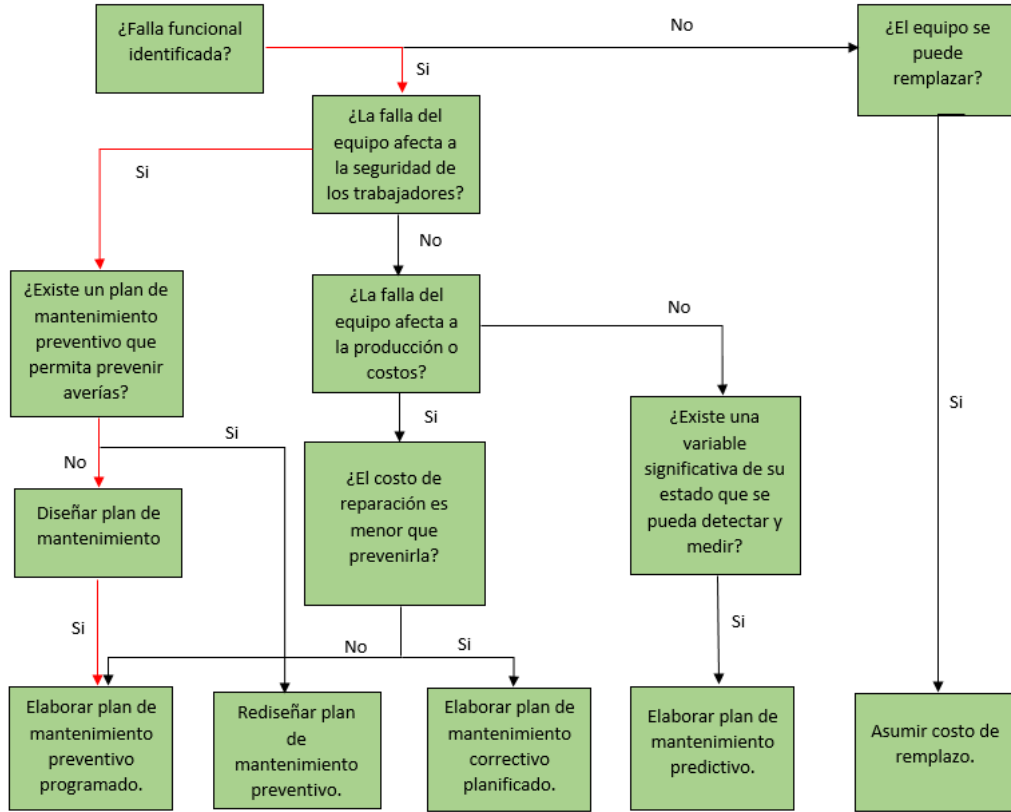


Figura 3-3: Matriz lógica de decisiones para Hornos. Fuente: Elaboración propia.

3.6.4 Matriz lógica de decisiones para batidora (RCM):

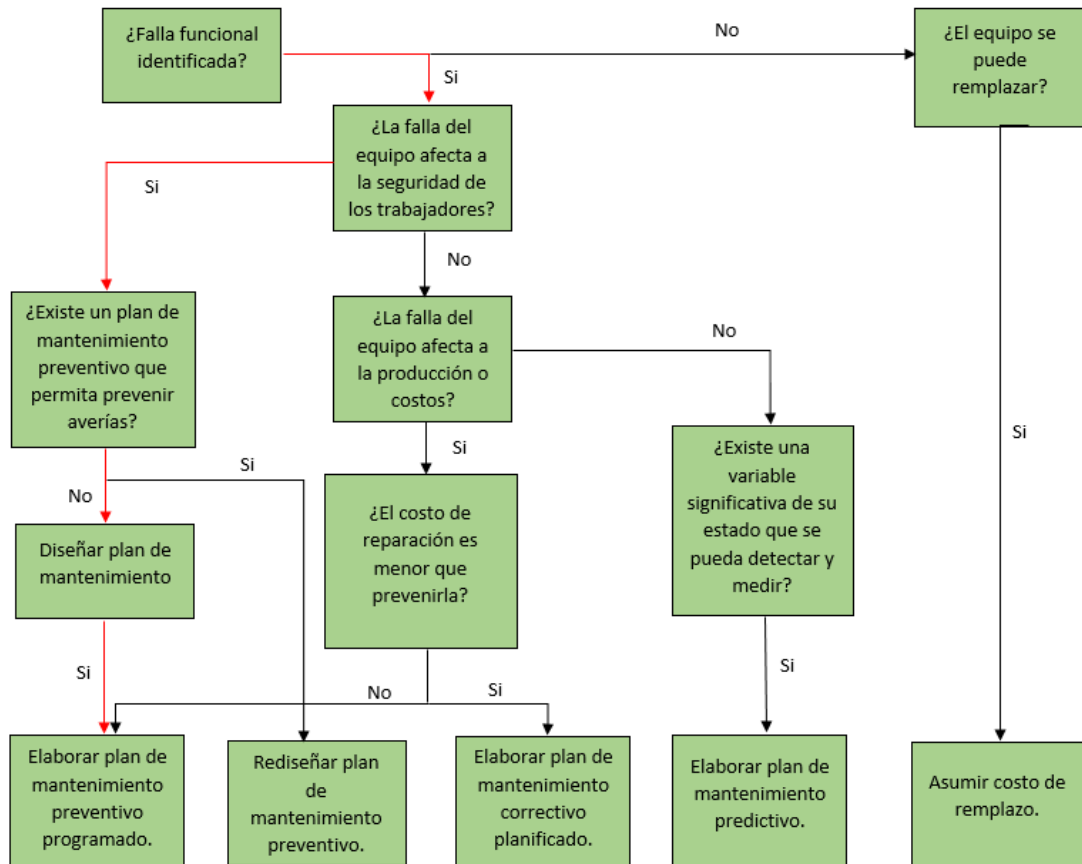
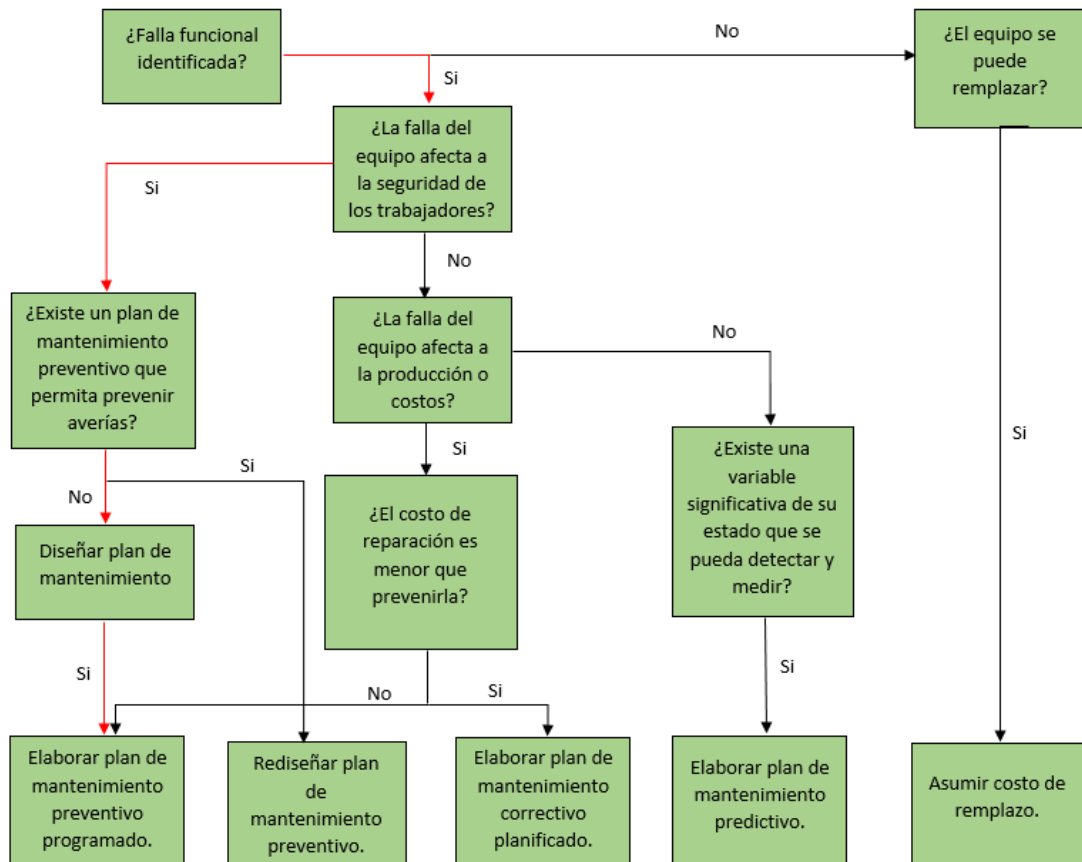


Figura 38: Matriz lógica de decisiones para batidora. **Fuente:** Elaboración propia.

3.6.5 Matriz lógica de decisiones para Laminadora (RCM):



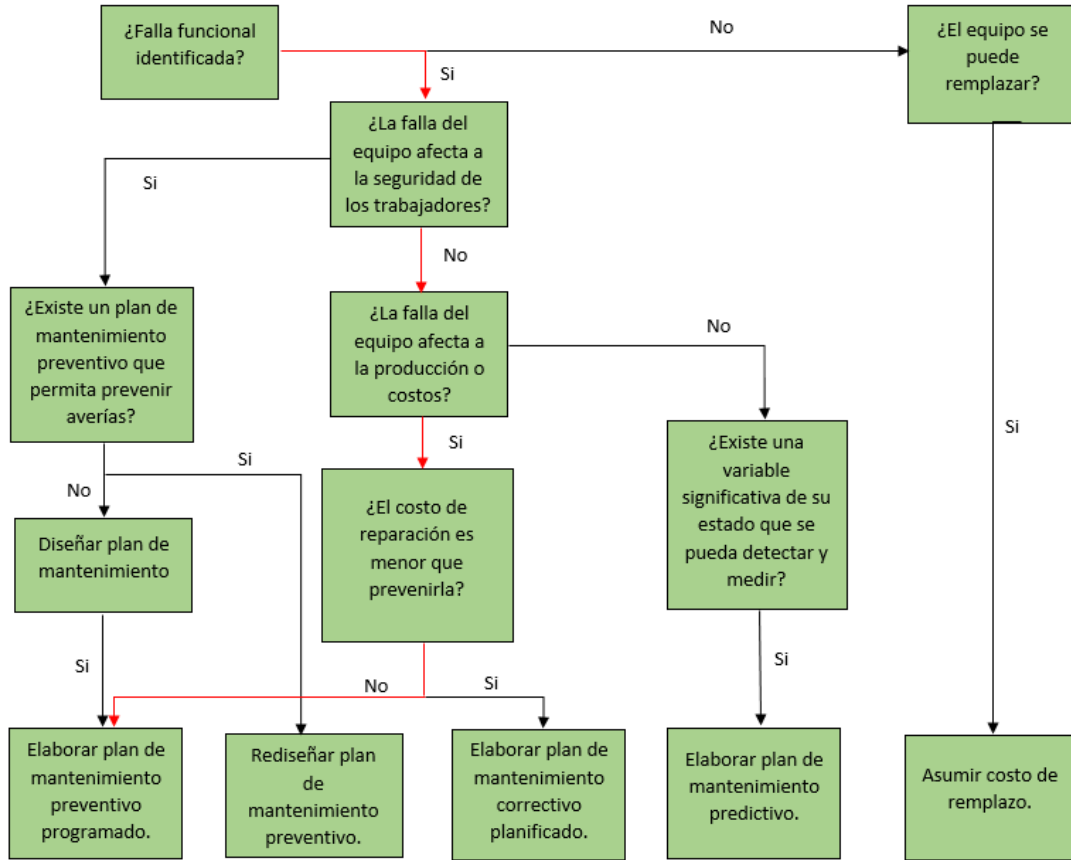


Figura 3-6: Matriz lógica de decisiones para vitrina de refrigeración.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a todos los datos analizados y desarrollados, como diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, análisis de decisiones, análisis de modos y efectos de falla, diagrama Matriz lógica de decisiones, podemos concluir que se elaborará un mantenimiento preventivo definiendo plazos de revisiones y costos asociados a estos.

Capítulo IV: Elaboración de plan de mantenimiento y Propuesta de presupuesto anual para este.

4.1 Impacto en ingresos por paradas inesperadas.

Antes de generar el plan de mantenimiento para Panadería Las Torres es primordial considerar el impacto en los ingresos que se produce por tener paradas inesperadas lo cual ha sido mencionado anteriormente, ya que las máquinas están ligadas a un proceso en este caso el de masas y pasteles, y cada una cumple una función, por lo tanto al fallar, se generan frecuencias de fallas, las cuales van ligadas a tiempos de parada en promedio para cada máquina, lo

que conlleva un impacto económico por parada, el cual se calculará de acuerdo a la venta de pan diaria en promedio que son 300.000 pesos y si esto lo dividimos por 14 que es el tiempo que se encuentra abierta la empresa nos entrega un total de 21.428 CLP por hora de ingresos y en cuanto a los pasteles tenemos un total de 190.100 CLP lo cual al realizar el mismo cálculo nos daría 13.580 CLP específicamente solo para la Batidora, ya que esta máquina se utiliza para los pasteles. Además, multiplicar el tiempo de parada de cada máquina por el ingreso de cada hora, resultará el impacto económico por parada, lo cual podemos ver mejor reflejado en la siguiente tabla:

Equipo	Función Principal	Fallas Comunes	Frecuencia de Falla en promedio (Meses)	Tiempo de Parada en promedio (Horas)	Impacto Económico por Parada (CLP)
Amasadoras	Mezcla de ingredientes	Rotura de correas, poleas, desgaste de engranajes	6	6	128.568
Hornos	Cocción de productos	Obstrucción en conductos, fallas en sensores	6	8	171.840
Batidora	Mezcla de masas ligeras y cremas	Fallo en rodamientos, acumulación de residuos	4	4	54.312
Laminadora	Estirado uniforme de masa	Acumulación de masa en rodillos, desgaste de rodillos	3	5	107.400

Tabla 4,1: Impacto económico por parada considerando el proceso de masas y pasteles, sin considerar los trabajadores parados por máquinas inoperables. Fuente: Elaboración propia.

No consideramos a congeladores y vitrinas de refrigeración, ya que estos equipos cumplen la función de almacenar y disminuir el tiempo de descomposición por lo tanto en la tabla consideramos solamente la pérdida diaria de los equipos enlazados a la producción, además es importante aclarar que existen pérdidas relacionadas directamente con el cliente de acuerdo a sus necesidades o su capital.

4.2 Elaboración de plan de mantenimiento.

4.2.1 Objetivo de plan de mantenimiento preventivo.

Elaborando un plan de mantenimiento preventivo se entregará una herramienta que permita garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos críticos de la Panadería Las Torres, el cual se desarrollará mediante un sistema de actividades de mantenimiento preventivo con el fin de reducir el tiempo de inactividad de los equipos, que permita aumentar la vida útil de los activos y así minimizar pérdidas económicas.

4.2.2 Equipos críticos identificados:

1. Amasadora (1)
2. Hornos Industriales (3)
3. Batidora (1)
4. Laminadora (1)
5. Congeladores (4)
6. Vitrinas de refrigeración (7)

4.2.3 Programación de actividades de mantenimiento preventivo.

Debemos considerar que Panadería Las Torres se encuentra abierta de lunes a sábados, por lo tanto, el día domingo es un día hábil para realizar remplazos u ajustes de los equipos críticos.

A continuación, presentaremos las actividades recomendadas para cada equipo crítico, las cuales organizaremos por frecuencia.

1. Actividades diarias (inspección visual y operativa):

A) Amasadora, Laminadora y batidora:

- Visualizar correas, poleas y engranajes para detectar desgaste.
- Inspección de posibles ruidos anormales.
- Limpiar residuos de masa y materia prima acumuladas.

B) Hornos:

- Revisar que no exista acumulación de residuos en superficies externas e internas.
- Inspeccionar conductos de gas para prevenir obstrucciones.
- Revisar que la estabilidad de temperatura sea adecuada.

C) Congeladores y Vitrinas de refrigeración:

- Revisar que la temperatura sea adecuada.

- Inspeccionar sellos de puertas para que no existan fugas de aire.
- Visualizar si existe acumulación de hielo.
- Revisar si existen residuos en superficies internas y externas.
- Limpiar condensación y drenaje.

2. Actividades semanales

A) Amasadora, Laminadora y Batidora:

- Verificar y si es necesario ajustar la tensión de correas y poleas internas.
- Lubricar partes móviles de acuerdo a especificaciones del fabricante.

B) Hornos:

- Realizar limpieza profunda de los residuos acumulados en los quemadores y paredes internas.
- Probar que el sensor de chisperos esté en correcto funcionamiento.

C) Congeladores y vitrinas de refrigeración:

- Revisar los sistemas eléctricos y detectar posibles ruidos anormales.
- Descongelar acumulaciones excesivas de hielo si las hubiera.
- Limpiar condensación y drenaje.

3. Actividades mensuales.

A) Amasadora, Laminadora y Batidora:

- Inspeccionar desgaste de engranajes, rodamientos, poleas y rodillos.
- Verificar la alineación de las piezas móviles.
- Realizar un ajuste general de todas las partes mecánicas.

B) Hornos:

- Limpiar los conductos de gas y verificar que no estén obstruidos.
- Revisar bobina de ignición.

C) Congeladores y Vitrinas de refrigeración:

- Revisar compresor y nivel de refrigerante.
- Limpiar y calibrar sensores de temperatura.
- Inspección detallada del sistema de ventilación



4. Actividades trimestrales.

A) Amasadora, Laminadora y Batidora:

- Cambiar correas, engranajes y rodamientos si presentan signos de desgaste significativo.
- Realizar ajuste dinámico de todas las partes móviles.

B) Hornos:

- Revisar conexiones de gas y válvulas.
- Inspeccionar bobinas de ignición si funciona adecuadamente.

C) Congeladores y Vitrinas de refrigeración:

- Limpiar condensador y verificar el sistema de drenaje.
- Revisar conexiones eléctricas.
- Inspeccionar rodamientos, si están adecuadamente lubricados o con signos de fallas.

5. Actividades anuales.

A) Amasadora, Laminadora y Batidora:

- Reemplazo de todas las piezas desgastadas (correas, poleas y engranaje, rodamientos)

B) Hornos:

- Inspección interna de cámara de combustión.
- Reemplazo de piezas claves.
- Inspección de conexiones de gas y válvulas.
- Revisar obstrucciones de conductos de gas.
- Evaluar estado de quemadores.

C) Congeladores y Vitrinas de refrigeración:

- Recarga completa de refrigerante.
- Inspección de fugas en conexiones, mangueras y juntas.
- Ajuste de partes móviles u cambio de éstas si lo necesitara.
- Inspección completa de compresor.

4.2.4 Registro de actividades en distintas planillas de revisión clasificadas en Diarias, Mensuales, Trimestrales y Anuales:

4.2.4.1 Revisión y seguimiento.

El responsable de las revisiones elaboradas será el mantenedor que existe actualmente en panadería las torres el cual posee conocimientos básicos de



mecánica industrial, por lo tanto, se encuentra capacitado para realizar los ajustes o remplazos correspondientes.

La frecuencia de revisión puede ser ajustada dependiendo como lo dictamine el administrador o el mantenedor en este caso que se dedicará a llevar a cabo el plan de mantenimiento.

4.2.5 Planillas de registro de actividades de mantenimiento preventivo para maquinas críticas de Panadería Las Torres.

4.2.5.1 Datos del equipo.

Para comenzar con el plan de mantenimiento es importante rellenar los datos del equipo, fecha de mantenimiento y técnico responsable. Para ello se facilitará la siguiente tabla.

Datos del equipo	
Nombre del equipo	
Código/ ID	
Ubicación	
Fecha de mantenimiento	
Técnico responsable	

Tabla 4,2: Datos del equipo. Fuente: Elaboración propia.

4.2.5.2 Resumen de frecuencia plan de mantenimiento preventivo.

En la siguiente plantilla tenemos las frecuencias de realización del plan de mantenimiento preventivo, y un breve resumen de lo que se hará en cada una:

Frecuencia	Descripción de actividad.	Estado inicial.	Acciones realizadas	Estado Final	Observaciones
Diaria	Inspección visual de:	Bueno/regular/malo	Limpieza de	Bueno/Regular/malo	
Semanal	Verificación y ajuste de:	Bueno/regular/malo	Ajuste de	Bueno/Regular/malo	
Mensual	Revisión y lubricación de:	Bueno/regular/malo	Lubricación y remplazo de	Bueno/Regular/malo	
Trimestral	Inspección detallada de:	Bueno/regular/malo	Cambio de piezas de	Bueno/Regular/malo	
Anual	Mantenimiento mayor para calibrar y sustituir repuestos críticos:	Bueno/regular/malo	Sustitución y prueba de	Bueno/Regular/malo	

Tabla 4,3: Plantilla resumen plan de mantenimiento preventivo. Fuente:
Elaboración propia.

4.2.5.3 Registro de inventario de repuestos existentes.

Además, proporcionaremos otra plantilla que será de utilidad para registrar un inventario de los repuestos que existen en Panadería las Torres:

Repuesto	Cantidad	Código del repuesto	Proveedor

Tabla 4,4: Inventario de repuestos Panadería Las Torres. Fuente:
Elaboración propia.

4.2.5.4 Plantilla de inspección diaria.

También se elaboraron las plantillas diarias, semanal trimestral, anual, junto a una planilla general con tiempos de parada y costos.

Plantilla para inspección diaria.			
Equipo a inspeccionar			
Elemento a inspeccionar	Criterios de evaluación	Estado actual	Acción tomada
Limpieza general	No debe haber residuos acumulados	Bueno/Regular/Malo	
Temperatura de operación	Se encuentre dentro del rango de °C	Bueno/Regular/Malo	
Sellos, puertas y conductos de gas.	Sin desgaste, fugas, ni obstrucciones	Bueno/Regular/Malo	
Conexiones eléctricas	Sin cables expuestos ni deteriorados	Bueno/Regular/Malo	
Visualizar correas, poleas, engranajes y rodamientos.	Sin desgaste ni roturas	Bueno/Regular/Malo	
Ruidos	Que no existan ruidos anormales	Bueno/Regular/Malo	

Tabla 4,5: Plantilla para inspección diaria. Fuente: Elaboración propia.

4.2.5.5 Plantilla de inspección semanal.

Plantilla para inspección semanal.					
Equipo a inspeccionar					
Actividad	Detalle	Herramientas necesarias	Estado inicial	Acciones realizadas	Estado final
Limpieza interna	Retirar residuos internos y externos	Trapos, desengrasante.	Bueno/Regular/Malo		Bueno/Regular/Malo
Verificación de tensión	Revisar tensión de correas y poleas	Tensiómetro, llaves ajustables.	Bueno/Regular/Malo		Bueno/Regular/Malo
Lubricación de partes móviles	Aplicar lubricante	Lubricante, trapo	Bueno/Regular/Malo		Bueno/Regular/Malo
Probar que válvulas y bobinas de chisperos	Revisar que estén funcionando adecuadamente.	Linterna, llaves ajustables.	Bueno/Regular/Malo		Bueno/Regular/Malo
Verificar sistemas eléctricos y ruidos.	Señalar que esté todo en orden.	Linterna	Bueno/Regular/Malo		Bueno/Regular/Malo
Revisar acumulaciones de hielo y condensación y drenaje.	Quitar acumulaciones de hielo, limpiar condensación y drenaje.	Espátula, trapo y pala.	Bueno/Regular/Malo		Bueno/Regular/Malo

Tabla 4,6: Plantilla para inspección semanal. Fuente: Elaboración propia.

4.2.5.6 Plantilla de inspección trimestral.

Plantilla para inspección trimestral.					
Equipo a inspeccionar					
Componente revisado	Acción de mantenimiento	Estado inicial	Estado final	Repuestos usados	Observaciones
Válvulas y bobina de encendido de chisperos	Calibrar y verificar precisión	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Sensor de temperatura	Calibrar y verificar precisión.	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Rodillos	Calibrar, verificar precisión, desgaste y lubricación.	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Poleas	Calibrar, verificar precisión y desgaste.	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Correas	Calibrar, verificar precisión y desgaste.	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Rodamientos	Calibrar, verificar precisión, Lubricar si es necesario.	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Engranajes	Calibrar, verificar precisión, Lubricar si es necesario.	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Compresor	Verificar ruidos extraños, filtros de aire limpiar o remplazar si es necesario, buscar	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Nivel de refrigerante	Verificar nivel de refrigerante.	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Quemadores	Limpiar y verificar estado.	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		

Tabla 4,7: Plantilla para inspección trimestral. Fuente: Elaboración propia.

4.2.5.7 Plantilla general para tiempos de parada y costos asociados.

Plantilla general para tiempos de parada y costos asociados.					
Equipo	Fecha de falla	Duración de paradas	Motivo de paradas	Costo asociado (CLP)	Acción correctiva.
Amasadora					
Laminadora					
Hornos					
Batidora					
Congelador					
Vitrina de refrigeración					

Tabla 4,8: Plantilla general para tiempos de parada y costos asociados.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5.8 Plantilla de inspección anual.

Plantilla para inspección anual.					
Equipo a inspeccionar					
Componente	Actividad realizada	Estado inicial	Estado final	Respuestas usados	Observaciones
Válvulas y bobina de encendido de chisperos	Evaluar remplazos y ajustes	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Sensor de temperatura	Evaluar remplazo y ajustes	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Rodillos	Evaluar remplazo	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Poleas	Evaluar remplazo y ajustes	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Correas	Evaluar remplazo y ajustes	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Rodamientos	Evaluar remplazo y ajustes	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Engranajes	Evaluar remplazo y ajustes	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Compresor	Evaluar remplazo y ajustes	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Nivel de refrigerante	Evaluar remplazo y ajustes	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		
Quemadores	Evaluar remplazo y ajustes	Bueno/Regular/Malo	Bueno/Regular/Malo		

Tabla 4,9: Plantilla para inspección anual. Fuente: Elaboración propia.

Asumimos que el mantenedor que se encuentra en panadería las torres se encuentra capacitado con las aptitudes para realizar el mantenimiento preventivo elaborado, el cual puede ser modificado por el mismo si lo requiere necesario, gracias a estas plantillas el mantenedor tendrá suficientes pasos a seguir con una estructura fácil de entender para llevar a cabo, por ello las herramientas que nos entrega la elaboración de este plan de mantenimiento para Panadería Las Torres son de gran valor, ya que permitirá evitar paradas inesperadas, así reduciendo descontento de clientes, pérdidas de ingresos, trabajadores parados, etc. Además, es importante señalar que como mencionamos anteriormente la empresa no trabaja los días domingos, por lo tanto, es ahí donde se pueden realizar todas las reparaciones preventivas o ajustes, ya que las maquinas estarán inactivas. Antes de finalizar debemos generar un presupuesto anual que contemple repuestos críticos necesarios para llevar a cabo este mantenimiento, el cual será elaborado en la siguiente plantilla.

4.3 Propuesta de presupuesto anual para plan de mantenimiento preventivo anual en Panadería Las Torres.

Para llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo es fundamental tener en cuenta un presupuesto de equipos críticos para así generar un inventario para futuras reparación preventiva que se realicen en Panadería Las Torres, es por esto que elaboramos la siguiente propuesta de presupuesto:

Propuesta de presupuesto anual para plan de mantenimiento.				
Equipo	Repuesto	Costo Unitario (CLP)	Cantidad estimada anual	Costo total (CLP)
Amasadora	Rodamientos del motor	\$30.000	2	\$60.000
	Engranajes de transmisión	\$40.000	2	\$80.000
	Poleas de Amasadora	\$20.000	2	\$40.000
	Correas de transmisión	\$20.000	3	\$60.000
Laminadora	Rodillo	\$20.000	2	\$40.000
	Correas de transmisión	\$20.000	2	\$40.000
	Palancas de ajuste de grosor	\$10.000	1	\$10.000
	Lubricantes	\$10.000	3	\$30.000
Hornos	Termostato	\$20.000	2	\$40.000
	Válvula de gas	\$70.000	1	\$70.000
	Bobina	\$40.000	1	\$40.000
	Quemadores	\$80.000	1	\$80.000
Batidora	Engranaje	\$50.000	1	\$50.000
	Batidores	\$15.000	2	\$30.000
	Rodamiento de motor	\$20.000	1	\$20.000
	Cables eléctricos	\$10.000	2	\$20.000
Congeladores	Refrigerante	\$25.000	4	\$100.000
	Juntas y sellos de mangueras	\$15.000	3	\$45.000
	Ventiladores	\$20.000	3	\$60.000
	Rodamiento de compresor	\$20.000	3	\$60.000
Vitrinas de refrigeración	Refrigerante	\$25.000	4	\$100.000
	Juntas y sellos de mangueras	\$15.000	3	\$45.000
	Ventiladores	\$20.000	3	\$60.000
	Rodamiento de compresor	\$20.000	3	\$60.000
Total				\$1.190.000

Tabla 4,10: Propuesta de presupuesto anual para plan de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

El monto total que podemos apreciar en la propuesta finalmente es una inversión que permitirá a Panadería Las Torres mitigar el problema que actualmente posee, el cual hemos mencionado anteriormente más de una vez; que no existe un plan de mantenimiento, es por esto que gracias al estudio, análisis y desarrollo de soluciones hemos podido cumplir los objetivos específicos de este proyecto, por lo tanto, se espera que con todas las herramientas entregadas se obtengan innumerables beneficios para la empresa. Sin embargo, en la propuesta no consideramos los gastos de capacitaciones debido a que en este caso administración se debe encargar si lo considera necesario.



Capítulo V: Conclusiones.

Panadería Las Torres con todas las herramientas proporcionadas a través de este proyecto, se encuentra en condiciones de avanzar hacia la implementación del Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y una gestión adecuada de activos. Este paso no solo representa un desafío técnico, sino que también una oportunidad estratégica para garantizar su continuidad operativa y consolidar su posición en el mercado de la zona.

El análisis realizado permitió identificar las principales causas de fallas en los equipos críticos, así como las áreas de mejora en los procedimientos y recursos actuales. Al abordar las problemáticas a través de soluciones específicas, como el análisis de criticidad, la identificación de modos de falla, el AMFE y el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, la panadería estará mejor preparada para enfrentar fallas inesperadas, reduciendo al mínimo los tiempos de inactividad y los costos asociados.

Las herramientas que entrega este plan de mantenimiento tendrá múltiples beneficios. En primer lugar, mejorará la calidad de los productos, garantizando estándares consistentes que refuercen la confianza y fidelidad de los clientes. En segundo lugar, se logrará una optimización importante de los costos asociados a mantenibilidad, no solo por la reducción de reparaciones imprevistas, sino también por la extensión de la vida útil de los equipos, lo que evitará gastos innecesarios en reposición. Además, se fortalecerá la seguridad en el entorno laboral y el compromiso con la sostenibilidad al entregar medidas que promuevan el uso eficiente de los recursos energéticos y materiales. Este proyecto también destaca la importancia de la capacitación y el desarrollo del personal como un elemento clave para la sostenibilidad del plan. Al dotar al equipo humano de conocimientos y herramientas prácticas para ejecutar y supervisar las tareas de mantenimiento, se asegura una ejecución eficaz del plan a largo plazo.

Por último, el generar una estructura en la gestión de activos esto permitirá que Panadería Las Torres se destaque como un modelo de excelencia operativa en el sector panadero. Lo cual no solo fortalecerá su competitividad frente a otras empresas, sino que también sentará las bases para un crecimiento sostenible en un mercado exigente y en constante evolución.



Referencias bibliográficas

Campos-López, O., Tolentino-Eslava, G., Toledo-Velázquez, M., & Tolentino-Eslava, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23(1), 51-59. Melendres Quispe, K. A. (2019). Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

Cruz, J., Blanco, M., Monge, C. (2016). Aproximación Teórica para el Diseño de un Modelo Integral de Satisfacción de Cliente. *INGENIARE*, 9(16), 127-142.

Felix, R. (2017). Service Quality and Customer Satisfaction in Selected Banks in Rwanda. *Journal of Business & Financial Affairs*, 6(1), 1-11.

Gallardo Quesada, F. (2008). Plan para el mantenimiento de los trenes de la serie 6000 de metro de Barcelona.

Gambo, M. (2016). Service quality and customer satisfaction among domestic air passengers in Nigeria. *International Journal of Business and Management Studies*, 8(2), 32-49.

Grönroos, C. (1984). A Service Quality Model and its Marketing Implications. *European Journal of Marketing*, 18(4), 36-44.

Hoffman, D., Bateson, J. (2011). *Services Marketing: Concepts, Strategies, & Cases*, fourth edition. OH, USA: Cengage Learning.

J. Oyarce (2013). Excelencia empresarial y competitividad: ¿una relación fructífera?.

Jashireh, A., Slambolchi, A., Mobarakabadi, H. (2016). A literature review of service quality and customer satisfaction. *Advanced Social Humanities and Management*, 3(2), 1-12.

Miranda Gonzalez, Francisco Javier. (2007). *Introducción a la gestión de la calidad*. Delta publicaciones.

Monchy, Francois. (1990). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial*/. Masson, S. A.,.



Moubray, J. (1992). RCM2-Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Reino Unido.

Obioma, O. (2016). Servqual Model as Performance Evaluation Instrument for Small and Medium Sized Enterprises (SME): Evidence from Customers in Nigeria. *European Scientific Journal*, 12(28), 520-540.

Ovalles Acosta, J.C, Gisbert Soler, V. y Pérez Molina, A.I. (2017). Herramientas para el análisis de Panorama Socioeconómico, 31(46), 58–63.

Parasuraman, A., Zeithaml, V., Berry, L. (1985). A conceptual model of service quality and its implications for future research. *The Journal of Marketing*, 49(4), 41-50.

Parasuraman, A., Zeithaml, V., Berry, L. (1988). SERVQUAL: A Multiple-Item Scale for Measuring Customer Perceptions of Service Quality. *Journal of Retailing*, 64(1), 12-40.

Pistarelli, Alejandro J.. (2010). Manual de mantenimiento ingeniería, gestión y organización. El Autor : Talleres Gráficos R y C,.

R. Huerta (2010). El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional.

Rivera Rubio, E. M. (2011). Sistema de gestión del mantenimiento industrial.

Ruiz-Lopez, P., Rodriguez-Salinas, C. G., & Alcalde-Escribano, J. (2005). Análisis de causas raíz. Una herramienta útil para la prevención de errores. *Revista de calidad asistencial*, 20(2), 71-79.

Society of Automotive Engineers, SAE JA1011: Evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes, 2 ed., Warrendale: SAE International, 2009.

Causa raíz (ACR). 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 1-9. Extraído de: <<http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.1-9/>>.



Comunicación Noria (2014) Análisis de criticidad. Extraído de:
<https://noria.mx/lube-learn/analisis-de-aceite/un-nuevo-enfoque-del-analisis-de-criticidad-para-la-lubricacion-de-maquinaria/>.