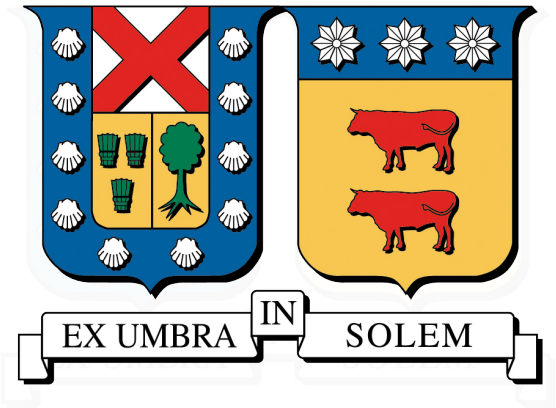
UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
VALPARAÍSO - CHILE



DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LA PANADERÍA "MIAMI"

CATALINA CONSTANZA MUÑOZ PIZARRO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA : SR. FREDY KRISTJANPOLLER R.
PROFESOR CORREFERENTE : SRA. MÓNICA LÓPEZ C.

MARZO DE 2019

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de este trabajo es diseñar un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para la Panadería Miami, empresa familiar instalada en la comuna de Quilpué de la V Región, con diez años de antigüedad.

Dicha empresa cuenta con ocho máquinas y carece de un plan de mantenimiento. Las fallas son atendidas en forma reactiva, cuando se producen, lo que tiene un impacto en la continuidad del proceso productivo, en los costos asociados a las paradas y además impacta en la seguridad de los trabajadores de la panadería.

Al realizar una revisión bibliográfica acerca del desarrollo histórico del mantenimiento y un diagnóstico de la situación de la empresa estudiada, utilizando la metodología del Análisis de Criticidad, para determinar los equipos críticos, los modos y los efectos de falla,se obtiene que la panadería posee cuatro equipos críticos que son la Amasadora, Sobadora, Batidora y Horno. La parada de uno de estos afecta directamente a la producción de la panadería, que posee un proceso productivo lineal, es decir, el input de una máquina es el output de otra. Las pérdidas en cada parada, por detención de producción, varían de máquina en máquina, sin embargo es el Horno el que genera la mayor de todas con una cifra que alcanza los $504.247.

Con toda la información reunida, se diseña un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para la Panadería Miami que posee una periodicidad mensual, que debe ser realizado fuera del horario de producción y que , al seguir los procedimientos como han sido desarrollados, se espera que genere un ahorro por detenciones de $84.247, junto a una disminución significativa de los riesgos asociados al empleo de máquinas en mal estado. Junto a lo anterior, se espera tener una documentación de todas las detenciones y/o mantenciones que se realicen en la panadería, para de esta forma disminuir los tiempos de reparación y respuesta del personal a cargo.

1 | PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Las empresas manufactureras a nivel mundial actualmente se encuentran en un entorno que demanda de ellas un funcionamiento de excelencia. No solo deben cumplir con elaborar su producto, sino que deben hacerlo de manera rápida, eficiente, precisa y asegurando su calidad. J. Oyarce (2013) sostiene que la gestión de excelencia alude a las "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".

Para conseguir esto, es fundamental que cuenten con equipo apropiado y en buenas condiciones, es decir, no solo debe existir la maquinaria acorde a las necesidades de producción de la empresa, sino que esta debe encontrarse en estado óptimo y permanecer así el mayor tiempo posible. "La tecnología desempeña un papel crítico en la competitividad de la empresa y es uno de los recursos que plantea más dificultad en su gestión" (M. Demuner y P. Mercado, 2011).

Si bien el concepto de tecnología ha avanzado y ya no se refiere exclusivamente a las maquinarias y equipamiento, sino a los conocimientos, información y las decisiones que se requieren para mantener a una empresa de manera competitiva a largo plazo (L. Pineda, 1997), en el caso de las empresas manufactureras siguen siendo los equipos la principal tecnología a considerar. Desde esta mirada es que se comprende la necesidad de cada empresa de contar con un plan de mantenimiento de sus maquinarias, sin importar su tamaño ni su nivel de producción, puesto que al no existir una política de mantenimiento de maquinarias se puede llegar a incurrir en altos costos, no solo derivados de la reparación, sino también de atrasos en la producción y en algunos casos, se puede llegar incluso a la pérdida total de la máquina.

La panadería “Miami” es una empresa familiar ubicada en la comuna de Quilpué, que cuenta con alrededor de 7 máquinas en funcionamiento constante. Entre estas se encuentran batidoras, hornos y vitrinas refrigeradas. Actualmente no cuentan con un plan de mantenimiento, por ende esperan a que una de las maquinas tenga problemas para repararla o cambiarla según sea la gravedad del problema. Esto implica que muchas veces, al fallar una de sus máquinas, se ven obligados a funcionar solo con las restantes mientras la máquina con fallas es reparada, lo cual implica disminuir su producción y por ende sus ventas se ven afectadas. Además por otro lado, al ser de suma importancia la recuperación de la máquina lo antes posible, no tienen posibilidades de negociar respecto a los precios de las reparaciones, dado la velocidad con la que requieren el trabajo.

La situación de esta panificadora no es aislada. A.L. Flórez, N. Flórez y F. López (2013), sostienen que “la reducida tecnología a la que acceden las industrias manufactureras y en especial las panificadoras las ha sometido a niveles bajos de competitividad”.

A simple vista puede notarse que la falta de un plan de mantenimiento es una gran desventaja para la empresa, en un escenario en que el sector reconoce desventajas competitivas. Los dirigentes del gremio han expresado su propósito de impulsar iniciativas urgentes para “desarrollar nuestros negocios y conseguir no sólo que sobrevivan en el competitivo mercado de hoy, sino que además evolucionen por el camino de la rentabilidad y las mejores oportunidades” (Yáñez, J., 2013).

Dados los antecedentes mencionados es posible preguntarse ¿cuál sería un plan de mantenimiento adecuado para la empresa dado que actualmente no poseen ninguno? Para responder esta interrogante se evaluará la situación actual de la empresa, para posteriormente crear un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad de la maquinaria y poder ofrecer a la empresa una alternativa que permita un cambio favorable respecto de su situación actual, de manera de aportar a su competitividad. Según J. Fernández (2011), “las empresas, para competir en mercados locales o internacionales, deben generar y fortalecer sus actividades productivas y organizacionales; es decir, para enfrentar con éxito la hipercompetencia global, las empresas deben transformar las ventajas comparativas en ventajas competitivas”.

2 | OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Diseñar un Plan de Mantenimiento de Activos, usando los principios básicos de la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, para lograr mejorar la gestión de activos de la panadería “Miami”.

2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de las diversas técnicas de mantenimiento existentes, profundizando en el concepto de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, para comprender la base teórica del trabajo a realizar.
- Hacer un diagnóstico de la situación actual de las maquinas existentes en la panadería para clarificar el punto de partida.
- Identificar cuáles son los equipos que presentan mayor criticidad para posteriormente trabajar con estos de manera específica.
- Analizar los Modos y Efectos de Fallas de los equipos críticos antes identificados.
- Elaborar un Plan de Mantenimiento para la panadería “Miami” que pueda servir como guía para mejorar su gestión de activos.

3 | MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

En el área de la industria, el mantenimiento es el "conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados" (L. Cuartas, 2008).

Como sostiene L. Sanzol (2010), "El mantenimiento industrial engloba las técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, y contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida útil de forma rentable para el usuario".

Desde esta perspectiva, es posible identificar dos objetivos fundamentales del mantenimiento: Reducir costos de producción y garantizar la seguridad industrial.

Según L. Cuartas (2008), al hablar de reducir los costos de producción se alude a optimizar la disponibilidad de equipos e instalaciones para la producción, reducir los costos de las paradas de producción causadas por deficiencias en el mantenimiento de equipos, por medio de un mantenimiento oportuno, e incrementar la vida útil de los equipos.

En cuanto a la seguridad industrial, el mismo L. Cuartas (2008) sostiene que "el objetivo más importante desde el punto humano es garantizar con el mantenimiento la seguridad de operación de los equipos".

Para el cumplimiento de estos objetivos, hay funciones que resultan muy necesarias, tales como administrar al personal de mantenimiento, proveerlo de las herramientas ade-

cuadas para sus funciones, asegurarse de que dominen los principios y normas de seguridad industrial, programar los trabajos, establecer mecanismos para retirar de la producción los equipos que presentan altos costos de mantenimiento, mantener actualizadas las listas de repuestos y lubricantes, disponer adecuadamente de los desperdicios y del material recuperable (L. Cuartas, 2008).

El mantenimiento exige un trabajo acucioso, para disminuir las posibilidades de error y asegurar la toma de decisiones apropiadas. J. Viñals (2015) dice que en ocasiones se producen confusiones entre los conceptos de mantenimiento, ya que no todas las empresas y sus técnicos clasifican o gestionan de la misma forma sus tareas. "Tenemos que tener claro que cada tarea debe ser clasificada correctamente, para que nos ayude a analizar y optimizar el mantenimiento de una instalación" (J. Viñals, 2015).

De esto se desprende la importancia de la planificación, que reduce la posibilidad de confusiones, más factible de darse en situaciones reactivas, para atender la emergencia. "La planificación del mantenimiento reduce los costos de operación y reparación de los equipos industriales. Los programas para la lubricación, limpieza y ajustes de los equipos permiten una reducción notable en el consumo de energía y un aumento en la calidad de los productos terminados. A mayor descuido en la conservación de los equipos, mayor será la producción de baja calidad" (L. Cuartas, 2008)

Es necesario también hacer presente la diferencia entre los términos de mantenimiento y mantenibilidad, que en ocasiones se confunden o usan indistintamente. Mientras el primero alude a mantener las máquinas y el equipo en estado de operación, la mantenibilidad se refiere a las propiedades que permiten determinar la efectividad con la que un equipo puede ser mantenido o restaurado para estar operativo. "La mantenibilidad se puede definir como la expectativa que se tiene de que un equipo o sistema pueda ser colocado en condiciones de operación dentro de un periodo de tiempo establecido, cuando la acción de mantenimiento es ejecutada de acuerdo con procedimientos prescritos" (D. Mesa, Y. Ortiz, y M. Pinzón, 2006).

La historia del mantenimiento está ligada a la historia de la industria y los procesos se han ido complejizando en la medida en que la maquinaria se hizo más compleja, producto de las demandas sociales a la industria y del avance tecnológico. En los comienzos, eran los

propios operadores de las máquinas quienes las reparaban, pero a medida en que se hicieron necesarios conocimientos más específicos y soluciones más rápidas, se vio la necesidad de contar con departamentos especializados.

Los conceptos más comunes del mantenimiento son el correctivo, el preventivo y el predictivo. En los comienzos, el trabajo era exclusivamente correctivo y estaba orientado a reparar la falla producida.

El mantenimiento correctivo es el que corrige defectos y averías. Según J. Viñals (2015), este es inevitable, ya que no es posible predecir la totalidad de las averías. “El principal inconveniente es que una avería puede suponer la parada de una máquina, y es necesario planificar la intervención, asignar los recursos humanos necesarios, abastecerse de repuestos, preparar herramientas, elaborar procedimientos de seguridad e intervención que no estaban previstos” (J. Viñals, 2015).

El mantenimiento preventivo es el programado. A través de un plan, se establecen acciones para actuar antes de que se produzca la emergencia, efectuando revisiones periódicas a los equipos, “teniendo en cuenta que todas las partes de un mecanismo se desgastan en forma desigual y es necesario atenderlos para garantizar su buen funcionamiento” (L. Cuartas, 2008). “El ejemplo más claro es el mantenimiento de vehículos, en los que se sustituye aceite, correas, filtros y otros elementos de forma programada, antes de que su desgaste provoque averías” (J. Viñals, 2015).

El mantenimiento predictivo, por su parte, está orientado a predecir un comportamiento, a partir del monitoreo constante del comportamiento y las características de un sistema, para actuar antes de que se produzca la crisis. Algunos autores incorporan el mantenimiento predictivo dentro del preventivo. “El mantenimiento preventivo posee una herramienta básica muy importante: El mantenimiento predictivo. Este mantenimiento realiza un seguimiento de cada una de las variables relacionadas con el funcionamiento de las máquinas para poder predecir posibles fallas y tomar las acciones correctivas más apropiadas en el momento oportuno” (W. Olarte, M. Botero y B. Cañón, 2010).

L. Sanzol (2010) dice que a partir de la Primera Guerra Mundial, pero particularmente de la Segunda, aparece el concepto de fiabilidad y ya no se busca únicamente solucionar las fallas, sino prevenirlas. De esta forma se pretende aumentar y fiabilizar la producción,

evitando pérdidas y costos asociados.

Así, surgen los diversos métodos de mantenimiento, aplicados a las necesidades de cada proceso industrial. “El Mantenimiento Preventivo (revisiones y limpiezas periódicas y sistemáticas), el Mantenimiento Predictivo (análisis del estado de los equipos mediante el análisis de variables físicas), el Mantenimiento Proactivo (implicación del personal en labores de mantenimiento), la Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO) y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM)” (L. Sanzol, 2010).

D. Mesa, Y. Ortiz, y M. Pinzón (2006) sostienen que durante mucho tiempo el mantenimiento fue considerado como una actividad que no requería de un profundo conocimiento técnico. “Pero en este mundo globalizado y altamente competitivo, el conocimiento técnico-científico es cada vez más necesario”.

“El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Podríamos decir que el RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica” (L. Sanzol, 2010).

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se inició en los años 50-60, en la industria de las aerolíneas, específicamente en la aviación comercial norteamericana, desde la que posteriormente se extendió a la aviación naval. Son reconocidos los primeros estudios, dirigidos por Stanley Nowlan y Howard Heap, que originaron el RCM, de las palabras en inglés Reliability Centred Maintenance, traducido al español como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, título que tuvo el informe sobre los procesos para preparar los programas de mantenimiento para aeronaves.

“El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad está orientado específicamente hacia la sistematización y el ordenamiento de los elementos que constituyen la administración del mantenimiento industrial” (J. Arreaza, 2013).

3.2. Base Teórica

3.2.1. Conceptos y principios básicos

- Mantenimiento: Es el control constante de las instalaciones de una planta o de los componentes de un producto, así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general (M. Muñoz, sf).

- Mantenimiento Correctivo: Es la operación de mantenimiento que se efectúa después de que se produce el fallo y se basa en dos tipos de intervenciones: Los arreglos, que es un mantenimiento paliativo, con carácter provisional; y las reparaciones, que es un mantenimiento curativo, de carácter definitivo (Gallardo, 2008).

- Mantenimiento Preventivo: Es una intervención de mantenimiento que se realiza de manera periódica, ajustada a una planificación, y tiene como objetivo evitar que se produzca una avería. Considera revisión y reemplazo de componentes desgastados.

- Mantenimiento Predictivo: Es un tipo de mantenimiento preventivo, en cuyas revisiones se recurre a la tecnología, para monitorear todos los elementos medibles y así actuar de manera oportuna antes de que se produzca la avería.

- Mantenimiento Condicional: Consiste en un "plan de inspecciones basado en el monitoreo del estado de funcionamiento de las partes del equipo (o alguna de sus variables de proceso) para aprovechar al máximo su vida de funcionamiento normal y aceptada, antes de intervenirlo o retirarlo de servicio" (A. Pistarelli, sf). El Mantenimiento Condicional es una expresión más general del Mantenimiento del Mantenimiento Predictivo y del Proactivo.

- Mantenimiento Sistemático: "Es aquel predefinido con base en un plan que establezca intervenciones periódicas y sistemáticas según el tiempo, según las horas de trabajo, según el kilometraje, etc. A la postre se usa una variable independiente a las

intrínsecas a la propia máquina para realizar la programación de intervenciones" (C. Jiménez, 2009).

- Mantenimiento de Rondas: Consiste en mantener una vigilancia regular del material sobre la base de rondas de frecuencia corta, con pequeños trabajos cuando es necesario (Gallardo, 2008).
- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: Moubray (1992) definió el MCC como "un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual".
- Falla: Se dice que un componente o equipo falla cuando no puede operar, lo hace de manera insatisfactoria o, a raíz de daños serios, su uso resulta inseguro. Es decir, cuando no puede o ha perdido la capacidad para cumplir su objetivo a satisfacción, ya sea en cantidad, calidad u otra oportunidad. (D. Bravo y D. Suarez, 2008). Un fallo "es la alteración o interrupción de un bien en el cumplimiento de una función requerida" (Gallardo, 2008). El concepto de falla funcional se refiere a "la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado" (Moubray, 1992).

3.2.2. Objetivo del mantenimiento

Los objetivos del mantenimiento se definen por las funciones y expectativas de funcionamiento (F. Espinosa, sf). En términos generales, la finalidad de realizar cualquiera de los tipos de mantenimiento revisados es evitar, reducir o reparar fallos; evitar el paro de las máquinas, evitar accidentes e incidentes, aumentando la seguridad de las personas, conservar los bienes, reducir costes, alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes. "En resumen, un mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallos"(M. Muñoz, sf).

Según S. García (2009), los objetivos básicos de mantenimiento son cuatro: Disponibilidad, Fiabilidad, Vida útil de la instalación y Cumplimiento de un presupuesto establecido,

los que serán revisados desde la perspectiva de dicho autor. La disponibilidad de una instalación se refiere al tiempo en que la instalación ha estado en disposición de producir, independientemente de que lo haya hecho o no, por razones ajenas a su estado técnico. Desde esa perspectiva, el objetivo más importante de mantenimiento es asegurar que la instalación estará disponible para producir un mínimo de horas determinado del año.

Los principales factores que se deben tener en cuenta para el cálculo de la disponibilidad son el número de horas totales de producción, el número de horas de indisponibilidad total para producir y el número de horas de indisponibilidad parcial. Esta última alude al número de horas en que la planta está en disposición para producir, pero con una capacidad inferior a la nominal.

La fiabilidad, en tanto, mide la capacidad de una planta para cumplir el plan de producción previsto. Por tanto, se refiere al cumplimiento de la producción planificada y comprometida. Para el cálculo, se deben tener en cuenta dos factores: Horas anuales de producción y horas anuales de parada o reducción de carga por mantenimiento correctivo no programado. Como tercer objetivo se plantea asegurar una prolongada vida útil a la instalación. Esto apunta a que el estado de degradación de las plantas sea acorde con lo planificado, para que ni la disponibilidad ni la fiabilidad ni el coste estén fuera de los objetivos establecidos para un periodo prolongado. La esperanza de vida útil para una instalación industrial fluctúa entre 20 y 30 años.

En cuanto al cumplimiento del presupuesto, se plantea que los tres objetivos anteriores no se pueden cumplir a cualquier precio, sino que deben corresponder a lo establecido en el presupuesto anual de la planta.

3.2.3. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

Como se indicó en el apartado 3.2.1., de Conceptos y principios básicos, Moubray (1992) definió este tipo de mantenimiento como un proceso que se utiliza para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga.

Para llevar a cabo un plan de MCC se requiere comprender la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen, por lo que es necesario definir los equipos

existentes y seleccionar los que serán sometidos al proceso de revisión. De esta forma, surge la necesidad de contar con un registro completo de los equipos.

3.2.4. 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 y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual (R. Huerta, 2010).

El primer paso para el Análisis de Criticidad es obtener el Factor de Criticidad de cada máquina según el siguiente esquema:

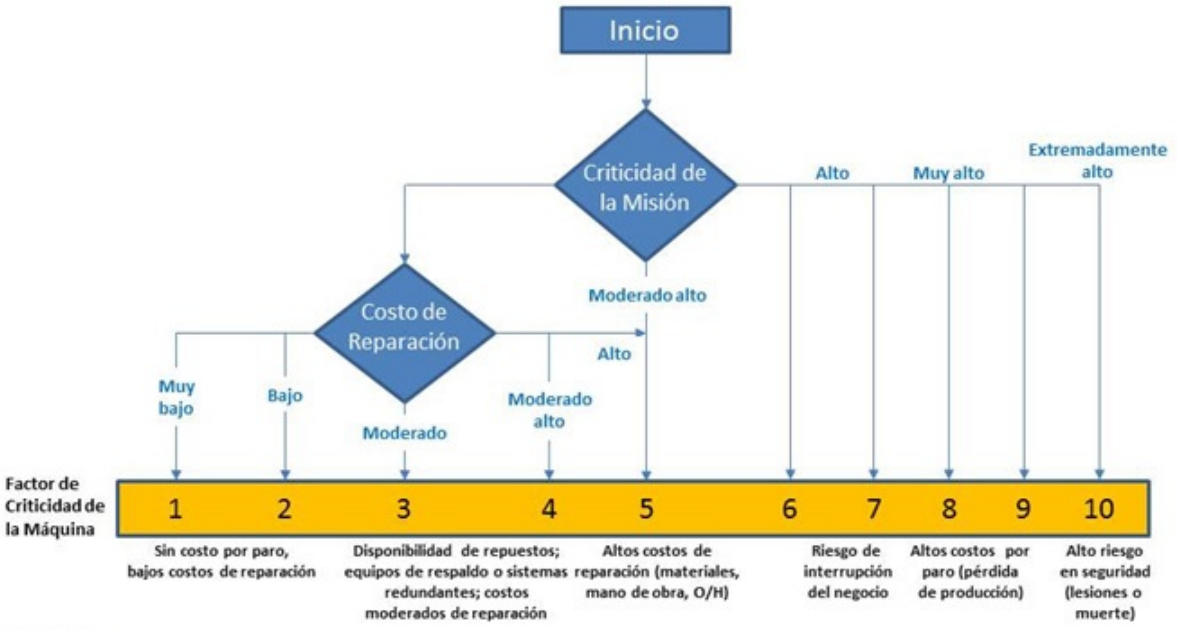


Figura 3.1: Factor de Criticidad de la Máquina

Luego se debe obtener el Factor de Ocurrencia de Falla como indica 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**
1	Nunca	La máquina tiene una larga trayectoria, nunca ha fallado y no muestra signos de afectar la 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 3.2: Factor de Ocurrencia de Falla

Finalmente, con los dos datos anteriores se puede obtener el Factor de Criticidad de la Máquina según la siguiente matriz:

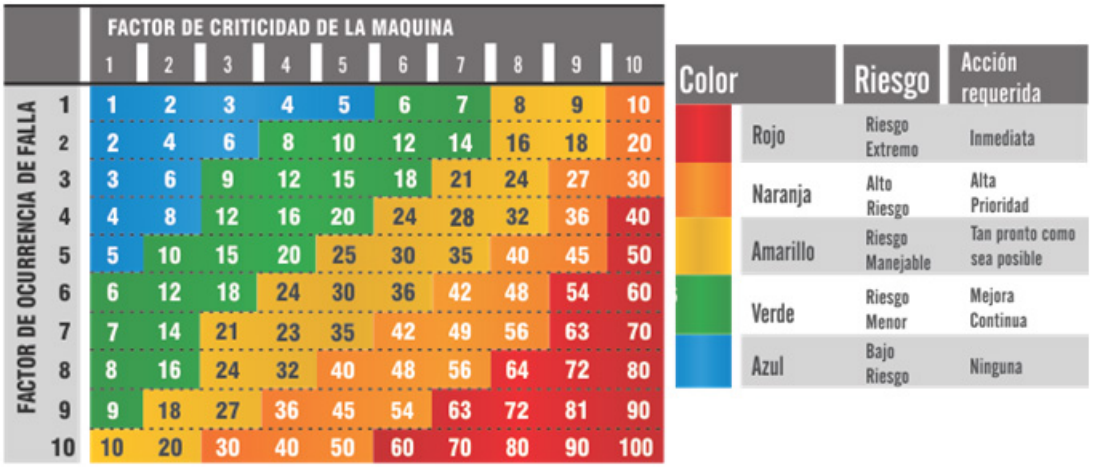


Figura 3.3: Factor de Criticidad

Así, el objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos para una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas en forma controlada y auditable. La información recolectada en el estudio podrá ser utilizada para:

- Priorizar órdenes de trabajo de operaciones y mantenimiento.
- Priorizar proyectos de inversión
- Diseñar políticas de mantenimiento
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales
- Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos.

3.2.5. Siete Preguntas

Una vez seleccionados los equipos que serán parte del MCC, el proceso sistemático formula siete preguntas que deben ser contestadas sobre cada uno de los equipos (F. Espinosa, sf):

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer sus funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre la falla?
- ¿De qué manera importa cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir/prevenir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

3.2.6. Equipo Natural de Trabajo

El equipo natural de trabajo es un conjunto de personas que cumplen diferentes funciones dentro de la organización y que trabajan juntas por un tiempo determinado, para analizar problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo común (R. Huerta, 2010).

Al formarse un equipo para resolver problemas ligados al mantenimiento es fundamental que sea conformado por una cantidad reducida de personas y que cuente con al menos un trabajador del área de mantenimiento y uno del área de producción.

3.2.7. Funciones y parámetros de funcionamiento

Cada elemento que conforma los sistemas de los equipos debe haberse adquirido para uno o varios propósitos determinados. Es decir, deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afecta a la organización y la influencia total sobre la organización depende de:

- La función de los equipos en su contexto operacional, o sea la prioridad del equipo dentro del sistema productivo.
- El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

Las funciones del equipo se dividen pueden en:

- Funciones primarias: Estas resumen el porqué de la adquisición del activo.
- Funciones secundarias: la cual reconoce que se espera de cada activo que haga más que simplemente cubrir sus funciones primarias.

Una vez que se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos estándares se extienden a la producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, costo operacional y seguridad. Esto remarca la importancia de identificar precisamente qué es lo que los usuarios quieren cuando comienza a desarrollarse un programa de mantenimiento. (Moubray, 1992).

3.2.8. Fallas funcionales

Los estados de falla en este ámbito son conocidos como fallas funcionales, porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función según el parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable (F. Espinosa, sf).

Antes de aplicar las herramientas correspondientes, se requiere identificar qué fallas pueden ocurrir.

Cuando se presenta una falla funcional el Objeto deja de hacer lo que sus usuarios quieren que haga. Estas fallas sólo pueden ser identificadas luego de haber definido las funciones y parámetros de funcionamiento del activo. Se deben de definir fallas funcionales por cada función. Una función puede tener varias fallas funcionales, las cuales se deben registrar.

3.2.9. Modos de falla

El próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir (F. Espinosa, sf).

Al realizar este paso, es importante identificar la causa origen de cada falla. De esta forma, no se malgasta tiempo ni esfuerzo abordando los síntomas en lugar de las causas. Es importante identificar con detalle la causa de cada falla, para asegurarse de no desperdiciar tiempo y esfuerzo.

Un modo de falla origina una falla funcional y la función del Objeto RCM se afecta negativamente. Se definen modos de falla por cada falla funcional y cada una de estas puede tener varios modos de falla.

La descripción de un modo de falla debe consistir de un sustantivo y un verbo y debe de ser descrito de manera específica y concisa. Se debe de evitar el uso de expresiones como falla, rotura o mal funcionamiento.

3.2.10. Efectos de falla

El siguiente paso del proceso de RCM consiste en hacer una lista de los efectos de cada falla, que describan lo que ocurre con cada modo de falla. Esta descripción debe incluir información tal como (F. Espinosa, sf):

- Qué evidencia existe (si la hay) de que se ha producido una falla.
- De qué modo (si las hay) la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- De qué manera (si las hay) afecta a la producción o a las operaciones.
- Los daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.
- Qué debe hacerse para reparar la falla.

El proceso de contestar sólo a las cuatro primeras preguntas produce oportunidades sorprendentes y a menudo muy importantes de mejorar el funcionamiento y la seguridad, y también de eliminar errores. También mejora enormemente los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos (Moubray, 1992).

3.2.11. Confiabilidad

Confiabilidad es la capacidad de un equipo de desempeñar la función que se espera que desempeñe, bajo condiciones establecidas; se habrá logrado la confiabilidad cuando el equipo hace lo que se espera que haga. (E. Ellman, 2008)

La confiabilidad, definida como R(t), es la probabilidad de que el sistema no falle durante un tiempo igual a t, o de que el sistema falle para un tiempo mayor a t.

3.2.11.1. Tasa de fallas

La tasa de fallas, representada por la letra griega λ indica la probabilidad de tener una falla del sistema o equipo en un intervalo de tiempo, dado que el sistema ha funcionado de manera correcta hasta el instante en que comienza el intervalo.

3.2.11.2. Modelos de Confiabilidad

Dentro de la confiabilidad a nivel continuo existen tres modelos que son altamente utilizados para su cálculo:

- Modelo Exponencial negativa:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \tag{3.1}$$

  Donde λ(t) es la función de tasa de falla.

- Modelo Normal:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} \tag{3.2}$$

  Donde λ(t) es la función de tasa de falla.

- Modelo de Weibull:

$$R(t) = e^{-(\frac{t-\gamma}{\alpha})^{\beta}} \tag{3.3}$$

Donde α, β y γ son parámetros definidos como sigue:

Parámetro de escala (α): Es un parámetro que ayuda a definir la vida característica de un equipo y corresponde al tiempo para el cual los equipos tienen una probabilidad de fallas de 63,2 % la cual pasa por el punto Weibull. (E. Pérez, 2010)

Parámetro de forma (β): Define en qué fase de la vida se encuentra el componente o equipo. Si β<1 se encuentra en el período inicial de operación, donde existen variadas fallas que derivan de errores de fabricación, defectos de diseños no detectados, etc. Si β=1 el equipo se encuentra en operación normal por ende las fallas no dependen del tiempo y son totalmente aleatorias. Si β>1 el equipo se encuentra en la fase de desgaste donde tiende a sufrir un deterioro causado por el uso en general. (E. Pérez, 2010)

Parámetro de localización (γ): Define si la nube de puntos en la gráfica de Weibull se ajusta a una recta. Si es posible ajustarla a una recta entonces γ=0, por otro lado si la nube de puntos resulta una curva $\gamma \neq 0$. (E. Pérez, 2010) Al trabajar en modelos continuos el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) se calcula de la siguiente manera:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t)dt \tag{3.4}$$

4 | CASO PRÁCTICO

4.1. Industria del pan en el mundo

Según un informe de la consultora IBISWorld, la industria panificadora en el mundo vale 461,000 millones de dólares, con un mercado integrado en un 91 % por panaderías familiares o artesanales, supermercados y tiendas de abarrotes, las que suman 277,000 empresas. El 9 % restante está conformado, en primer lugar, por Bimbo, que es considerada la empresa más grande del sector, con un 4 %; seguida por Mondeléz Internacional, con 3 %; Yamazaki, con 2 %; y Kellogg's, con 1 %. (J. Santiago, 2015). El pan es un producto cuyo desarrollo histórico corre paralelo con la historia de la humanidad y así es posible encontrarlo en estudios, crónicas y literatura. López, Correa y Osorio (2009), en su trabajo "Caracterización comercial de la panadería tradicional de la ciudad de Manizales", realizan una completa revisión de diversas fuentes que dan cuenta de esto. "Uno de los alimentos que más se consume a diario en todo el mundo, como complemento de todo tipo de comidas es el pan. No hay producto que tenga tras de sí, una historia tan larga y llena de simbología como lo es el pan. La falta de pan, a través de la historia siempre se ha considerado sinónimo de hambre y es difícil imaginar la alimentación diaria sin su presencia o como acompañante de las mismas" (P. López, P. Correa y G. Osorio, 2009) De allí que agregan que "La panadería es un arte, que lleva miles de años de ejercicio y ha estado presente en la evolución y transformación de nuestras sociedades. Es a través de este oficio, que se obtiene el pan, el cual es considerado sinónimo de alimento en muchas culturas y hace parte de la dieta alimentaria y forma de expresión cultural y religiosa en muchos pueblos del mundo" (P. López, P. Correa y G. Osorio, 2009) Por lo mismo, sostienen que la panadería y

su ejercicio, como las técnicas de fabricación y los ingredientes, son influidos por la cultura, la tradición y las características culinarias de los pueblos, lo que le otorga una condición propia y única (P. López, P. Correa y G. Osorio, 2009) Esta situación es apreciable en todo el mundo, como también la evolución de los procesos y las problemáticas asociadas. El año 2016 se realizó en Sao Paulo, Brasil, el Congreso Mundial de Panaderos y Confiteros agrupados en la UIBC , organización que reúne a los profesionales del sector de los 5 continentes. En una entrevista con el sitio web Panader.com (2016), el presidente de la UIBC, Antonio Arias, de México, dijo que "un problema común en todo el mundo es la falta de mano de obra calificada para la panadería y la confitería" y en cuanto a la situación de América respecto de Europa, manifestó que "América está cambiando, está mejorando mucho su situación con relación a la industria panificadora. No podemos olvidarnos que el pan está pasando por problemas, pero no debemos olvidar que hay nuevos retos, nuevas oportunidades cada vez". El desarrollo de la industria del pan se enfrenta a las tendencias y desafíos propios de la época, dentro de los cuales la gestión de calidad y la alimentación saludable ocupan lugares preponderantes y las panaderías han debido adecuar sus procesos a nuevas normativas y demandas de los consumidores.

4.2. La industria en Chile

En Chile se replica el escenario observado a nivel mundial en cuanto a la configuración de la industria panificadora, su evolución y las exigencias a que se ve enfrentada. I. Rojas (2014) señala que "La industria panadera en Chile está compuesta principalmente de Pymes, que corresponden a negocios familiares con más de 10 años de experiencia, quienes generalmente elaboran los productos que comercializan, y donde existe personal de baja calificación. A esto se le suma la irrupción de grandes supermercados, tiendas de conveniencia y pequeños almacenes que ofrecen productos de la industria panadera, como pan a granel, pan envasado, pan congelado, y pan pre-cocido atendiendo al cliente "masivo" de la industria panadera, siendo poco consideradas las tendencias actuales que apuntan a consumidores que buscan obtener productos de alta calidad, con gran surtido y que entregue una experiencia diferente de consumo y compra". El investigador sostiene que

"La concepción primaria y natural de las panaderías consiste en proveer el pan cotidiano, donde su éxito se basa en lograr una excelente calidad del producto a un buen precio y con una excelente atención" (I. Rojas, 2014) y añade que "El diagnóstico del sector de la panadería se presenta actualmente con una fuerte competencia, mayores costos de materias primas, energía, combustibles y mano de obra, factores que han provocado que la industria panadera tradicional chilena se encuentre en una situación altamente competitiva en estos momentos. Esto dado que la industria de pan artesanal ha mantenido modelos de negocios tradicionales, con altos volúmenes de producción y de venta en reparto, con márgenes pequeños, baja innovación , y mano de obra poco calificada, lo que ha generado que muchas de las panificadoras tengan bajas rentabilidades de su negocio" (I. Rojas, 2014). Además, destaca que el negocio de la panadería permite comercializar productos complementarios tales como empanadas, pasteles, quesos, jamones, mermeladas y otros, lo que otorga un ingreso adicional al primario, que es la venta de pan (I. Rojas, 2014). El estudio Chile saludable, volumen II (p.8), expresa que "Según cifras de Euromonitor Internacional, el mercado de los alimentos procesados en Chile alcanza un volumen de ventas cercano a los US$ 11 billones anuales. Dentro de esta industria, las categorías de panadería y productos horneados -como galletas y pasteles- en conjunto con lácteos, representaron el 56 % de las ventas de alimentos procesados durante el año 2012". En cuanto al consumo de pan, dice que Chile lidera el consumo per cápita en Latinoamérica, con alrededor de 95 kilos anuales. La venta del producto es mayoritariamente a granel y elaborado por panaderías artesanales (p.8). Por su parte, el Manual Genérico de Buenas Prácticas de Manufactura Aplicado a Panaderías-Pastelerías-Fábricas de empanadas de INDUPAN (p.4) señala que "Las correctas prácticas aplicadas en la Industria Panadera y Pastelera permitirán obtener productos inocuos que garantizan el consumo de las personas sin riesgo a sufrir enfermedades asociadas a la ingesta de alimentos". Dicho Manual considera el mantenimiento dentro de las buenas prácticas. INDUPAN es una asociación gremial del sector de alimentos, que en la Región Metropolitana agrupa a cerca de 4.000 industrias pymes y cuyo origen se remonta a 1920, con la fundación de la Unión de Fabricantes de Pan de Santiago. Según el sitio web de la Sociedad de Fomento Fabril, SOFOFA (2017) Estudios elaborados por Indupan, con antecedentes del Servicio de Impuestos Internos, muestran que el 98 % de las

empresas del sector panadero son micro y pequeñas empresas. El 33 % de estas se ubica en la Región Metropolitana, que centraliza cerca del 89 % de la facturación del sector.

4.3. Diagnóstico empresarial

El diagnóstico empresarial es un procedimiento que permite conocer la situación actual de una organización y los problemas que están afectando su desarrollo (S. Romagnoli, 2007). Su propósito es identificar el estado de la empresa y las causas de los problemas que la afectan, para definir medidas que permitan mejorar la situación (F. Baena y A. Botero, 2008).

Según F. Baena y A. Botero (2008), hay diversas metodologías para realizar estudios diagnósticos en empresas, las que se enfocan en distintos aspectos particulares, con énfasis en los procesos productivos o en aspectos relacionados con el mercado y los consumidores. A continuación se presentan dos de estas metodologías, por considerarlas apropiadas a la materia en estudio.

1. Metodología para el diagnóstico tecnológico de pymes (DT-PYMES)

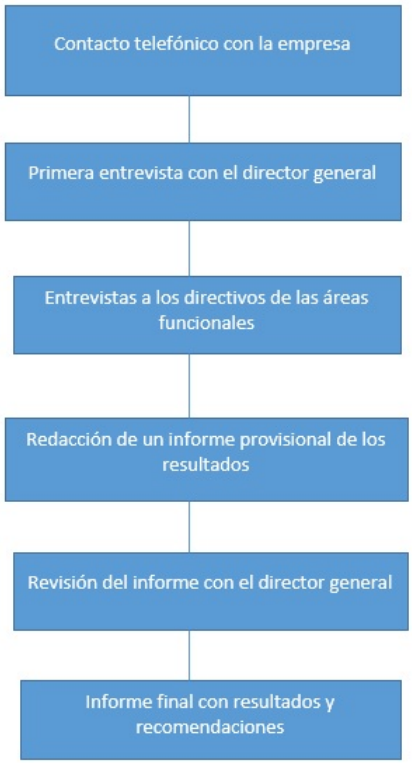


Figura 4.1: Proceso de aplicación de metodología DT-PYMES

Esta metodología, desarrollada en 1993 por el Institut Catalá de Tecnología (ICT), proporciona un procedimiento estructurado para diagnósticos de empresas de carácter general, los que se complementan con diagnósticos específicos del área tecnológica, permitiendo identificar los principales problemas de la empresa. Ambos diagnósticos se pueden realizar en forma simultánea o de manera independiente. Además de dar a conocer a la dirección de la empresa un procedimiento de análisis y evaluación de la situación general, orienta las decisiones que impliquen introducir nuevas tecnologías (de procesos, productos o de tipo organizativo) para mejorar la capacidad tecnológica de la empresa (F. Baena y A. Botero, 2008).

2. Proyecto “QUALYMAN”



Figura 4.2: Proceso de aplicación metodología "QUALYMAN"

El proyecto "Diseño e implantación de un Sistema de Gestión participativo bajo criterios de calidad en las pymes: su carácter estratégico" se inserta en la iniciativa europea ADAPT y fue desarrollado en 1997 por el Instituto Tecnológico de Galicia. Su propósito es mejorar la competitividad de las empresas a través del refuerzo de las capacidades de sus recursos humanos (F. Baena y A. Botero, 2008).

En este caso, el diagnóstico estará centrado en la maquinaria que utiliza la empresa en sus procesos productivos, de manera de detectar la raíz de los problemas que pueden incidir en su crecimiento y desarrollo.

La panadería Miami está ubicada en calle Alcalde Subercaseaux 1895, comuna de Quilpué, provincia de Marga Marga, en la V Región de Valparaíso. Comenzó a operar el año 2009 y es un negocio familiar que elabora diversos tipos de pan, pasteles y masas tales como empanadas, pizzas y chaparritas, entre otros.
El establecimiento está emplazada en un sector residencial y ocupa una superficie de 98 metros cuadrados, distribuida en un edificio único de un piso, al que el año 2013 se le agregó una ampliación destinada a una sandwichería, con un sector de atención de público

al aire libre.

La fuerza laboral está constituida por 6 trabajadores. El cargo principal es el del dueño y los empleados son un maestro panadero, un pastelero, una vendedora de la sandwichería, dos vendedoras de la panadería en sí y una cajera.

La estructura de remuneraciones es la que sigue:

Colaborador	Cantidad	Costo empresa [CLP]
Maestro Panadero	1	774.055
Maestro Pastelero	1	774.055
Vendedor Sandwich	1	467.000
Vendedor Pan	2	394.000
Cajero	1	467.000

Figura 4.3: Costo empresa de los trabajadores que da un total mensual de $ 3.270.110

La panadería funciona 7 días a la semana, en horario de 8.30 a 21.00 horas de lunes a sábado y de 9.00 a 15.00 horas los domingo.

En cuanto a la maquinaria, cuenta con una amasadora, adquirida en 2013, avaluada en $3.900.000 y con capacidad para un quintal de harina; una batidora planetaria de 30 litros, comprada en 2010, avaluada en $600.000; una sobadora de 55 milímetros, adquirida en 2010 y avaluada en $1.600.000; un horno Unique de tres cámaras de piso, comprado el año 2010 y avaluado en $9.000.000.



Figura 4.4: Amasadora



Figura 4.5: Batidora



Figura 4.6: Sobadora



Figura 4.7: Horno

Asimismo, la panadería dispone de una vitrina refrigerante; dos refrigeradores, adquiridos en 2009; una plancha de cocina, adquirida el año 2013 y avaluada en $800.000. En el área de sandwichería, se agregan dos mesones plancha.



Figura 4.8: Vitrina Refrigerante



Figura 4.9: Refrigerador



Figura 4.10: Plancha



Figura 4.11: Mesones

Lo que respecta a los procesos de la panadería, el foco de esta memoria será en los productivos, dicho sea de paso los que hacen mención a la conformación de la masa-pan y la de los pasteles.

Para la producción del pan se utilizan tres máquinas y en este está involucrado el maestro panadero. En primer lugar, se deben pesar los ingredientes a ser utilizados, estos ingredientes pueden ser tanto los genéricos como harina, levadura, agua, sal y aceite, o también algunos especial dependiendo del tipo de pan o masa, se agregarán otros tales como especias, harina

integral, chicharrones, entre otros, una vez pesados se mezclan en la amasadora.
La mezcla resultante es trasladada a la sobadora, máquina conformada por dos cilindros, que tiene como propósito estirar la masa y emparejar el espesor. El proceso se extiende hasta obtener el nivel de aire necesario para que el pan obtenga la textura deseada, para luego dar paso a la formación de bollos para o forma del producto que se quiera vender pudiendo ser pizza, pan de chaparrita, pasteles, entre otros, además de dejarlo fermentar para que la masa 'eleve'.Finalmente,la masa puede ser trasladada al horno si es de venta inmediata, o a uno de los refrigeradores para ser conservada y usada en días posteriores.

Lo anterior puede ser diagramado como sigue:

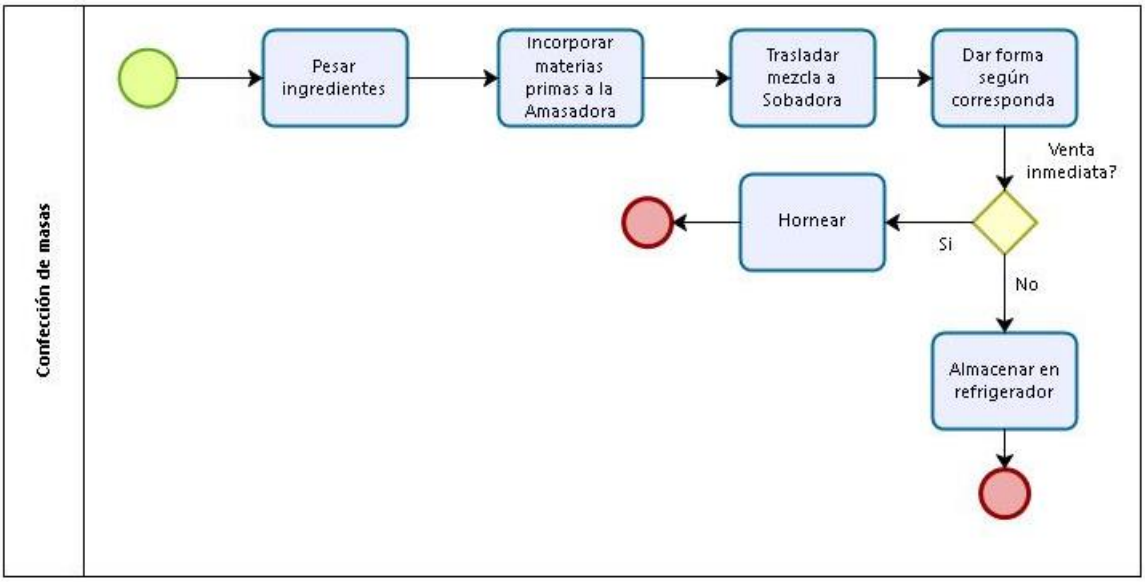


Figura 4.12: Proceso de conformación de Masa para Pan, Empanada, Pizza o Pasteles

Los tiempos medios para cada tarea de este proceso son los que siguen:

Tiempos de Panadería	
Tarea	Tiempo [min]
Pesar ingredientes	2
Mezclar en amasadora	10
Estirar en sobadora	15
Formar Bollos	30
Fermentar	30
Hornear	90
Total	177

Figura 4.13: Tiempos de cada actividad del proceso de panadería

Para la producción de pasteles, es el maestro pastelero el principar actor, se preparan por separado las masas y las cremas o rellenos. Para las masas, los ingredientes se colocan en la amasadora, siguiendo con el proceso anterior, hasta ser trasladadas al horno, conservando todos los tiempos del proceso de panadería. Los ingredientes de las cremas, en tanto, se colocan en la batidora para ser procesados aproximadamente 8 minutos, una vez mezclados se llevan al congelador por alrededor de 1 hora minutos en promedio para que tomen consistencia. Posteriormente, se preparan los pasteles utilizando las masas y cremas antes preparadas y estos se ponen en las vitrinas refrigerantes si son de venta inmediata, caso contrario se almacenan en el refrigerador.

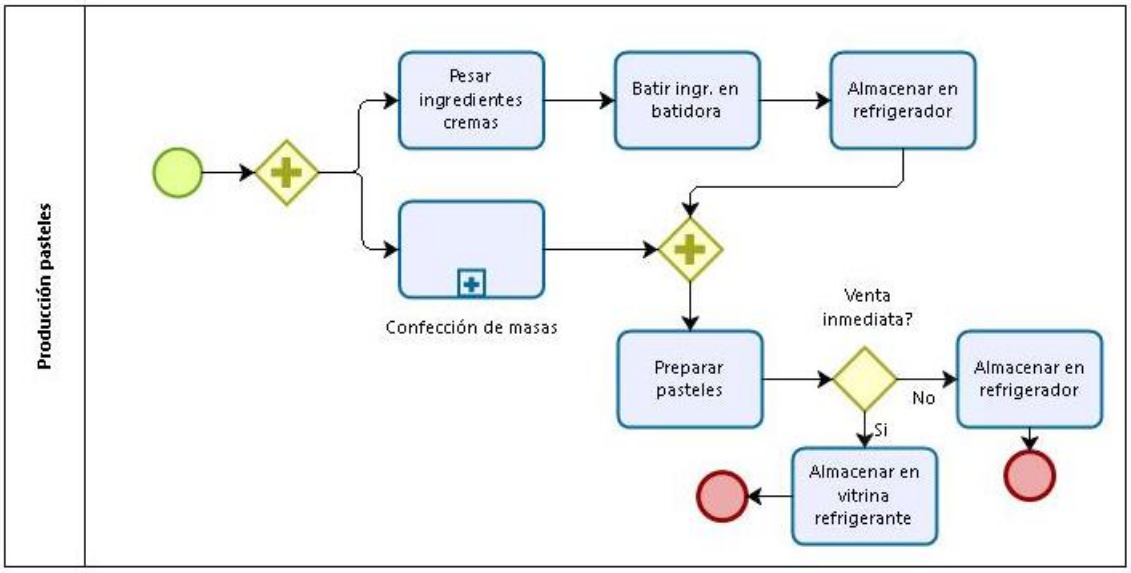


Figura 4.14: Proceso de conformación de Pasteles

Los tiempos medios asociados a este proceso son:

Tiempos de Pastelería	
Tarea	Tiempo [min]
Proceso panadería	177
Congelar	60
Batir ingredientes	8
Total	237

Figura 4.15: Tiempos de actividades asociadas al proceso de pastelería

La producción de empanadas, pizzas y chaparritas es igual a la del pan, con la diferencia que una vez trabajadas las masas, se juntan con los rellenos previamente preparados y guardados en el congelador, tales como pino, queso, tomate, jamón, vienesas, entre otros, y, finalmente, algunos de los productos terminados son puestos en las vitrinas y otros guardados en los refrigeradores.

El armado de sándwich es quizás el proceso más manual que tiene la panadería pues el encargado de la producción pesa los ingredientes que puede contener el sándwich, posterior

a esto los cocina o calienta y finalmente monta el sándwich para su venta. El diagrama de flujo del proceso es como sigue:

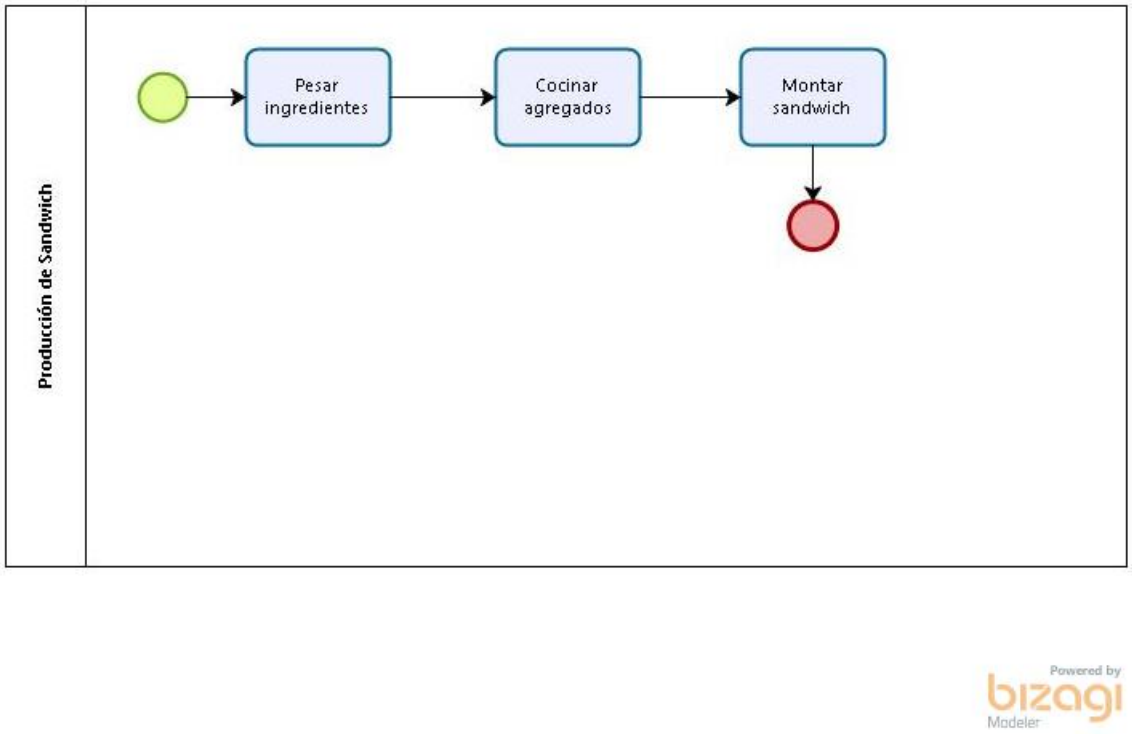


Figura 4.16: Proceso de conformación de Masa para Pan, Empanada, Pizza o Pasteles

Los tiempos asociados a preparación de sándwich son:

Tiempo Sandwicheria	
Tarea	Tiempo [min]
Pesar ingredientes	2
Cocinar agregado	8
Montar Sandwich	2

Figura 4.17: Tiempos de actividades asociadas al proceso de confección de sandwich

La maquinaria se encuentra actualmente utilizada en su totalidad y a plena capacidad, según las necesidades de producción, por lo que se tienen los siguientes datos respecto a la misma:

Producto	Precio Venta [un]	Producción Diaria [un]	Demanda Diaria [un]	Stock de reserva [un] **	Ingreso por producto
Pan	100	1.200	840	240	84.000
Pizza	1.500	35	26	14	39.375
Chaparrita	1.200	40	30	16	36.000
Empanadas	1.200	45	34	18	40.500
Sandwich	800	70	56	-	44.800
Pastelería*	2.500	60	45	24	112.500

Figura 4.18: Venta total diaria es de $ 357.175 lo que es un ingreso mensual de $ 10.715.250 *La pastelería abarca a todos los productos en base a un promedio

Por otra parte las mermas asociadas a la producción (producto que no logró venderse) son:

Producto	Costo [un]	Merma diaria [un]	Merma por producto
Pan	30	360	10.800
Pizza	450	9	3.938
Chaparrita	420	10	4.200
Empanadas	360	11	4.050
Sandwich	200	14	2.800
Pastelería*	750	15	11.250

Figura 4.19: La merma diaria alcanza los $ 37.038

Con respecto a los costos de producción se tiene que alcanzan los $ 4.312.500

Al realizar un levantamiento de las fallas que han tenido las máquinas desde su adquisición a la actualidad se obtuvo la siguiente tabla con información:

Fallas de maquinaría						
Maquina	Año adquisición	Ultima Falla	Frecuencia [mes]	Tiempo parada* [hr]	Detalle Fallas	Solución
Amasadora	2013	2016	24	6	Correas dañadas	Reemplazo de correas
Sobadora	2010	2016	36	4	Correas dañadas	Engrasar correas
Batidora	2010	2014	48	56	Rodamiento	Reemplazo de rodamiento
Horno	2010	2016	24	24	Falla camara	Mantención general
Refrigerador	2009	2015	72	12	Compresor	Cambio de compresor
Plancha	2013	-	-	-	-	-
Vitrina Refrigerante	2010	-	-	-	-	-

Figura 4.20: Fallas identificadas en los equipos de la panadería Miami * Medido en horas hábiles

5 | ANÁLISIS

5.1. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que se utiliza para jerarquizar prioridades en los procesos, sistemas y equipos, al momento de tomar decisiones en materia de mantenimiento, de esta forma, es posible dirigir los esfuerzos y recursos hacia los aspectos prioritarios (R. Huerta, 2010).

Para la aplicación de la metodología se toman en cuenta las instalaciones, los sistemas, los equipos y los elementos de los equipos, considerando el impacto que cada uno tiene en la totalidad del negocio. Se obtiene como producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumándole sus efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en la instalación.

El mejoramiento de la confiabilidad operacional se asocia con cuatro aspectos fundamentales:

- Confiabilidad humana: Involucramiento del personal en sus funciones
- Confiabilidad del proceso: Operación dentro de parámetros establecidos, entendimiento de los procedimientos
- Confiabilidad del diseño: Fases de diseño, disminuir el MTTR
- Confiabilidad del mantenimiento: Estrategias a la minimización de las fallas, extender el MTBF

Como los recursos humanos y económicos de que se dispone no suelen permitir abordar al mismo tiempo y en forma paralela todas esas variables, se hace necesario priorizar y, en

este sentido, el análisis de criticidad surge como una herramienta importante al determinar los aspectos más críticos a partir de una lista ponderada de mayor a menor donde se diferencian tres zonas de clasificación: Alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad.
La identificación de las zonas facilita el diseño de estrategias para la realización de estudios o proyectos que permitan mejorar la confiabilidad operacional, partiendo por la zona de alta criticidad (R. Huerta, 2010).
El apoyo que esta metodología brinda en la toma de decisiones, posibilita administrar esfuerzos en la gestión del mantenimiento, la ejecución de proyectos de mejora, rediseños con base en el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos.
Los criterios para el análisis se relacionan principalmente con seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, tasa de fallas y tiempo de reparación. La ecuación matemática otorga una puntuación a cada elemento que se evalúa y la lista resultante focaliza los esfuerzos con una máxima rentabilidad. (R. Huerta, 2010). Desde el punto de vista matemático, Huerta (2000. P.13-19) sostiene que la criticidad se puede expresar como:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia x Consecuencia}$$

En esta expresión, la frecuencia se refiere al número de eventos o fallas que ha presentado el proceso o sistema evaluado, en tanto que la consecuencia alude al impacto y a los costos. R. Huerta (2010), presenta como un modelo básico de análisis de criticidad el siguiente:



Figura 5.1: Modelo Análisis Criticidad

El diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la panadería "Miami" utilizará la metodología de análisis de criticidad para determinar las prioridades, focalizando y optimizando así los esfuerzos y recursos.

5.1.1. Factor de Criticidad de la Máquina

Para iniciar el análisis es necesario obtener el Factor de Criticidad de cada máquina, mediante información previa sobre el comportamiento de las maquinarias en el pasado.
El Principio de Pareto sostiene que el 20 % de una acción producirá el 80 % de los efectos. Aplicado a este tema, es posible decir que el 20 % de las máquinas causa el 80 % de los problemas de confiabilidad. Se requiere saber, entonces, cuáles son esas máquinas (J. Fitch, 2014).
Según J. Fitch (2014), "La probabilidad de que una máquina falle tiene que ser inversamente proporcional al riesgo". Al respecto, agrega que los responsables del mantenimiento suelen tener poco control sobre las consecuencias de una falla, en tanto que los mantenedores de la confiabilidad tienen un control considerable sobre la probabilidad de falla. A partir del riesgo y la criticidad, plantea que es posible desarrollar un plan maestro para la confiabili-

dad de las máquinas.

"La Criticidad Global de la Máquina (CGM) es una evaluación del perfil de riesgo de una máquina que puede calcularse como un valor numérico. La CGM es lo que necesita saber y controlar. Mientras más baja la CGM, más bajo el riesgo. La CGM es el resultado de la multiplicación de dos factores: El Factor de Criticidad de la Máquina (FCM) y el Factor de Ocurrencia de Falla (FOF). El FCM está relacionado con las consecuencias de la falla de una máquina, combinando la criticidad de la misión y los costos de reparación, mientras que el FOF está relacionado con la probabilidad de que una máquina falle". (J. Fitch, 2014).

En primer lugar calcularemos el Factor de Criticidad de La Máquina, para ello utilizaremos el siguiente esquema de evaluación para cada una de ellas, considerando que no es necesario tener un dato a raja tabla por la .ªmbigüedad"de la producción y adaptación a la demanda del mercado, pero si teniendo presente que una evaluación cualitativa es tanto o más relevante que un dato numérico exacto:

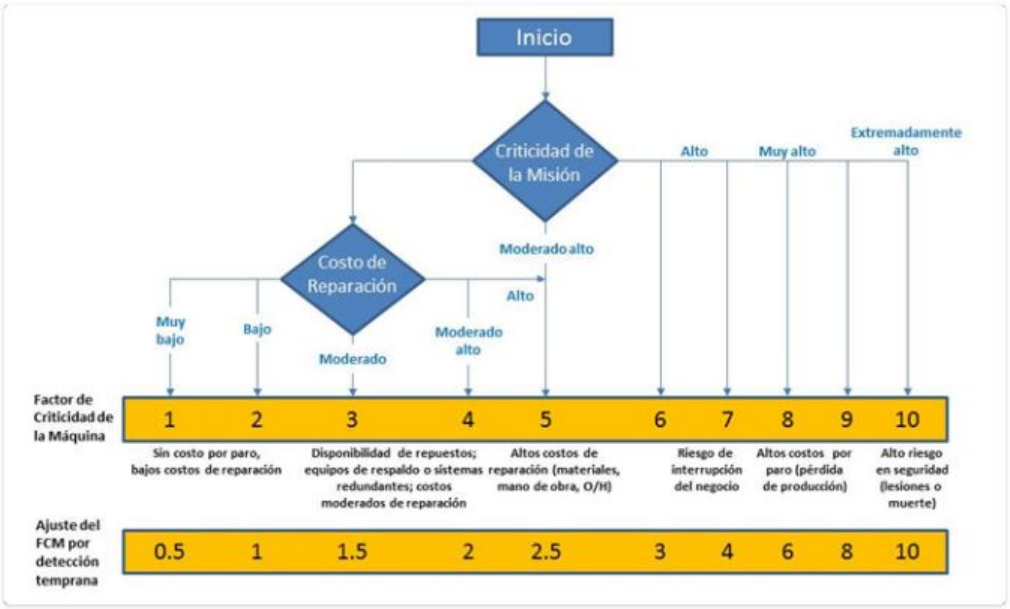


Figura 5.2: Factores de Criticidad de las Máquinas

En base al esquema anterior se tiene que hay que determinar la criticidad de la misión y su costo de reparación de cada una de las máquinas:

- Amasadora: La amasadora cumple el rol de mezclar los ingredientes a gran escala

por lo que un paro significa una pérdida de producción (producto que está siendo procesado y no puede finalizarse a mano) pues esta no sólo ayuda a mezclar los ingredientes si no también aporta la temperatura e hidratación necesaria para una fermentación apropiada a grandes volúmenes, por lo anterior posee una criticidad de la misión muy alta y con ello un costo de reparación no relevante.

- Batidora: La batidora provee no tiene asociada una pérdida de producción, pero sí es capaz de interrumpir el negocio al no poder cumplirse la cuota de çremas"necesarias para los pasteles, por tanto su criticidad de misión es alta y un costo de reparación no relevante.

- Sobadora: La sobadora permite estirar la masa en grandes cantidades y a una gran velocidad, si la máquina falla en medio del proceso puede perderse materia prima que no sólo está siendo procesada, si no también la que está por ser procesada (endurecimiento de las masas), por tanto su criticidad de misión es muy alta y un costo de reparación no relevante.

- Horno: El horno es, sin lugar a dudas, la máquina más relevante en términos de seguridad de trabajadores puesto que está operando a altas temperaturas constantemente, además de utilizar gas para su operación por tanto su criticidad de misión es extremadamente alto y un costo de reparación no relevante.

- Vitrina Refrigerante: No es una máquina que afecte a la producción ni al personal, pero sí su costo de reparación es relevante, por tanto su criticidad de la misión es moderado y su costo de reparación es moderado puesto que existen repuesto de fácil acceso en el mercado y también puede considerarse como redundante"si se trabaja sólo con muestras en vitrina.

- Refrigerador: Análogo a la vitrina refrigerante, su criticidad de misión es moderado. Por otra parte, su costo de reparación es bajo y además posee equipos de respaldos.

- Mesón Plancha o Plancha: No afecta a la producción directamente (pan-pasteles), por lo que su criticidad de misión es moderado, pero sus costos de reparación son

elevados debido a que es necesario un especialista para su reparación, además de los repuestos que esta necesita.

Con lo anterior podemos formar el siguiente cuadro resumen:

Máquina	Criticidad de la Misión	Costo de Reparación	Factor de Criticidad de la Máquina
Amasadora	Muy alto	-	8
Batidora	Alto	-	6
Sobadora	Muy alto	-	8
Horno	Extremadamente alto	-	9
Vitrina Refrigerante	Moderado	Moderado	3
Refrigerador	Moderado	Bajo	2
Mesón Plancha	Moderado	Moderado alto	4

Figura 5.3: Factores de Criticidad de las Máquinas

Es importante recordar que el Costo de Reparación de la Máquina solo influye en el cáclulo del FCM si la Criticidad de la Misión es Moderada.

5.1.2. Factor de Ocurrencia de Falla

De forma paralela es necesario obtener el Factor de Ocurrencia de Falla para cada máquina. Al igual que para obtener el Factor de Criticidad se utiliza la información del diagnóstico para determinarlo, según la siguiente guía:

Factor de Ocurrencia de Falla (FOF)		
FACTOR DE OCURRENCIA DE FALLA		**METODO A. SE CONOCE LA HISTORIA DE CONFIABILIDAD DE LA MÁQUINA**
1	Nunca	La máquina tiene una larga trayectoria, nunca ha fallado y no muestra signos de afectar la 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 5.4: Factor de Ocurrencia de Fallas

Recordando la información recopilada en la tabla de la figura 4.20, se tienen los siguientes resultados:

- Amasadora: La falla se presentó a los 24 meses de su adquisición y son poco frecuentes, por tanto su FOF es de 8.
- Batidora: Presenta fallas a los 48 meses desde su adquisición, su FOF es de 5.
- Sobadora: Su primera falla ocurrió a los 36 meses, su FOF es de 5.
- Horno:Presenta fallas cada 24 meses (muy frecuente), por tanto su FOF es 9.
- Vitrina Refrigerante: La vitrina ha operado sin problemas, para ser conservadores asumiremos un FOF 3.
- Refrigerador: El refrigerador falló a los 6 años por una particularidad, pero en general muy rara vez falla, por lo que asumiremos un FOF 3.

- Meson Plancha o Plancha: La plancha no ha fallado desde si adqusición, para ser conservadores asumiremos un FOF 3.

Para resumir tenemos:

Máquina	Factor de Ocurrencia de Falla
Amasadora	8
Batidora	5
Sobadora	5
Horno	9
Vitrina Refrigerante	3
Refrigerador	3
Mesón Plancha	3

Figura 5.5: Factores de Ocurrencia de Falla de las Máquinas

5.1.3. Matriz de Criticidad Global de la Máquina

Con los datos obtenidos anteriormente se puede calcular la Criticidad Global de la Máquina, la cual es el resultado de la multiplicación del FCM y el FOF. Una vez obtenidos los resultados las máquinas quedan ubicadas en la Matriz de Criticidad Global de la siguiente forma, cada una representada por su inicial:

FACTOR DE OCURRENCIA DE FALLA \ FACTOR DE CRITICIDAD DE LA MAQUINA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
3	3	R	VR	MP	15	18	21	24	27	30
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
5	5	10	15	20	25	B	35	S	45	50
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
7	7	14	21	23	35	42	49	56	63	70
8	8	16	24	32	40	48	56	A	72	80
9	9	18	27	36	45	54	63	72	H	90
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Figura 5.6: Matriz de Criticidad Global - R: Refrigerador ; VR: Vitrina Refrigerante; MP: Mesón Plancha ; B: Batidora; S: Sobadora; A: Amasadora ; H:Horno

Para comprender de manera más sencilla el significado del resultado de ambos factores, utilizaremos la siguiente rúbrica de colores:

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 5.7: Rúbrica de colores

Con esta información es posible determinar que las maquinarias críticas son las ubicadas en los sectores amarillos, naranjo y rojos de la Matriz. Por ende la amasadora, la sobadora, la batidora y el horno serán los equipos identificados como críticos, y con estos se procederá al análisis más específico para la elaboración del plan de mantenimiento.

5.2. Funciones y Parámetros de Funcionamiento

Cada equipo que forma parte de la pandería posee un función específica, en general los equipos tienen funciones primarias y secundarias pero en el caso de los equipos identificados como críticos, estos cumplen solamente su función primaria, las cuales se detallan a continuación:

- Amasadora: Su función principal es amasar la masa destinada a convertirse en pan, esta debe dejar la masa con aire de modo de obtener la textura deseada.Se espera que esté en funcionamiento 8 horas al día.

- Sobadora: Su función es estirar la masa las veces que sea necesario para que el gluten se forme de manera correcta y se obtenga el volumen deseado al hornear el pan. Se espera que esté en funcionamiento 4 horas al día.

- Batidora: Su función es batir o mezclar alimentos blandos, en este caso cremas, merengues y mezclas de pasteles. Se espera que esté en funcionamiento 5 horas al

día.

- Horno: Su función es hornear tanto el pan como los pasteles y las diversas masas que se preparan en la panadería. Se espera que esté en funcionamiento 17 horas al día.

En resumen tenemos:

Tiempo funcionamiento diario	
Máquina	Tiempo [hr]
Amasadora	8
Sobadora	4
Batidora	5
Horno	17

Figura 5.8: Tiempo de funcionamiento diario de los equipos críticos de la panadería 'Miami'

5.3. Fallas funcionales

Una vez identificadas las Funciones de cada equipo es posible identificar las Fallas Funcionales, que son las que ocurren cuando el equipo no puede complir su función:

- Amasadora: La única falla registrada hasta el momento es que se queman las correas.
- Sobadora: Sólo se ha quemado el interruptor, pero potencialmente las correas también se pueden quemar.
- Batidora:Los fallos presentados han sido relacionados a problemas en los rodamientos.
- Horno: La única falla registrada es que se quema la bobina que manda la señal a los chisperos y por ende estos no funcionan.

5.4. Modos de Falla

A continuación se identifican los hechos que pueden causar cada Falla Funcional:

- Amasadora: Falta de lubricación. Cargas excesivas.

- Sobadora: Sobre uso del interruptor. Falta de lubricación. Cargas excesivas.
- Batidora: Falta de lubricación. Contaminación o humedad.
- Horno: Máquina sobreexigida.

5.5. Efectos de Falla

A continuación se describen los efectos de cada falla que describen lo que ocurre con cada modo de falla.

- Amasadora: El equipo deja de funcionar por completo, esto no supone una amenaza para la seguridad ni para el medio ambiente, pero si se ralentiza la producción dado que no se cuenta con otra amasadora y se debe trabajar de manera manual o conseguir una de repuesto. Al haberse quemado las correas estas no se pueden reparar, la única solución es cambiarlas por unas nuevas lo que significa un mayor tiempo de reparación.
- Sobadora:
  - Quemado del interruptor: No es posible encender el equipo, esto no supone una amenaza para la seguridad ni para el medio ambiente, pero afecta la producción, especialmente de pan, dado que no hay otra sobadora, por lo que la producción de pan se encontrará detenida hasta que se repare el interruptor o se consiga un equipo de repuesto. Para reparar esta falla será necesario cambiar el interruptor.
  - Quemado de las correas:El equipo deja de funcionar por completo, esto no supone una amenaza para la seguridad ni para el medio ambiente pero afecta la producción, especialmente de pan, dado que no hay otra sobadora, por lo que la producción de pan se encontrará detenida hasta que se cambien las correas. Al haberse quemado las correas estas no se pueden reparar, la única solución es cambiarlas por unas nuevas lo que impacta directamente al tiempo de reparación.

- Batidora: El equipo enciende pero hace un sonido raro y no se mueve de manera correcta, esto no supone una amenaza para la seguridad ni para el medio ambiente. Al funcionar mal el equipo no es posible utilizarlo por lo que se ve afectada la producción de la mayoría de los pasteles, ya que todas las cremas y muchas de las masas requieren el uso de la batidora y su producción manual es compleja debido a los volúmenes de procesamiento. Para reparar la falla es necesario cambiar el rodamiento afectado.

- Horno: No enciende la llama del horno dado que los chisperos no funcionan, esto supone una amenaza para seguridad dado que el gas está saliendo aunque la llama no esté encendida, y en caso de que el personal no se diese cuenta de que la llama no encendió el gas continuaría siendo liberado y los trabajadores podrían aspirar el gas por un período prolongado de tiempo siendo esto perjudicial para su salud o podría haber una pequeña descarga eléctrica o encendido de fuego que provocaría una explosión con pérdidas totales. La producción se ve completamente detenida ya que el horno no puede ser utilizado y todo lo que se produce, tanto pan como pasteles, pasa por el horno. Dado que la bobina se ha quemado es necesario adquirir una nueva.

5.6. Resultados Análisis de Modos y Efectos de Falla

Los modos y efectos de falla presentados en secciones anteriores pueden ser resumidos en la siguiente tabla:

Máquina	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Amasadora	Amasar la masa destinada a convertirse en pan dejándola con aire de modo de obtener la textura deseada. Se espera que esté en funcionamiento 8 horas al día.	Quemado de correas.	Falta de lubricación de correas.	El equipo deja de funcionar por completo, esto no supone una amenaza para la seguridad ni para el medio ambiente pero si se ralentiza la producción dado que no se cuenta con otra amasadora y se debe trabajar de manera manual o conseguir una de repuesto. Al haberse quemado las correas estas no se pueden reparar, la única solución es cambiarlas por unas nuevas.
			Cargas excesivas.	
Sobadora	Estirar la masa las veces que sea necesario para que el gluten se forme de manera correcta y se obtenga el volumen deseado al hornear el pan. Se espera que esté en funcionamiento 4 horas al día.	Quemado del interruptor.	Sobre uso del interruptor.	No es posible encender el equipo, esto no supone una amenaza para la seguridad ni para el medio ambiente pero afecta la producción, especialmente de pan, dado que no hay otra sobadora, por lo que la producción de pan se encontrará detenida hasta que se repare el interruptor o se consiga un equipo de repuesto. Para reparar esta falla será necesario cambiar el interruptor.
		Quemado de correas.	Falta de lubricación de correas.	El equipo deja de funcionar por completo, esto no supone una amenaza para la seguridad ni para el medio ambiente pero afecta la producción, especialmente de pan, dado que no hay otra sobadora, por lo que la producción de pan se encontrará detenida hasta que se cambien las correas. Al haberse quemado las correas estas no se pueden reparar, la única solución es cambiarlas por unas nuevas.
			Cargas excesivas.	
Batidora	Batir o mezclar alimentos blandos, en este caso cremas, merengues y mezclas de pasteles. Se espera que esté en funcionamiento 5 horas al día.	Problemas en rodamientos.	Falta de lubricación de rodamientos.	El equipo enciende pero hace un sonido raro y no se mueve de manera correcta, esto no supone una amenaza para la seguridad ni para el medio ambiente. Al funcionar mal el equipo no es posible utilizarlo por lo que se ve afectada la producción de la mayoría de los pasteles, ya que todas las cremas y muchas de las masas requieren el uso de la batidora. Para reparar la falla es necesario cambiar el rodamiento afectado.
			Contaminación o humedad.	
Horno	Hornear tanto el pan como los pasteles y las diversas masas que se preparan en la panadería. Se espera que esté en funcionamiento 17 horas al día.	Quemado de bobina asociada a chisperos.	Máquina sobre exigida.	No enciende la llama del horno dado que los chisperos no funcionan, esto supone una amenaza para seguridad dado que el gas está saliendo aunque la llama no esté encendida, y en caso de que el personal no se diese cuenta de que la llama no encendió el gas siguiese siendo liberado y los trabajadores podrían aspirar el gas por un período prolongado de tiempo siendo esto perjudicial para su salud. La producción se ve completamente detenida ya que el horno no puede ser utilizado y todo lo que se produce, tanto pan como pasteles, pasa por el horno. Dado que la bobina se ha quemado es necesario adquirir una nueva.

Figura 5.9: Modos y Efectos de Falla

La siguiente tabla muestra el número de Funciones, Fallas, Modos de Falla y Efectos de Falla que se presentaron en el análisis:

Equipo	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Amasadora	1	1	2	1
Sobadora	1	2	3	1
Batidora	1	1	2	2
Horno	1	1	1	1

Figura 5.10: Resultados Análisis de Modos y Efectos de Falla de los equipos críticos

Composición de las fallas funcionales de los equipos críticos mirados como un todo:

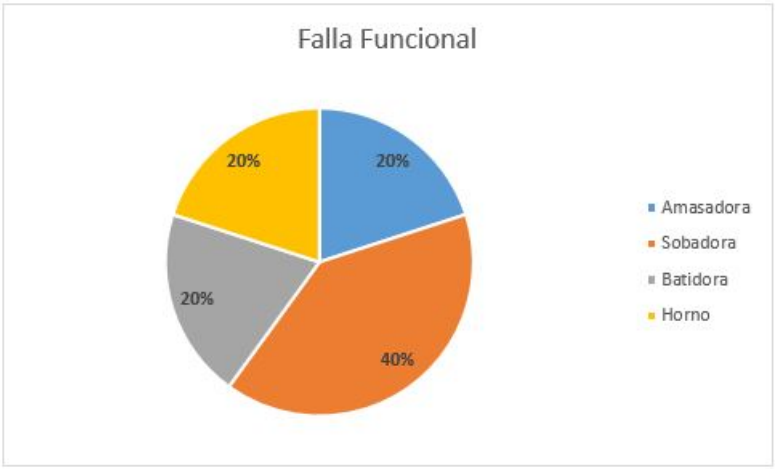


Figura 5.11: Porcentajes Fallas Funcionales

Al mirar los equipos críticos como a un todo se tiene la siguiente composición de los modos de falla:

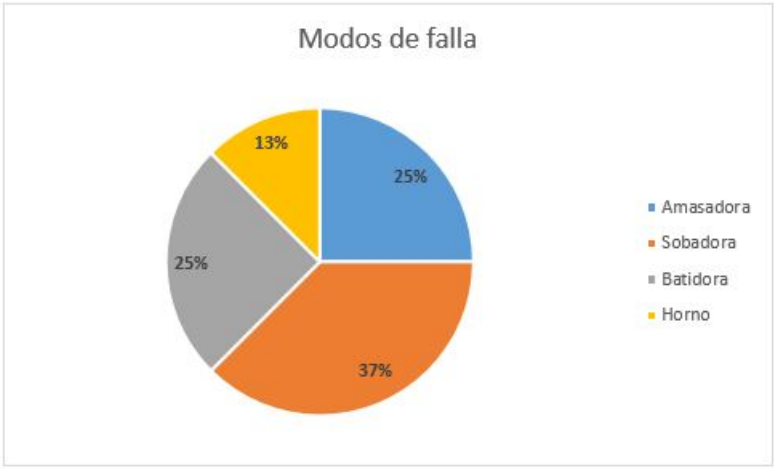


Figura 5.12: Porcentajes Modos de Falla

Finalmente la composición de los efectos de falla de los equipos críticos es:

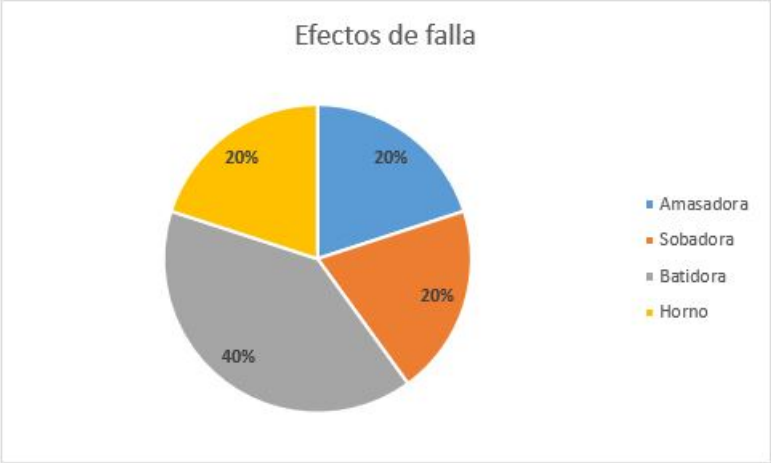


Figura 5.13: Porcentajes Efectos de Falla

5.7. Árbol Lógico de Decisiones

Después de realizar el análisis de modos y efectos de fallos, corresponde seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento que permita prevenir la aparición de los modos de fallo que han sido identificados y para ellos utilizaremos el Árbol Lógico de Decisión (RCM). El RCM es una herramienta que ayuda a seleccionar actividades adecuadas de mantenimiento, para evitar la ocurrencia de los modos de fallo o disminuir sus posibles efectos. Se trata de una técnica que permite analizar decisiones secuenciales, basada en el uso de resultados y probabilidades asociadas. Es una forma gráfica y analítica de representar todos los eventos que se pueden presentar, lo que contribuye a tomar la mejor decisión, basado en las probabilidades, desplegando visualmente un problema y organizando el trabajo de cálculos.M. Da Costa (2010) lo define como una “herramienta que permite seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento según la filosofía del MCC”.

A continuación se presenta el Árbol Lógico de Decisiones del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad que se utilizará en cada uno de los equipo críticos:

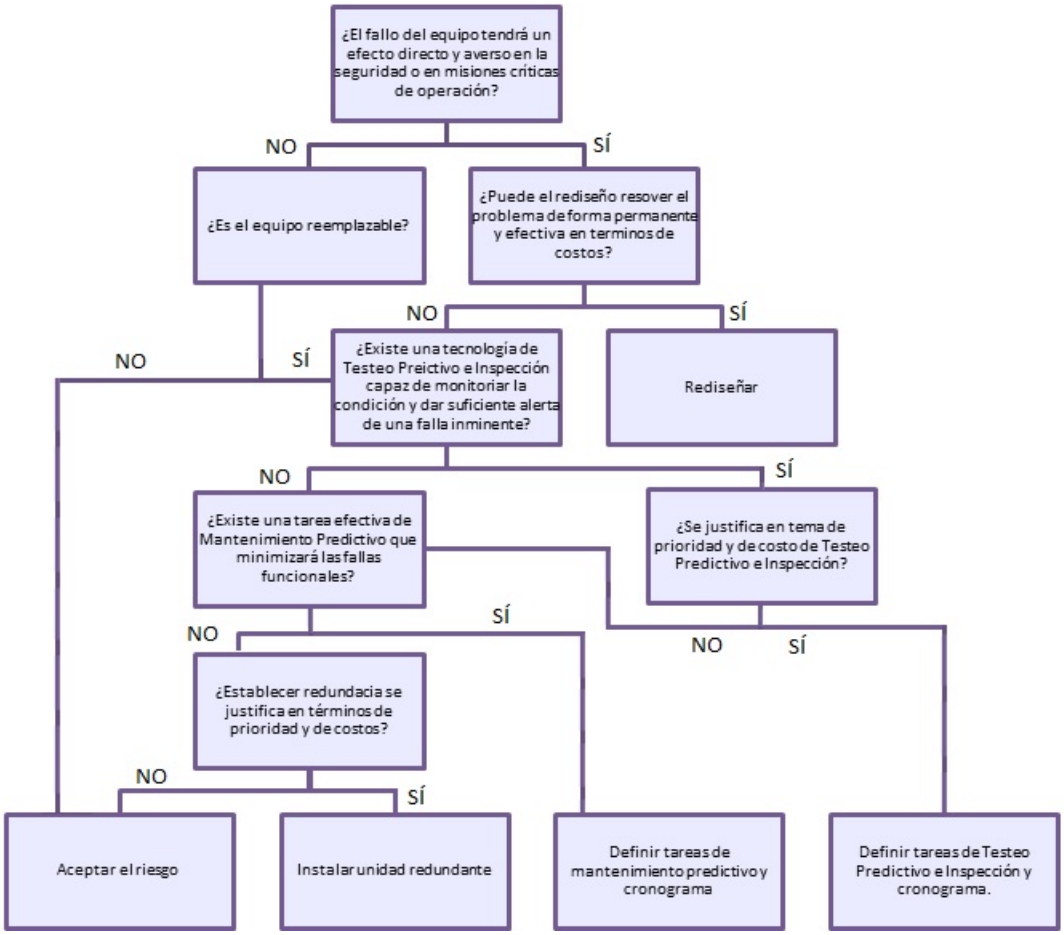


Figura 5.14: Árbol Lógico de Decisiones

En base al diagrama anterior se evalúa en primer lugar la Amasadora, indicando en color rojo el camino que debe seguir este equipo:

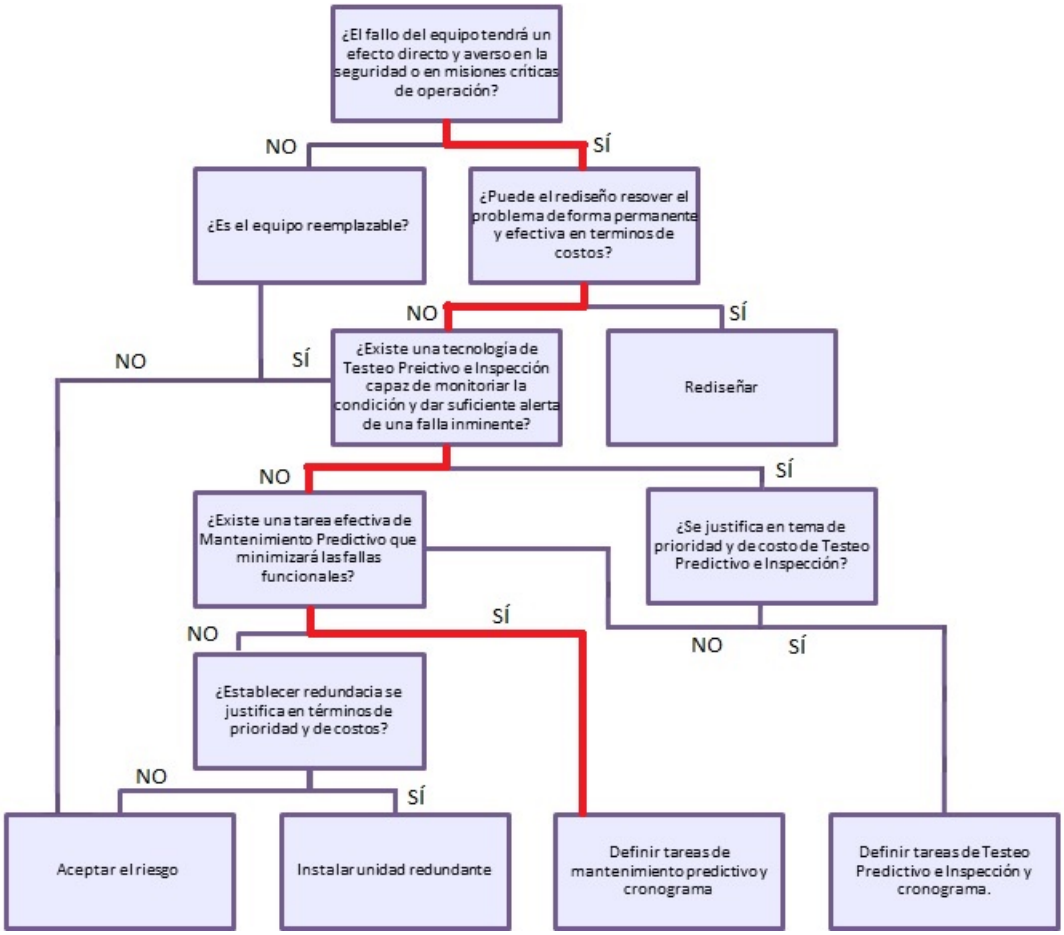


Figura 5.15: Árbol Lógico de Decisiones Amasadora

Análogo a la Amasadora se trabaja la Sobadora:

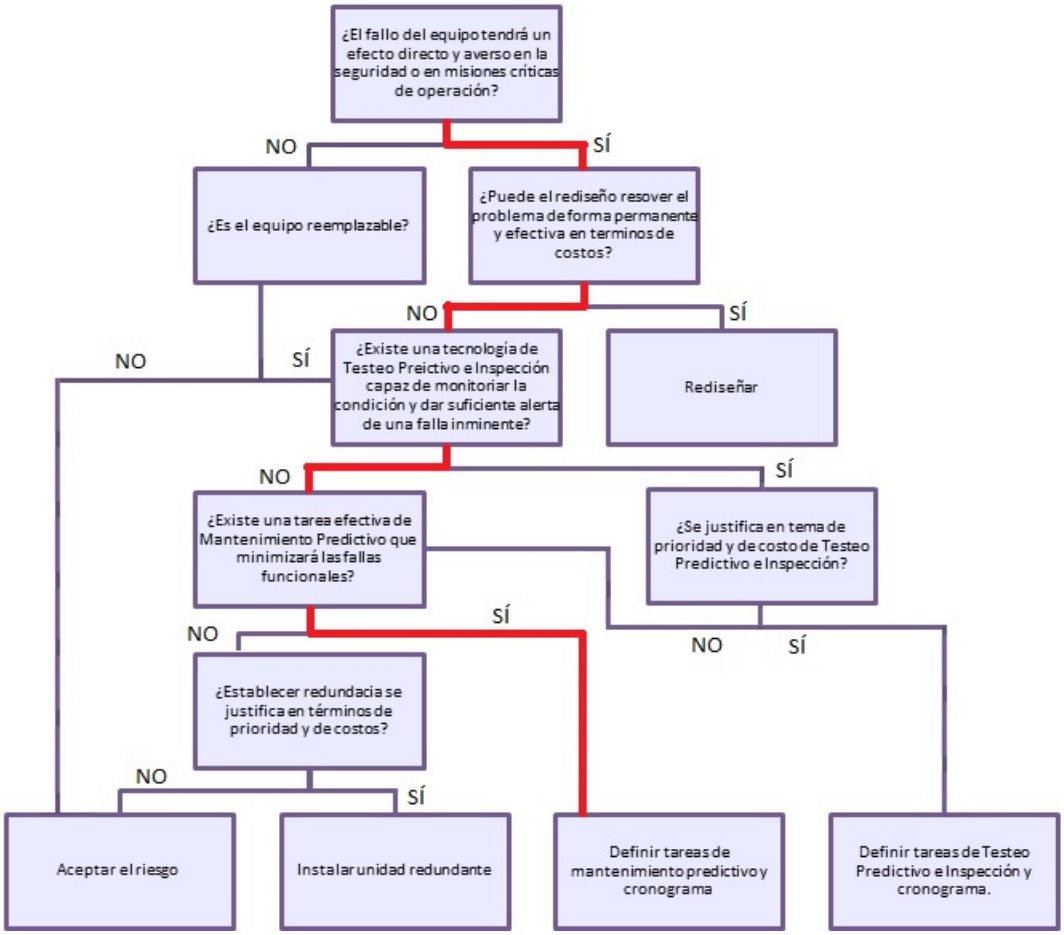


Figura 5.16: Árbol Lógico de Decisiones Sobadora

A continuación se presenta el esquema correspondiente a la Batidora:

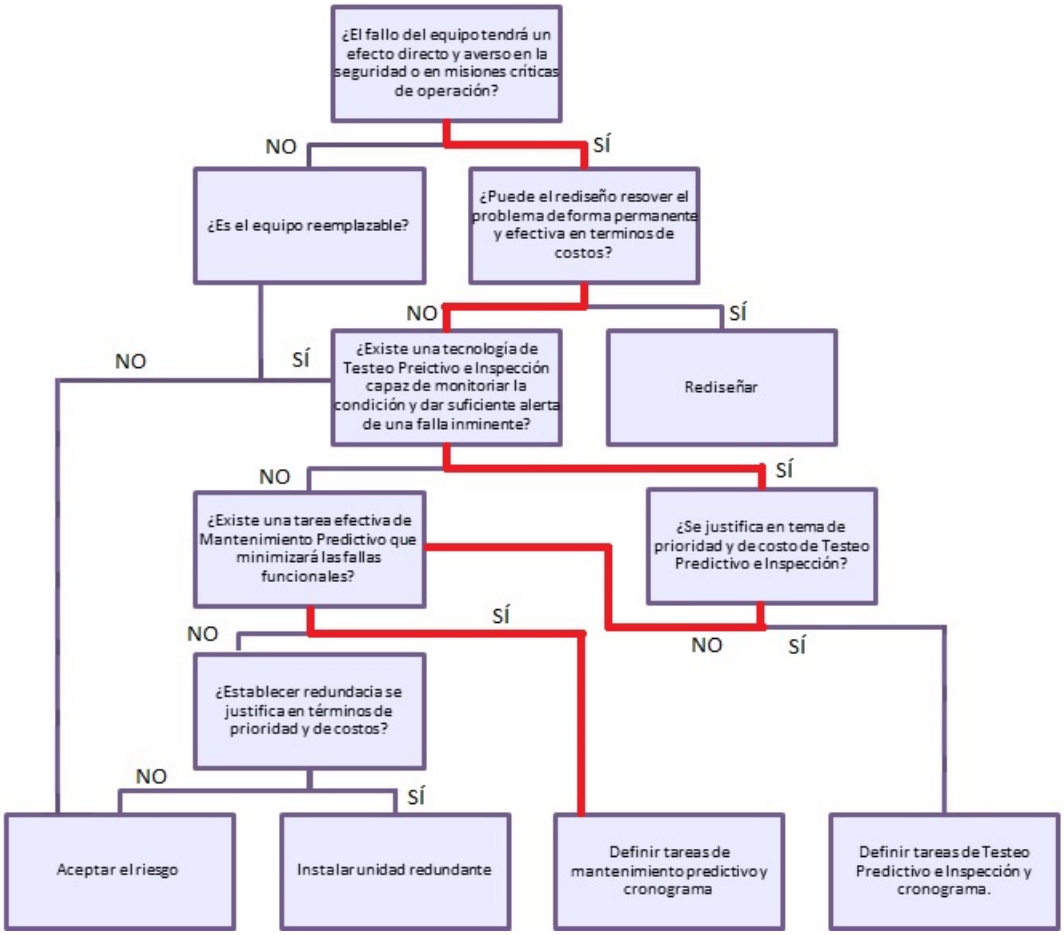


Figura 5.17: Árbol Lógico de Decisiones Batidora

Y finalmente se presenta el camino que se sigue en el Árbol Lógico de Decisiones para el Horno:

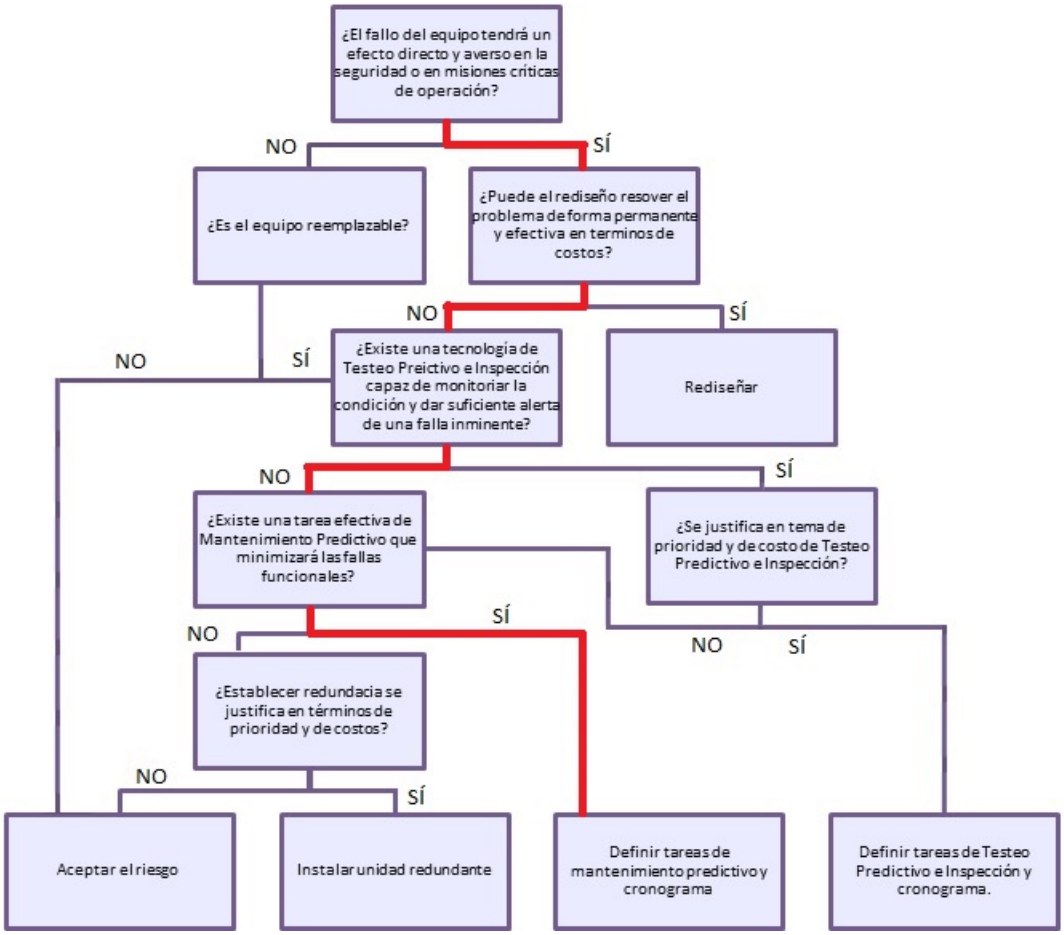


Figura 5.18: Árbol Lógico de Decisiones Horno

En base a toda la información recopilada, los análisis desarrollados y los diagramas de decisiones, se concluye del análisis que se debe trabajar en un mantenimiento predictivo y en un cronograma ad-hoc a la empresa.

6 | PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO

6.1. Pérdidas asociadas a las paradas

Antes de proponer cualquier plan de mantenimiento para la panaderia 'Miami' es importante destacar que actualmente su metodología de gestión de activos está basada netamente en mantenciones correctivas, dicho sea de paso, los tiempos de paradas presentados en la tabla 4.20 pueden variar acorde a la disponibilidad de mecánicos especializados en estas maquinarias, además se ven afectados según la existencia de repuestos en el mercado, es con esto que los costos asociados a este tipo de mantenimiento no sólo están ligados a la urgencia de contratar a un mecánico o a la adquisición de repuestos, si no que también a la producción inexistente en la parada junto a la no atención de la demanda de los consumidores, afectando a que vayan con la competencia en el corto plazo y si estas situaciones persisten afectará al market share en el largo plazo.

Al no tener máquinas de back up y sabiendo que la producción es lineal (pasa de una máquina a otra en cada tarea) podemos obtener utilizando la tabla 4.18 , 4.20 y 5.8 las pérdidas aproximadas a lo que significa una parada no programada (relacionada a la pérdida de venta o no producción):

Fallas de maquinaría				
Maquina	T. parada [hr]	T. Funcionamiento [hr]	Pérdida producción %	Valorización Monetaria
Amasadora	6	8	75%	267.881
Sobadora	4	4	100%	357.175
Batidora *	56	5	1120%	378.000
Horno	24	17	141%	504.247

Figura 6.1: Pérdidas generadas por falla de una máquina en particular *Sólo se ven afectados el 30 % de los productos de pastelería. Fuente: Elaboración Propia

Las pérdidas anteriores son las que se pueden producir al tener una máquina no operativa, en caso de que hayan 2 o más paradas, se considera la de mayor perdida, por otra parte la falla tras la reparación de una sólo significará un aumento de la pérdida. Notoriamente el horno no sólo es crítico debido a la complejidad de su reparación y los efectos nocivos para la seguridad de las personas, si no también es crítico por la pérdida de venta que se puede generar.

Considerando 3 tipos de escenarios tenemos:

- Pesimista: Fallan todas las máquinas, una tras otra, generando una pérdida potencial de: $ 1.507.303
- Neutro: Fallan todas las máquinas, en el mismo periodo de tiempo, generando una pérdida potencial máxima de $ 504.247
- Optimista: Sólo falla en todo el ciclo de vida de la panadería, la amasadora, por tanto la pérdida potencial es $ 267.881

De aquí en más consideraremos el escenario Neutro por ser el cercano a lo que puede ocurrir en la realidad.

Por otra parte es importante destacar que sólo consideraremos la pérdida de venta, pues es la que más nos importa disminuir (además de ser las de más fácil acceso), es importante tener presente que también hay perdidas indirectas por la no producción que están vinculadas a la marca de la panadería 'Miami' y otras directas relacionadas al capital humano ocioso, que omitiremos porque escapan del alcance de este trabajo.

6.2. Plazos y requisitos plan de mantenimiento

Dimensionada la posible pérdida y a sabiendas que la panadería, debido a su envergadura y estructura de ingresos-costos, no presenta un plan de mantenimiento que minimice estas pérdidas junto a un aumento de la confiabilidad de la operación, es que se presenta el diseño de un plan de mantenimiento desarrollado a partir de la jerarquización de prioridades que arrojó la aplicación de la metodología del análisis de criticidad, expuesta en el capítulo 5.

El plan fue diseñado con una periodicidad mensual, lo que es posible dada la condición de pequeña empresa de la Panadería Miami y por ser cuatro los equipos identificados como críticos.

En primer lugar se presenta un esquema que señala la rutina de revisión que se debe llevar a cabo máquina a máquina para llevar un registro de cuándo se hizo la mantención y qué resultados arrojó:

Rutina de Conservación Panaderia Miami													
Máquina en revisión:												Año:	
Subsistemas	Tiempo [min]	31-ene	28-feb	31-mar	30-abr	31-may	30-jun	31-jul	31-ago	30-sept	31-oct	30-nov	31-dic
Encendido	1												
Correas	20												
Rodamientos	15												
Compresor	20												
Voltaje	10												
Cableado	10												
Temperatura	15												
Total / Observación	91												

Figura 6.2: Esquema de revisión mensual para las máquinas críticas de la panadería Miami, se sugiere escribir un ticket en caso de que la revisión sea un éxito o cruz caso contrario. Fuente: Elaboración Propia

Los tiempos que presenta esta tabla han sido tomados de la experiencia de técnicos en mantención que se dedican a este tipo de máquinas y rescatan los puntos más relevantes de cada una de ellas. Por otra parte, la fecha mostrada es la fecha máxima en la que se puede hacer el mantenimiento, es decir, todos los meses es necesario hacer una mantención, pero cuidando de que existan al menos 20 días entre una y otra para así darle la suficiente tracción a los equipos.

Según el horario de funcionamiento de la panadería presentado en el capitulo 4,se tiene que la mayor disponibilidad para realizar mantenimiento es el día Domingo en la tarde (opera de 9.00 a 15.00) pudiendo examinar todas las máquinas dentro del mismo día, por

tanto se sugiere realizar mantenimiento el último Domingo de cada mes.

Dentro de los requisitos, se sugiere, considerando que la panadería pertenece al sector Pyme, una capacitación al personal para que pueda realizar estas revisiones y mantenciones para que de este modo los costos no aumenten considerablemente por la contratación de un técnico especializado. Además de una capacitación práctico-teórica, es importante que la tabla de mantenciones periódicas esté a la vista de todo el equipo, para que de esta manera todos se sientan responsables del cuidado de los mismos.

Para los casos en que se cumplan desperfectos no comprendidos o que conlleven a una mantención de mayor envergadura, se sugiere contactar a un técnico especializado para una mantención general junto con dejar una documentación de qué factores fueron los que originaron este tipo de falla, para lo anterior se puede utilizar el siguiente esquema:

Registro Nuevas Fallas			
Máquina			
Año			
Mes			
Subsistemas afectados			
Tipo de Falla	Parcial		
	Intermitente		
	Total		
	Catastrófica		
	Apariencia		
Solución			
Tiempo empleado [hr]			
Presupuesto	$ -		

Figura 6.3: Esquema de registro de fallas no detectables en la revisión periódica. Fuente: Elaboración Propia

Para el esquema anterior es importante considerar los tipos de falla presentados:

- Parcial: Disminuye la capacidad de producción de la máquina y conduce a una falla total.
- Intermitente: Se presenta en condiciones de trabajo (sobrecargas), persisten mientras dure la situación irregular y desaparece si lo hacen las mismas, también conduce a falla total.

- Total: Interrumpen totalmente la función del equipo y obligan la reparación, el presupuesto está dentro de lo aceptable y el tiempo de reparación es razonable.
- Catastrófica: Interrumpen totalmente la capacidad de producción del equipo, el tiempo de reparación es mayor y el presupuesto es de dificil acceso.
- Apariencia: No se relacionan con su funcionamiento sino más bien con su presentación externa.

Es importante ir completando la ficha anteriormente presentada para de esta manera estar preparado frente a cualquier imprevisto, no sólo en lo que respecta a back up de producción, si no también a lo que implica una reparación o posible compra de equipos nuevos.

6.3. Costos del mantenimiento

Para el plan de mantenimiento nos encontramos con los siguientes items que es importante tener en consideración:

- Costos de piezas : Ligados a correas, rodamientos o cualquier elemento que sea necesario reemplazar
- Materiales auxiliares: Principalmente grasas, aceites, tuercas.
- Horas de máquina parada: Cada mantención significa una perdida de producción por 90 minutos, pero en nuestro caso no aplica pues se sugiere realizar las paradas preventivas en horario no hábil los días domingos.
- Perdida de materiales por testeo: Posterior a cada mantención se realiza una inspección con materiales para verificar si todo está cómo corresponde, esta pérdida la asumiremos como despreciable por el volumen procesado.

Con lo anterior junto a la tabla 6.1 de la sección anterior y con lo presentado en las tablas 4.18 , 4.20 y 5.8 de capitulos anteriores podemos construir la siguiente matriz de costos:

Matriz Costo Mantención Preventiva				
Item/Máquina	Amasadora	Sobadora	Batidora	Horno
Costo Pieza promedio	7.000	5.000	3.000	10.000
Materiales Auxiliares	2.000	2.000	2.000	4.000
Horas de máquina parada*	50.228	133.941	113.400	44.492
Pérdida materiales testeo	-	-	-	-
Total por evento	59.228	140.941	118.400	58.492
Eventos por mes	1	1	1	1
Total mes	59.228	140.941	118.400	58.492
Veces por año	12	12	12	12
Total Anual con paradas	710.733	1.691.288	1.420.800	701.909
Total anual sin paradas	108.000	84.000	60.000	168.000

Figura 6.4: Los costos de parada no son considerados en la propuesta. Fuente: Elaboración Propia

El costo de mantenimiento preventivo anual para todos los equipo críticos de la panadería, considerando que los trabajadores deben ser capacitados para hacer este tipo de mantenciones de menor complejidad, es aproximadamente $ 420.000.

6.4. Beneficios del mantenimiento

Al hablar de beneficios retribuidos por un plan de mantenimiento podemos destacar los siguientes:

- Tiempos de reparación: En caso de que una máquina esté con averías o propensa a sufrir una falla, los tiempos de parada disminuirán notablemente debido a que se tendrá acceso de manera más oportuna a los repuestos necesarios para su reparación
- Reemplazo de equipos: Si bien los equipos de la panadería no han sido reemplazados desde su adquisición, por fallas reiterativas o por obsolescencia de la tecnología que utilizan, se podría evaluar si es necesario hacer un reemplazo de los mismos.
- Vida útil: El realizar mantenciones periodicas no sólo disminuye las fallas sino que también alarga la vida útil de los equipos.
- Operatividad de la panadería: Al disminuir las paradas en horario de producción, el tiempo de producción total se ve aumentado y además el riesgo de sufrir una parada sin tener un plan de respaldo también se ve disminuido.

En lo que respecta a lo netamente económico se tiene que, si consideramos que la probabilidad de sufrir una parada de cualquiera de las máquinas es la misma para cualquiera de los años que vienen y además que se detienen todas el mismo día y que todas se reparan el mismo día, podría generarse un ahorro por mantenciones preventivas de $ 84.247 anualmente (considerando que sólo el horno limita la producción - cuello de botella)

6.5. Riesgos asociados al mantenimiento

Los riesgos son sin lugar a duda uno de los puntos más relevantes a la hora de la ejecución e implementación de un plan de mantenimiento preventivo, no sólo por los riesgos que se van a minimizar en pos de un mejoramiento de las condiciones de los equipos, si no también por los riesgos que presenta el mantenimiento en sí para quien lo ejecuta.

Para sumarizar lo anterior hemos segmentado los riesgos en los siguientes campos:

- Peligros en los procedimientos de ejecución: El realizar cambio/mantenimiento de correas o rodamientos puede desencadenar en la caída de objetos, algún tipo de quemadura, riesgo eléctrico o incluso el atrapamiento de extremedidades en la máquina.

- Riesgos mecánicos: Si la mantención se ejecuta de manera errónea y no se siguen los estándares de calidad puede generar cortes, golpes o que la maquinaria no opere de la manera correcta 'atacando' lo que la rodea

- Riesgos ergonómicos: Ciertas actividades del mantenimiento pueden significar un sobre esfuerzo físico para el personal (agacharse, levantar pesos, posturas incomodas) tales actividades debiesen ser realizadas por el personal más joven de la panadería.

- Riesgos por enfermedades/intoxicación: Algunas máquinas trabajan con líquidos o gas, una mala mantención puede generar una fuga de los mismos y repercutir en el ambiente causando consecuencias negativas.

Para disminuir al mínimo los riesgos asociados a las tareas de mantenimiento se propone la siguiente estructura de trabajo:

1. Planificar: Antes de realizar cualquier actividad hay que planificar el cómo se va a desarrollar, evaluando además los posibles riesgos asociados, para lo anterior es importante abordar los siguientes temas:

    - Qué se hará: Determinar qué se hará y cómo se hará, cuantificando cómo afectará la ejecución de la tarea a estaciones de trabajo vecinas.
    - Identificar los riesgos: Sustancias peligrosas, elementos corto punzantes, elementos móviles, espacio reducido.
    - Definir equipo: Para cada máquina, cada maestro es un experto en su funcionamiento, él mejor que nadie conoce los riesgos de la máquina, es por esto que es necesario dar responsabilidad de las tareas de mantenimiento a personas con conocimiento de la máquinaria.
    - Materiales y tiempo: Antes de empezar el mantenimiento es necesario tener a disposición cualquier herramienta que sea necesaria para su ejecución, además de tener identificados los tiempos que tomará cada punto a evaluar.
    - Formación y competencias: El personal involucrado debe estar en conocimiento de todas las actividades a desarrollar tanto prácticas cómo teóricamente.

2. Asegurar el área de trabajo: Es importante delimitar el área de trabajo, además de tener precaución con los elementos con los que se trabajará, para ello tenemos que tener en consideración los siguientes puntos:

    - Delimitar zona de trabajo: Bloquear la entrada para que no entre personal no autorizado a la zona de trabajo.
    - Limpieza y seguridad: La zona de trabajo debe estar lo más despejada y ordenada posibles.
    - Suministro eléctrico: Bloquear o desactivar la administración eléctrica a las máquinas.
    - Elementos de máquinas: Todas las partes móviles deben estar bloqueadas y a la vista.

- Dispositivos de protección: Toda máquina debe tener un sello que informe qué zonas no se pueden tocar y quién es el autorizado para poder proceder a una tarea de mantención.

3. Usar el equipamiento adecuado: Es necesario disponer del equipo y herramientas adecuados, además de estar en buen estado. Las instrucciones de uso de cada uno son cruciales para una correcta ejecución y minimizar la improvisación. Por otra parte, también es crucial que cada trabajador posea los elementos de seguridad necesarios para la labor que desempeña : guantes, casco, cotona de trabajo.

4. Seguir fielmente la planificación: Se debe cumplir con todas las normas de seguridad establecidas por la panadería, además de generar un procedimiento de emergencia en caso de que ocurra un imprevisto.

5. Control final: Comprobar que la mantención ha sido exitosa testeando el funcionamiento de la máquina, para ello es importante remover todo elemento que no pertenezca a ella, además de todos los desechos generados por el mantenimiento. Si surge alguna dificultad se recomienda documentarla para considerarla dentro de la próxima mantención.

7 | CONCLUSIONES

La panadería Miami, encargada de producir pan, sándwich, pizzas, pasteles y otros productos derivados de la harina, actualmente no cuenta con un plan de mantenimiento que permita aumentar la confiabilidad de su operación, además a esto, al ser una Pyme, es que resulta prácticamente imposible contar con equipos de respaldo que vengan a suplir la operación de los ya dañados, no sólo por costos, si no que también por concepto espacio. Su operación, y particularmente su mantenimiento, se basa en correcciones más que en prevenciones, esto se traduce en mayores riesgos asociados al personal que se desempeña en la panadería, y junto a lo anterior en mayores trabas para sacar a flote la producción.

Dentro del proceso productivo de la panadería se destacan 4 equipos como los más relevantes en criticidad, a saber: amasadora, sobadora, batidora y horno, determinados a partir de la multiplicación del Factor de Ocurrencia de Falla (FOA)y el Factor de Criticidad de la Máquina (FCM), es por esto que los esfuerzos deben focalizarse justamente en estos equipos. Junto al árbol lógico de decisiones se obtiene que para todos los equipos es relevante el incorporar un plan de mantenimiento preventivo, lo cual viene a contradecir la actual forma de trabajo de la panadería, que ayudará a disminuir las perdidas productivas por parada (venta no lograda), disminuir los riesgos asociados a una posible falla y aumentar la confiabilidad de la operación de la panadería.

Para lograr la implementación de un plan de mantenimiento preventivo es requisito el capacitar al personal de la panadería para de esta manera hacerlo viable en lo que respecta a costos, pues al ser una Pyme, no se cuenta con el flujo de caja necesario para contar con un especialista que haga esta labor. Por otra parte, las paradas se recomienda que se hagan fuera del horario productivo, dicho sea de paso, los días Domingos al finalizar la jornada, para ello se sugiere utilizar el esquema de rutina de mantenimiento mostrado en la figura

6.2 además del registro de fallas no detectadas con anterioridad de la figura 6.3. Siguiendo estos lineamientos se puede lograr, bajo ciertas condiciones, un ahorro posible por paradas de $ 84.247, también puede ser visto como disminución de pérdidas. Además de un ahorro, es posible aumentar la vida útil de los equipos si la identificación del tipo de falla es la apropiada, junto a lo anterior los riesgos por mala operación de los equipos que ponen en riesgo la salud y seguridad del personal también se ven disminuidos.

Al implementar un plan de mantenimiento preventivo, también se genera un procedimiento para poder ejecutarlo de la mejor manera posible para que de este modo los tiempos de reparación, el posible reemplazo de equipos y la operatividad de la panadería se vea optimizada.

Para tener un plan de mantenimiento más robusto, que asegure un funcionamiento con un 100 % de confiabilidad, la panadería debiese tener máquinas de back up para cada una de ellas, y para conseguir esto necesita aumentar su producción para generar el flujo de caja apropiado o si aumentar la productividad no está dentro de la estrategia de la compañía en el corto-mediano plazo, se recomienda una modernización de las instalaciones.

Bibliografía

A. Pistarelli (s.f.). Tratamiento analítico del mantenimiento condicional.

A.L. Flórez, N. Flórez y F. López (2013). Diseño y desarrollo de un equipo para el control de la calidad en la industria panificadora. *Tecnura*, 17(37), 177–190.

C. Jiménez (2009). Aplicación de nuevas técnicas de mantenimiento en un parque de maquinaria de un grupo de cimentaciones.

D. Bravo y D. Suarez (2008). *Guía teórico – práctica de mantenimiento mecánico*. República Bolivariana de Venezuela.

D. Mesa, Y. Ortiz, y M. Pinzón (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et Technica*, 12(30).

E. Ellman (2008). Confiabilidad: Una estrategia de negocios diferente.

E. Pérez (2010). Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (mcc) para una paletizadora de sacos de cemento.

F. Baena y A. Botero (2008). Diagnóstico y plan de mejoramiento de las empresas magicpan y maxidelicias beneficiarias del fondo emprender.

F. Espinosa (s.f.). Confiabilidad: Una estrategia de negocios diferente.

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

I. Rojas (2014). Panadería gourmet: Buena miga.

J. Arreaza (2013). Mantenimiento centrado en confiabilidad.

J. Fernández (2011). Factores estratégicos de competitividad en el mercado global. *Consensus*, 16(1), 239–246.

J. Fitch (2014). Un nuevo enfoque del análisis de criticidad para la lubricación de maquinaria.

J. Oyarce (2013). Excelencia empresarial y competitividad: ¿una relación fructífera? *Panorama Socioeconómico*, 31(46), 58–63.

J. Santiago (2015). Industria del pan vale us461,000 millones.

J. Viñals (2015). Conceptos básicos del mantenimiento industrial.

L. Cuartas (2008). ¿qué es el mantenimiento?

L. Pineda (1997). Pequeña y mediana empresa: Retos y oportunidades frente a la globalización de la tecnología. *Ingeniería Y Competitividad*, 1(1), 55–61.

L. Sanzol (2010). Implantación de plan de mantenimiento tpm en planta de cogeneración.

M. Da Costa (2010). Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción.

M. Demuner y P. Mercado (2011). Estrategia competitiva y tecnología de la estructura productiva en pymes manufactureras de autopartes del estado de méxico. estudio de caso múltiple. *Panorama Socioeconómico*, 29(42), 4–22.

M. Muñoz (s.f.). Mantenimiento industrial.

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

P. López, P. Correa y G. Osorio (2009). Caracterización comercial de la panadería tradicional de la ciudad de manizales.

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

S. García (2009). Ingeniería de mantenimiento.

S. Romagnoli (2007). Herramientas de gestión: Diagnóstico empresarial.

W. Olarte, M. Botero y B. Cañón (2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. *Scientia et Technica*, 16(45).

Yáñez, J. (2013). Desafíos 2013: modernización es la consigna.