

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Actualmente, las industrias en el rubro de la cerámica cuentan con un proceso automatizado por la alta competencia que existe. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos, las maquinas requieren ciertas necesidades que deben ser satisfechas en determinados periodos de tiempo para su normal funcionamiento. Los requerimientos y mantenimientos que indica el fabricante son los más importantes debido a que la persona que mejor conoce la máquina es el mismo fabricante, Por lo tanto, es imprescindible contar con un técnico que se encargue de la restauración correcta de la maquinaria presente en la empresa teniendo en claro las recomendaciones que indica el fabricante asegurando así el funcionamiento normal y la eficiencia en la planta.

El mantenimiento es un conjunto de acciones que se llevan a cabo para garantizar el funcionamiento adecuado de las máquinas. Generalmente, las empresas suelen aplicar el mantenimiento cuando se produce una falla en la maquinaria de la empresa lo que resulta en una parada no programada en el área donde ocurrió la falla, a esta modalidad se le conoce como mantenimiento correctivo. Es importante destacar que el mantenimiento correctivo no programado no realiza un diagnóstico previo a la falla por lo que se realiza únicamente cuando se produce una parada no programa, mientras que cuando se realiza un mantenimiento correctivo programado es cuando se detecta que una maquina esta próxima a fallar estas detecciones se realizan a través de ruidos, vibraciones o una disminución en la eficiencia de la máquina.

El mantenimiento correctivo a nivel mundial se solía realizar con mayor frecuencia antes de la revolución industrial pero las empresas al percatarse que su proceso tenía serias interrupciones comenzaron a implementar una serie de acciones y actividades planificadas, tratando de que sus maquinas operen en las mejores condiciones posibles, esta serie de acciones y actividades

previnieron en gran medida el mantenimiento correctivo y el aumento de la vida útil de las maquinas a este mantenimiento se lo conoce como mantenimiento preventivo.

Toyota es una de las empresas que tuvieron muy buenos resultados con la implementación del mantenimiento preventivo, específicamente en su sistema de producción conocido como Toyota Production System (TPS). Los resultados de la implementación del mantenimiento preventivo fueron una reducción en las paradas no programadas permitiendo que la producción fluyera sin interrupciones como también un aumento en la productividad al eliminar fallas inesperadas, la producción general aumento un 15%, redujo el costo del mantenimiento y los costos de reparación en un 20%, aumento la vida útil de sus equipos y redujo su desgaste con un mantenimiento adecuado reduciendo de la misma manera la necesidad de reemplazos tempranos.

En 2013 en Bolivia creo una norma técnica de mantenimiento que identifica un modelo de gestión para las buenas prácticas de mantenimiento la cual se puede aplicar a cualquier organización que cuente con un área de mantenimiento o presta servicios en este campo.

A continuación, se presentan algunas investigaciones relacionadas con el presente proyecto:

(Molano, 2016) indica en la tesis “DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA ORGANIZACIÓN LADRILLERA SANTANDER DÍAZ MUÑOZ S. EN C EN EL MUNICIPIO DE SOACHA, CUNDINAMARCA”.

El objetivo fue “Evaluar por medio del diseño del plan de mantenimiento preventivo para la organización LADRILLERA SANTANDER DÍAZ MUÑOZ S.C el comportamiento que pueden tener los costos con su implementación”, determinando que implementar el plan de mantenimiento preventivo permitirá a la organización disminuir hasta el 60% de los costos producidos por el departamento de mantenimiento, ahorrando aproximadamente 50

millones por mes, el origen actual de este sobrecosto son los repuestos y el producto defectuoso generados por realizar mantenimientos correctivos, teniendo en cuenta que el mantenimiento preventivo se toma en el estudio como un caso ideal que garantiza cero productos defectuosos por mal funcionamiento de la maquinaria.

(Huanca, 2021) en el proyecto “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL "TPM" APLICAR EN EL PROCESO Y MAQUINARIA DE LA EMPRESA CERÁMICA GUADALQUIVIR”,

El objetivo fue “diseñar un plan de mantenimiento basado en la metodología mantenimiento productivo total (TPM), para el proceso de producción de la empresa “CERÁMICA GUADALQUIVIR”. Que permita aumentar la eficiencia en el funcionamiento de su maquinaria y equipo. Determinando que por medio de los planes de mantenimiento se planteó el calendario de actividades, que fue elaborado con el criterio para establecer el mantenimiento autónomo, en el que se vincula al operador en tareas simples que no necesitan especialización, tales como limpieza y lubricación como también que los conceptos básicos del TPM no son aplicados en el actual desempeño de las tareas de mantenimiento en las máquinas de la empresa, esto debido a la falta de información y capacitación hacia los trabajadores”

(Gonzales, 2019) en el siguiente proyecto “APLICACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS CERÁMICOS EN LA EMPRESA CERÁMICOS PIURA S.A.C, PIURA 2019”

Objetivo general fue “Determinar cuánto mejora la productividad en el proceso de fabricación de ladrillos”. Se determinó que el procedimiento empleado fue el estadístico obtenido del software SPSS con los valores de significancia menor a 0.05 por lo que existió un aumento significativo de Eficiencia y la Eficacia en el proceso fabricación de ladrillos, rechazando la hipótesis nula (H^0) y aceptando la hipótesis del investigador ($H1$). Los resultados fueron el incremento de la Eficiencia de 84.93 % a 96.30 % y la Eficacia de 86.50 % a 96.62 %, mejoró la productividad el proceso de fabricación de ladrillos aumentando de 73.47 % a 93.08 %, el costo beneficio del plan de mantenimiento preventivo trajo resultados rentables. Se concluyó la investigación comprobando que el plan de mantenimiento preventivo trajo beneficios favorables para la empresa.

1.2 Antecedentes de la empresa

La CERÁMICA SAN LUIS S.R.L, es una empresa ubicada al sur del país que se dedica a la producción y comercialización de ladrillos por más de 50 años tiempo el cual se enfocó en producir y satisfacer las necesidades de consumo del cliente. Su alcance abarca los mercados del departamento de Tarija, así como los departamentos de Potosí y Chuquisaca.

La empresa se fundó en el año 1959 inicialmente ubicada en Barrio San Luis, posterior a la constitución de la empresa esta funciono por algunos años como una sociedad individual. En 1962 Luis Auzza M comienzo la era de la industria cerámica en Santa Cruz con una pequeña "tejería artesanal" carente de tecnología.

La empresa adquiere la primera estructura en el año 1964 con una capacidad de 5000-8000 piezas día y gracias a préstamos financieros otorgada por el BID se provee de hornos secaderos. Se amplió

la producción a 20000 piezas/día en 1968, logrando adquirir en 1972 un conjunto de maquinaria ladrillera BON FANTI.

En 1974 se inaugura en Tarija la empresa CERAMICA SAN LUIS S.R.L planta industrial de el Portillo fue comprada por el grupo Auzza. En el año 2002 la empresa dispuso de dos plantas una en la avenida San Luis que actualmente no está en funcionamiento y otra en el portillo la cual sigue operativa en ese momento contaba con dos secaderos donde actualmente se ubica el secadero 1, además de estos dos hubo otro secadero que ya no está en funcionamiento, estos secaderos eran estáticos.

Luego se adicionaron dos secaderos en 2006 y se pusieron en funcionamiento junto con el secadero 1, los cuales contaban con 3 ventiladores estáticos luego se propuso construir 5 secaderos desde el 2018 se empezaron a construir y en el año 2019 se pusieron en funcionamiento, se cambiaron los ventiladores estáticos por 6 ventiladores que recorren los secaderos de manera más dinámica generando un mejor secado.

En 2021, se realizó una importante renovación del horno Hoffman con el objetivo de utilizar dos hornos uno para los ladrillos especiales y normales de 6 huecos y el otro horno para la producción de tejas y pisos. Antes de esta actualización, la empresa dependía exclusivamente del horno Hoffman para la realización de todos los ladrillos. Gracias a este proceso de reacondicionamiento, se construyó el nuevo horno túnel, que ahora despliega un papel fundamental en la cocción tanto de ladrillos normales como de ladrillos especiales de 6 huecos. Este cambio ha permitido una mayor versatilidad y eficiencia en la producción de materiales de construcción.

1.3 Planteamiento de la problemática

En los últimos años, la producción de ladrillos en la ciudad de Tarija ha experimentado un notable crecimiento, impulsado por los avances tecnológicos, por lo que las empresas de hoy en día aumentaron su capacidad de producción, lo que no solo generó nuevas fuentes de empleo, sino que también contribuyó al desarrollo económico de la ciudad.

La empresa CERAMICA SAN LUIS desde ya muchos años se caracterizó por brindar productos de calidad, La mejora continua en su proceso de producción generó que en 2021 adquiriera una máquina extrusora BONFANI con una capacidad de producción de 28 a 35 Tn/hora esta adquisición no se está aprovechando de la mejor manera debido a que la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento por lo que se enfrenta constantemente con paradas no programadas que afectan negativamente la eficacia global del proceso de producción algunos aspectos que influyen en este problema son:

- Dependencia del mantenimiento correctivo

La dependencia del uso frecuente del mantenimiento correctivo en el proceso de producción ocasiona que se genere un retraso en la entrega de productos esperados, altos costos de mantenimiento y un continuo desgaste de las máquinas.

- Ausencia de un técnico especializado en mantenimiento

Actualmente la empresa no cuenta con un técnico especializado encargado del mantenimiento de la maquinaria por lo que no conocen los puntos fuertes y débiles de la instalación, lo que implica que no se tenga una apropiada recopilación de los registros de mantenimiento, como un deficiente diagnóstico de las paradas no programadas, la falta de estos registros y diagnósticos no permiten satisfacer las necesidades de la maquinaria a tiempo lo que se manifiesta en los altos costos en

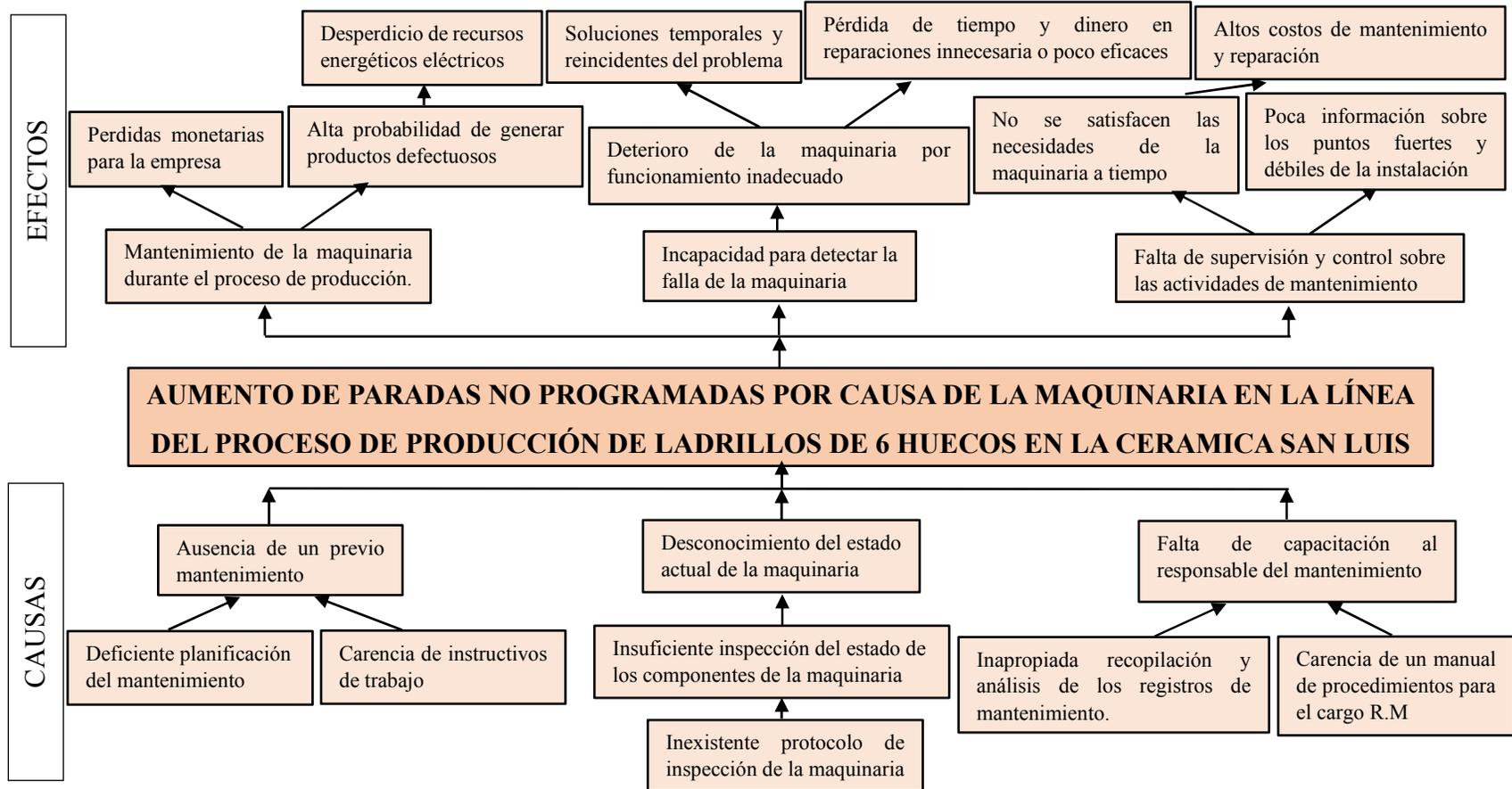
mantenimiento y reparaciones. La ausencia de un cronograma de actividades genera una confusión sobre qué tareas se deben realizar y cuáles ya se han completado en consecuencia ocurren interrupciones en el normal funcionamiento de la maquinaria.

- Desconocimiento del estado actual de la maquinaria

El desconocimiento del estado actual de la maquinaria impide detectar la falla ocasionando la pérdida de tiempo y dinero en reparaciones innecesarias o poco eficientes que solo brindan soluciones temporales y reincidencia a la falla causando el deterioro de la máquina. La interrupción de la producción por causa de las maquinas es una incertidumbre constante en la planificación que tiene la empresa en cuanto al cumplimiento de los pedidos que debe entregar a los clientes en algunos casos no pudiendo cumplir ocasionando una mala imagen a la empresa y pérdidas monetarias.

Dentro del presente trabajo se pretende usar como base documental la norma **NB 12017 (2020)** con el propósito de permitir que la vida de los objetos de la organización sea conservada más allá de su vida útil permitiendo cumplir con los objetivos de la empresa mejorando la eficacia global y un mayor conocimiento de los puntos fuertes y débiles de su instalación.

Figura 1-1 Árbol De Problemas



Fuente: Elaboración propia (2024)

Figura 1-2 Árbol de soluciones



Fuente: Elaboración propia (2024)

1.4 Formulación del problema

¿Qué elementos debe considerar el plan de mantenimiento en la línea del proceso productivo de la CERÁMICA SAN LUIS, a fin de reducir las paradas no programadas permitiendo alcanzar su nivel regular de productividad en la empresa?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Proponer un plan de mantenimiento en la línea del proceso productivo de la CERÁMICA SAN LUIS, para reducir las paradas no programadas permitiendo alcanzar su nivel regular de productividad en la empresa.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Identificar los principales problemas que se presentan en la línea de producción.
- Elaborar un programa de actividades para la inspección y reparación de las máquinas.
- Proponer una nueva codificación para las máquinas de la línea de proceso de producción automático.
- Elaborar un inventariado de los activos de la línea de producción automática de la empresa CERÁMICA SAN LUIS.
- Proponer instructivos de mantenimiento para un control eficiente en el funcionamiento de la maquinaria.
- Establecer indicadores KPI'S para determinar el rendimiento de la maquinaria.

1.6 Justificación

1.6.1 Justificación Económica

La justificación económica del presente proyecto indica que la implementación de un mantenimiento preventivo mejorará las condiciones en las que se está operando las maquinas en la empresa reduciendo las paradas no programadas en la línea de producción, por lo que no se optará por cambiar las máquinas de manera repentina antes de cumplir con su vida útil o la pérdida de tiempo en mantenimientos poco eficaces. Al realizar inspecciones al momento del fallo de la maquina y guiándose por intuiciones o una inspección visual los mantenimientos suelen ser poco eficaces, por lo que la maquinaria no se incorpora a la producción en condiciones óptimas reduciendo su vida útil, produciendo productos defectuosos y una provista parada no programada de larga duración por no reparar los fallos de raíz, la continuidad de las paradas generan una susceptibilidad de el reemplazo de las maquinas antes del cumplimiento de su vida útil lo que generan pérdidas económicas a la empresa.

La producción de la CERÁMICA SAN LUIS responde a las necesidades y capacidades de adquisición de los consumidores, Implementar infraestructuras con estos materiales mejoran la calidad de vida de las personas proporcionando espacios habitables, funcionales y la creación de oportunidades de empleo para la ciudad contribuyendo al bienestar económico de sus familias.

1.6.2 Justificación Legal

La realización de un mantenimiento preventivo según la norma NB 12017 (2020) permite que la vida de los objetos de la organización sea conservada más allá de su vida útil permitiendo cumplir con los objetivos de la empresa mejorando la eficacia global y un mayor conocimiento de los puntos fuertes y débiles de su instalación, este mantenimiento no solo mejora las condiciones de

trabajo, sino que también la seguridad de los trabajadores reduciendo los ruidos indeseables y minimizando los riesgos de accidentes graves, protegiendo la integridad física y emocional de los trabajadores.

La empresa tiene notificaciones por falta un plan de mantenimiento como se puede observar en el ANEXO 62, como también según la constitución política del estado artículo 46.1 toda persona tiene derecho: “Al trabajo digno, con seguridad industrial, higiene y salud ocupacional, sin discriminación, y con remuneración o salario justo, equitativo y satisfactorio, que le asegure para sí y su familia una existencia digna”.

1.6.3 Justificación Académica

Este proyecto desempeña un papel fundamental en el ámbito académico fortaleciendo la importancia teórica y práctica principalmente contribuyendo a fomentar el interés por resolver problemas presentados en el sector industrial promoviendo el desarrollo de habilidades en la investigación, estimulando la curiosidad intelectual y creatividad permitiendo una mayor comprensión sobre los aspectos que se deben tomar en cuenta en el proceso de producción consolidando y aplicando conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería industrial.

1.7 Metodología propuesta

1.7.1 Enfoque y tipo de investigación

La investigación realizada responde a un enfoque mixto, ya que los datos que se tomaron en cuenta fueron datos cuantitativos y cualitativos, permitiendo identificar las falencias relacionadas con el uso y mantenimiento de la maquinaria de la empresa CERAMICA SAN LUIS.

1.7.2 Métodos y técnicas de investigación

- Investigación cualitativa

La técnica de investigación cualitativa se basó en el análisis, descripción y observación de aspectos relacionados con la maquinaria. Datos que fueron obtenidos a través de encuestas a los trabajadores sobre los problemas más recurrentes en la línea de producción automática, revisión de archivos, donde se identificó falencias relacionadas con el mantenimiento de la maquinaria de la empresa.

- Investigación cuantitativa

En la técnica de investigación cuantitativa se realizó el análisis de datos obtenidos en la entrevista al encargado de mantenimiento, como también las planillas de los operadores, y el registro de paradas no programadas realizadas durante la realización del proyecto, que permitió identificar los aspectos más importantes para la determinar la criticidad de las máquinas.

El presente trabajo se realizó en función de las siguientes etapas:

Etapas 1

Para la realización de la primera etapa se hizo una visita a la empresa para la obtención y recopilación de información.

- Información primaria

Para la recolección de la información primaria se realizó un registro de las paradas no programadas más recurrentes en la línea de producción, como también se registraron los tiempos de las paradas no programadas y se identificaron de los procedimientos que se llevan a cabo cuando ocurren las paradas no programadas.

- Información secundaria

La obtención de información secundaria se llevó a cabo identificando la información que tiene la empresa sobre las maquinas del proceso de producción automático como: codificación, fichas técnicas de cada máquina y si existe algún registro sobre las paradas no programadas.

Etapas 2

El estudio del problema se realizó identificando los problemas al momento de tener los registros de las paradas no programadas identificando los problemas, necesidades y alternativas de solución.

- Identificación de los problemas que ocasionan la ocurrencia de las paradas no programadas para la empresa.
- Identificar necesidades y alternativas de solución

Se evaluaron las necesidades específicas relacionadas con las paradas no programadas y se exploraron alternativas de solución para abordar los problemas identificados.

- Para identificación y gestión de riesgos se usó la matriz (IPER)

Se utilizará la matriz IPER para evaluar y gestionar los riesgos asociados con las paradas no programadas.

- Evaluación de la empresa en base a la normativa

Se verificará si la empresa cumple con las normativas y regulaciones relacionadas con la producción y las paradas no programadas mediante una lista de verificación.

- Verificar el desarrollo de las políticas y objetivos de la empresa

Se reviso si la empresa sigue sus políticas y objetivos establecidos en relación con la gestión de paradas no programadas.

Etapas 3

- Codificación de maquinaria

Se asignó códigos o identificadores a las máquinas y equipos existentes en la línea de producción.

- Elaboración de un inventariado de maquinaria y equipo existente en la producción automática.

Se creó un inventario detallado que incluya todas las máquinas y equipos presentes en la línea de producción automática.

- Elaboración de documentación

En la elaboración de documentación se realizó, manuales de procedimientos, instructivos de mantenimiento, cronograma de mantenimiento y elaboración de orden de trabajo.

CAPITULO II
MARCO TEORICO

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Maquina

La máquina desde la antigüedad fue un pilar fundamental en la industria debido a que gracias a la misma se dio la revolución industrial, actualmente las maquinas forma parte del día a día de todas las personas en el mundo. En el rubro industrial se volvió indispensable siendo imposible formar una empresa competitiva sin maquinaria adecuada, por lo que es necesario entender que es la maquina lo que según el autor Montaña destaca de la siguiente manera:

Conjunto de elementos móviles y fijos, cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía, o realizar un trabajo con un fin determinado. Regularmente en el ámbito industrial se asume que una máquina entrega algún tipo de producto tangible, es decir, transforma una materia prima en una pieza verde, o una pieza verde en un producto semiterminado o terminado

(Montaña, 2016, p.19).

2.2 Confiabilidad

Controlar los tiempos de las paradas no programadas debido a las máquinas y realizar un análisis sobre el tiempo que estuvo en funcionamiento, es un punto de partida para entender que tan confiable es la máquina que se está analizando la cual en palabras de los autores es “Se puede definir, como la capacidad de una máquina, equipo o sistema para cumplir funciones específicas o requeridas, bajo condiciones de operación dadas, en un tiempo o período determinado” (Rondón, 2021,p.23).

“Es la aptitud de un sistema de cumplir la función para la cual fue diseñado, en condiciones dadas, durante un intervalo de tiempo determinado” (Sanjinés, 2008, p.8). Ambos autores coinciden en

que la confiabilidad es un sistema que debe cumplir sus funciones en diferentes condiciones durante un tiempo determinado.

2.2.1 Accesorios

“Se puede decir que es todo elemento que forma parte de una máquina o sistema, y es un complemento de la máquina o sistema, y una vez definido es un producto o subproducto básico. Los accesorios pueden ser: arandelas, tuercas, tornillos, fusibles, resistencias, integrados, u otros”. (Rondón, 2021, p. 23).

2.2.2 Componente o pieza

“Es un dispositivo que puede formar parte de un circuito eléctrico, electrónico, mecánico. Ejemplos de componentes o piezas: engranaje, polea, rodamiento, correa, rotor eléctrico, amplificador, acoplador electrónico, batería, cables, correas, bandas y otros” (Rondón, 2021, p.23).

Los componentes como todo elemento que se usa y es parte de las maquinas suelen sufrir daños por deterioro, desgaste y otros. La gestión de los componentes es de gran importancia cuando se trata de máquinas críticas debido al gran impacto que provoca en la producción.

2.3 Vida útil

Es importante destacar que, en algún momento, las industrias enfrentan diversos problemas, como es la disminución en la producción, la obsolescencia tecnológica, entre otros. A menudo causado por el mal funcionamiento o desgaste de máquinas específicas que de ser necesario tomar una decisión sobre el reemplazo de alguna maquina o componente es de importante tener en claro lo que es la vida útil que en palabras de los autores se define de la siguiente manera “Es la duración o rendimiento que puede alcanzar una máquina, equipo u objeto, cumpliendo correctamente con

la función para la cual ha sido creado” (Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019, p. 39).

“Tiempo previsto de vida de un activo, sistema de activos o instalación, unidad de proceso o planta establecido por el fabricante, el proyecto o sus parámetros de diseño” (Saravia, 2020 de diciembre, p. 12). Ambos autores coinciden que es el tiempo de vida que tiene un activo para cumplir sus funciones.

2.3.1 Ciclo de vida

En la industria lo que siempre se busca es hacer más con menos recursos y cuando un activo como son las maquinas trabajan fuera de su tiempo de vida útil suele incurrir en mayores gastos debido al costo de mantenimiento que necesitan para seguir en funcionamiento por lo que es necesario saber lo que es un ciclo de vida que según palabras del autor Rondón es “Tiempo durante el cual un bien o activo conserva su capacidad de operación, y se tiene en cuenta desde el inicio cuando se adquiere el activo, hasta el final al momento de sustituirlo” (Rondón, 2021, p. 23)

2.4 Equipo

Colección de utensilios, instrumentos y aparatos especiales para un fin determinado, También recibe el nombre de equipo cada uno de los elementos de dicho conjunto. Regularmente en el ámbito industrial se asume que un equipo presta un servicio, o modifica las propiedades de la materia prima.

(Montaña, 2016,p.20)

2.5 Falla

Siempre que se optó por la adquisición y el uso de la maquinaria o de los equipos se tuvo presente que pueden ocurrir problemas que se deben a varias circunstancias ya sean por un mal manejo, problemas de su instalación, ausencias de lubricación y otros. Todos estos problemas tienen un significado que se traduce en falla que en palabras del autor Montaña es lo siguiente: “Toda condición que afecta la operación normal de una máquina/equipo” (Montaña, Fundamentos de mantenimiento industrial, 2016, p. 20).

La falla se puede dar de dos maneras.

2.5.1 Falla funcional

“Tipo de falla que impide que una máquina/equipo continúe en operación (ocurre avería mayor)” (Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019,p.29).

2.5.2 Falla potencial

“Tipo de falla que no inhabilita a la máquina/equipo para que opere, pero en determinado momento propicia las condiciones para que ocurra una parada. En otras palabras, una falla”(Montaña, Fundamentos de mantenimiento industrial, 2016).

2.6 Analisis de la criticidad

“Un análisis de criticidad permite identificar las áreas y secciones o grupos más críticas de la planta; una vez definidas éstas, el CA permite definir las máquinas/equipos más críticos dentro de dichas áreas o secciones” (Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019).

El grado de criticidad establece el orden de jerarquía y de prioridad para la asignación de recursos de mantenimiento, se puede definir cuatro grados de criticidad:

- **EQUIPOS CRÍTICOS:** Son aquellos equipos cuya falla o avería provoca la parada de la producción, impactando fuertemente en la economía de la empresa. Por ejemplo, el motor de la grúa principal en un puerto de descarga de contenedores.
- **EQUIPOS IMPORTANTES:** Son aquellos equipos cuya falla o avería afecta significativamente la economía de la empresa, sin embargo, este daño puede ser asumido y/o recuperado. Por ejemplo, la válvula de paso de agua de enfriamiento en un reactor químico.
- **EQUIPOS NECESARIOS:** Son aquellos equipos que son requeridos para el normal funcionamiento del proceso, sin embargo, pueden ser reemplazados o sacados de líneas por intervalos cortos de tiempo. Por ejemplo, el transmisor de nivel de un tanque de almacenamiento de agua.
- **EQUIPOS PRESCINDIBLES:** Son aquellos equipos que no afectan la productividad y economía de la empresa, por cuanto pueden permanecer parados provocando tan solo incomodidad en el proceso. Por ejemplo, un regulador limitador de aire en una tubería con presión de aire constante.

(Gestión y planificación del mantenimiento industrial, 2017)

2.6.1 Modelo de criticidad semicuantitativo “CTR” (criticidad total por riesgo).

El modelo de Criticidad Total por Riesgo (CTR) presentado a continuación, es un proceso de análisis semicuantitativo, bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto de riesgo, entendido como la consecuencia de multiplicar por la frecuencia de un fallo. A continuación, presenta de forma detallada, las expresiones utilizadas para jerarquizar los sistemas a partir del modelo:

Donde:

$$\text{Críticidad} = \text{FF} \times \text{C} \quad \text{EC 1}$$

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

C: Consecuencia

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

$$\text{C} = (\text{IO} \times \text{FO}) + \text{CM} + \text{SHA} \quad \text{EC 2}$$

Siendo:

IO: Factor de Impacto en la Producción

FO: Factor de Flexibilidad Operacional

CM: Factor de Costes de Mantenimiento

SHA: Factor de impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente

La expresión final del modelo de priorización será la siguiente:

$$\text{C} = \text{FF} \times [(\text{IO} \times \text{FO}) + \text{CM} + \text{SHA}] \quad \text{EC 3}$$

Los factores ponderados de cada uno de los criterios a ser evaluados por la expresión del riesgo (3) se presentan a continuación:

- Factor de Frecuencia de Fallos (FF) (escala 1 - 4)

4: Frecuente: mayor a 2 eventos al año

3: Promedio: 1 y 2 eventos al año

2: Bueno: entre 0,5 y un 1 evento al año

1: Excelente: menos de 0,5 eventos al año

- Factores de Consecuencias o Impacto Operacional (IO) (escala 1 - 10)

10: Pérdidas de producción superiores al 75%.

7: Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%.

5: Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%.

3: Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%.

1: Pérdidas de producción menor al 10%

- Impacto por Flexibilidad Operacional (FO) (escala 1 - 4).

4: No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes

2: Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios

1: Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños.

- Impacto en Costes de Mantenimiento (CM) (escala 1 - 2)

2: Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 20.000 dólares

1: Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 20.000 dólares

- Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA) (escala 1 - 8)

8: Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos

6: Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración

3: Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas

1: No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales

La selección de los factores ponderados se realiza en reuniones de trabajo con la participación de las distintas personas involucradas en el contexto operacional del activo en estudio (operaciones, mantenimiento, procesos, seguridad y ambiente). Posteriormente, se seleccionan los sistemas a priorizar y se genera una tormenta de ideas en la que se le asignan a cada equipo los valores correspondientes a cada uno de los factores que integran la expresión de Criticidad Total por Riesgo.

Para obtener el nivel de criticidad de cada equipo/sistema, se toman los valores totales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias de los fallos y se ubican en la matriz de criticidad 4x4. El valor de frecuencia de fallos se ubica en el eje vertical y el valor de consecuencias se ubica en el eje horizontal (PhD. Carlos Parra Márquez, PhD. Adolfo Crespo Márquez, 2020).

La matriz de criticidad mostrada a continuación permite jerarquizar los sistemas en tres áreas:

- Área de sistemas No Críticos (NC)
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC)
- Área de sistemas Críticos (C)

Figura 2-1 Matriz de Criticidad propuesta por el modelo CTR

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

Fuente: Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos, Carlos Parra Marquez, Adolfo Crespo Marquez (2020)

2.7 Estados de la maquina o equipos

Cuando se tienen ciertas expectativas sobre las metas que se proponen a alcanzar en la producción es necesario conocer el estado de la maquinas o equipos, los estados de la maquinas pueden ser dos:

2.7.1 Estado teórico o nominal de una máquina/equipo.

Aquella condición operativa y de funcionamiento que debe poseer una máquina/equipo cuando sale de fábrica; el estado teórico debe ser redefinido en la medida que el equipo haya trabajado x cantidad de tiempo, debido a que sufre una degradación normal que aleja su nivel de rendimiento de la inicial, en este caso se habla de estado nominal.

(Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019,p.29)

Las características mas importantes sobre las maquinas y su funcionamiento nominal se puede verificar en su placa dado a que esta es información es proporcionada por el fabricante.

2.7.1.1 Estado real de una máquina/equipo

“Aquel estado que exhibe la máquina/equipo en cualquier momento de su operación. El estado real puede coincidir o no, con los estados teórico y nominal” (Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019,p.30).

Para determinar el estado real de las maquinarias se debe cosiderar varios factores como son las condiciones de su instalacion, uso de la maquinaria y otros.

2.8 Definiciones básicas de la lubricación

A continuación, se presentan una serie de conceptos y definiciones, necesarios para comprender el panorama de la Lubricación.

2.8.1 Fricción

“La fricción depende de múltiples factores, entre ellos la textura, rugosidad o acabado de las superficies, velocidad de operación, la forma de los cuerpos, sus materiales, pesos, tamaños, entre otros” (Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019, p. 288).

2.8.2 Desgaste

“Es la erosión de un material (superficie sólida) por acción de otra superficie” (Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019, p. 288).

2.8.3 Lubricante

“Fluido que se interpone entre dos superficies, para evitar su contacto directo, y por ende la fricción, el desgaste y posterior deterioro” (Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019, p. 288).

La lubricación es parte del mantenimiento de la maquinaria la información de cada cuanto tiempo hay que lubricar la maquina y cuáles son los lubricantes adecuados es información que proporciona por el fabricante, la cual se debe realizar en todos los equipos y máquinas para que no sufran un desgaste prematuro en sus piezas y componentes, la fricción de estos componentes puede ocasionar ruidos indeseados.

2.9 Mantenimiento

- **Definición 1.**

Conjunto de actividades (planificadas y coordinadas) que propende a mantener los equipos (de diversa índole), en una condición operativa, lo más cercana posible de su estado teórico o nominal, con el mínimo de inversión (económica, tiempo, insumos), de manera segura para el personal y el medio ambiente, apoyando de manera positiva el cumplimiento de las metas de una organización.

(Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019,p.30)

- **Definición 2.**

“Conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento” (Garrido, Organización y gestión integral de de mantenimiento, 2003, p. 1)

Los diferentes autores coinciden que el mantenimiento son acciones para conservar los equipos y que se realizan para que el equipo funcione con normalidad.

2.9.1 Importancia del mantenimiento

El mantenimiento de las máquinas industriales es un compromiso que no pueden obviar las industrias, debido a que el mantenimiento es necesario para un normal funcionamiento de las maquinarias. El mantenimiento correctivo, por parte de las empresas, es evidentemente el que se empleó primero a lo largo de la historia, pero 5 años después de la Segunda Guerra Mundial, gracias a la colaboración de un grupo de ingenieros japoneses que tomaron la iniciativa de seguir las recomendaciones proporcionadas por el fabricante acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas como también sus dispositivos dio lugar a una nueva generación de mantenimiento, al cual se le llamó mantenimiento preventivo, que, en otras palabras, son reparaciones programadas.

Entre los casos de éxito sobre la aplicación de este tipo de mantenimiento se encuentra el caso de Toyota, específicamente en su sistema de producción conocido como Toyota Production System (TPS). Este caso ocurrió debido a que Toyota experimentaba interrupciones frecuentes en la producción por fallas inesperadas en la maquinaria. Estos paros no planificados generaban pérdidas significativas de productividad, incrementaban los costos operativos y afectaban la capacidad de cumplir con los tiempos de entrega.

Por lo tanto, Toyota decidió implementar un programa de mantenimiento preventivo basado en la filosofía del "Kaizen" (mejora continua), lo que implicaba:

- Inspecciones regulares: Establecer un calendario para revisar periódicamente todos los equipos críticos.
- Reemplazo preventivo de piezas: Cambiar piezas desgastadas antes de que fallaran, en lugar de esperar a que se rompieran.

- Capacitación del personal: Instruir a los operarios en el manejo correcto de los equipos y en cómo identificar signos tempranos de deterioro.
- Automatización del monitoreo: Introducir sensores y tecnologías de monitoreo predictivo para identificar cambios en las condiciones de las máquinas, como temperatura o vibraciones anómalas, que podrían indicar fallas inminentes.

Los resultados de la implementación del mantenimiento preventivo fueron:

- Reducción del tiempo de inactividad: Los paros no planificados disminuyeron significativamente, lo que permitió que la producción fluyera sin interrupciones.
- Aumento de la productividad: Al eliminar fallas inesperadas, Toyota aumentó la producción general en un 15%.
- Reducción de costos de mantenimiento: Al cambiar de un modelo reactivo a uno preventivo, los costos de reparación disminuyeron en un 20%.
- Mayor vida útil de los equipos: Con un mantenimiento adecuado, los equipos tuvieron una vida útil más larga y un menor desgaste, lo que redujo la necesidad de reemplazos tempranos.

La implementación del mantenimiento preventivo en Toyota no solo resolvió sus problemas de producción, sino que también les proporcionó una ventaja competitiva. Al mantener sus equipos funcionando de manera óptima y predecir sus posibles fallas pudo mejorar su eficiencia, reducir costos y asegurar la calidad de sus productos. Esta estrategia se ha convertido en un pilar clave de su éxito operativo.

2.9.2 Plan de Mantenimiento

Las máquinas y equipos industriales vienen con un plan de mantenimiento y recomendaciones en su documentación presentada a la hora de su adquisición, con esta información y con la experiencia de los encargados del mantenimiento de la maquinaria se realizan los planes de mantenimiento lo que en palabras del autor Garrido es:

El Plan de Mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que debemos realizar en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Es un documento vivo, pues sufre de continuas modificaciones, fruto del análisis de las incidencias que se van produciendo en la planta y del análisis de los diversos indicadores de gestión.

(Garrido, Organización y gestión integral de mantenimiento, 2003, p. 37)

Para la realización del plan de mantenimiento se debe tener una serie de tareas y actividades planificadas, como también una planeación de actividades que suelen realizarse en periodos de tiempos más cortos.

2.9.3 Mantenibilidad

Las fallas o problemas que pueden surgir en una maquina son imprevistas y pueden ser problemas tan complejos que sea necesario contratar personal externo a la empresa para realizar el mantenimiento y poder seguir produciendo y no incurrir en paradas no programadas muy extensas es necesario entender lo que es mantenibilidad que en palabras los autores son:

- **Definición 1.**

“Propiedad de un Equipo o Sistema que representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla”(Montaña, Fundamentos de mantenimiento industrial, 2016, pág. 97).

- **Definición 2.**

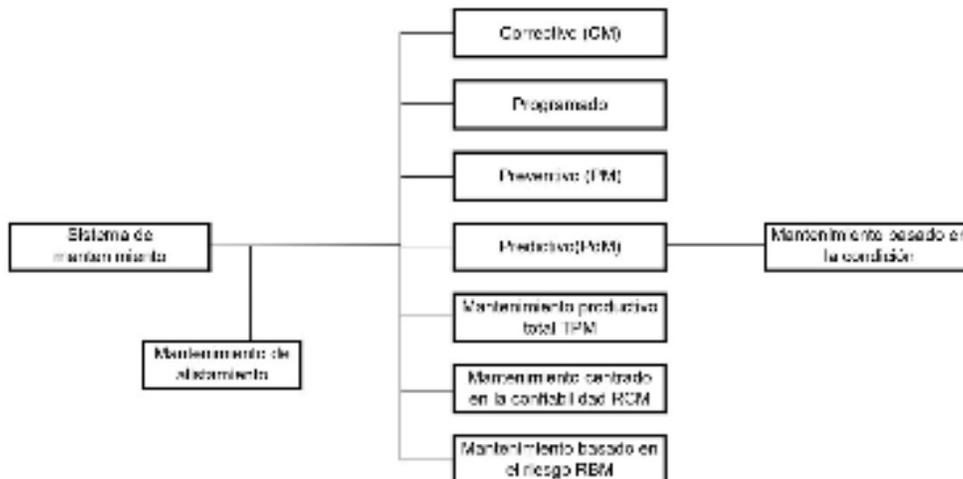
“Es la aptitud de un sistema de ser mantenido o restablecido, en un tiempo dado, a su funcionamiento normal cuando las operaciones de mantenimiento se realizan con los medios dados y siguiendo un programa predeterminado” (Sanjinés, 2008, p. 8).

2.10 Sistemas de mantenimiento

Existen metodologías o estrategias generales que adoptan las empresas para administrar y ejecutar el Mantenimiento, las cuales pueden ser tan simples como el no hacer (Mantenimiento Correctivo de emergencia) hasta las más modernas como el Mantenimiento Basado en el Riesgo MBR y el mantenimiento en la industria 4.0. En la Figura 2-2 se presenta un panorama gráfico de dichos sistemas.

(Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019,p.44)

Figura 2-2 Sistema de mantenimiento



Fuente: Mantenimiento Industrial y su Administración, Montaña (2019)

La falla puede deberse u ocasionarse por diferentes circunstancias o condiciones por lo que existen diferentes sistemas de mantenimiento para poder conservar y restaurar los activos de la empresa durante su ciclo de vida útil.

2.10.1 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo también se le denomina mantenimiento reactivo que, a nivel industrial en nuestro país, Latinoamérica y muchos países subdesarrollados es utilizado en un alto porcentaje. Este mantenimiento correctivo se aplica cuando la máquina deja de operar, porque se presenta la falla o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo o de la máquina, haciéndolo en el menor tiempo posible. Existen empresas donde sus estrategias de mantenimiento son enfocadas al correctivo, ya que no tienen los conocimientos, herramientas, personal calificado, presupuestos asignados, y tecnologías modernas para aplicar otros tipos de mantenimiento.

El mantenimiento correctivo no programado: se activa, cuando aparece la falla en el equipo o máquina, generando la respectiva parada, de manera que se debe quitar lo averiado y reponer el componente, ya sea nuevo o usado.

El mantenimiento correctivo programado o planificado: se realiza cuando se detecta que algún componente de una máquina está próximo a fallar, por lo tanto, se programa el mantenimiento para corregir esta posible falla.

(Rondón, 2021,p.37)

Tabla 2-1 Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo

Ventajas	Desventajas
Prolongar la vida útil de los equipos por medio de reparaciones de componentes o piezas y corregir las fallas	La avería o falla puede aparecer en el momento más inoportuno.
No genera gastos fijos.	Alto inventario de repuestos
Sin programar ni prever ninguna actividad.	La producción se vuelve impredecible y poco fiable.
Solo se gasta dinero, cuando está claro que se necesita hacerlo.	Se asumen inseguridades económicas, que pueden ser muy relevantes.
A menor plazo se ofrece un buen resultado económico.	Se disminuye la vida útil de los equipos. No hay un diagnóstico confiable de las causas que provocan las fallas, pues se desconoce por qué

	falló. Por ello, la falla se puede repetir una y otra vez.
Hay sistemas, máquinas y equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.	Hay tareas o actividades que siempre son rentables, como la limpieza, lubricación, revisión. Determinados equipos necesitan continuamente ajustes y seguimiento.
Estos son los argumentos para que muchas industrias se decanten por el mantenimiento correctivo	<ul style="list-style-type: none"> • Las averías o fallos y los comportamientos anormales de los componentes, equipos o máquinas no solo ponen en peligro la buena producción, sino la seguridad de las personas, el medio ambiente y los activos de las compañías. • Apoyarse solamente en el mantenimiento correctivo • reparar cuando solo se presenta la avería • se debe contar con técnicos muy especializados y cualificados, tener un alto inventario o stock de repuestos (lucro cesante) y también contar con medios técnicos muy variados.

Fuente: Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial, Rondón (2021)

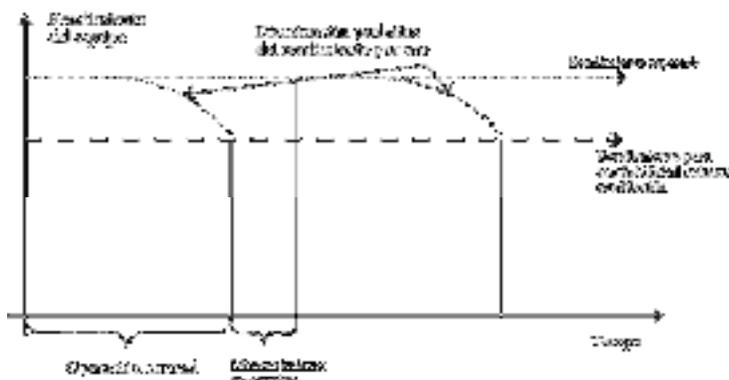
2.10.2 Mantenimiento Preventivo

Es primordial tener un control de las actividades que se hicieron y las que se van a realizar dado que las empresas que no cuentan con un mantenimiento preventivo, sufren problemas por lo impredecible y poco fiable que son las máquinas. En todas las industrias se debe aplicar lo que según el autor Rondón es:

El mantenimiento preventivo se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos; como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en períodos de tiempos por calendario o uso de estos (tiempos dirigidos).

(Rondón, 2021,p.39)

Tabla 2-2 Ciclo gráfico básico del Mantenimiento Preventivo



Fuente: Fundamentos de mantenimiento industrial, Montaña (2016)

2.10.3 Objetivos más relevantes del mantenimiento preventivo.

Tabla 2-3 Ventajas y desventajas del Mantenimiento

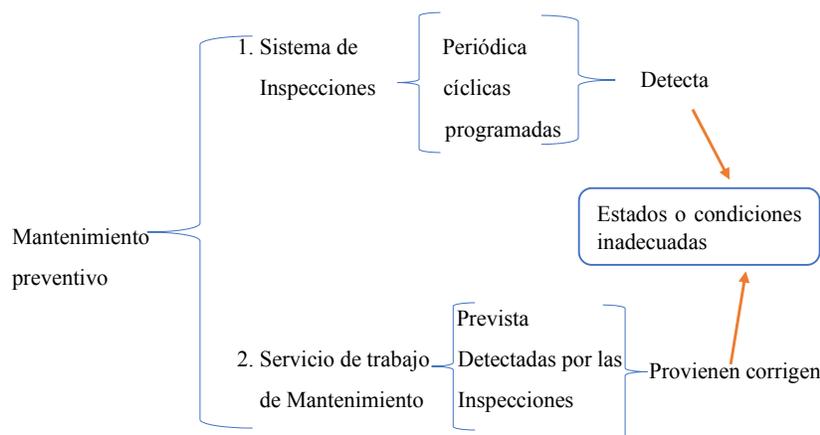
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta la confiabilidad de las máquinas / equipos puesto que operan en mejores condiciones de seguridad ya que se conoce su estado y sus condiciones de funcionamiento. • Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades. • Mayor duración de los equipos e instalaciones. • Disminución de repuestos en existencia y los costos asociados. • Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de máquinas y equipos. • Menor costo de las reparaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implica realizar una inversión inicial y sostenida en infraestructura mano de obra • Si no se priorizan y eligen adecuadamente la cantidad y profundidad de las tareas de mantenimiento, se llegan a generar sobrecargas de trabajo que no aportan al desempeño y rendimiento de las máquinas. • Alto costo en inspecciones.

Fuente: Fundamentos de mantenimiento industrial, Montaña Carlos Alberto (2016)

2.10.4 Categorías del mantenimiento preventivo (MP).

- Cubrimiento: revisar el porcentaje del equipo o máquina críticos, para las cuales se han desarrollado programas de MP.
- Ejecución: el porcentaje de rutinas del MP que han sido terminadas según programa.
- Trabajos generados por las repeticiones: el número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tiene como origen rutinas del MP

Figura 2-3 Implementación del mantenimiento



Fuente: Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial, Rondón Félix Antonio (2021).

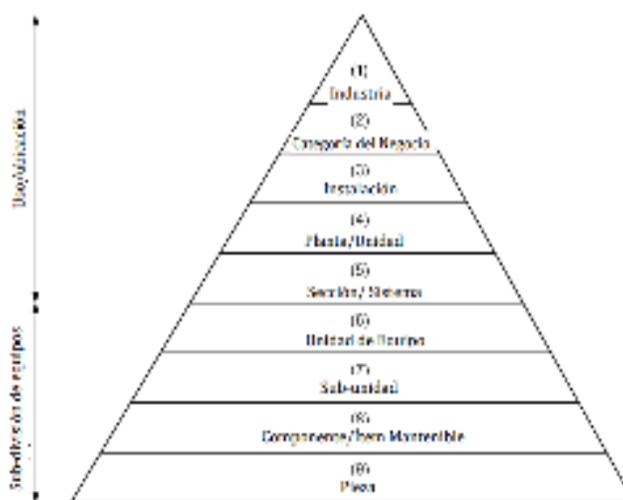
2.10.4.1 Inventario de equipos, inmuebles y vehículos

“Se busca con esta tarea elaborar el censo o listado de las máquinas y equipos que serán cobijados en el Programa de mantenimiento, es decir responder la pregunta ¿Sobre qué máquinas/equipos se va a intervenir?” (Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019,p.85).

2.10.4.2 Taxonomía

La taxonomía es una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios ítems (ubicación, uso, subdivisión de equipos, etc.) Una clasificación de datos relevantes a recolectar de conformidad con este Estándar Internacional está representada por una jerarquía como se muestra en la Figura 2-4. Los niveles 1 al 5 representan un alto nivel de categorización en relación a la aplicación en la industria y las plantas, independientemente de los equipos. Los niveles del 6 al 9 están relacionados al equipo (inventario) con la subdivisión en niveles jerárquicos inferiores correspondientes.

Figura 2-4 Clasificación de la taxonomía con niveles taxonómicos



Fuente: Norma ISO-14224 (2016)

2.10.4.3 Codificación de los equipos

Una vez que se ha levantado el censo de las diferentes máquinas y equipos que han de ser cobijados por un programa de Mantenimiento, es necesario realizar una codificación de estos, es decir, asignar una identificación numérica o alfanumérica, con el fin de que haya una identificación precisa y unívoca de cada uno de ellos.

La codificación de la maquinaria y equipo es un asunto propio de cada empresa, y existen diferentes métodos para ello, pasando por diferentes niveles de complejidad, sin embargo, existen unas directrices generales para este proceso:

- Deben permitir una identificación rápida del equipo.
- Deben ser cortos, sencillos y fáciles de desglosar.
- El costo de su implementación debe ser razonable (pintura, adhesivos, placas identificadoras de activo fijo, códigos de barras, etc.).
- La codificación usada debe guardar relación con otros sistemas de codificación de la empresa, particularmente con los códigos contables.

(Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019,p.86)

Figura 2-5 Directriz de codificación para una gran empresa



Fuente: Mantenimiento industrial y su administración, Montaña Carlos Alberto (2019)

Para Área : (2) caracteres alfabéticos y (3) numéricos

Para sección : “ ”

Para máquina : *1er dígito. Indica **clase** de máquina*
*2º dígito. Indica el **tipo** dentro de la*
clase. 1

3°, 4° y 5° dígito. Indican el consecutivo.

Para componente: (1) carácter alfabético y (3) numéricos.

Como un complemento adicional, se puede llegar al nivel de parte o repuesto, en cuyo caso, regularmente, se utiliza una serie predefinida de números.

La codificación es la denominación alfabética y numérica de una maquinaria y equipo para facilitar la identificación, esta codificación se realiza para que no exista confusiones en su disponibilidad, localización y en la programación y realización de su mantenimiento ya que normalmente en las empresas existen equipos y maquinas similares ocasionando confusiones al momento de realizar un mantenimiento.

2.10.4.4 Creación de las Hojas de Vida de máquinas/equipos

- **Visión completa.** La Hoja de Vida es la carpeta que contiene toda la información de la máquina/equipo, referente a Tarjeta maestra de datos, Relación de requerimientos, Instructivos de mantenimiento, cronogramas de actividades, Rutinas básicas de mantenimiento RBM, catálogos de partes y de servicio, listados de repuestos, planos y por último el Historial de mantenimiento. Este es el “debiera”, es decir que de manera centralizada y ordenada se disponga de la información completa de la máquina/equipo.
- **Visión simple.** En muchas pequeñas y microempresas la cultura de manejo de la información es muy pobre y la Hoja de Vida se limita a un Historial de Mantenimiento. El Historial de Mantenimiento es un formato (símil de la Historia clínica de un paciente) donde se consignan en orden cronológico las reparaciones y modificaciones importantes

hechas a la máquina. El Historial de Mantenimiento puede estar en copia dura o archivo electrónico.

Figura 2-6 Modelo básico de Historial de Mantenimiento

Ítem	Fecha	Descripción	Repuestos e insumos	Observaciones

Fuente: Mantenimiento Industrial y su Administración (2019)

“Es importante aclarar que en el Historial de Mantenimiento regularmente no se consigna la información correspondiente a mantenimientos rutinarios (limpiezas, lubricaciones periódicas, refacciones menores, etc.)” (Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019,p.91).

2.10.4.5 Relación de requerimientos de Mantenimiento

Este numeral busca definir las actividades o tareas que se efectuarán sobre las máquinas/equipos cobijados por el Plan de Mantenimiento o, en otras palabras, responder la pregunta ¿Qué tareas se van a hacer? Con base en el estudio y conocimiento de los procesos/máquinas/equipos debe elaborarse un listado de actividades de mantenimiento requeridos por cada máquina/equipo, asociadas a una frecuencia propia del proceso (horas de servicio, distancia recorrida, unidades producidas, etc.).

Las fuentes principales de información para conformar el Listado de requerimientos son:

- Manuales de servicio
- Catálogos de partes

- La internet
- Conocimiento y experticia del personal
- Información disponible en asociaciones gremiales (por ejemplo, Asocaña, Fedemetal, ACIEM)
- Consultas con colegas que laboren en otras empresas del mismo gremio.

Una forma usual de subdividir las tareas de Mantenimiento Preventivo es clasificándolas en los siguientes grupos genéricos: Lubricación Electricidad Mecánica Instrumentación. (Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019,p.92)

2.10.4.6 Instructivos de Mantenimiento

También llamados Estándares o Protocolos son documentos (copia dura o digitales) en los que se consigna la información necesaria para la ejecución física de cada requerimiento de mantenimiento, es decir, nombre y código de la máquina, nombre y código del instructivo, medidas de seguridad, materiales e insumos necesarios, herramientas necesarias, procedimiento de ejecución, y tiempo estimado de ejecución. Básicamente, los instructivos de Mantenimiento responden a las preguntas: ¿Con qué gente / equipos de apoyo / herramientas / insumos / materiales se hará la intervención de Mantenimiento? y ¿Cuánto duran las tareas? Los instructivos se pueden dividir en genéricos y específicos. Los instructivos genéricos describen procedimientos generales que se pueden aplicar de manera similar en distintas máquinas/equipos, mientras que los instructivos específicos por su parte se aplican a mecanismos o partes de máquinas que o son “únicos” (por complejidad, por tamaño, por reglaje específico, etc.) o difícilmente se encontrarán en otras secciones de la planta o fábrica.

(Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019,p.93)

Figura 2-7 Esquema de entradas y salidas de una máquina para producción



Fuente: Fundamentos de mantenimiento industrial, Montaña Carlos Alberto (2016)

2.10.5 Mantenimiento predictivo PDM

Se basa en estudiar los síntomas de falla y predecir la ocurrencia de la falla de una máquina, midiendo y analizando los cambios en las variables de operación de la misma. El Mantenimiento Predictivo es una fase avanzada del Preventivo, y se efectúan por un lado ensayos o pruebas sobre partes de las máquinas, y complementariamente se hacen mediciones de variables de operación. El Mantenimiento predictivo se apoya en tecnologías y técnicas específicas tales como: Análisis de vibraciones, Termografías, Análisis de aceites en uso, ensayo de tintas penetrantes, ultrasonidos, rayos X, ensayos con partículas magnéticas. (Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019,p.48)

Tabla 2-4 Ventajas y desventajas del Mantenimiento Predictivo

Ventajas	Desventajas
Brinda una alta posibilidad de anticiparse a la ocurrencia de las fallas,	Muchas de sus técnicas y ensayos implican inversión en equipo costoso.

ya que se evidencia la gestación de la misma, en la medida que la variable de referencia se salga de control.	
Muchas de los ensayos, pruebas y mediciones se hacen con la máquina en operación, por lo tanto, la afectación al proceso productivo es mínima.	Implica disponer de personal calificado tanto para la utilización del equipo como para el análisis de la información.
Minimización de los tiempos de intervención del equipo. El equipo se interviene cuando las pruebas y ensayos confirman que hay falla en gestación.	Muchas de las técnicas y ensayos del PdM pueden indicar la falla en gestación, pero no su causa, por lo que es fundamental la labor de personal calificado.

Fuente: Mantenimiento Industrial y su Administración, Montaña Carlos Alberto (2019)

2.10.6 Mantenimiento Productivo Total TPM

Más que un sistema de Mantenimiento, es la aplicación de toda una filosofía empresarial y personal, que busca maximizar la productividad en los procesos productivos. Es la maximización de la relación entre los resultados obtenidos versus los recursos empleados. Productividad no es producir más, sino producir bien, lo máximo con lo mínimo.

El TPM busca alcanzar sistemas altamente productivos, eliminando las seis grandes pérdidas que los aquejan (daños de las máquinas, tiempos de alistamiento largos, productos de mala calidad, máquinas funcionando en vacío o a baja velocidad, accidentes en la planta y emisiones contaminantes) y pretende alcanzar plantas con:

- Cero averías
- Cero setup o tiempo de alistamiento
- Cero defectos
- Cero despilfarros
- Cero accidentes
- Cero contaminaciones

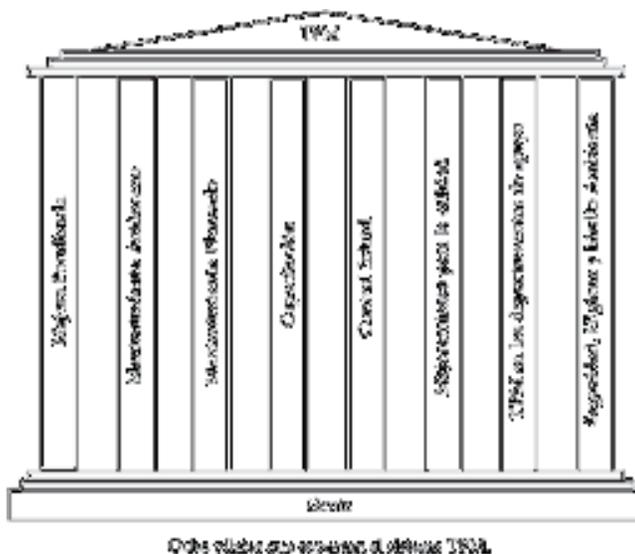
En el TPM el operario del equipo toma un papel protagónico en el Mantenimiento Preventivo de su unidad productiva, y se compromete en el incremento de la productividad a la totalidad del personal de una empresa, incluyendo la alta gerencia; para tomar ese papel protagónico el operador debe ser sensibilizado y capacitado, para ejecutar tareas básicas contempladas en el Mantenimiento Autónomo.

(Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019, p. 51)

tales como:

- Limpieza
- Lubricación
- Ajustes menores
- Reportes

Figura 2-8 - Los ocho pilares del TPM



Fuente: Fundamentos de mantenimiento industrial

2.9.8.1 Los ocho pilares fundamentales del TPM

Pilar 1: Mejora Focalizada. Tiene como objetivo eliminar las grandes pérdidas del proceso productivo, gracias a la aplicación de metodologías que permitan llegar a la causa-raíz del problema, cuantificarlo, poner metas y alcanzarlas, así como conservar y transferir el conocimiento adquirido en este proceso.

Pilar 2: Mantenimiento Autónomo. Se busca hacer partícipe al operario de la conservación, mantenimiento y/o mejora de la máquina donde trabaja de manera que pueda detectar a tiempo las fallas potenciales. El Mantenimiento Autónomo puede entre otros aspectos, prevenir la contaminación por agentes internos y externos, las roturas de ciertas piezas, los desplazamientos y los errores en la manipulación con sólo instruir al operario en Limpiar, Lubricar, revisar y reportar.

Pilar 3: Mantenimiento Planeado. Pretende mantener las máquinas/equipos/procesos en un estado “óptimo”, aplicando actividades sistemáticas y metódicas para construir y mejorar continuamente”. Se procura que el operario diagnostique la falla mayor (de las menores se encarga él mismo de resolverlas) y la indique convenientemente para facilitar la detección de la avería al personal de mantenimiento encargado de repararla.

Pilar 4: Capacitación. Puesto que el operario toma un papel protagónico en el proceso productivo, y adicionalmente debe realizar funciones que en el sistema tradicional no efectuaba, entonces debe ser convenientemente capacitado. La capacitación debe hacerse extensiva en lo posible a todo el personal de la propia empresa. Este pilar pretende adicionalmente: formar personal competente en máquinas/equipos y en la mejora continua de su área de responsabilidad, estimular el autodesarrollo del personal, desarrollar recursos humanos que puedan satisfacer las necesidades de trabajo futuras, estimular la formación sistemática del personal.

Pilar 5: Control inicial. Se busca reducir el deterioro de las máquinas/equipos y mejorar los costos de su mantenimiento en el momento que se compran y se incorporan al proceso productivo. El aprendizaje adquirido en unas máquinas/equipos debe ser aplicado en la puesta a punto y operación de los nuevos, para que sean fiables, fáciles de mantener, fáciles de operar y seguros.

Pilar 6: Mejoramiento para la calidad. Pretende alcanzar la meta de calidad de cero defectos en la producción, para lo cual la máquina/equipo debe presentar también cero defectos. Se deben tomar acciones preventivas para alcanzar un proceso y equipo cero defectos.

Pilar 7: TPM en los Departamentos de apoyo. Puesto que la meta última del TPM es maximizar la productividad, entonces se deben eliminar las pérdidas en los procesos administrativos de apoyo,

aumentando su eficiencia. Este pilar pretende generar comunicación y un equilibrio entre las actividades primarias de la cadena de valor y las actividades de soporte.

Pilar 8: Seguridad, Higiene y medio ambiente. Se deben aplicar políticas y medidas para garantizar un ambiente laboral sin accidentes y sin contaminación. La contaminación en el ambiente de trabajo puede llegar a producir un mal funcionamiento de una máquina o viceversa. Muchos de los accidentes de trabajo son ocasionados por la mala distribución de las máquinas/equipos y herramientas en el área de trabajo, o por el mal estado de las instalaciones, utillajes o herramientas. (Montaña, Fundamentos de mantenimiento industrial, 2016, p. 141,142).

2.11 Mantenimiento basado en protocolos genéricos

2.11.1 Aplicación de protocolos

Definidos los equipos mantenibles que componen cada sistema e identificado el tipo de equipo que es y por tanto el protocolo de mantenimiento que le corresponde, queda solo aplicar dicho protocolo a cada equipo, uno a uno. El resultado es una lista de tareas de gran longitud, para cada sistema. Los sistemas más complejos, como los sectores del campo solar, el sistema HTF o el ciclo agua-vapor contienen miles de tareas, ordenadas por los equipos en los que hay que realizarlas. Un listado tan amplio de estas características resulta poco práctico, por lo que será necesario generar documentos de trabajo que contengan un número inferior de tareas, lo que facilita la gestión de éstas y su programación.

El documento de trabajo habitual en mantenimiento para registrar y controlar los datos de cualquier intervención es la Orden de Trabajo (O.T.). Por supuesto, es posible generar una O.T. para cada tarea a realizar. Pero generar un O.T. por tarea preventiva a realizar en instalación

industrial media con más de 1000 equipos y, por tanto, con más de 20.000 tareas individuales que realizar puede llegar a generar más de un millón de O.T. al año.

cuya gestión generaría un volumen de abajo absolutamente injustificable. Este trabajo burocrático no contribuirá en absoluto a mejorar los objetivos de disponibilidad, fiabilidad y coste, que son el fin fundamental que persigue el departamento de mantenimiento. Se requiere pues agrupar las tareas obtenidas en la aplicación de los protocolos a los equipos mantenibles, de forma que se generen unos documentos de trabajo prácticos

(Garrido S. G., 2018).

2.11.2 Obtención de las gamas de mantenimiento

Una gama de mantenimiento es un conjunto de tareas que tienen determinados elementos en común que permiten y justifican esta agrupación, y que dotan al conjunto de una facilidad para llevarlo a cabo y gestionarlo. Los tres criterios que se emplean para agrupar las tareas en gamas de mantenimiento son los siguientes:

- Sistema al que pertenece el equipo al que se refiere la tarea
- Especialidad del técnico que debe realizarlo
- Frecuencia con la que es necesario llevarla a cabo

De esta forma, la agrupación de tareas genera un conjunto de gamas de mantenimiento por cada sistema, que a su vez estarán divididos en gamas por especialidad, y dentro de estas, por frecuencias. Así, para el ciclo agua vapor se generan entre otras las siguientes gamas de mantenimiento

- Gama de operación diaria

- Gama mecánica mensual
- Gama mecánica anual distribuida
- Gama mecánica anual en parada
- Gama eléctrica mensual
- Gama eléctrica anual distribuida
- Gama eléctrica anual en parada

(Garrido S. G., 2018)

2.12 Selección del modelo de mantenimiento

Si ya hemos determinado la criticidad del equipo que estamos analizando. Ya tenemos el primer gran paso para decidir sobre el modelo de mantenimiento a aplicar.

Si el equipo resulta ser Crítico, el modelo de mantenimiento será alguno de los tres que corresponden a Mantenimiento Programado. Si el equipo es Importante, tendremos que estudiar todavía un poco más las consecuencias de una avería. Si el equipo, por último, es Prescindible, ya sabemos que el modelo que le corresponderá será el Modelo Correctivo.

Como decíamos, si el equipo es Importante debemos preguntarnos sobre el coste que supone una parada, y el coste que supone la reparación de una posible avería. Si el coste de una parada es importante (por ejemplo, porque implique un coste determinado en pérdidas en producción), el modelo de mantenimiento es uno de los modelos programados. Si el coste es bajo, aún debemos preguntarnos algo más: cuál es el coste de una posible avería. Si el equipo tiene piezas cuya avería nos supondrá un gasto grande (contabilizando tanto materiales como mano de obra),

el modelo de mantenimiento será programado; si por el contrario este coste es bajo, el modelo de mantenimiento que le corresponderá será correctivo.

Así, vemos que para el caso de equipos críticos y para el caso de equipos prescindibles, la asignación de un modelo programado o no programado (correctivo) es inmediata, pero si el equipo es Importante, hay que estudiar más a fondo el equipo. Si la parada del equipo no supone un gran trastorno en producción y además el coste de las averías que pueden surgir es asumible, el modelo será correctivo, mientras que, si no se cumple alguna de las dos condiciones anteriores, el modelo será alguno de los tres modelos programados. Una vez que hemos llegado a la conclusión de que el modelo de mantenimiento es un modelo de mantenimiento programado, debemos ahora decidir qué modelo en concreto corresponde.

(Garrido, Organización y gestión integral de mantenimiento, 2003)

Figura 2-9 Selección de un modelo de mantenimiento



Fuente: Santiago García (2003) “Organización y gestión integral de mantenimiento”

2.12.1 Ficha de equipo

Para poder llevar a cabo la selección del modelo de mantenimiento que más se adapte a cada equipo, debemos, en primer lugar, disponer de la lista de los equipos que componen la planta. Esta lista, como hemos visto, puede ser tan detallada como se quiera: cuanto más detallada sea, más válidas serán las conclusiones que obtengamos. Una vez tengamos esa lista, es necesario elaborar una ficha para cada uno de los ítems que componen la planta. La ficha de equipo debe contener los datos más sobresalientes que afecten al mantenimiento de cada uno de los equipos de la planta.

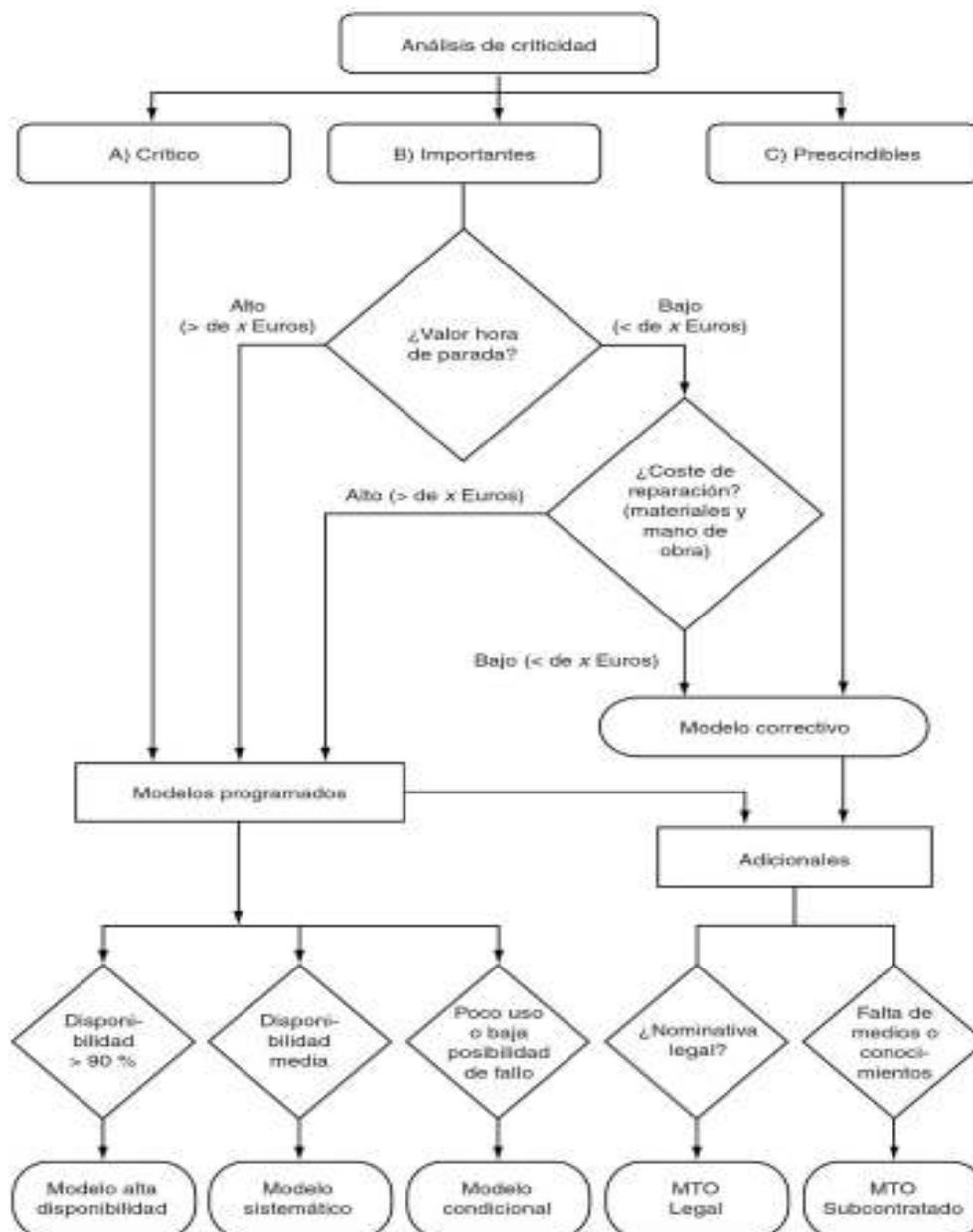
Si el equipo necesita estar en funcionamiento la mayor parte del tiempo (más del 90%), el modelo será el de Alta Disponibilidad. Este modelo, como hemos visto, es el más caro y completo, y es el único que no incluye la reparación de averías, porque se parte de la base de que estas averías no pueden surgir. En la práctica, estas averías ocurren, ya que es imposible controlar todos los aspectos, algunos de ellos dependientes del azar. Pero debemos fijarnos eso como objetivo, aunque no lo consigamos plenamente.

Si es un equipo del que precisamos una disponibilidad media (por ejemplo, no funciona las 24 horas del día, o hay épocas en los que permanece parado), el modelo será el Sistemático. Estarían incluidos aquí aquellos equipos que no funcionan de manera continua, pero que cuando lo hacen deben hacerlo con absoluta fiabilidad. El tercer caso será aquel que corresponde a equipos cuya posibilidad de fallo es baja, o bien, que la disponibilidad que precisamos es muy baja (equipos que solo precisamos ocasionalmente, o que están duplicados o triplicados). El modelo correspondiente será el Condicional, en el que según hemos visto, realizaremos determinadas pruebas.

Por último, hoy debemos valorar los aspectos complementarios relativos a normativas legales que sean de aplicación y a la necesidad de contratar tareas de mantenimiento a fabricantes o especialistas, se representa lo anterior gráficamente en la Figura 2-10.

Garrido, Organización y gestión integral de mantenimiento, 2003

Figura 2-10 Estrategia de mantenimiento



Fuente: Santiago García (2003) “Organización y gestión integral de mantenimiento”

2.13 Gestión de repuestos

Una de las actividades o tareas más importantes que ocurren al momento de realizar el mantenimiento de las maquinarias son la adquisición de los repuestos de las diferentes maquinas los retrasos que ocurren en la gestión de repuestos pueden suponer el retraso del mantenimiento de las maquinas los en cargados del manteamiento se les hace muy desafiante algunas piezas o componentes.

Uno de los costes más importantes del departamento de mantenimiento lo constituye el consumo de repuestos. Hace unos años, este era el coste más importante en mantenimiento, de tal forma que por cada \$ gastado en personal, se consumían 2 o más en materiales. Esta situación ha cambiado, se ha invertido (en la actualidad el coste del personal supera ampliamente al de repuestos), pero no hay duda de que, si bien ya no es el principal coste, sí es el segundo en importancia y, por tanto, es un coste a optimizar. Además del propio consumo de repuesto, nos encontramos con otros dos puntos que es necesario tener en cuenta:

- Los departamentos financieros y el estricto control económico que se hace de cada una de las partidas presupuestarias de una empresa han impuesto unas políticas de reducción de stock cada vez más agresivas, de manera que se hace necesario estudiar qué materiales son los imprescindibles para mantener en stock.
- La disponibilidad de las plantas se ve seriamente afectada por un stock de repuesto adecuado

Por tanto, además de optimizar el consumo de repuestos, hay que buscar un compromiso entre la cantidad de dinero a inmovilizar en la adquisición de repuestos y la disponibilidad deseada en la planta.

(Garrido, Organización y gestión integral de de mantenimiento, 2003, p. 119)

2.13.1 Necesidad de stock en planta

Desde este punto de vista, podemos dividir las piezas en tres categorías:

- REPUESTO A: Piezas que es necesario mantener en stock en planta.
- REPUESTO B: Piezas que es necesario tener localizadas, con proveedor, teléfono y plazo de entrega.
- REPUESTO C: Piezas que no es necesario prever, pues un fallo en ellas no afecta a la operatividad de la planta (como mucho supondrán ligeros inconvenientes).

(Garrido, Organización y gestión integral de de mantenimiento, 2003, p. 121)

2.13.2 Aspectos a tener en cuenta en la selección del repuesto

Hay cinco aspectos que debemos tener en cuenta a la hora de seleccionar el stock de repuesto: la criticidad de los equipos en que están situados, su consumo, el coste de la pieza, el coste de la pérdida en producción en caso de fallo y el plazo de aprovisionamiento. Estudiemos cada uno de ellos.

- Criticidad del equipo Antes de acometer la labor de fijar los stocks de repuesto, es necesario analizar los equipos y determinar su importancia. Esto se denomina, como hemos visto, Análisis de Criticidad, y establece tres categorías para los diferentes equipos de la planta: A, o equipos críticos; B, o equipos importantes; y C, o equipos

prescindibles. Lógicamente, el almacén de repuesto estará formado básicamente por componentes de equipos A, y, en menor medida, por componentes de equipos B y C.

- Consumo Tras el análisis del histórico de averías, o de la lista de elementos adquiridos en periodos anteriores (uno o dos años), puede determinarse qué elementos se consumen habitualmente. Todos aquellos elementos que se consuman habitualmente y que sean de bajo coste deben considerarse como firmes candidatos a pertenecer a la lista de repuesto mínimo. Así, los elementos de bombas que no son críticas pero que frecuentemente se averían, deberían estar en stock (retenes, rodetes, cierres, etc.). También, aquellos consumibles de cambio frecuente (aceites, filtros) deberían considerarse.
- Plazo de aprovisionamiento Algunas piezas se encuentran en stock permanente en proveedores cercanos a la planta. Otras, en cambio, se fabrican bajo pedido, por lo que su disponibilidad no es inmediata, e incluso, su entrega puede demorarse meses. Aquellas piezas que pertenezcan a equipos críticos cuya entrega no sea inmediata, deberían integrar el almacén de repuesto. Aquellas piezas, que aún no pertenecientes a equipos A o críticos, puedan suponer que un equipo B permanezca largo tiempo fuera de servicio, deben considerarse igualmente en esa lista.
- Coste de la pieza Puesto que se trata de tener un almacén con el menor coste posible, el precio de las piezas formará parte de la decisión sobre el stock de las mismas. Aquellas piezas de gran precio (grandes ejes, coronas de gran tamaño, equipos muy especiales) no deberían mantenerse en stock y, en cambio, deberían estar sujetas a un sistema de mantenimiento predictivo eficaz. El coste de la pieza es, pues, un aspecto fundamental.

- Coste de la pérdida de producción Si el coste de la producción perdida en caso de fallo es alto, es posible que sea interesante estudiar cada fallo que pueda tener el equipo y prever qué piezas pueden ser necesarias para acometer cualquier posible contingencia.

(Garrido, Organización y gestión integral de de mantenimiento, 2003, p. 122)

2.13.3 Determinación del repuesto que debe permanecer en stock

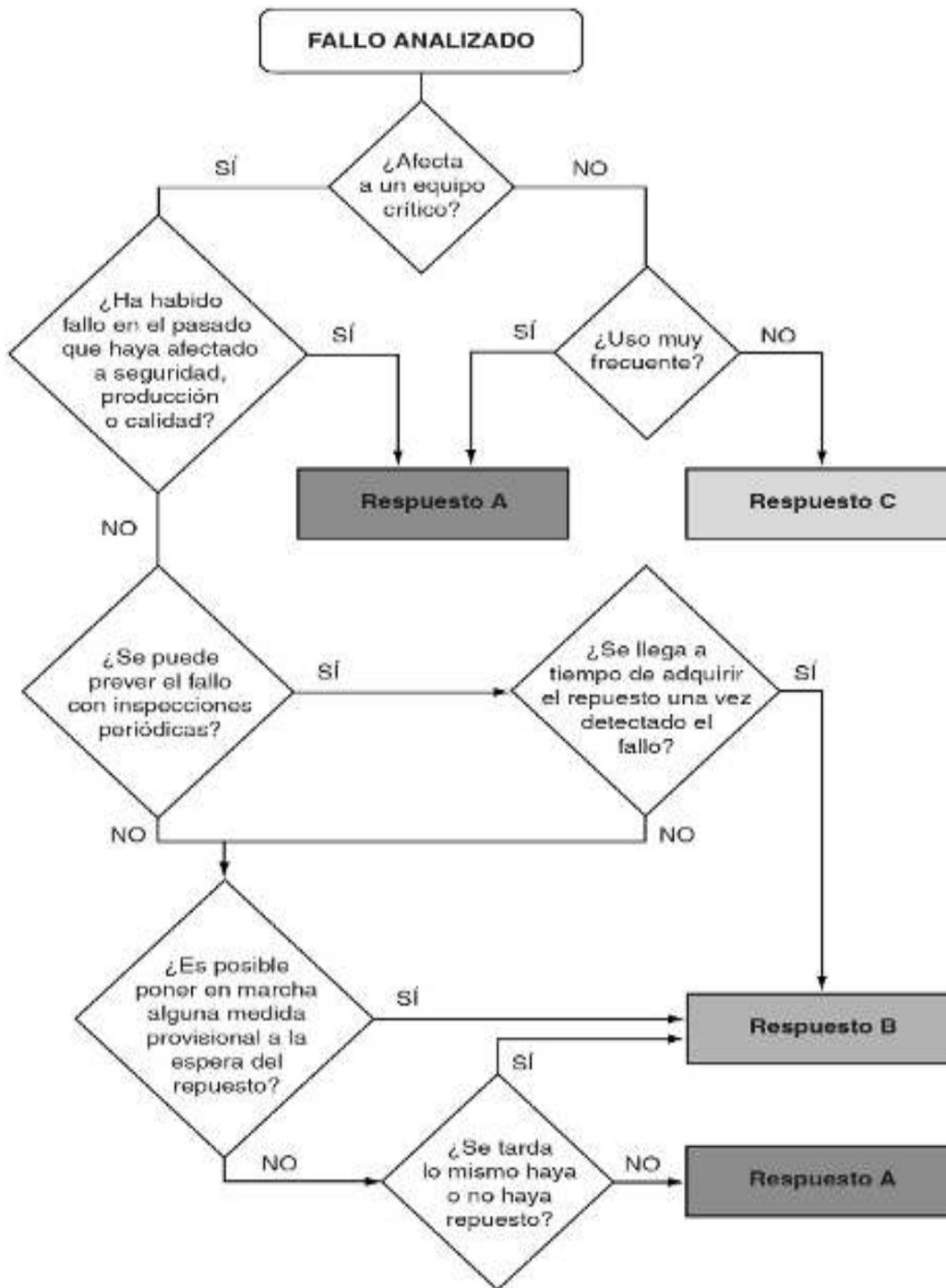
Veíamos más atrás las clasificaciones del repuesto según la necesidad de stock en planta, y distinguíamos tres tipos de repuesto: A, B y C. El repuesto que debe permanecer en planta debe ser, lógicamente, el clasificado como A. Este repuesto puede dividirse a su vez en dos tipos: el repuesto de gran rotación, en su mayoría formado por consumibles y material que puede usarse en multitud de equipos, por ser repuesto muy estándar cuya posibilidad de uso es muy alta. Es el caso de los aceites y filtros (consumibles) o de la tornillería o racorería (repuesto estándar).

Para la selección de este tipo de repuesto es básico estudiar los modos de fallo que se determinaron cuando se realizó el Plan de Mantenimiento.

(Garrido, Organización y gestión integral de de mantenimiento, 2003, p. 123)

El diagrama que podemos utilizar para la selección de repuesto figura en la página siguiente.

Figura 2-11 Análisis del fallo



Repuesto A: Repuesto que debe permanecer en stock.

Repuesto B: Repuesto que no es necesario mantener en stock, pero debe estar localizable.

Repuesto C: Resto.

Fuente: Santiago García (2003) "Organización y gestión integral de mantenimiento"

2.14 La orden de trabajo

Es el documento de soporte de las diferentes actividades realizadas en el departamento, es el mecanismo básico de registro del sistema de mantenimiento que se emplea para rastrear problemas de mantenimiento, trabajos, proyectos y cronogramas de mantenimiento de equipos.

La orden de trabajo (OT) de mantenimiento es un documento escrito tipo formato, don-de se registra información muy valiosa:

- Tipo de mantenimiento realizado (mantenimiento correctivo programado, preventivo, predictivo, etc.).
- Trabajos realizados.
- Costos reales y estimados.
- Tiempos de duración.
- Tareas específicas ejecutadas.
- Fechas de trabajos realizados.
- Historial.
- Trabajos pendientes.
- Fallas o defectos.
- Recursos humanos.
- Materiales utilizados.

La creación de una orden de trabajo (OT) implica el uso adecuado de diversos campos, cada uno de los cuales tiene como finalidad principal determinar los recursos necesarios para ejecutar las OT de una manera eficiente y efectiva, adicionalmente el brindar la información histórica que permita hacer gestión de mantenimiento identificando desviaciones para controlar. Las ordenes de

trabajo (OT) son muy particulares para cada compañía, dependiendo de su función económica, estructura organizacional, personal, tamaño, máquinas, equipos, sistemas, etc.

No obstante, se encuentra información universal presente en este formato, cómo:

- Número consecutivo.
- Categoría de la labor por realizar.
- Prioridad.
- Historial de la máquina o equipo.
- Los instrumentos funcionaron bien o mal.
- Tiempo de parada de la máquina o equipo.
- Tiempo real del trabajo realizado hasta la puesta en marcha.

Las ordenes de trabajo es un recurso de comunicación formal, que establecerá todo lo referente a la realización del trabajo que se realizara teniendo en cuenta todos los recursos que se están utilizando y la información de la maquinaria y equipo.

2.15 Manual de mantenimiento

En el Manual de mantenimiento se encuentran los procedimientos e instructivos que se documentan y que son muy necesario en toda industria, no importa el tipo o tamaño de esta. En este documento se debe reflejar la misión, visión, política, filosofía, organización, procedimientos de trabajo, instructivos de operación, de medición y de control que se realizan a los diferentes equipos o máquinas del proceso productivo; garantizando su buen funcionamiento en cuanto a disponibilidad, confiabilidad y así cumplir con las exigencias de calidad establecidas por la empresa. Disponer de este tipo de documento en la compañía es muy importante, por lo siguiente:

- Es el medio para facilitar una óptima planificación y por ende un eficiente mantenimiento.

- Es tener un documento formal que se le puede presentar a clientes, proveedores, entes gubernamentales y a todo el personal de la compañía.
- Permite la capacitación, entrenamiento y formación continua y permanente del personal antiguo y del nuevo.
- A su vez contribuir con el propósito de mejoramiento y optimización de las máquinas o equipos que participan en el desarrollo de la producción.
- Promueve el desarrollo de un buen entorno laboral, induciendo al personal a su participación de manera comprometida (responsable), eficiente y con sentido de pertinencia.
- Generando el cuidado en la integridad física de las personas que trabajan en la empresa responsable con la seguridad industrial y el medio ambiente, y por supuesto, con la conservación de los activos de la compañía.

El Manual de mantenimiento, además de su formato y contenido, está supeditado a:

- Envergadura de la empresa.
- Tipos de productos o servicios que ofrece.
- Equipos, maquinaria e instalaciones y tecnología que dispone.
- Nivel cultural, social y educativo de su personal.

Antes de iniciar el Manual de mantenimiento y aplicar algún modelo específico, es recomendable estudiar y conocer bien los activos de la compañía y hacer un listado de estos. Se pueden clasificar inicialmente, según su importancia, relevancia, ubicación, etapa del proceso, interdependencia entre ellos, etc.

Este tipo de trabajo toma tiempo, ya que es muy importante para empezar a elaborar dicho manual.

A grandes rasgos, un Manual de mantenimiento puede contener los siguientes temas:

- Introducción.
- Organización de la empresa.
- Organización del Departamento de Mantenimiento.
- Políticas.
- Objetivos.
- Metas.
- Responsabilidades
- Perfiles de los cargos.
- Entrenamiento, formación y capacitaciones.
- Descripción de los procesos y de los equipos o maquinarias.
- Administración y control.
- Fuentes de información: Mantenimientos correctivos, preventivos, predictivos, inspecciones de rutinas, catálogos de equipos/maquinaria, proveedores, normas, software de mantenimiento, reportes de producción, seguridad industrial, medio ambiente, entre otros.
- Flujo de información; diagramas esquemáticos.
- Documentos: Fichas técnicas de máquinas o equipos
- Historial de máquinas o equipos
- Órdenes de trabajo (prioridades)
- Software de mantenimiento.
- Indicadores de desempeño o de gestión

2.16 Instructivos de Mantenimiento

También llamados Estándares o Protocolos son documentos (copia dura o digitales) en los que se consigna la información necesaria para la ejecución física de cada requerimiento de mantenimiento, es decir, nombre y código de la máquina, nombre y código del instructivo, medidas de seguridad, materiales e insumos necesarios, herramientas necesarias, procedimiento de ejecución, y tiempo estimado de ejecución. Básicamente, los instructivos de Mantenimiento responden a las preguntas: ¿Con qué gente / equipos de apoyo / herramientas / insumos / materiales se hará la intervención de Mantenimiento? y ¿Cuánto duran las tareas?.

(Montaña, Mantenimiento Industrial y su Administración, 2019)

2.17 Indicadores

“Conjunto de características de un fenómeno medido, de acuerdo con la formula dada, que evalúa la evolución. (AEN/CTN, 2008). Los indicadores están relacionados con los objetivos” (Javier Imaña Saravia, Wilder Aguilar Quispe, Karen Cadena Lino, 2020, 21 de diciembre).

2.17.1 Indicadores de eficacia del Mantenimiento

Son aquellos destinados a mostrarle, principalmente, a las personas encargadas como el Gerente/jefe de mantenimiento para verificar su gestión, desde el punto de vista de efectividad en la ejecución.

Formula 2 - Indicadores de eficacia del Mantenimiento

$$D = 100 \times \frac{TPP - TPNP}{TPP} \quad EC4$$

TPP= Es el tiempo planteado para la producción

TPNP= Es el tiempo de paradas no programadas

2.17.2 Eficacia global de los equipos productivos OEE

Este indicador mide la eficacia de la maquinaria industrial, y que se utiliza como una herramienta clave dentro de la mejora continua.

Formula 3 - Eficacia global de los equipos productivos

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$$

$$OEE = \frac{\text{Productos buenos producidos}}{\text{Productos en total producidos}} * 100$$

EC5

2.17.3 Indicador Disponibilidad Por Mantenimiento Programado

Es el cociente de dividir el número de horas que el equipo ha estado disponible para producir considerando la diferencia del tiempo utilizado para mantenimientos preventivos.

Formula 4- Disponibilidad por mantenimiento programado

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF} + \text{TMPR}} * 100$$

EC6

2.17.4 Indicador Tiempo Medio Para La Falla

Relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

Formula 5- Tiempo medio entre fallas

$$\text{TMEF} = \frac{\text{Nº de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{Nº de averias}}$$

EC7

2.17.5 Indicador Tiempo Medio Para Reparación

Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

Formula 6 -Tiempo medio para la reparación

$$\text{TMPR} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ horas por paradas de averías}}{\text{N}^{\circ} \text{ de averías}} \quad \text{EC8}$$

2.17.6 Indicadores de Costos del Mantenimiento

Este grupo de indicadores son muy importantes para la Gerencia de Planta porque cuantifican cuánto se está gastando en mantenimiento.

Formula 7 - Valor agregado a la producción VAP

$$\text{VAP} = \text{CP} - \text{Cm} \quad \text{EC 9}$$

CP= Es el costo total de la producción

Cm= Es el costo de materiales

2.17.7 Indicador de disponibilidad de equipos

Es el cociente de dividir el número de horas que el equipo ha estado disponible para producir considerando la diferencia del tiempo utilizado para mantenimientos preventivos.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ horas del periodo considerado} - (\text{paradas por mantto prev} + \text{correctivos} + \text{avería})}{\text{N}^{\circ} \text{ de horas del periodo considerado}} \quad \text{EC 10}$$

2.17.8 Fiabilidad

$$\text{MTBF} = \frac{\sum_0^n \text{TBF}_i}{n} \quad \text{EC 11}$$

2.17.9 Eficiencia

Mide qué tan bien se utilizan los recursos disponibles para generar un producto o servicio, comparando los resultados obtenidos con los recursos utilizados (como tiempo, materiales o energía). Es clave en la optimización de procesos, la reducción de costos y la mejora de la productividad.

$$Eficiencia = \frac{Producción\ Real}{Capacidad\ productiva} \quad EC\ 12$$

2.17.10 Calidad

Es una medida que permite evaluar la conformidad y el desempeño de un producto, servicio o proceso en relación con los estándares o requisitos establecidos. Estos indicadores son esenciales en la gestión de la calidad, ya que ayudan a identificar áreas de mejora, garantizar la satisfacción del cliente y mantener la consistencia en la producción o prestación de servicios.

$$Calidad = \frac{Producción\ Real - Unidades\ defectuosas}{Producción\ Real} \quad EC\ 13$$

2.17.11 Confiabilidad

El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se tiene un equipo sin fallo, se dice que el equipo es ciento por ciento confiable o que tiene una probabilidad de

$$Confiabilidad = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} * 100 \quad EC\ 14$$

supervivencia igual a uno. Al realizar un análisis de confiabilidad a un equipo o sistema, obtenemos información valiosa acerca de la condición del mismo.

2.17.12 Efectividad total del equipo

El OEE es un indicador que mide la eficacia de la maquinaria industrial, y que se utiliza como una herramienta clave dentro de la cultura de mejora continua.

$$ETE = D * E * C$$

EC 15

2.18 Marco referencial

2.18.1 El ladrillo

Los ladrillos y bloques cerámicos son elementos de forma paralelepípeda ortogonal, sólidos o huecos, fabricados mediante el moldeo, extrucción o compresión, secado y cocción de arcilla. Se usan en la construcción de muros de carga o para registros, entre otros. Se usan en la construcción de muros de carga o para registros, entre otros. Las piezas huecas tienen el propósito de mejorar las condiciones de aislamiento térmico y acústico, así como alojar los elementos de esfuerzo y tuberías, además de reducir la masa de los muros. (Castaños, 2002)

2.18.2 Tipos de ladrillo

Se establecen tres tipos de ladrillos:

Macizo, que se designa con la letra M. Ladrillo totalmente macizo o con taladros en tabla, de volumen no superior al 10 por 100, perforado, que se designa con la letra P. Ladrillo con taladros en tabla, de volumen superior al 10 por 100, hueco que se designa con la letra H. Ladrillo con taladros en canto o testa. (Normativa de ladrillos y bloques, 2004)

2.18.3 Características Físicas del ladrillo

2.18.4 Resistencia a compresión.

a resistencia a compresión de los ladrillos macizos o perforados no deberá ser inferior a 100 kp/cm^a ($98,1 \text{ daN/cm}^*$) Y estará garantizada por el fabricante expresándose en múltiplos de 25 a partir de dichos mínimos.

La resistencia a compresión de los ladrillos huecos, cuando se vayan utilizar para fábricas resistentes, no será inferior a 50 kp/cm^* ($49,05 \text{ daN/cm}^*$). (Normativa de ladrillos y bloques, 2004)

2.18.4.1 Heladicidad.

Los ladrillos de la clase V deberán obtener la clasificación de «no heladizo».

Los ladrillos de la clase NV no precisan este requisito. (Normativa de ladrillos y bloques, 2004)

2.18.4.2 Eflorescencias.

Los ladrillos de la clase V deberán obtener la clasificación de «no eflorescido» o de «ligeramente eflorescido».

Los ladrillos de la clase NV no precisan este requisito. (Normativa de ladrillos y bloques, 2004)

2.18.4.3 Succión.

El pliego de condiciones técnicas particulares podrá fijar el límite de succión de agua de los ladrillos.

En ningún caso deberá ser superior a $0,45 \text{ g/cm}'$ por minuto. (Normativa de ladrillos y bloques, 2004)

2.18.4.4 Coloración.

Los ladrillos de la clase V tendrán una coloración uniforme, aunque podrán presentar variaciones en tonos e intensidad siempre que se mantenga una entonación homogénea a lo largo de todo el

suministro de la obra.

Los ladrillos de la clase V coloreados superficialmente se someterán a un ensayo de cocción en horno eléctrico a 600 °C durante dos horas, no debiendo sufrir las superficies de las caras coloreados variaciones de color ni de aspecto.(Normativa de ladrillos y bloques, 2004)

2.19 Norma boliviana 12017: 2020

Esta norma busca brindar una nueva perspectiva para la administración del mantenimiento, el objetivo global es promover las buenas prácticas de gestión del mantenimiento con el propósito de permitir que la vida de los objetos de la organización sea conservada más allá de su vida útil.

Es en este marco, que el presente documento denominado "Sistemas de Gestión de Mantenimiento de Activos - Requisitos", se orienta a la gestión eficiente de la conservación de activos y al igual que la serie de normas ISO 9001, 14001 e ISO 45001, este sistema puede aplicarse a todo tipo y tamaño de organización, como a todo tipo de activos y actividades de mantenimiento.

Los beneficios de aplicar la presente norma dentro de una organización promueven:

- La mejora de la continuidad operacional de los activos.
- El establecimiento de buenas prácticas de mantenimiento.
- La extensión de la vida útil de los activos, sistemas de activos o instalaciones, unidades de proceso o plantas y cualquier otro tipo de activo que pueda cumplir con los requisitos del presente documento.
- El control de riesgos relacionados con su condición operacional, con su estado o con las labores de mantenimiento aplicadas sobre los activos.
- La mejora de la calidad de los servicios de mantenimiento en pro de la satisfacción de las partes interesadas.
- Una gestión de mantenimiento de activos eficiente y confiable.

- La eficacia y eficiencia técnica y financiera de los procesos de su sistema de gestión de mantenimiento (SGMA).

Esta norma tiene como metodología base el ciclo PHVA: Planificar, Ejecutar, Verificar y Actuar, con un enfoque de procesos. (Javier Imaña Saravia, Wilder Aguilar Quispe, Karen Cadena Lino, Deuel Apaza Atahuachi, Marcela Melgarejo Mercado, Miguel Méndez Áviles., 2020)

2.19.1 Diagnóstico de la norma con base a la Norma boliviana NB 12017: 2020

La lista de verificación de la normativa se realizará desde el punto 4 hasta el punto 10 para más referencias consultar el anexo 1, la normativa se encuentra en la página oficial de ibnorca.

2.20 Norma internacional NB/ISO 55000: 2014

Esta Norma Internacional provee los aspectos generales de la gestión de activos, sus principios y terminología y los beneficios esperados al adoptar la gestión de activos, puede aplicarse a todo tipo de activos y por cualquier tipo y tamaño de organización.

Los factores que influyen el tipo de activos que requiere una organización para alcanzar sus objetivos y cómo se gestionan los activos, incluyen los siguientes:

- la naturaleza y propósito de la organización
- su contexto operacional
- sus restricciones financieras y los requisitos reglamentarios
- las necesidades y expectativas de la organización y sus partes interesadas

Es necesario tomar en consideración estos factores influyentes al establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente la gestión de los activos. El control y la gobernanza eficaces de activos por parte de las organizaciones, es esencial para alcanzar valor a través de la gestión

de los riesgos y las oportunidades a fin de alcanzar el balance deseado entre costo, riesgo y desempeño. El ámbito reglamentario y legislativo en el que operan las organizaciones constituye un creciente desafío mientras que los riesgos inherentes que presentan muchos activos evolucionan constantemente. Los fundamentos de la gestión de activos y el sistema de gestión de activos de apoyo introducidos en esta Norma Internacional pueden contribuir con beneficios tangibles y aprovechamiento de oportunidades, cuando se integran al marco de referencia más amplio de gobernanza y riesgo de una organización. La gestión de activos traduce los objetivos de una organización en decisiones, planes y actividades, utilizando un enfoque basado en riesgo (iTeh Standards, 2014).

Tabla 2-4 Requisitos de la normativa 55000

Requisitos ISO 55000 – 2014		Requisitos ISO 55000 – 2014
Información documentada necesaria		Información documentada necesaria
2.	Gestión de activos	
2.1	Generalidades	Factores influyentes al establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente la gestión de los activos
2.2	Beneficios de la gestión de activos	Permite a una organización obtener valor de los activos en el logro de sus objetivos organizacionales.
2.3	Activos	Control operacional y retroalimentación, el cual debe estar

		documentado a través de procedimientos y registros.
2.4	Aspectos generales de la gestión de activos	
2.4.1	Generalidades	La alta dirección de una organización, sus empleados y partes interesadas deberían implementar la planificación, las actividades de control.
2.4.2	Fundamentos	La gestión de activos se basa en un conjunto de fundamentos
a)	Valor	Los activos existen para proporcionar valor a la organización y a sus partes interesadas
b)	Alineación	Las decisiones de gestión de activos (técnicas, financieras y operacionales) permiten colectivamente el logro de los objetivos organizacionales.
c)	Liderazgo	Es esencial para establecer, operar y mejorar exitosamente la gestión de activos dentro de la organización.
d)	Aseguramiento	La gestión de activos asegura que los activos cumplirán con su propósito.

2.4.3	La relación del sistema de gestión de activos	Proporcionar un mejor control del riesgo y asegurar los objetivos de gestión.
-------	---	---

Fuente: ISO 55000 - 2014

2.21 Concepto de la cerámica

La cerámica se define como materiales inorgánicos no metálicos, fabricados por un procesamiento térmico, es decir, por cocción a alta temperatura. Acompañan a la humanidad desde el principio de los tiempos y hoy en día pueden clasificarse de muchas formas.

2.21.1 Cerámica Estructural

Se refiere a materiales cerámicos diseñados y utilizados principalmente para aplicaciones de construcción y estructuras. Estos materiales se caracterizan por su alta resistencia mecánica, durabilidad y capacidad para soportar cargas. Los ladrillos, tejas y bloques de construcción.

CAPITULO III

DIAGNOSTICO DE LA

SITUACIÓN ACTUAL

3 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1 Identificación de la empresa

Empresa Industrial dedicada a la fabricación de productos cerámicos derivados de arcilla, como ser ladrillos, tejas complementos.

Tipo de sociedad comercial: Sociedad de Responsabilidad Limitada. (S.R.L.)

3.1.1 Datos comerciales

a) **Nombre jurídico de la empresa:** CERAMICA SAN LUIS S.R.L

Figura 3-1 Logo de Cerámica San Luis



Fuente: Gerente propietario de la empresa (2024)

b) **Datos impositivos**

Ilustración 3-1 Número de identificación tributaria (NIT)



Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

c) Ubicación

Ilustración 3-2 Ubicación de la CERAMICA SAN LUIS SRL



Fuente: <https://n9.cl/g7gr4>

3.1.2 Misión y Visión

MISIÓN:

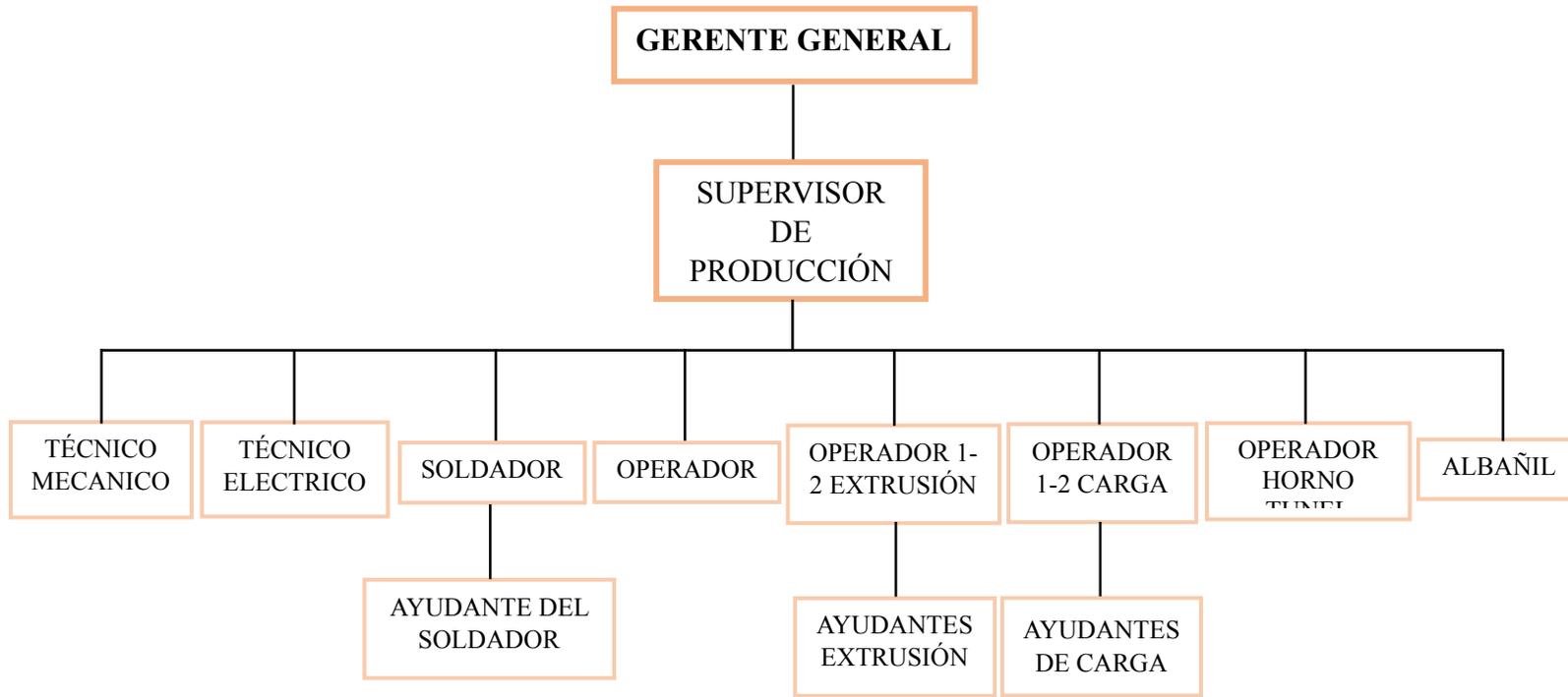
Tenemos el compromiso de brindar a las familias un futuro de seguridad y vivencias llenas de libertad y regocijo.

VISIÓN:

Nuestra meta, como la primera empresa Ladrillera Tarijeña, es convertirnos en la principal fuente de generación de industria para el desarrollo de nuestro medio a través de la producción e innovación en materiales de cerámica roja para el sector constructivo, logrando marcar una diferencia en la generación de economías sustentables.

3.1.3 Estructura organizacional

Figura 3-2 Estructura organizacional



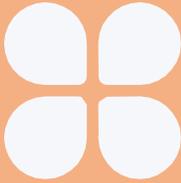
Fuente: Gerente propietario de la empresa (2024)

NOTA: El organigrama proporcionado por el gerente general que muestra la estructura jerárquica y roles dentro de la empresa

3.1.4 Productos que se elaboran

Tabla 3-1 Catálogo de productos

		Línea Ladrillo Tradicional		Línea Ladrillo Rústico
	Ladrillo de 6 huecos Medidas: 12x18x24(cm) Peso: 3,8 kg Piezas: 32-20 m ²		Ladrillo 3 huecos Medidas: 8x10x20(cm) Peso: 2,8 kg. Piezas: 8 m ²	
	Ladrillo de 6 huecos (Especial) Medidas: 10x15x24(cm) Peso: 2,8 kg. Piezas: 24-36 m ²		Ladrillo 4 huecos Medidas: 8x17x24(cm) Peso: 4,8 kg. Piezas: 10 m ²	
	Ladrillo 9 huecos Medidas: 18x18x24(cm) Peso: 5,5 kg. Piezas: 20 m ²		Piso rustico chapaquito Medidas: 4,5x10x22(cm) Peso: 1,9 kg. Piezas: 45 m ²	
	Línea Ladrillo Visto		Piso Rustico Medidas: 6,7x10x20(cm) Peso: 2,3 kg. Piezas: 50 m ²	
	Ladrillo 3 huecos visto Medidas: 8x12x24(cm) Peso: 2,2 kg. Piezas: 62 m ²		Revestimiento Rustico Medidas: 4,5x10x22(cm) Peso: 1,9 kg. Piezas: 110 m ²	
	Ladrillo 3 huecos visto Medidas: 8x18x24(cm) Peso: 3,2 kg. Piezas: 29 m ²		Complemento para loza	

	Ladrillo 6 huecos visto Medidas: 12x18x24 Peso: 3,6 kg. Piezas: 32 m2		Complemento H10 Medidas: 10x42x24(cm) Peso: 7,8 kg. Piezas: 8 m2
	Ladrillo 21 huecos Medidas: 7x12x25(cm) Peso: 2,8 kg. Piezas: 44 m2	 Teja	
 Pisos			Teja Colonial Medidas: 18x22x50(cm) Peso: 2,85 kg. Piezas: 18 m2
	Piso 13*26 Medidas: 13x26(cm) Peso: 1,85 kg. Piezas: 14 m2	 Verjas	
	Piso 20*20 Medidas: 20x20 Peso: 2,1 kg. Piezas: 12 m2		Veja trébol Medidas: 8,5x19x19(cm) Peso: 2,45 kg. Piezas: 25 m2
 Bota Aguas			Verja Arabesca Medidas: 8,5x19x24(cm) Peso: 2,1 kg. Piezas: 34 m2
	Bota aguas de 1 caídas Medidas: 6x9x19(cm) Peso: 3 kg. Piezas: 5 m2		
	Bota aguas de 2 caídas Medidas: 6x9.5x23(cm) Peso: 3,5 kg. Piezas: 4 m2		

Fuente: Gerente propietario de la empresa (2024)

NOTA: Los datos comerciales son un conjunto de información que proporcionada por empresa

3.1.5 Descripción del proceso

Inicio

El proceso de producción de ladrillos comienza con la **recepción de la arcilla**, donde se registran datos como la fecha, el nombre del conductor, la placa de la camioneta, la hora de entrega y cualquier observación relevante, priorizando evitar el exceso de terrones con arcilla inadecuada.

Recepción y Control de la Arcilla

- **Control de la Arcilla:** Se humedece la materia prima para su almacenamiento o se realizan pruebas de residuo en la arcilla y el limo para dosificar correctamente la mezcla. Muestras de arcilla y limo se trituran y secan a fuego moderado. Luego, 200 gramos de la muestra seca se tamizan con agua a través de una malla Tyler 150 para determinar el porcentaje de residuo.
- **Evaluación:** Si la arcilla cumple con los requerimientos, se procede a la **preparación de la arcilla**. Si no, se comunica al proveedor para una revisión de la cantera de origen.

Preparación y Procesamiento

- **Preparación de la Arcilla:** La arcilla adecuada se descarga en una tolva.
- **Molido:** La arcilla pasa por dos procesos de triturado para mejorar su consistencia.
- **Mezcla con Agua:** La arcilla triturada se mezcla con agua en una mezcladora.
- **Laminado:** La masa formada se lamina en espesores de 3 a 4 mm.
- **Extrusión:** La masa pasa por la extrusora, donde la presión de vacío permite una mayor homogeneización y compactación.

Producción de Ladrillos

Control de Calidad: Los ladrillos extruidos se pesan y miden ocasionalmente para asegurar que cumplan con los parámetros establecidos.

- **Carga y Secado:** Los ladrillos extruidos se colocan en vagonetas mediante una torre de automatismo de carga y se trasladan a las cámaras de secado, donde la humedad se reduce gradualmente a menos del 3% con temperaturas que aumentan de 20°C a un máximo de 65°C.
- **Cocción:** Los ladrillos secos se colocan en vagones y se introducen en el horno. Pasan por una etapa de precalentamiento, luego se someten a temperaturas superiores a 600°C en la etapa de cocción, y finalmente se enfrían gradualmente.

Finalización

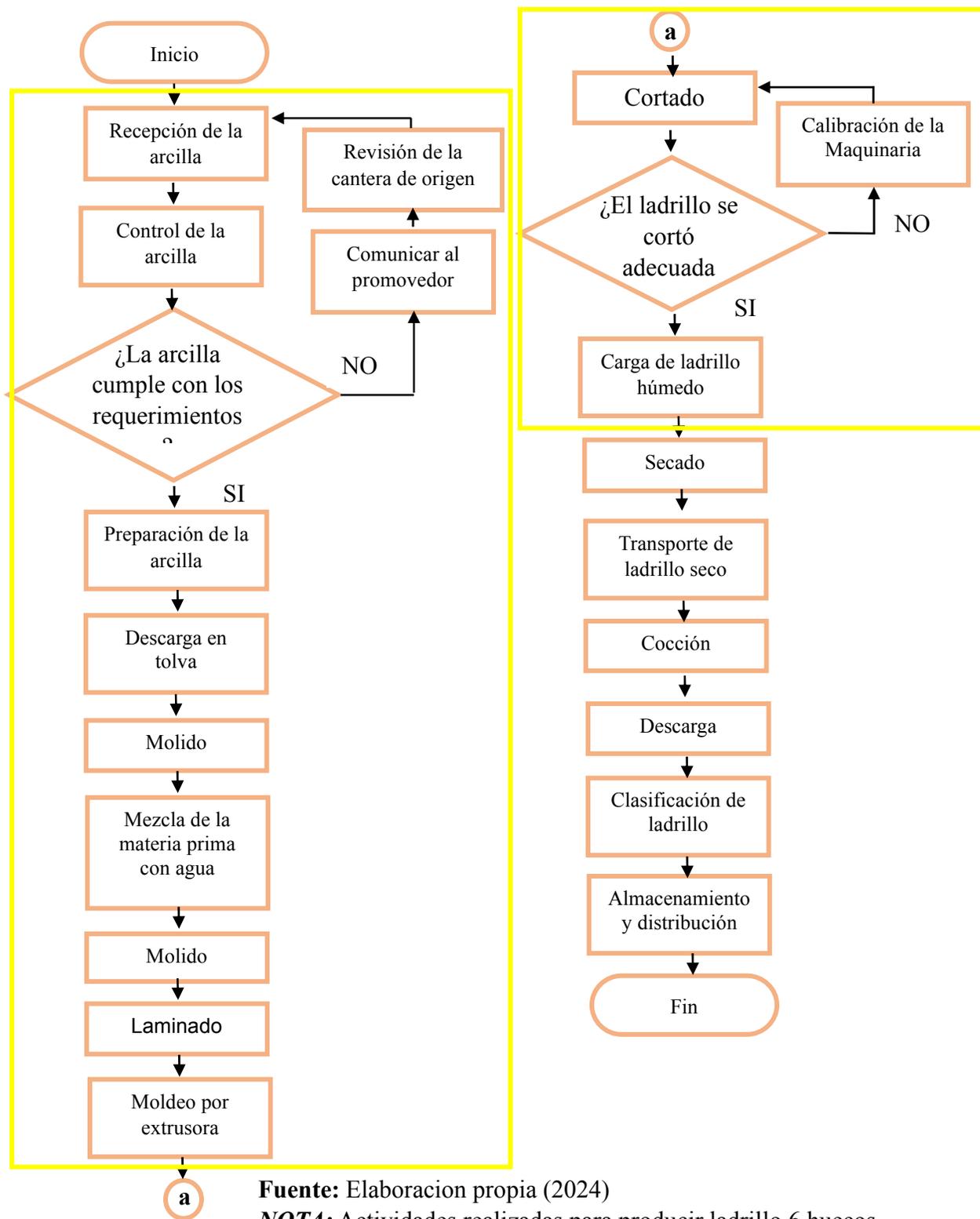
- **Descarga y Clasificación:** Los ladrillos cocidos se descargan y clasifican. Los ladrillos con rajaduras mayores a 2 cm o de color amarillo son clasificados como de segunda clase. Los que comprometen su resistividad se desechan y se trituran para ser reutilizados como materia prima de ladrillos de chamota.
- **Almacenamiento y Distribución:** Los ladrillos clasificados se almacenan y se distribuyen según la demanda.

Fin

El proceso concluye con el almacenamiento y distribución de los ladrillos clasificados, listos para su uso en diversas aplicaciones de construcción.

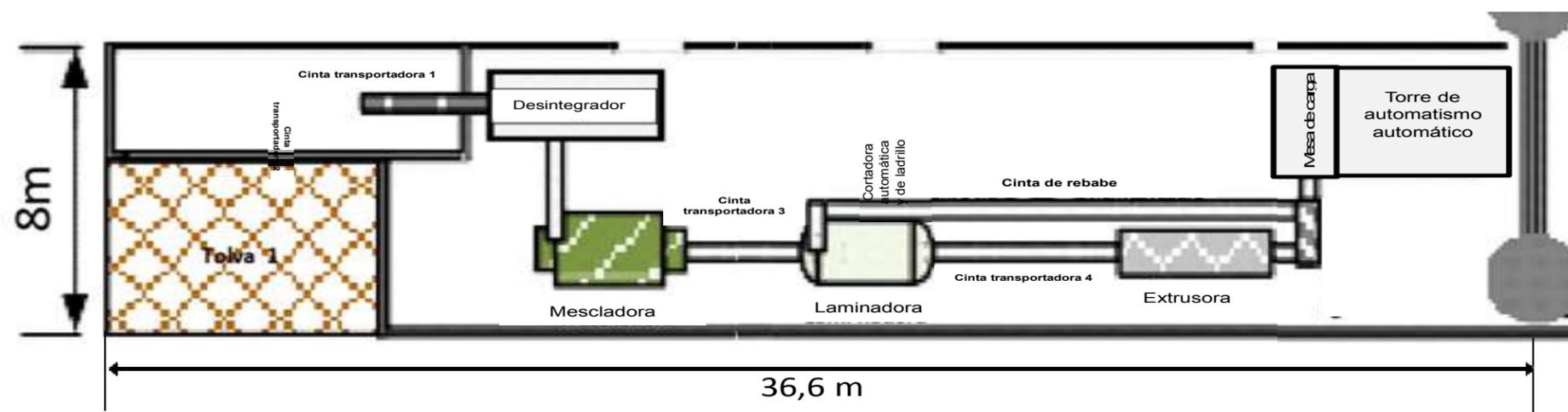
3.1.6 Flujograma del proceso

Figura 3-3 Estructura organizacional



Fuente: Elaboracion propia (2024)

NOTA: Actividades realizadas para producir ladrillo 6 huecos.



	Fecha	Nombre	Firmas	CERÁMICA "SAN LUIS" S.R. L
Dibujado	02/12/2022	María Chuca		
Comprobado	02/12/2022	Marco Tintaya		
Escala: 1:200	LAYOUT DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN AUTOMÁTICO DE LA CERÁMICA "SAN LUIS" S.R. L			N 2

3.1.7 Equipos y Máquinas Involucrados en el Proyecto

- **Cajón alimentador:**

Maquina diseñada para almacenar y dosificar el material de forma continua, uniforme y controlada.

Ilustración 3-3 Cajón alimentador (tolva)

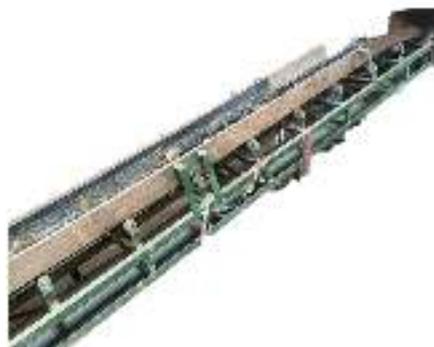


Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

- **Cinta transportadora 1:**

Sistema mecánico de transporte utilizado para mover materiales de un punto a otro de manera eficiente dentro de un proceso productivo. Cinta a la salida del cajón alimentador que transporta y deposita la arcilla en el desintegrador.

Ilustración 3-4 Cinta transportadora 1



Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

- **Desintegrador:**

Es una máquina clave en el proceso de fabricación de ladrillos, utilizada principalmente para triturar y desmenuzar las materias primas. Realiza el triturado del limo y la arcilla.

Ilustración 3-5 Desintegrador



Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

- **Cinta transportadora 2:**

La Cinta transportadora 2 transporta la arcilla de la salida del cajón mezclador y la deposita en el laminador.

Ilustración 3-6 Cinta transportadora 2



Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

- **Cajón mezclador:**

Es un equipo diseñado para la preparación y homogenización entre distintos tipos de arcilla, aditivos y la incorporación del agua.

Ilustración 3-7 Cajón mezclador



Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

- **Cinta transportadora 3:**

La cinta transportadora 3 realiza el transporte de la mezcla del mezclador hacia el laminador.

Ilustración 3-8 Cinta transportadora 3



Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

- **Laminador:**

Equipo diseñado para la trituración secundaria de la mezcla

Ilustración 3-9 Laminador



Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

- **Cinta transportadora 4:**

La cinta transportadora realiza el transporte de la salida del laminador y la deposita en el extrusora.

Ilustración 3-10 Cinta transportadora 4



Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

- **Extrusora:**

Es un equipo diseñado para el moldeo de distintos tipos de ladrillos.

Ilustración 3-11 Extrusora bonfanti



Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

- **Cortadora automática:**

Es un equipo que está diseñado para darle un pre-corte a los ladrillos a la salida de la extrusora.

Ilustración 3-12 Cortadora automática



Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

- **Cortadora de ladrillo:**

La mesa de corte finaliza el corte dándole el tamaño correcto al ladrillo moldeado.

Ilustración 3-13 Cortadora de ladrillo



Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

- **Mesa de cadena:**

Reciben los ladrillos de la salida del corte y los transportan a la torre de carga.

Ilustración 3-14 Mesa de suspensión o de cadena



Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

- **Torre de carga:**

Reciben los ladrillos de las mesas de cadena y transporta los ladrillos a las vagonetas.

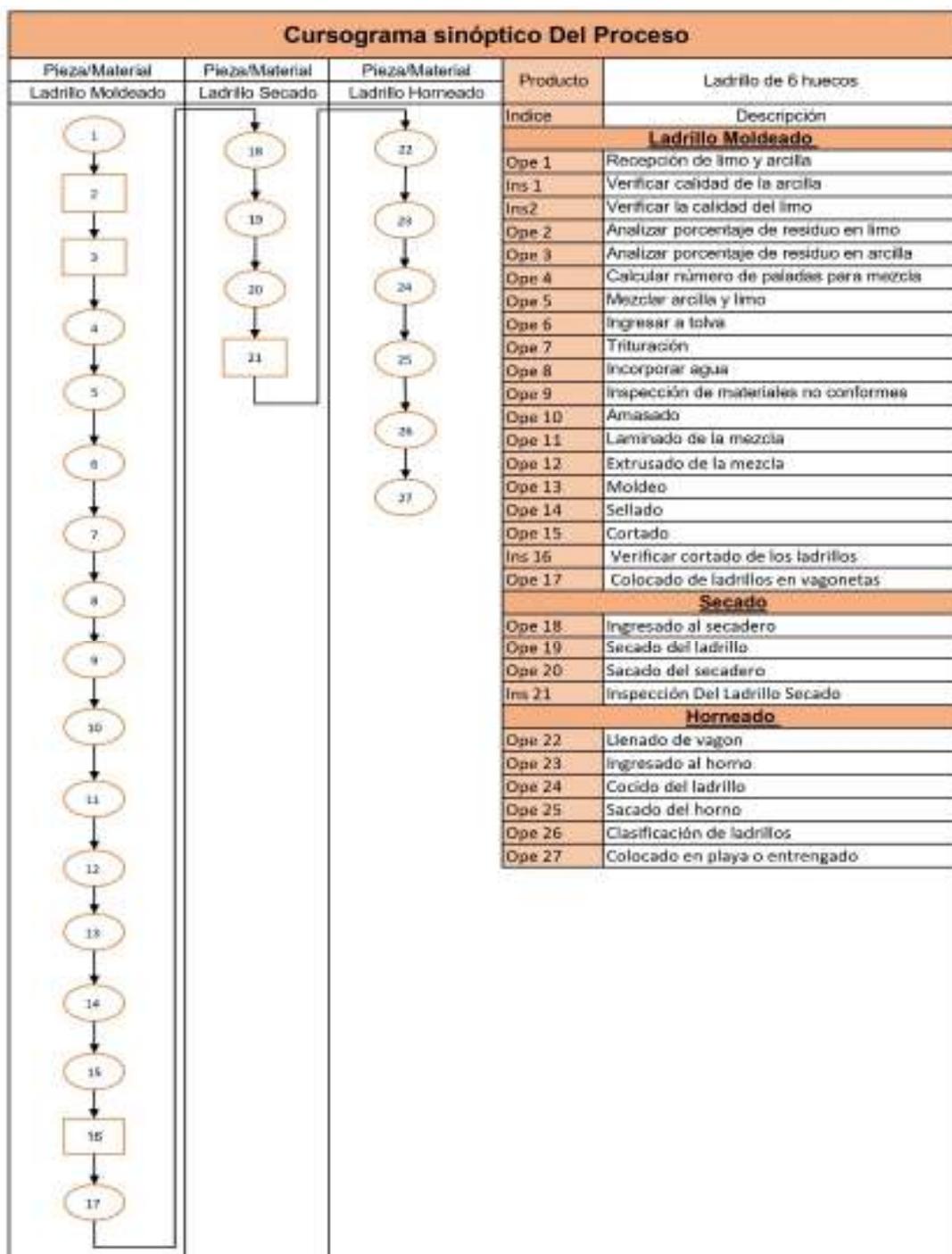
Ilustración 3-15 Torre de carga



Fuente: Cerámica san Luis S.R.L (2024)

3.2 Cursograma sinóptico

Figura 3-4 Cursograma sinóptico del proceso



Fuente: Elaboración propia

3.3 Cursograma analítico

Figura 3-5 Cursograma analítico

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO								
Hoja N° 1 De: 1 Diagrama N°: 1		Operar:	Mater:	Mescl:				
Proceso: Producción ladrillos de 6 huecos		RESUMEN			Acl.	Pro.	Econ.	
Fecha: Tja - 17 - 08 - 24		SÍMBOLO	ACTIVIDAD					
El estudio inicia: Cuando inicia el proceso de producción		●	Operación	14				
Método: Actual		→	Transporte	10				
Producto: Ladrillo de 6 hueco		■	Inspección	3				
Elaborado por: Marco Antonio Tintaya Padilla		◻	Espera	0				
		▼	Almacenaje	1				
Total de Actividades realizadas:				28				
Distancia total en metros				550				
Tiempo mín/hombre				0				
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Distancia metros	Tiempo relativo	SÍMBOLOS PROCESOS				
				●	→	■	◻	▼
1	Recepción de limo y arcilla	250,35		●				
2	Inspección de la calidad de la arcilla					●		
3	Inspección de la calidad de limo					●		
4	Realización de pruebas de residuos de arcilla			●				
5	Realización de pruebas de residuos de limo			●				
6	Transporte de arcilla y limo al area de preparado	39,43			●			
7	Proceso de humidificación de arcilla y limo			●				
8	Calcular el número de paladas para la mezcla			●				
9	Transporte a almacenamiento de la mezcla	29,61			●			
10	Almacenamiento de la materia prima						●	
11	Transporte de la mezcla a la maquina tolva	24,51			●			
12	Transporte por cinta transportadora a la maquina desintegrador	9,05			●			
13	Proceso de descomposicion de terrones en partículas mas pequeñas			●				
14	Transporte por cinta transportadora a la maquina mezcladora	2,75			●			
15	Proceso de homogenización y incorporación de agua a la mezcla			●				
16	Transporte por cinta transportadora a la maquina Laminadora	3,48			●			
17	Proceso de compactacion y homenización de la mezcla			●				
18	Transporte por cinta transportadora a la maquina extrusora	5,48			●			
19	Proceso de moldeado y formado del ladrillo			●				
20	Proceso de inspección sobre la calidad del moldeado					●		
21	Proceso de cortado del molde			●				
22	Proceso de aplado de los moldes del ladrillo			●				
23	Proceso de distrución y carga de los moldes de los ladrillos			●				
24	Transporte del ladrillo al secadero	4,69			●			
25	Proceso de secado del molde			●				
26	Transporte del molde secado a la zona de carga	74,57			●			
27	Carga de molde a los vagones			●				
28	Transporte de los moldes secados al proceso de homeado	63,70			●			
29	Proceso de homeado de los los moldes secados			●				
30	Transporte de los ladrillos a la salida del homo	6,13			●			
31	Proceso de clasificación de los ladrillos			●				
32	Descargado en la zona de playa	31,44					●	
33	Proceso de comercialización y distribución de los ladrillos			●				
		m	550,2					

Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Situación del mantenimiento en la empresa

La empresa CERAMICA SAN LUIS cuenta con un encargado de mantenimiento no especializado que tiene a su cargo auxiliares de mantenimiento con los que realiza los trabajos de mantenimiento, la mayoría de las actividades de mantenimiento realizadas en las maquinas han sido de carácter correctivo, lo que ha llevado a una incertidumbre constante en la producción debido a la gran cantidad de paradas no programadas que ocurren, por otra parte la falta de documentación adecuada limita la capacidad del encargado de mantenimiento para evaluar efectivamente los mantenimientos que se están realizando por lo que la información que maneja es muy pobre y es carente de análisis posteriores.

3.4 Recolección de información

En el diagnóstico de la empresa CERÁMICA SAN LUIS respecto a las condiciones en las se están operando las maquinarias y los problemas que se ocasionan en la línea de producción se realizó una entrevista al encargado de mantenimiento de la cerámica y una encuesta a los trabajadores ver ANEXO 32, para determinar cuáles son las máquinas que generan con mayor frecuencia las paradas no programadas en la línea de producción de automatismo las cuales son la torre de carga, mesa de suspensión o cadena y la cortadora de ladrillo, asimismo se incluyó en la encuesta para el encargado de mantenimiento la cantidad de veces que paran las maquinas al año .

3.4.1 Información recolectada cuantitativamente

La información que se recolecto cuantitativamente in-situ sobre todas las paradas que se generaron y sus distintas causas que las ocasionaban se registraron tanto su duración de la parada como su frecuencia, la información recolectada fue de 1 mes y 9 días donde se pudo

obtener un panorama real sobre lo que está ocurriendo en la línea del proceso producción automático de la empresa CERAMICA SAN LUIS, también se contó con el registro de las paradas que manejan en la empresa desde 01/10/2023 hasta 30/10/2024. En base a la información recolectada se pudo observar una gran cantidad de paradas por fallas de las maquinas lo que ocasionaba una pérdida de eficiencia en la línea de proceso de producción y en la planta en general.

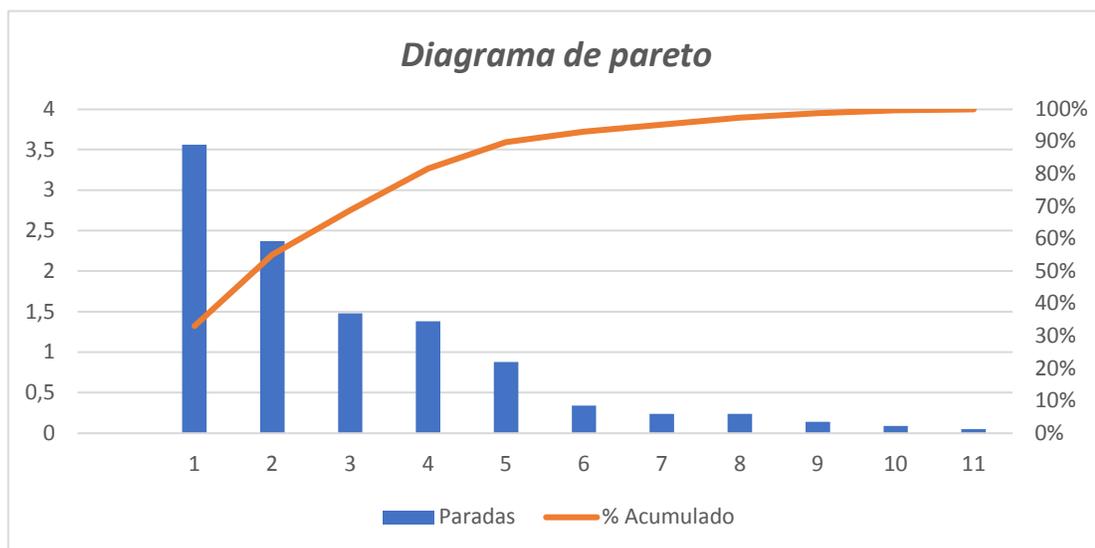
3.4.1.1 Análisis de Pareto

Tabla 3-2 - Análisis de fallas de la línea de producción automática

ANALISIS DE FALLAS						
Nº	Observaciones	Paradas	Porcentaje (%)	% Acumulado	Paradas Acum	Hrs
1	Corte por raíces	3,56	33,1	33,1	3,56	3:33:36
2	Falla Torre de Carga	2,37	22,0	55,1	5,93	1:46:48
3	Ruptura de alambre en las maquina (Cortadora automática)	1,48	13,7	68,8	7,41	1:28:48
4	Falla de extrusora bon fanti	1,38	12,8	81,6	8,79	1:22:48
5	Fallo de mesa de cadena	0,88	8,2	89,8	9,67	0:52:48
6	Fallo de Cinta transportadora	0,34	3,2	92,9	10,01	0:35:24
7	Falla cortadora sensor cortadora automática	0,24	2,2	95,2	10,25	0:20:24
8	Modificación del molde de ladrillo de 6 huecos pequeño	0,24	2,2	97,4	10,49	0:14:24
9	Bloqueo de tolva	0,14	1,3	98,7	10,63	0:14:24
10	Falla maquina cortadora de ladrillo	0,09	0,8	99,5	10,72	0:08:24
11	Fallo de carril automático	0,05	0,5	100,0	10,77	0:05:24

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-6 – Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia

Interpretación.- En el diagrama de Pareto se puede observar 11 fallas que son ocasionadas por fallas en el área línea de producción automática proceso de extrusión ocasionando una gran cantidad de paradas no programadas las cuales son ocasionadas por: el corte por raíces en un 33,05% la torre de carga con un 22 %, Ruptura de alambre en las maquinas 13,74%, la extrusora bon fanti con un 12,81% la mesa de cadena con un 8,2%, Fallo cinta transportadora 3,2%, falla en la cortadora de ladrillo 2,2%, Bloqueo de tolva 1,3%, Falla maquina cortadora de ladrillo 0,8%, Fallo de carril automático 0,5%.

Análisis de las fallas. – Las paradas no programadas provocadas por la maquinaria son las que en mayor medida generan las paradas no programadas en la línea de producción teniendo un tiempo de afectación de 7,12 horas/mes. Sabiendo que generalmente la empresa puede producir una cantidad de 336 ladrillos lo que entra en una vagoneta cada 3 minutos y medio, cada hora sale 1 vagoneta, lo que daría en promedio una cantidad de 5376 ladrillos/hora, considerando que cada ladrillo tiene precio del grande 1,25 por lo que las pérdidas anuales por las fallas de las maquinas serian 581.414 Bs/año.

3.4.2 Producción de la cerámica gestión 2024 – 2023

El cálculo de la producción se realizó considerando dos factores el primer factor que se consideró fue la cantidad ladrillos que se cargan por vagoneta y el segundo factor el número de vagonetas que se producen en la empresa por mes la cual se registra en la “planilla de control moldeo extrusión” ANEXO 61,62. Que utiliza el personal de producción para el control de las vagonetas que entran al secadero.

Cálculo de los ladrillos por vagoneta:

En 1 vagoneta hay 7 niveles y en cada nivel hay 48 ladrillos entonces:

$$\frac{\text{Ladrillos}}{\text{Vagoneta}} = \text{ladrillos por nivel} \times \frac{\text{Niveles de la vagoneta}}{\text{Nº Vagonetas}}$$

$$\frac{\text{Ladrillo}}{\text{vagoneta}} = 48 \frac{\text{ladrillos}}{\text{nivel}} \times \frac{7 \text{ niveles}}{\text{Vagoneta}}$$

$$\frac{\text{Ladrillos}}{\text{vagoneta}} = 336$$

El registro del año que se realizó en el CUADRO 3-3 en base a la “planilla de control moldeo extrusión” en base a la información obtenida de todas las vagonetas que se llenaron diariamente lo cual se detalla de mejor manera en el ANEXO 54,55, 56 y 57 las vagonetas que se produjeron desde el 10/10/2023 hasta el 10/10/2024. En el mes de octubre no hubo registros del 07/10/2024, 12/10/2024, 15/10/2024 y 20/10/2024.

Tabla 3-3 Producción de ladrillos de 6 huecos gestión 2024 y 2023

Producción ladrillos de 6 huecos (2023 - 2024)				
Nº	Fecha	Vagonetas	Ladrillos/Vagonetas	Ladrillos
12	Octubre 2024	3373	336	1133328
11	Septiembre 2024	4063		1365168

10	Agosto 2024	4270	1434720
9	Julio 2024	3675	1234800
8	Junio 2024	4009	1347024
7	Mayo 2024	4045	1359120
6	Abril 2024	4054	1362144
5	Marzo 2024	3900	1310400
4	Febrero 2024	3645	1224720
3	Enero 2024	3752	1260672
2	Noviembre 2023	3793	1274448
1	Octubre 2023	3949	1326864

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en tabla 3-3 existe una menor producción en el mes de enero, febrero y marzo

3.4.2.1 Producción diaria

La empresa en la línea de “producción automática extrusión” realiza el moldeado del ladrillo cuyo molde de los ladrillos 6 huecos tienen un peso de 4,924.

Por lo que:

Producción Real (Ladrillos x Hora) = Capacidad Por Vagoneta x Producción Real

(Vagonetas)

La ecuación se aplicó en el cuadro siguiente para determinar la producción real sin interrupciones por parte de las maquinas la empresa en la línea de automatismo puede generar una producción de:

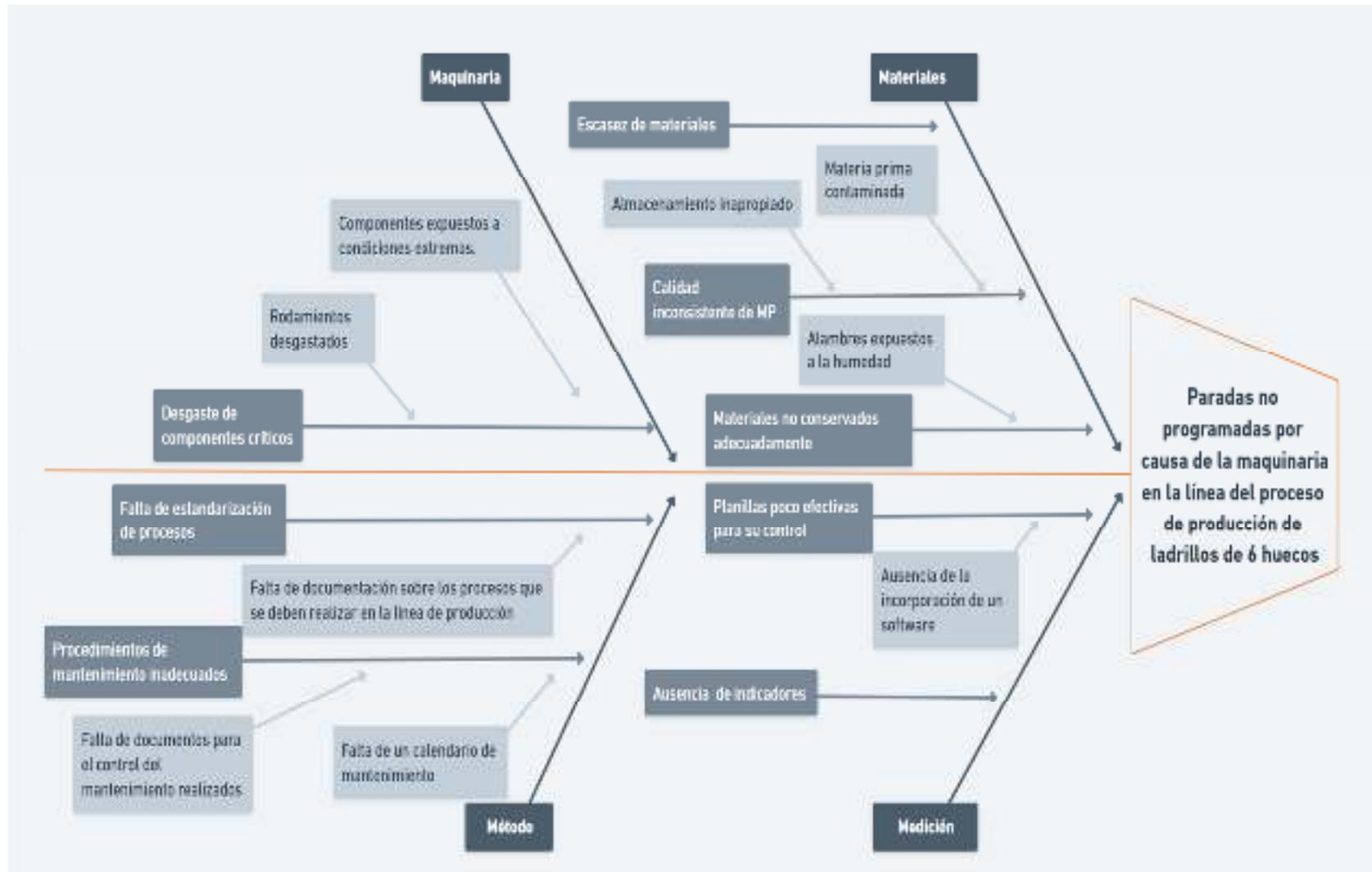
Tabla 3-4 Producción real de ladrillos de 6 huecos

<u>Producción “CERÁMICA SAN LUIS” Ladrillo de 6 huecos “”</u>		
-		
<u>DATOS</u>		
Peso del ladrillo	4,924	Kg/Ladrillo
1 Tn	1000	Kg
Capacidad por vagoneta	336	Ladrillos/ Vagoneta
Producción Real (Vagonetas)	16	Vagonetas / Hora
<u>Capacidad Real (Molde de ladrillo)</u>		
Producción Real (Ladrillos/Hora)	5376	Ladrillos/ Hora
Producción Real (Kilogramos/Hora)	26471,424	Kg/Hora
Producción Real (Tn/Hora)	26,471424	Tn/Hora

Fuente: Elaboración propia

3.5 Análisis de Ishikawa

Figura 3-7 Diagrama De Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia

3.6 Codificación de las máquinas

Una vez que se tenga en claro los equipos en que se basara el estudio es necesario realizar una codificación para evitar confusiones al momento de ejecutar el mantenimiento, por lo que se debe realizar una codificación para cada máquina para esta codificación se recurrirá al modelo taxonómico según la norma ISO: 14224 según la Figura 2-5. En base a la normativa se realizó la Tabla 3-3 que representa los 5 niveles jerárquicos que van desde la industria hasta el equipo de esa manera se procedió a asignar una codificación a cada máquina.

Tabla 3-5 Niveles de codificación

Categorización jerárquica		
Uso/Localización	Nivel 1	Industria
	Nivel 2	Categoría del negocio
	Nivel 3	Planta
	Nivel 4	Sección/sistema
	Nivel 5	Instalación
Sub – división de equipo	Nivel 6	Equipo

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

DISEÑO DEL PLAN DE

MANTENIMIENTO

4 Diseño de un plan de mantenimiento

En la Tabla 3-4 se realizó la codificación correspondiente al estudio del proyecto según su ubicación de las máquinas y como lo llaman al equipo en la empresa es decir su código, la empresa ya contaba con el nombramiento del equipo es decir su código del equipo que se realizó según su posicionamiento y secuencia, la primera máquina es la tolva se la codifico como C01 y la letra C se mantuvo para toda la línea, pero el número comenzó en 01 y cambio hasta el numero 18 el cual representa la torre de carga (C18). La codificación ya asignada se mantendrá para evitar confusiones se representa en la tabla 3-4 la codificación asignada para estos equipos.

Tabla 4-1 Codificación de las maquinas

EMPRESA	CATEGORIA DEL NEGOCIO	COD	INSTALACION	SECCION / SISTEMA	COD	EQUIPO	COD	CODIFICACIÓN
CERAMICA SAN LUIS	CERAMICA LADRILLERA	CL	EXTRUSIÓN LINEA DE AUTOMATISMO	PRODUCCIÓN	PR	TOLVA	C01	CL - PR - C01
CERAMICA SAN LUIS	CERAMICA LADRILLERA	CL	EXTRUSIÓN LINEA DE AUTOMATISMO	PRODUCCIÓN	PR	CINTA TRANSPORTADORA 1	C02	CL - PR - C02
CERAMICA SAN LUIS	CERAMICA LADRILLERA	CL	EXTRUSIÓN LINEA DE AUTOMATISMO	PRODUCCIÓN	PR	DESINTEGRADOR	C04	CL - PR - C03
CERAMICA SAN LUIS	CERAMICA LADRILLERA	CL	EXTRUSIÓN LINEA DE AUTOMATISMO	PRODUCCIÓN	PR	CINTA TRANSPORTADORA 2	C05	CL - PR - C04
CERAMICA SAN LUIS	CERAMICA LADRILLERA	CL	EXTRUSIÓN LINEA DE AUTOMATISMO	PRODUCCIÓN	PR	MEZCLADORA	C06	CL - PR - C05
CERAMICA SAN LUIS	CERAMICA LADRILLERA	CL	EXTRUSIÓN LINEA DE AUTOMATISMO	PRODUCCIÓN	PR	CINTA TRANSPORTADORA 3	C07	CL - PR - C06
CERAMICA SAN LUIS	CERAMICA LADRILLERA	CL	EXTRUSIÓN LINEA DE AUTOMATISMO	PRODUCCIÓN	PR	LAMINADORA	C08	CL - PR - C07
CERAMICA SAN LUIS	CERAMICA LADRILLERA	CL	EXTRUSIÓN LINEA DE AUTOMATISMO	PRODUCCIÓN	PR	CINTA TRANSPORTADORA 4	C09	CL - PR - C08
CERAMICA SAN LUIS	CERAMICA LADRILLERA	CL	EXTRUSIÓN LINEA DE AUTOMATISMO	PRODUCCIÓN	PR	EXTRUSORA	C10	CL - PR - C10
CERAMICA SAN LUIS	CERAMICA LADRILLERA	CL	EXTRUSIÓN LINEA DE AUTOMATISMO	PRODUCCIÓN	PR	CORTADORA AUTOMÁTICA (BASTÓN)	C14	CL - PR - C14
CERAMICA SAN LUIS	CERAMICA LADRILLERA	CL	EXTRUSIÓN LINEA DE AUTOMATISMO	PRODUCCIÓN	PR	MAQUINA CORTADORA DE LADRILLO	C15	CL - PR - C15
CERAMICA SAN LUIS	CERAMICA LADRILLERA	CL	EXTRUSIÓN LINEA DE AUTOMATISMO	PRODUCCIÓN	PR	MESA DE CADENA	C16	CL - PR - C16
CERAMICA SAN LUIS	CERAMICA LADRILLERA	CL	EXTRUSIÓN LINEA DE AUTOMATISMO	PRODUCCIÓN	PR	TORRE DE CARGA	C18	CL - PR - C18

Fuente: Elaboración Propia

4.1 Jerarquización de los equipos

Para la jerarquización hay que tener en cuenta varios aspectos importantes que en este caso son 5 que se basaran en el modelo de criticidad semicuantitativo “ctr” (criticidad total por riesgo) el método de criticidad por riesgo es un método sencillo y bastante practico que ha sido ampliamente desarrollado por consultoras y empresas internacionales y adaptado a un número importante de industrias.

La evaluación y ponderación de las fallas de un año se realizaron con la cooperación del encargado de mantenimiento de la CERAMICA SAN LUIS. Al realizar el proyecto donde se pudo obtener datos representativos de lo que está ocurriendo en la empresa por lo que, en base a estos datos, la realización de una encuesta para el encargado de mantenimiento, matriz iper análisis de fallas como se puede observar en el ANEXO 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 58, 59, 60, 61,62, 63, 64, 65 y 66 se pudo obtener los datos para los siguientes criterios:

4.1.1 Criterio de evaluación de criticidad según frecuencia de fallas

Tabla 4-2 Frecuencia de fallas

F= Factor de Frecuencia (número de fallos en un cierto periodo de tiempo)		
FF= Frecuencia de Fallas	Categoría	Puntaje
Mayor a 11 eventos por año	Malo	4
Entre 6 a 10 eventos por año	Regular	3
Entre 2 a 5 eventos por año	Bueno	2
Entre 0 a 1 eventos por año	Muy bueno	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-3 Criterio para la ponderación de frecuencias de fallas

Nº	Maquina	Código	Total, de paradas (fallas al año)	Ponderación obtenida
1	Tolva	CL - PR -C01	1	1

2	Cinta transportadora 1	CL - PR - C03	1	1
3	Desintegrador	CL - PR - C04	0	1
4	Cinta transportadora 2	CL - PR - C05	1	1
5	Mezcladora	CL - PR - C06	3	2
6	Cinta transportadora 3	CL - PR - C07	1	1
7	Laminadora	CL - PR - C08	1	1
8	Cinta transportadora 4	CL - PR - C09	1	1
9	Extrusora	CL - PR - C10	28	4
10	Cortadora automática	CL - PR - C14	12	4
11	Cortadora de ladrillo	CL - PR - C15	10	3
12	Mesa de cadena	CL - PR - C16	15	4
13	Torre de carga	CL - PR - C18	31	4

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Criterio de evaluación de criticidad según impacto operacional

Tabla 4-4 Criticidad según impacto operacional

Consecuencia de fallos según su impacto operacional (IO)		
Descripción	Categoría	Puntaje
Perdidas de producción superior al 75%	MUY MALO	10
Perdidas de producción entre el 50% al 74%	MALO	7
Perdidas de producción entre el 25% al 49%	REGULAR	5
Perdidas de producción entre el 10% al 24%	BUENO	3
Perdidas de producción menor al 10%	MUY BUENO	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-5 Criterio para la ponderación según Impacto Operacional

Nº	Maquina	Código	Ponderación obtenida
1	Tolva	CL - PR - C01	1
2	Cinta transportadora 1	CL - PR - C03	1
3	Desintegrador	CL - PR - C04	1
4	Cinta transportadora 2	CL - PR - C05	1
5	Mezcladora	CL - PR - C06	1
6	Cinta transportadora 3	CL - PR - C07	1
7	Laminadora	CL - PR - C08	1
8	Cinta transportadora 4	CL - PR - C09	1
9	Extrusora	CL - PR - C10	5
10	Cortadora automática	CL - PR - C14	3
11	Cortadora de ladrillo	CL - PR - C15	3
12	Mesa de cadena	CL - PR - C16	1
13	Torre de carga	CL - PR - C18	1

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Criterio de evaluación de criticidad según flexibilidad operacional

Tabla 4-6 Criticidad según flexibilidad operacional

Consecuencia de fallos según su flexibilidad operacional		
Descripción	Categoría	Puntaje
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempo de reparación y logística mayor a 3 horas.	MALO	4
Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística entre 1 y 3 horas.	REGULAR	2
Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempo de reparación y logística menor a 1 hora.	BUENO	1

Fuente: Elaboración propio

Tabla 4-7 Criterio para la ponderación según flexibilidad operacional

Nº	Maquina	Código	Ponderación obtenida
1	Tolva	CL - PR - C01	1
2	Cinta transportadora 1	CL - PR - C03	2
3	Desintegrador	CL - PR - C04	1
4	Cinta transportadora 2	CL - PR - C05	2
5	Mezcladora	CL - PR - C06	1
6	Cinta transportadora 3	CL - PR - C07	2
7	Laminadora	CL - PR - C08	1
8	Cinta transportadora 4	CL - PR - C09	2
9	Extrusora	CL - PR - C10	4
10	Cortadora automática	CL - PR - C14	1
11	Cortadora de ladrillo	CL - PR - C15	2
12	Mesa de cadena	CL - PR - C16	1
13	Torre de carga	CL - PR - C18	1

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Criterio de evaluación de criticidad según costo de mantenimiento

Tabla 4-8 Valoración Del Costo De Mantenimiento (CM)

Costo de fallos según el costo de mantenimiento (CM)		
Detalle	Categoría	Puntaje
Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores a 5000 Bs	MALO	2
Costos de reparación, materiales y mano de obra inferiores 5000 bs	BUENO	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-9 Criterio para la ponderación de la criticidad según costo de mantenimiento

Nº	Maquina	Código	Ponderación obtenida
1	Tolva	CL - PR - C01	1
2	Cinta transportadora 1	CL - PR - C03	2
3	Desintegrador	CL - PR - C04	1
4	Cinta transportadora 2	CL - PR - C05	2
5	Mezcladora	CL - PR - C06	1
6	Cinta transportadora 3	CL - PR - C07	2
7	Laminadora	CL - PR - C08	1
8	Cinta transportadora 4	CL - PR - C09	2
9	Extrusora	CL - PR - C10	1
10	Cortadora automática	CL - PR - C14	1
11	Cortadora de ladrillo	CL - PR - C15	1
12	Mesa de cadena	CL - PR - C16	1
13	Torre de carga	CL - PR - C18	1

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Criterio de evaluación de criticidad según impacto en seguridad, higiene y ambiente

Tabla 4-10 Valoración de la seguridad industrial y medio ambiental (SHA)

Valoración de la seguridad industrial y medio ambiente (SHA)		
Detalle	Categoría	Puntaje
Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o accidente medioambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos.	MUY MALO	8
Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o accidente ambiental de difícil restauración.	MALO	6
Riesgo mínimo de pérdida de vida, daños importantes a la salud (recuperable en corto plazo y/o accidente		

ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas respectivas.	REGULAR	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales.	BUENO	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-11 Criterio para la ponderación de la criticidad según su impacto en seguridad, higiene y ambiente

Nº	Maquina	Código	Ponderación obtenida
1	Tolva	CL - PR -C01	6
2	Cinta transportadora 1	CL - PR - C03	3
3	Desintegrador	CL - PR - C04	3
4	Cinta transportadora 2	CL - PR - C05	3
5	Mezcladora	CL - PR - C06	6
6	Cinta transportadora 3	CL - PR - C07	3
7	Laminadora	CL - PR - C08	3
8	Cinta transportadora 4	CL - PR - C09	3
9	Extrusora	CL - PR - C10	1
10	Cortadora automática	CL - PR - C14	3
11	Cortadora de ladrillo	CL - PR - C15	3
12	Mesa de cadena	CL - PR - C16	1
13	Torre de carga	CL - PR - C18	3

Fuente: Elaboración propia

4.2 Estrategias de mantenimiento según criticidad

Según el análisis situacional de la empresa se pudo constatar que los equipos no cuentan con un mantenimiento preventivo, fichas técnicas e instructivos de trabajo. Por lo que es difícil disponer de información sobre las maquinas generando que ocurra con mayor frecuencia los mantenimientos correctivos. Finalmente, luego del análisis situacional de la planta CERÁMICA SAN LUIS y apoyados por el análisis de criticidad realizado, se plantearán estrategias de mantenimiento que se realizarán de la siguiente manera:

- Baja Criticidad (Prescindibles): Mantenimiento No Programado
- Alta Criticidad (Importantes): Mantenimiento Programado
- Muy alta Criticidad (Critico): Mantenimiento Programado

Estas estrategias de mantenimiento se realizaron basándose en la Figura 2-10 “Estrategias de mantenimiento”. Los resultados de la evaluación de los factores, se presentan en una matriz de criticidad 4 x 5, donde el eje vertical está formado por cuatro niveles de frecuencia de fallos, mientras que el eje horizontal está formado por cinco niveles de consecuencias de fallos. La matriz está dividida en cuatro zonas que representan cuatro niveles de criticidad:

Figura 4-1 Matriz de Criticidad propuesta por el modelo CTR

FRECUENCIAS	4	M	M	MA	MA	MA
	3	M	M	MA	MA	MA
	2	B	B	M	M	MA
	1	B	B	M	M	M
		5	10	15	20	25
		CONSECUENCIAS				

Fuente: Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos

4.2.1 Evaluación final (matriz de criticidad)

Tabla 4-12 Matriz de jerarquización

NOMBRE DEL EQUIPO	CODIFICACION	FRECUENCIA DE FALLO (FF)	IMPACTO OPERACIONAL (IO)	IMPACTO POR FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)	IMPACTO POR COSTES DE MANTENIMIENTO (CM)	IMPACTO POR SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE (SHA)	CONSECUENCIAS	CRITICIDAD	PRIORIDAD
Tolva	CL - PR - C01	1	1	1	1	6	8	8	Baja Criticidad
Cinta transportadora 1	CL - PR - C03	1	1	2	2	3	7	7	Baja Criticidad
Desintegrador	CL - PR - C04	1	1	1	1	3	5	5	Baja Criticidad
Cinta transportadora 2	CL - PR - C05	1	1	2	2	3	7	7	Baja Criticidad
Mezcladora	CL - PR - C06	2	1	1	1	5	7	14	Alta Criticidad
Cinta transportadora 3	CL - PR - C07	1	1	2	2	3	7	7	Baja Criticidad
Laminadora	CL - PR - C08	1	1	1	1	3	5	5	Baja Criticidad
Cinta transportadora 4	CL - PR - C09	1	1	2	2	3	7	7	Semi critico
Extrusora	CL - PR - C10	4	5	4	1	1	22	88	Muy alta Criticidad
Cortadora automática	CL - PR - C14	4	3	1	1	3	7	28	Alta Criticidad
Cortadora de ladrillo	CL - PR - C15	3	3	2	1	3	10	30	Alta Criticidad
Mesa de cadena	CL - PR - C16	4	1	1	1	1	3	12	Baja Criticidad
Torre de carga	CL - PR - C18	4	1	1	1	3	5	20	Alta Criticidad

Fuente: Elaboración propia

4.3 Lista de verificación en base a la normativa 12017:2020

Tabla 4-13 Requisitos para la información documentada para el sistema de gestión de mantenimiento según la NB 12017

Capítulo		Aplica	Completa	Incompleta	¿Que hace falta?	Observaciones
4		Contexto de la organización				
4.1	Comprensión de la organización y su contexto.	X	X			Sin observaciones
4.2	Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas.	X	X			Sin observaciones
4.3	Determinación del alcance del SGMA	X				A definición del gestor de mantenimiento
4.4	Sistema de Gestión de Mantenimiento de Activos (SGMA)	X	X			Sin observaciones
5		Liderazgo				
5.1	Liderazgo y compromiso	X	X			Sin observaciones
5.2	Política	X				A definición del gestor de mantenimiento y la organización
5.3	Roles responsabilidades y autoridades en la organización	X		X		La normativa solo da lineamientos generales para la gestión
6		Planificación				
6.1	Generalidades – Gestión administrativa del SGMA	X		X		La normativa no presenta gestión de costos y presupuestos

						de mantenimiento
6.2	Acciones para abordar riesgos y oportunidades	X		X		La normativa de los lineamientos generales para la gestión de riesgos de los activos
6.3	Objetivos y planificación para lograr los objetivos	X	X			Sin observaciones
7	Apoyo					
7.1	Recursos	X	X			Sin observaciones
7.2	Competencia	X	X			Sin observaciones
7.3	Requisitos de competencia	X	X			Sin observaciones
7.4	Comunicación	X				La normativa da lineamientos para una mejor comunicación y coordinación
7.5	Información documentada	X	X			Sin observaciones
7.6	Recursos materiales	X	X			Sin observaciones
8	Operación					
8.1	Generalidades – Gestión operativa del SGMA	X				La normativa plantea mejores prácticas para la ejecución de mantenimiento
8.2	Planificación y control operacional	X	X			Sin observaciones
8.3	Gestión de cambios	X				La normativa de los lineamientos generales para

						la gestión de cambios
8.4	Contrato de terceros	X	X			Sin observaciones
9	Evaluación del desempeño					
9.1	Generalidades – Gestión de control	X	X			Sin observaciones
9.2	Seguimiento, medición, análisis y evaluación	X	X			Sin observaciones
9.3	Auditorías internas	X				La normativa da lineamientos generales para la ejecución de auditorías internas
9.4	Revisión por parte de la dirección	X	X			Sin observaciones
10	Mejora					
10.1	Generalidades – Gestión de mejora del SGMA	X	X			Sin observaciones
10.2	Imprevistos, acciones correctivas y preventivas	X				La normativa da lineamientos generales para las acciones correctivas y preventivas
10.3	Mejora	X	X			Sin observaciones

Fuente: Elaboración propia

4.4 Plan de mantenimiento

Luego de la realizar el diagnóstico sobre la situación actual de la empresa, la determinación de su codificación y su criticidad de las máquinas que componen la extrusión línea de automatismo en la sección de producción, Se realizará en base a la información obtenida un inventariado donde se podrá obtener toda la información que la empresa tiene sobre las maquinas en esta área como su codificación asignada y su prioridad.

Al no contar con manuales de mantenimientos propuestos por el fabricante en todos los equipos exceptuando la maquina extrusora bonfanti al vacío, se recurrirá a un mantenimiento basado en protocolos genéricos consiste en realizar tareas genéricas sin importar la marca de la máquina y puede aplicarse a cualquier equipo de la planta, sistema, subsistema o un área ver ANEXO 66.

- Nombre del equipo Genérico: maquina, zona, sistema, subsistema, etc.
- Tarea: Se debe incluir una breve descripción de la tarea que se va a realizar.
- Frecuencia: Existen dos formas de fijarlos, siguiendo periodos fijos o determinándola a partir de las horas de funcionamiento.
- Duración: Se debe estimar la duración de las tareas, siempre se realiza de forma aproximada.
- Maquina parada o en marcha: Para una programación más fácil y rápida

Una vez completado el protocolo de mantenimiento, se agruparán las tareas que tienen un elemento en común (zona, especialidad, frecuencia, etc.) en gamas de mantenimiento.

4.5 Inventario de las maquinas

A continuación, se presenta el inventario donde se puede observar la información general del activo, información específica de los insumos y repuestos y elementos mantenibles de la extrusora bonfanti y la laminadora verdés el inventariado de los demás equipos de la línea de automatismo se encuentran en los ANEXOS 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12.

Figura 4-2 Catastro de Extrusora Bonfanti

CERAMICA SAN LUIS S.R.L.		CATASTRO DE ACTIVOS DE MANTENIMIENTO		CÓDIGO: 04-01	
				FECHA: 07/07/2021	
				VERSION: 00	
I. INFORMACIÓN GENERAL:				FOTOGRAFÍA 	
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Extrusora de cerámica				
CÓDIGO DEL ACTIVO:	C-0				
PRIORIDAD:	Alta				
PLANTA:	Lanzá				
ÁREA:	Producción				
SECCIÓN:	Línea de automatismo				
TIPO DE EQUIPO:	Extrusora				
CÓDIGO DE INVENTARIO:	CL FR C-10				
LOCALIZACIÓN:	Cerámica San Luis				
II. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DEL ACTIVO					
MARCA:	Bonfanti S/A				
MODELLO:	HM 5-15				
NÚMERO DE FABRICACIÓN:	Mecanica Horizontal S/A				
INDUSTRIA:	Bonfanti				
AÑO DE LA FABRICACIÓN:	2021				
CAPACIDAD:	170 a 200 kg/hora				
VOLTAJE (V):	220V/110	CORRIENTE (A):	250/100		
POTENCIA:	200HP				
PESO:	7.250Kg				
APLICACIÓN PRINCIPAL DEL PROCESO:	1 cerámica				
APLICACIÓN PRINCIPAL DEL EQUIPO:	Cerámica de refractarios				
III. INFORMACIÓN DE ACCESORIOS, REPUESTOS Y ELEMENTOS MANTENIBLES					
PRESIÓN DE TRABAJO:	18kg/cm ²			CÓDIGO DE VENTILACIÓN:	tipo B-10b
LIMITADO DE ROTACIÓN:	0 a 25%			POLEA DE VENTILADOR:	11 Mm
TIPO Y SISTEMA DE MONITOREO:	Analógico/Forbes Marshall/NER 14105-1			Ø Final del eje Hn	395 mm
SERIE DE MOTOR VENTILADOR:	MODELLO FCLX250040				
REGISTRO DE MOTOR VENTILADOR:	Marsokoyu/n° 6113 - 03				
REGISTRO DE MOTOR REDUCTOR:	Marsokoyu/n° 5115 - 05				
IV. FOTOGRAFÍAS O IMÁGENES DEL EQUIPO					
					

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-3 Catastro Laminadora Verdés

CERAMICA SAN LUIS S.R.L.		CATASTRO DE ACTIVOS DE MANTENIMIENTO	
		CÓDIGO:	M-07
		FECHA:	01/11/2024
		ALUSION:	ND
I. INFORMACIÓN GENERAL:		FOTOGRAFÍA	
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Desintegrador		
CÓDIGO DEL ACTIVO:	004		
PRIORIDAD:	Bajo		
PLANTA:	Tarija		
ÁREA:	Producción		
SECCIÓN :	Línea de automatismo		
TIPO DE EQUIPO:	Trituradora secundaria		
CÓDIGO DE INVENTARIO:	CL-PR-004		
LOCALIZACIÓN:	Tarija/Cerámico/San Luis		
II. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DEL ACTIVO			
MARCA:	Verdés		
DATOS DEL FABRICANTE:	Fabrica Rieter Mundial		
AÑO DE FABRICACIÓN:	2006		
CAPACIDAD (TN/Hrs):	15/25		
VOLTAJE (V):	220/380	CORRIENTE (A):	24/13.9
EQUIPO O PROCESO ANTERIOR:	Tolva		
EQUIPO O PROCESO POSTERIOR:	Moladora		
III. INFORMACIÓN DE ANSAMOS, REPUESTOS Y ELEMENTOS MANTEN			
PRESIÓN DE TRABAJO:	66.75 mmhg	LUBRICA DEL VENTILADOR	Tipo B- 28
RODAMIENTO MOTOR LA	6207- 22	ROD. LADO POLEA	3 vías
RODAMIENTO MOTOR LCA	6208- 27		
CILINDRO ISO Ø	50cm		
CILINDRO DESINTEGRADOR Ø	33 cm		
IV. FOTOGRAFÍAS O IMÁGENES DEL EQUIPO			
			

Fuente: Elaboración propia

4.6 Programa de mantenimiento

Este programa detalla las tareas de mantenimiento preventivo definiendo los intervalos de ejecución y la prioridad de la maquinaria los programas de mantenimiento que se presentan a continuación son la extrusora bon fanti y del desintegrador los otros programas de mantenimiento se encuentran en el ANEXO 13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23.

Tabla 4-14 Programa de mantenimiento “Extrusora bon fanti”

Catálogos - Planes									
Plan: MANT. EXTRUSORA BONFANTI									
CODIGO: SL-DM-ROT 10									
Actividad	Frecuencia (Días)	Frecuencia	Duración (Hrs)	Prioridad	Requiere para (Días)	Tipo	Ejecutar		
Cambio de correas	360	Anual	2	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Cambio de la camisa nuevas	360	Anual	8	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Cambio de discos nuevoo refinee ota gritada	360	Anual	8	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Ajuste y/o cambio de ajuste	180	Semestral	1	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Cambio de filtro	180	Semestral	1	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Cambio de durómetro	150	Semestral	4	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Cambio de silentblocks tipo L	360	Bimestral	2	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Revisión periódica de fluido en aceite conjunto	30	Trimestral	2	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Cambio de buchas	60	Bimestral	4	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Entrenamiento de caja de artillos de la extrusora	90	Bimestral	5	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Control del estado de la cinta transportadora	30	Trimestral	2	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Inspección al elemento limitador de carrera	7	Semanal	2	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Verificación de la lubricación a través del manómetro de presión	1	Diario	0,35	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Verificación sobre el nivel de aceites a través del indicador de nivel de aceite	1	Diario	0,35	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Inspección de rodillos	1	Diario	0,5	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Limpiadora subconjunto boca de losillos, bocuilla y limpiador lateralmente	1	Diario	1	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Revisión del par de rotores y lubricación de la cámara de vacio	1	Diario	0,35	Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		
Inspección ayuda engranaje	Cuando se requiere			Muy Alta	1	Preventivo	Mecánico		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-15 Programa de mantenimiento "Desintegrador"

Catálogo - Planes		 CERAMICA SAN LUIS S.R.L.						
Plan: MANT. DESINTEGRADOR								
CODIGO: SL-DM-R07 04								
Actividad	Frecuencia (Días)	Frecuencia	Duración(Hrs)	Prioridad	Requiere paro (Días)	Tipo	Ejecutor	
Releñado y cambio de camisa	1080	Trimestral	8	Baja	1	Preventivo	Mecánico	
Cambio de conchas	360	Anual	0,5	Baja	1	Preventivo	Mecánico	
Releñado de Y cambio de plato a cilindro estriado	90	Trimestral	5	Baja	1	Preventivo	Mecánico	
Cambio de conchas a cilindro estriado	90	Trimestral	1	Baja	1	Preventivo	Mecánico	
Releñado parcial de alineación de conchas	90	Trimestral	1	Baja	1	Preventivo	Mecánico	
Rectificación de cilindros	30	Mensual	5	Baja	1	Preventivo	Mecánico	
Engrasado de rodamientos	7	Semanal	0,25	Baja	1	Preventivo	Mecánico	

Fuente: Elaboración propia

4.7 Cronograma de actividades

Para la elaboración del cronograma de mantenimiento se debe considerar las fechas donde haya una baja producción de ladrillos de 6 huecos como se puede apreciar en el cuadro 3-1 de el diagnostico considerando la producción de ladrillos desde el 10/10/2023 hasta el 10/10/2024 dando como resultado de que en los meses donde se produce en menor cantidad los ladrillos de 6 huecos es en las fechas enero, febrero y marzo debido a ese análisis de información se consideró esas fechas tentativas para realizar los mantenimientos.

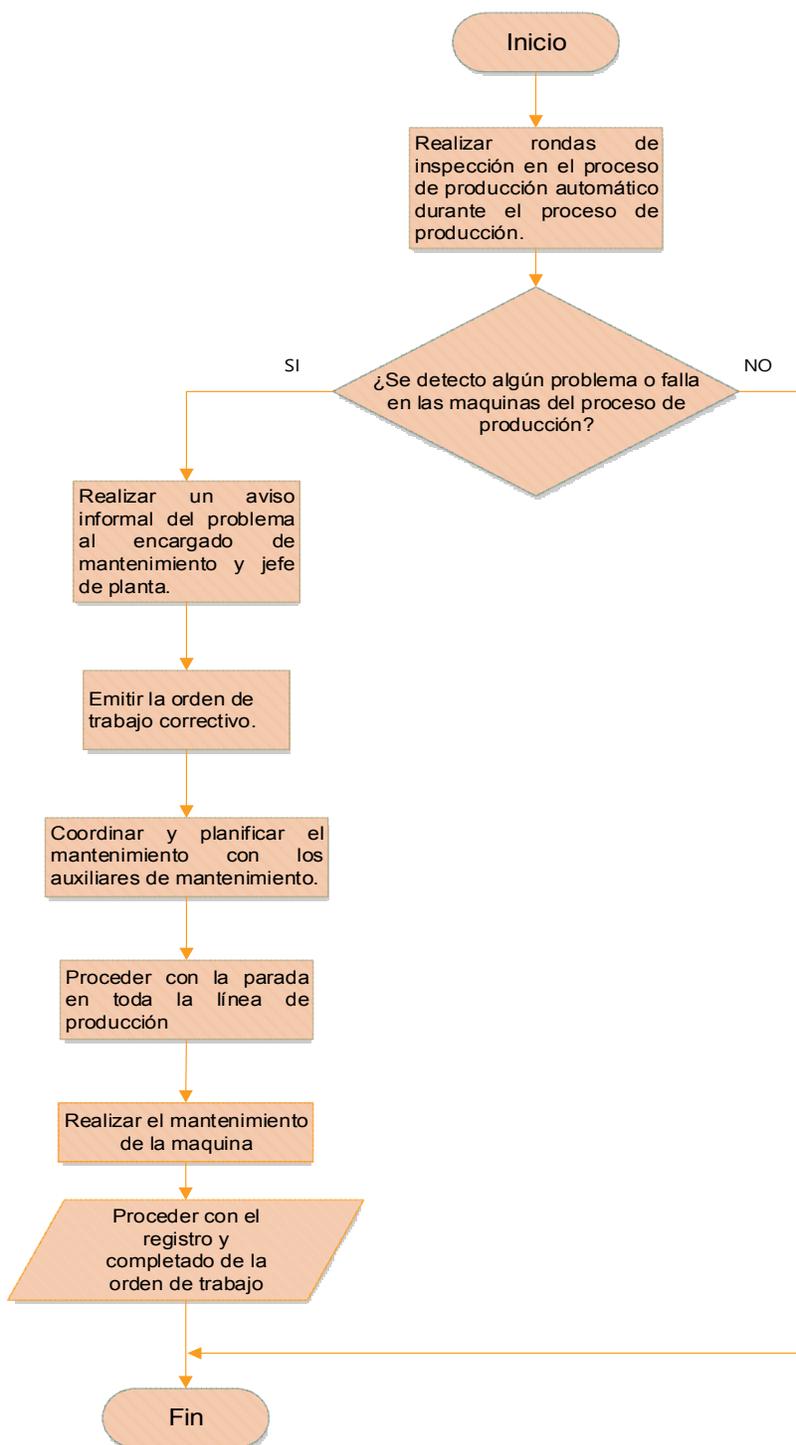
4.8 Diseño de los programas de mantenimiento

4.8.1 Programa de mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es un complemento esencial en la mejora continua de un plan de mantenimiento, ya que permite una respuesta rápida y eficiente a problemas imprevistos que surgen en la operación de la empresa. Al gestionar adecuadamente el mantenimiento correctivo, se optimiza el uso de datos históricos sobre fallas, tiempos de reparación y costos asociados, lo cual no solo permite resolver las averías actuales, sino también identificar patrones y tendencias.

Estos datos son cruciales para analizar las causas de las fallas y anticipar posibles averías futuras, habilitando la transición hacia un enfoque de mantenimiento predictivo. Este enfoque preventivo disminuye el tiempo de inactividad, optimiza el uso de los recursos y contribuye a la eficiencia operativa general.

En la Figura 4-3: Procedimiento del Mantenimiento Correctivo, se detalla el flujo de actividades que componen este tipo de mantenimiento, desde la detección de una falla hasta la ejecución de las acciones correctivas necesarias. La descripción detallada de este procedimiento se encuentra en el Anexo 6, titulado “Manual de Procedimientos para el Mantenimiento”, el cual sirve como guía estructurada para la implementación de las mejores prácticas en la gestión de mantenimiento correctivo. Este manual es una referencia importante para asegurar que todos los técnicos y operarios sigan un estándar establecido, promoviendo la eficiencia y la efectividad en cada intervención correctiva realizada.

Figura 4-4 Procedimiento del mantenimiento correctivo

Fuente: Elaboración propia

4.9 Indicadores de mantenimiento

Las órdenes de trabajo son documentos esenciales en la gestión del mantenimiento. Estas pueden ser tanto de mantenimiento preventivo como correctivo y proporcionan información clave sobre las actividades realizadas en el equipo.

Datos relevantes de las OT:

Número de OT: Identificador único de la orden de trabajo.

Fecha de inicio y fecha de cierre: Estas fechas permiten calcular el tiempo de reparación y la duración de la parada.

Descripción de la falla: Indica el tipo de problema que se está resolviendo.

Tiempo estimado de reparación: Tiempo aproximado para resolver la falla.

Tiempo real de reparación: Tiempo efectivo invertido en la reparación.

Tiempo de inactividad: El tiempo durante el cual el equipo no está operativo debido a la falla.

Repuestos utilizados: Detalles sobre los repuestos necesarios para la reparación.

Tareas realizadas: Qué tipo de trabajo se realizó (reemplazo de partes, ajuste, calibración, etc.).

Uso de las Órdenes de Trabajo para los Cálculos:

a) Cálculo del TMEF (Tiempo Medio Entre Fallas):

Para calcular el TMEF, necesitas saber cuántas fallas han ocurrido en un periodo determinado.

Las órdenes de trabajo correctivas son útiles para esto.

$$\text{TMEF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{N}^\circ \text{ de Parada}}$$

Paso 1: Consulta todas las órdenes de trabajo correctivas (aquellas relacionadas con fallas) dentro de un periodo.

Paso 2: Suma el tiempo operativo total (es decir, el tiempo de producción o de operación en el que el equipo estuvo en funcionamiento).

Paso 3: Divide este tiempo operativo entre el número total de paradas no programadas registradas en las OT.

b) Cálculo del TMPR (Tiempo Medio Para Reparar):

Para calcular el TMPR, se utiliza el tiempo registrado en las OT referente al tiempo de reparación.

$$TMPR = \frac{\text{N}^\circ \text{ horas de parada por averias}}{\text{N}^\circ \text{ de averias}}$$

Paso 1: Revisa las órdenes de trabajo y extrae el tiempo real de reparación para cada una.

Paso 2: Suma los tiempos de reparación de todas las órdenes de trabajo correctivas.

Paso 3: Divide el total de tiempo de reparación entre el número de órdenes de reparación (fallas) realizadas.

c) Cálculo de la Disponibilidad por Mantenimiento Programado:

El mantenimiento programado no debería afectar significativamente la disponibilidad del equipo, por lo que las órdenes de trabajo preventivas son las que se utilizan aquí.

$$\text{Disponibilidad por averia} = \frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF} + \text{TMPR}} \times 100$$

Paso 1: Revisa los cálculos ya realizados del tiempo medio entre fallas y reemplázalo en la fórmula.

Paso 2: Revisa los cálculos ya realizados del tiempo medio para reparar.

Paso 3: Calcula la disponibilidad dividiendo el tiempo medio entre fallas entre el tiempo medio entre fallas más el tiempo medio para reparar.

2. Registros de Producción y de Operación

Además de las órdenes de trabajo, los registros de producción son cruciales para calcular indicadores como el OEE y la disponibilidad.

Datos relevantes de los registros de producción:

Tiempo de operación planificado: Tiempo total en el que el equipo debería estar en producción (sin contar paradas programadas).

Tiempo de inactividad no programada: Tiempo en que el equipo está parado por razones no planificadas (por ejemplo, fallas).

Tiempo de operación real: Tiempo efectivo en el que el equipo estuvo produciendo productos.

Producción real: Número de unidades producidas en el tiempo de operación real.

Producción teórica: Número de unidades que deberían haberse producido en el mismo tiempo si el equipo hubiera estado funcionando a su máxima capacidad.

Uso de los Registros de Producción para los Cálculos:

d) Cálculo de OEE:

El OEE es una combinación de tres factores: disponibilidad, rendimiento y calidad.

Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo producido}}{\text{Tiempo disponible}}$$

Obtener el tiempo de operación real y el tiempo de operación planificado de los registros de producción y dividirlos.

Eficiencia o rendimiento:

$$\text{Eficiencia: } \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad productiva}}$$

- Obtener la producción real y la producción teórica del registro de producción y dividirlo.

Calidad:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Producción Real} - \text{Unidades Defectuosas}}{\text{Producción Total}}$$

- Consultar la cantidad de productos defectuosos y la cantidad total producida.

$$\text{OEE} = \text{D} \times \text{E} \times \text{C}$$

Por último, con los cálculos ya realizados hacer el cálculo del OEE multiplicando la disponibilidad, eficiencia y calidad

4.10 INDICADORES

Para el cálculo de los andadores se consideraron los indicadores TMEF Y TMPR, estos indicadores son herramientas fundamentales en el análisis y determinar el estado actual en que se encuentra la empresa entorno al mantenimiento actual para este cálculo se tomó en

cuenta el ANEXO 58. Los indicadores que son la eficiencia y calidad no se pudieron realizar el cálculo correspondiente por la falta de información que no fue proporcionada por la empresa.

Tabla 4-17 Indicadores de torre de carga

N	Actividad	Tiempo total disponible (hora/año)	Tiempo total de reparación actual(hora/año)	Nº Paradas identificadas	TMEF actual	TMPR actual	Rango de Mejora (TMEF)	Rango de Mejora (TMPR)	Observaciones
1	Cambio de rodillos mesa torre	5.840	3,83	3	1945	1,3	2000 - 2200	1,0 - 1,2	Mantener TMEF y reducir TMPR.
2	Cambio de correas	5.840	5,53	3	1945	1,8	2000 - 2200	1,2 - 1,5	Reducir el TMPR para optimizar tiempos de reparación.
3	Cambio de guías	5.840	15,88	8	728	2	1000 - 1200	1,5 - 1,8	Incrementar el TMEF al menos un 50 % y reducir el TMPR para mejorar la eficiencia.
4	Cambio de piñón poleas	5.840	12	4	1457	3	1600 - 1800	2,0 - 2,5	Mantener el TMEF, pero reducir el TMPR.
5	Alineación y centrado de mesa torre	5.840	43,2	32	181	1,4	300 - 400	1,2 - 1,4	Incrementar el TMEF al menos al doble, mantener o mejorar ligeramente el TMPR.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-18 Indicador mesa de suspensión o de cadena

MESA DE SUSPENSIÓN O DE CADENA									
N	Actividad	Tiempo total disponible (hora/año)	Tiempo total de reparación identificado (hora/año)	N° Paradas identificadas	TMEF actual	TMPR actual	Rango de Mejora (TMEF)	Rango de Mejora (TMPR)	Observaciones
1	Mantenimientos y/o cambio de rodillos	5.840	0,5	4	1460	0,125	1500 - 1600	0,1 - 0,2	Mantener ambos indicadores, ya que están en niveles óptimos.
2	Cambio de piñón tesador	5.840	2,2	2	2919	1,1	3000 - 3200	0,8 - 1,0	Mantener TMEF y reducir TMPR para mayor eficiencia.
3	Cambio de rodillos mesa agrupadora	5.840	2	1	5838	2	5900 - 6000	1,5 - 1,8	Mantener el TMEF, pero reducir el TMPR.
4	Cambio de piñón conductor	5.840	0,42	2	2920	0,21	3000 - 3200	0,2 - 0,3	Ambos indicadores son buenos; no es necesario ajustar.
5	Cambio de eje y rodamiento rodillos suspensión	5.840	2,92	2	2919	1,46	3000 - 3200	1,0 - 1,3	Reducir TMPR para mejorar el rendimiento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-19 Indicador de cortadora de ladrillo

CORTADORA DE LADRILLO									
N	Actividad	Tiempo total disponible (hora/año)	Tiempo total de reparación actual(hora/año)	Nº Paradas identificadas	TMEF actual	TMPR actual	Rango de Mejora (TMEF)	Rango de Mejora (TMPR)	Observaciones
1	Mantenimiento de tambor	5.840	12	4	1457	3	1600 - 1800	2,0 - 2,5	Mantener el TMEF, pero reducir TMPR.
2	Cambio de correas	5.840	3	3	1946	1	2000 - 2200	1,0 - 1,2	Ambos indicadores están en niveles óptimos; no es necesario ajustarlos.
3	Cambio de guías de cortadora	5.840	3,5	3	1946	1,2	2000 - 2200	1,0 - 1,1	Mantener el TMEF, reducir TMPR para optimizar aún más.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-20 Indicadores de cortadora automática

CORTADORA AUTOMATICA									
N°	Actividad	Tiempo total disponible (hora/año)	Tiempo total de reparación actual(hora/año)	N° Paradas identificadas	TMEF actual	TMPR actual	Rango de Mejora (TMEF)	Rango de Mejora (TMPR)	Observaciones
1	Cambio de correas	5.840	3,6	3	1945	1,2	2000 - 2200	1,0 - 1,2	Mantener ambos indicadores, ya que son adecuados.
2	Mantenimiento de tambor	5.840	12	3	1943	4	2000 - 2200	2,0 - 2,5	Mantener el TMEF, pero reducir TMPR para mayor eficiencia.
3	Cambio de guías de la cortadora	5.840	18,35	10	582	1,8	800 - 1000	1,2 - 1,5	Incrementar el TMEF al menos un 50 % y reducir TMPR.
4	Cambio de goma eva a rodillos guidores	5.840	5,42	13	449	0,4	800 - 900	0,4 - 0,5	Incrementar TMEF al menos al doble; TMPR es adecuado.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-21 Indicadores de extrusora bon fanti

EXTRUSORA BON FANTI									
Nº	Actividad	Tiempo total disponible (hora/año)	Tiempo total de reparación actual(hora/año)	Nº Paradas identificadas	TMEF actual	TMPR actual	Rango de Mejora (TMEF)	Rango de Mejora (TMPR)	Observaciones
1	Cambio de correas	5.840	8	4	1458	2	1600 - 1800	1,5 - 1,8	Mantener TMEF y reducir TMPR.
2	Cambio de la camisa nuevas	5.840	8,17	3	1944	2,7	2000 - 2200	2,0 - 2,5	Mantener TMEF, reducir TMPR para optimizar tiempos.
3	Cambio de discos nuevos retenes pita grafitada	5.840	10	2	2915	5	3000 - 3200	3,0 - 4,0	Mantener TMEF, pero reducir TMPR para evitar pérdidas significativas de tiempo.
4	Aumento y/o cambio de aceite	5.840	4,5	3	1945	1,5	2000 - 2200	1,5 - 1,8	Mantener ambos indicadores.
5	Cambio de filtro	5.840	4,5	3	1945	1,5	2000 - 2200	1,5 - 1,8	Mantener ambos indicadores.
6	Cambio de corta barro	5.840	10	2	2915	5	3000 - 3200	3,0 - 4,0	Mantener TMEF, pero reducir TMPR.
7	Cambio de caracoles	5.840	3	3	1946	1	2000 - 2200	1,0 - 1,2	Ambos indicadores son óptimos; no es necesario ajustarlos.
8	Mantenimiento de cajo de arcilla de la extrusora	5.840	4,5	3	1945	1,5	2000 - 2200	1,5 - 1,8	Mantener ambos indicadores.

Fuente: Elaboración propia

TMEF Las actividades con valores menores a 1000 deben priorizarse para incrementar la confiabilidad del equipo. El umbral de 1000 se considera relevante ya que, en términos de TMEF (Tiempo Medio Entre Fallas), valores por debajo de este límite indican una frecuencia de fallas alta, lo que afecta directamente la disponibilidad de los equipos. Este valor está alineado con prácticas industriales donde un TMEF superior a 1000 es deseable para garantizar una operación más continua y menor cantidad de paradas no programadas.

Incrementos recomendados: 20-50 % en las actividades con menores TMEF.

TMPR: Los valores ideales para TMPR están entre 0,5 y 2,0 dependiendo de la actividad según “(Ing. Carlos Manuel Bonet Borjas, Ing Eduardo Maria Pedro Domingos pineda, 2012)” Este rango se establece basado en referencias industriales que indican que un TMPR inferior a 0,5 puede implicar costos elevados para alcanzar tiempos de reparación extremadamente bajos, mientras que valores superiores a 2,0 representan una disminución significativa en la eficiencia operativa. Al mantener el TMPR dentro de este rango, se busca un equilibrio entre la rapidez de las reparaciones y la viabilidad económica, asegurando así una mayor disponibilidad y menor impacto en la producción. Valores superiores a 2,0 indican oportunidades de mejora.

CAPITULO V

**PRESUPUESTO PARA LA
INCORPORACIÓN DEL
PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO**

5 PRESUPUESTO PARA LA INCORPORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

En este capítulo se presenta un análisis detallado de los costos asociados a la implementación del plan de mantenimiento propuesto, los cuales se consideran como una previsión general debido a que en la práctica no todas las piezas fallan al mismo tiempo, se tomó en cuenta solo los materiales y componentes que más frecuentemente se necesitan en el mantenimiento, los costos de materiales como pintura y demás son para la implementación de la codificación del mantenimiento, como también se consideró el sueldo del pintor. Los costos de seguridad industrial son necesarios para el cumplimiento de las funciones de los trabajadores que realizan el mantenimiento de acuerdo a la información proporcionada por la empresa, no se realizó una comparación de costos con los que contaba la empresa antes del proyecto y después de implementar el proyecto por falta de información que la empresa consideraba como confidencial. Para la elaboración del presupuesto se consideró los materiales necesarios y la mano de obra involucrada con el fin de garantizar una estimación precisa y adecuada para el desarrollo del proyecto, como se puede observar en el ANEXO 59, 60 y 64. Este presupuesto se adecuará a futuro de acuerdo al tipo de cambio tomando en cuenta que estos productos o piezas son importadas.

Descripción	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo unitario promedio Aprox (Bs/uni)	Total (Bs)
Correa y rodamientos	Correa industrial – A 75-OPTI	6	Pza	118	708
	Correa industrial – A 72/13X1830-PIX	6	Pza	59	354
	Correa industrial – A 56-13X1422-PIX	4	Pza	29	116
	Correa industrial – A 95/13X2413-PIX	2	Pza	48	96
	Correa industrial – A 54/13X1375-PIX	2	Pza	47	94
	CH-SY-UCP, CONJUNTO UCP (MM) – UCP-206-CRAFT	3	Pza	200	600
	CH-SY-UCP, CONJUNTO UCP (MM) – UCP-206J-KOYO	3	Pza	350	1050
	R. BOLAS RIGIDOS (MM) – 62062RSC3-KOYO	30	Pza	83	2490
	R. BOLAS RIGIDOS (MM) – 60022RSC3-KOYO	20	Pza	41	820
Aceites y	Disel oil plu	200	Litros	3,72	744
	Electrodo soldexa 18 4 mm	30	Kilos	26	780

	Electrodo soldexa 13 3,25 mm	60	Kilos	27	1620
	Aceite de motos 15w 40	1	Pza	1100	1100
	Filtro de aceite 2735711	1	Pza	305	305
	Filtro de aceite 4621171	1	Pza	290	290
Grasa	1100074 BAL EP-3 LITHIUM MULTIPROPOSITO AMARILLO DE 35 LB	5	Pza	3.553,88	17769
Piñones	PIÑON ZSG TIPO -B	2	Pza	86	172
	PIÑON ZSG TIPO -B	2	Pza	150	300
	PIÑON ZSG TIPO -B	1	Pza	154	154
	PIÑON KANA	2	Pza	280	560
	SEGURO KANA	2	Pza	6	12
Piezas	Anillo de raquete	2	Pza	913,72	1827
	Disco de desgaste	2	Pza	598,5	1197
	Helice de fundo	1	Pza	3522	3522
	Anillo de desgaste helice fundo	1	Pza	3522	3522
	Viñetas tipo L fundidas	64	Pza	30	1920
Equipos de protección	Gafas de seguridad	5	Pza	12	60
	Guantes	5	pza	25	125
	Ropa de trabajo	5	pza	130	650
	Botas de trabajo	5	pza	190	950
	Tapones auditivos de seguridad	5	pza	22	110
Materiales	Impresiones	50	pza	0,6	30
	Resma tamaño carta	1	pza	30	30
	Portapapeles	3	pza	20	60
	Pintura	220	ml	35	7700
	Lija	10	mts	5	50
	Brocha	1	pza	10	10
	Cepillo de metal	2	pza	90	180
Personal	Responsable del pintado	1	Mes	2500	2500
	Jefe de planta	1	Mes	6000	6000
	Responsable de mantenimiento	1	Mes	4.618,33	4618,33
	Auxiliar de mantenimiento 1	1	Mes	5.248,06	5248,06
	Auxiliar de mantenimiento 2	1	Mes	4.175,63	4176,63
	Auxiliar de mantenimiento 3	1	Mes	3.918,01	3918,01
TOTAL					73919,7

CAPITULO VI

**CONCLUSIONES Y
RECOMENTACIONES**

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En función al trabajo desarrollado se concluye que:

- En el presente proyecto se diseñó un programa estructurado de actividades de mantenimiento basado en las necesidades específicas de la maquinaria, incluyendo inspecciones periódicas y reparaciones planificadas, lo que contribuye a prolongar la vida útil de los equipos y reducir fallas imprevistas.
- Se debe utilizar el inventario para los 13 equipos de la línea de producción automática, donde se identificó las características técnicas de cada máquina y sus componentes principales. Esto facilita la gestión eficiente de los recursos y asegura que cada equipo tenga un registro actualizado para la planificación del mantenimiento.
- La aplicación de los instructivos claros y detallados para las tareas de mantenimiento, enfocándose en procedimientos estandarizados que aseguren la operatividad de la maquinaria fomenta un control eficiente y reduce errores operativos por parte del personal técnico.
- Los indicadores clave de desempeño (KPI's) como disponibilidad, tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR), permite evaluar el rendimiento de la maquinaria de manera objetiva. Estos indicadores sirven como herramientas de mejora continua y toma de decisiones.
- La empresa carecía de un sistema de codificación para sus equipos, lo que dificultaba su identificación y gestión. Por ello, se implementó un sistema de codificación numérica o

alfanumérica para los equipos de la línea de producción automática, facilitando su control y organización.

- En la empresa, las máquinas de alta prioridad operan con componentes que han excedido su vida útil y son refaccionados para prolongar su funcionamiento. Esta práctica incrementa la probabilidad de fallas recurrentes, lo que genera altos costos de mantenimiento.
- La empresa no cuenta con indicadores clave para gestionar eficientemente el mantenimiento, lo que limita la capacidad de evaluar el rendimiento de los equipos y optimizar las estrategias de mantenimiento.
- A través del análisis de criticidad, se determinó que la mesa de cadena o agrupadora, la cortadora automática o de bastón son máquinas de alta criticidad, mientras que la extrusora se clasifica como de muy alta criticidad, destacándose como un componente clave en el proceso productivo de la empresa.
- Los alambres utilizados en la cortadora automática o de bastón carecen de un lugar de almacenamiento adecuado, lo que los expone a la humedad y acelera su deterioro. Esta condición incrementa la frecuencia de fallos, superando las expectativas de durabilidad. Además, al estar sometidos a altas temperaturas del ladrillo y al calentamiento por fricción, el desgaste afecta negativamente su resistencia, comprometiendo su desempeño y generando interrupciones en el proceso productivo.
- Algunas máquinas no cumplen con los requisitos operativos necesarios para satisfacer las demandas de producción actuales de la empresa, lo que limita su capacidad de alcanzar niveles óptimos de eficiencia y productividad.
- Es indispensable incorporar un proceso adicional al que actualmente se lleva a cabo en la empresa para lograr una mejor homogenización y la reducción de contaminantes que se

encuentran en materia prima por lo que es necesario implementar el proyecto “Diseño del proceso de estandarización de la materia prima, lo que optimizaría la calidad del producto final y la eficiencia del proceso productivo.”

6.2 Recomendaciones

En función al trabajo desarrollado y expuesto se recomienda que:

- Realizar un reemplazo de los componentes que están trabajando en las máquinas de alta criticidad que son la mesa de carga, torre de carga y la cortadora automática ya que están trabajando en fuera de su vida útil.
- Antes de la realizar la implementación de un software de mantenimiento, y una filosofía de mantenimiento como el mantenimiento basado en la confiabilidad, implementar el presente plan de mantenimiento.
- La empresa no cuenta con una gestión de sus residuos por lo que es recomendable realizar una gestión de los mismos debido a la falta de una organización se generan muchos problemas en la reposición de componentes o piezas para el mantenimiento de la producción.
- Para una mejor gestión de los componentes y piezas se debe hacer un análisis para tener en stock los componentes y piezas más necesarias para no generar retrasos en los mantenimientos que se requieran realizar.
- Prestar especial atención a la maquina torre de carga, mesa de cadena y cortadora automática por lo que esas máquinas según el análisis son de alta criticidad.

- Conservar el material específicamente el alambre que se utiliza para la maquina cortadora automática que se deteriora con la humedad en un lugar más adecuado libre de humedad.
- Revisar que las maquinas cumplan con las capacidades de producción que se quieren alcanzar en la empresa.