

**UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSÉ SIMEÓN CAÑAS**  
**UNIVERSIDAD DON BOSCO**



**“DESARROLLO DE UN PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA  
EMPRESA DEL MAÍZ S.A. DE C.V.”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREPARADO PARA LA FACULTAD DE POSTGRADOS UCA**

**Y**

**FACULTAD DE INGENIERÍA UDB**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

**MAESTRO EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

**SAMAEL RUBIO TORRES**

**ASESOR:**

**GUSTAVO ARMANDO MACHUCA MOLINA**

**ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A.**

**JUNIO 2021**

## **Rectores**

Andreu Oliva de la Esperanza, S.J.

Mario Rafael Olmos Argueta, SDB.

## **Secretarias Generales**

Silvia Elinor Azucena de Fernández

Yesenia Xiomara Martínez Oviedo

## **Decana de Postgrados UCA**

Nelly Arely Chévez Reynosa

## **Decano Facultad de Ingeniería**

Mario Guillermo Juárez Pérez

## **Directores de la Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial**

José Luis Martínez (UDB)

Laura Orellana (UCA)

## **Director de Tesis**

Gustavo Armando Machuca Molina

## **Agradecimientos**

En primer lugar agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este momento de mi vida y culminar esta etapa de mi vida, habiéndome dado la capacidad y ánimos para llegar hasta el final; siempre me ha guiado y ha estado para mí cuando lo he necesitado.

En segundo lugar agradezco a mi padre y mi madre, porque son ellos quienes me inculcaron mis valores y principios, así mismo han sido ellos quienes me han apoyado en todo momento.

Agradezco también a Don Luis, fundador de la empresa Del Maíz S.A. de C.V., quien siempre ha sido una persona que está dispuesta a ayudar y en esta ocasión no dudo en permitirme realizar mis tesis en su empresa.

Finalmente agradezco a todas aquellos amigos, compañeros, docentes y tutores quienes son una larga lista de nombres que llenarían más del espacio que dispongo en esta página, quienes han aportado en mi vida con consejos, enseñanzas, ánimos, diversión y muchas otras cosas, pues cada uno de ellos han sido parte de mi vida.

## Resumen

Del Maíz S.A. de C.V. es una pequeña empresa procesadora de alimentos que depende de un operador para la ejecución del mantenimiento y hasta la actualidad no se tiene un registro real de los costos que los mantenimientos realizados implican.

Para que una empresa conozca si es rentable, es necesario por lo menos tener la noción de cuánto cuesta producir, lo cual incluye los costos de mantenimiento, es por ello que se desarrollará un plan con el que se permita ejecutar el mantenimiento de una manera más ordenada, controlada y documentada, permitiendo mejorar las prácticas y reducir futuros costos en el mantenimiento, pero antes de poder realizar un plan de mantenimiento, es necesario tener los datos que permitan analizar la mejor metodología de mantenimiento para cada equipo, basados en su criticidad, frecuencia de fallos, costos, entre otras, las cuales son datos que actualmente no existen.

A falta de dichos datos es necesario tener las herramientas necesarias que permitan obtener las bases de un plan de mantenimiento, por lo cual únicamente se puede estructurar el diseño del mismo que se ajustara conforme se recopile la información necesaria que alimentará el plan de mantenimiento.

En las páginas siguientes se desarrolla el levantamiento inicial de datos y se plasman los formatos y políticas necesarias a cumplir para obtener las bases de un plan de mantenimiento. También se realiza un cronograma de mantenimiento como un diseño preliminar de lo que podría llegar a ser un plan de mantenimiento considerando la información conocida por los operadores, ya que basta con lograr un consenso entre el personal de mantenimiento con producción y plasmarlo en un cronograma que debe actualizarse cada tiempo definido, siendo responsabilidad del personal de mantenimiento el mantener esta actividad.

# Índice general

Contenido	Página
<b>Índice de ecuaciones</b> .....	<b>III</b>
<b>Índice de Ilustraciones</b> .....	<b>IV</b>
<b>Índice de Tablas</b> .....	<b>V</b>
<b>Capítulo I: Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1.    Introducción .....	1
1.2.    Objetivos .....	2
1.3.    Alcances .....	3
<b>Capítulo II: Marco Teórico</b> .....	<b>4</b>
2.1.    Contexto de la empresa Del Maíz S.A. de C.V.....	4
2.2.    Organigrama de la empresa.....	5
2.3.    Bill of Materials (BOM).....	6
2.4.    Jerarquización de equipos .....	8
2.5.    Análisis de criticidad MCR.....	10
2.6.    Plan de mantenimiento .....	12
2.7.    Mantenimiento correctivo.....	13
2.8.    Mantenimiento preventivo.....	13
2.9.    Inventario.....	14
2.10.    Indicadores claves de desempeño (KPI).....	15
2.11.    Descripción del proceso .....	16
2.12.    Esquema del proceso .....	17
2.13.    Descripción de equipos.....	18
<b>Capítulo III: Metodología</b> .....	<b>20</b>
3.1.    Descripción de la metodología .....	20
3.2.    Diagnóstico inicial de la empresa.....	23
3.3.    Levantamiento general de equipos .....	27
3.4.    Matriz de criticidad .....	29
<b>Capítulo IV: Resultados</b> .....	<b>34</b>
4.1.    BOM tortilladora .....	34
4.2.    Propuesta de formato para diseño de políticas.....	37
4.3.    Políticas propuestas .....	39

4.4.	Actividades de mantenimiento .....	40
4.5.	Control de inventario .....	42
4.6.	Procedimientos de mantenimiento .....	43
4.7.	Bitácora de mantenimiento .....	45
4.8.	Cronograma de mantenimiento .....	47
4.9.	Indicadores cualitativos de mejora .....	49
4.10.	KPI propuestos .....	50
4.10.	Ejemplos de cálculos KPI .....	53
4.11.	Archivos entregables.....	56
<b>Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones .....</b>		<b>57</b>
5.1.	Conclusiones .....	57
5.2.	Recomendación .....	58
<b>Glosario .....</b>		<b>59</b>
<b>Bibliografía .....</b>		<b>62</b>
<b>Anexos .....</b>		<b>A-1</b>
A.	Vistazo de formato de documentación de políticas (archivo Word) .....	A-1
B.	Vistazo del formato de documentación de procesos (archivo Word) .....	B-2
C.	Vistazo del formato de registro y control de inventario (archivo Excel) .....	C-3
D.	Vistazo de plantilla de BOM de equipos (archivo Excel) .....	D-4
E.	Vistazo de la plantilla para bitácora de mantenimiento (archivo Excel) .....	E-5
F.	Vistazo del checklist de diagnóstico editable para evaluación (archivo Excel).....	F-6
G.	Vistazo de propuesta de política para el plan de mantenimiento (archivo Word) .....	G-7
H.	Vistazo de proceso de limpieza de tortilladora (archivo Word) .....	H-9
I.	Vistazo de proceso de cambio de caja de transmisión de tortilladora (archivo Word).....	I-10
J.	Vistazo del cronograma de mantenimiento – Programación trimestral (archivo Excel) .....	J-11
K.	Carta de exoneración por confidencialidad .....	K-12

## Índice de ecuaciones

Ecuación	Página
Ecuación (1): Riesgo .....	10
Ecuación (2): Consecuencia de fallo .....	10
Ecuación (3): CTR adaptada .....	30
Ecuación (4): Frecuencia de fallo.....	50
Ecuación (5): Costos de mantenimiento .....	51
Ecuación (6): Porcentaje de mantenimiento planificado .....	51
Ecuación (7): Mean Time Between Failures .....	52
Ecuación (8): Costo de inventario .....	52

## Índice de Ilustraciones

Ilustración	Página
Ilustración 1. Organigrama de la empresa Del Maíz S.A. de C.V.....	5
Ilustración 2. Ejemplo de BOM – Partes de una bicicleta .....	6
Ilustración 3. Ejemplo de BOM – Descomposición de una bicicleta .....	7
Ilustración 4. Las 8 fases del modelo de gestión del mantenimiento basada en la gestión de activos .....	8
Ilustración 5. Matriz de Criticidad propuesta por el modelo MCR .....	11
Ilustración 6. Esquema del proceso de la empresa Del Maíz S.A. de C.V. ....	17
Ilustración 7. Tina de cocimiento para Nixtamal .....	18
Ilustración 8. Molino de maíz .....	18
Ilustración 9. Amasadora .....	19
Ilustración 10. tortilladora.....	19
Ilustración 11. Gráfico de resultados de Checklist diagnóstico de mantenimiento .....	25
<i>Ilustración 12. Adaptación de ponderación MCR.....</i>	<i>30</i>
Ilustración 13. Formato de estandarización y documentación de procesos .....	43
Ilustración 14. Ejemplo del formato de procesos: Limpieza de tortilladora .....	44
Ilustración 15. Ejemplo del formato de procesos: Cambio de caja de transmisión .....	44

## Índice de Tablas

Tabla	Página
Tabla 1. Funciones principales de los puestos de la empresa.....	5
Tabla 2. Ejemplo de ponderación de factores de riesgo .....	10
Tabla 3. Checklist de diagnóstico del mantenimiento Del Maíz S.A. de C.V. ....	23
Tabla 4. Checklist de diagnóstico del mantenimiento Del Maíz S.A. de C.V. ....	24
Tabla 5. Resultados de la Checklist diagnóstico de mantenimiento.....	25
Tabla 6. Levantamiento de equipos Del Maíz S.A. de C.V. ....	27
Tabla 7. Levantamiento de equipos Del Maíz S.A. de C.V. (Continuación) .....	28
Tabla 8. Evaluación de criticidad de equipos Del Maíz S.A. de C.V. ....	31
Tabla 9. BOM tortilladora .....	34
Tabla 10. Lista de mantenimientos preventivos (Equipos de alta criticidad) parte 1 de 2.....	40
Tabla 11. Lista de mantenimiento preventivos (Equipos de alta criticidad) parte 2 de 2 .....	41
Tabla 12. Formato de control de Inventario (Tabla Inventario).....	42
Tabla 13. Formato de movimiento de inventario (Tabla Registro) .....	42
Tabla 14. Restricciones de tablas de inventario y registro para control de inventario .....	42
Tabla 15. Formato de bitácora de mantenimiento .....	45
Tabla 16. Ejemplo de tabla de lista de equipos .....	45
Tabla 17. Ejemplo de tabla de lista de subequipos .....	45
Tabla 18. Ejemplo de tabla de lista de ítems mantenibles .....	45
Tabla 19. Ejemplo de tabla de actividades de mantenimiento .....	46
Tabla 20. Ejemplo de tabla de tipos de mantenimiento .....	46
Tabla 21. Propuesta de programación de mantenimiento semana 1 y semana 2 Enero/2021.....	47
Tabla 22. Propuesta de programación de mantenimiento semana 3 y semana 4 Enero/2021.....	48
Tabla 23. Proyección de indicadores de mejora.....	49
Tabla 24. Resumen de KPIs.....	50
Tabla 25. Registro de fallos para ejemplo de cálculo de frecuencia de fallos .....	53
Tabla 26. Registro de costos para ejemplo de cálculo de costos de mantenimiento.....	54
Tabla 27. Registro paradas de mantenimiento para ejemplo de cálculo del MTBF .....	55

# **Capítulo I: Introducción**

## **1.1. Introducción**

El mantenimiento es un tema importante para cualquier empresa de producción, puesto a que a pesar que los ingresos se relacionan directamente de la producción/venta como tal, también es necesario considerar los costos que la producción como tal conlleva, lo cual incluye los costos de mantenimiento de los equipos.

El principal problema a abordar en la empresa Del Maíz S.A. de C.V. es la falta de gestión en los mantenimientos que realizan y la dependencia de un único operador para el mantenimiento.

Para lograr definir una buena gestión del mantenimiento será necesario empezar desde los puntos más básicos y avanzar paso a paso, considerando que actualmente las bases del mantenimiento en la empresa están basados en el mantenimiento correctivo y preventivo.

Para lograr una buena gestión es necesario lograr definir los datos que nos interesara conocer, tales como son los costos, repuestos, bitácoras de mantenimiento, frecuencias, tipos de fallo, tiempos de mantenimiento, criticidad de equipos, entre otras; pues muchas de estas cosas permitirán analizar a futuro cuestiones como si el mantenimiento que se realiza es adecuado, comparar si es mejor hacerle mantenimiento preventivo o sería más barato el correctivo; todas estas cuestiones se desconocen porque no hay un punto de medición en el cual podamos comprar opciones en términos de dinero, sino que los mejores criterios hasta el momento son la del único operador del mantenimiento y la de los fabricantes de repuestos o proveedores de servicios.

Finalmente, considerando la situación actual a nivel mundial, la cual ha afectado la economía del país, no es viable desperdiciar los recursos en costos de mantenimiento o inventarios innecesarios, es decir, se debe ser lo más consiente posible en cuanto al consumo y asignación de recursos para disminuir los costos con el menor impacto a la producción.

## **1.2. Objetivos**

### **Objetivo General:**

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo/correctivo para la empresa Del Maíz S.A. de C.V. que permita optimizar la gestión del mantenimiento de los equipos de mayor criticidad para controlar los costos generales del mantenimiento.

### **Objetivos específicos:**

- Realizar el levantamiento y documentación de equipos en la empresa para generar la BOM de los equipos de mayor criticidad.
- Diseñar las políticas para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo/correctivo de los equipos de mayor criticidad.

### 1.3. Alcances

Se desarrollarán los siguientes puntos:

- El levantamiento de datos de los equipos de la línea de producción de tortillas y nachos de la empresa con el apoyo del conocimiento del personal de mantenimiento y operadoras con el fin de sustentar la falta de documentación histórica.
- El análisis de criticidad de los equipos de la empresa que permitirá conocer la importancia jerárquica de los equipos y su impacto en la empresa.
- La BOM de equipos de alta criticidad, enlistando los componentes más relevantes y prácticos de detallar que el personal de mantenimiento o un operador debería conocer.
- El plan de mantenimiento para los equipos de alta criticidad detallado en un cronograma con las actividades más relevantes de dichos equipos definidas por el personal de mantenimiento y producción.

Los siguientes puntos están fuera del alcance:

- Implementación del plan de mantenimiento, ya que la ejecución de las actividades plasmadas en el cronograma son responsabilidad del personal de mantenimiento, mientras que la programación de la disponibilidad de los equipos para el mantenimiento son responsabilidad de producción.
- El desarrollo de capacitaciones de mantenimiento no son parte de los alcances debido a que la es responsabilidad de la empresa decidir si se le permitirá invertir el tiempo al personal de mantenimiento para capacitarse en conocimiento sobre gestión de mantenimiento y el uso de sus herramientas, así mismo en el caso del personal de producción quienes pueden ser capacitados en mantenimiento básico por parte del personal de mantenimiento luego de desarrollar los estándares de los procesos, los cuales serán responsabilidad del personal de mantenimiento, exceptuando los ejemplos desarrollados.
- El análisis de costos de mantenimiento esta fuera de los alcances, ya que únicamente se provee una herramienta básica para la medición de dichos costos, el análisis de los datos corresponde al personal administrativo de la empresa. Además debido a las restricciones de confidencialidad, no es posible mostrar datos que involucren costos (Ver anexo K).

## **Capítulo II: Marco Teórico**

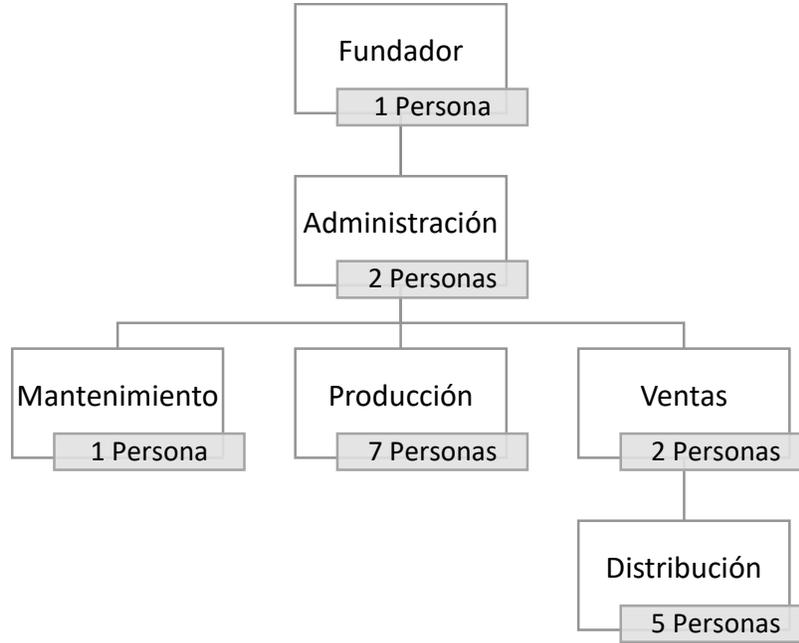
### **2.1. Contexto de la empresa Del Maíz S.A. de C.V.**

Don Luis Castellanos, fundador de la empresa Del Maíz S.A. de C.V., ante sus diversos viajes a México y USA pudo apreciar diversas máquinas para la fabricación de tortillas las cuales despertaron su interés en el negocio debido a que estas máquinas pueden instalarse fácilmente en espacios pequeños.

Con esta idea en la mente, empezó a cotizar equipos y buscar ofertas hasta que finalmente en 1994 inicia Del Maíz S.A. de C.V. a introducirse al mercado de los supermercados; desde entonces la empresa se ha mantenido operando con una misma línea de producción cuyo producto principal siempre ha sido la tortilla de taco, pero que con el tiempo se incluyó una línea de fritura, por lo que hasta la fecha se tienen 4 productos diferentes: Tortilla de tacos, Tortilla normal, Tortilla de enchilada y Nachos.

## 2.2. Organigrama de la empresa

A continuación se presenta el organigrama de la empresa Del Maíz S.A. de C.V. el cual cuenta con un total de 18 personas:



*Ilustración 1.* Organigrama de la empresa Del Maíz S.A. de C.V.

A continuación se detallan las funciones principales de los puestos del organigrama:

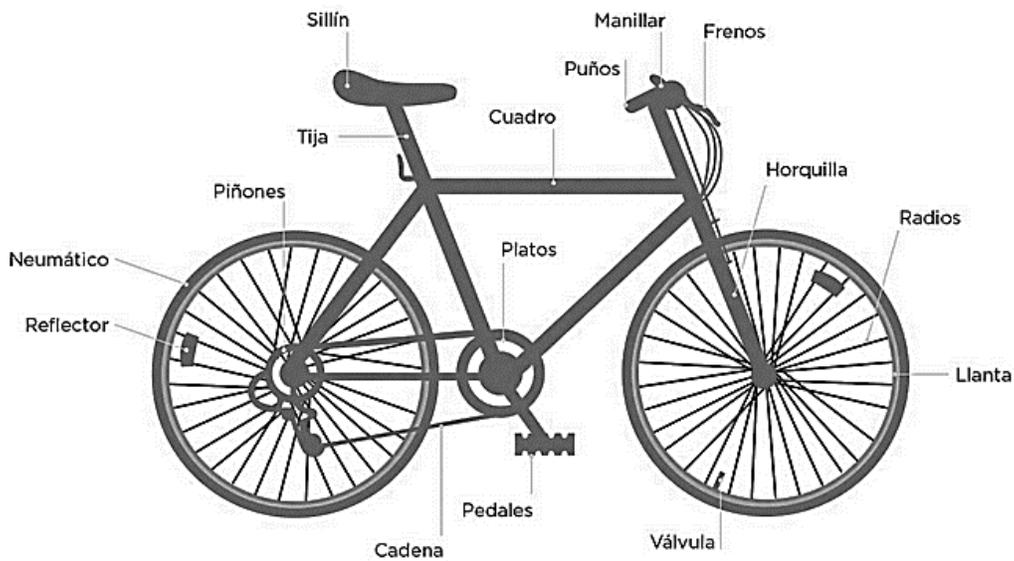
Tabla 1. Funciones principales de los puestos de la empresa

<b>Puesto</b>	<b>Funciones principales</b>
Fundador	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tomar decisiones ejecutivas</li> <li>2. Autorizar actividades de trabajo</li> <li>3. Supervisión de la calidad del producto final</li> </ol>
Administración	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ordenamiento de papelería legal</li> <li>2. Control de compra de materia prima y venta de producto</li> <li>3. Control de horarios de trabajos para el pago de los trabajadores</li> </ol>
Mantenimiento	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ejecución de mantenimiento a los equipos</li> <li>2. Supervisión de mantenimiento subcontratados</li> </ol>
Producción	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Operar los equipos para la elaboración de los productos finales</li> <li>2. Empacado y almacenamiento de productos finales</li> <li>3. Control de calidad de la producción</li> <li>4. Supervisión del cumplimiento con la producción asignada</li> </ol>
Ventas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gestión de compra de insumos y materia prima para la elaboración de productos</li> <li>2. Gestión de venta de los productos finales</li> <li>3. Asignación de metas de producción</li> </ol>
Distribución	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Distribución del producto final a los clientes para la reventa o consumo</li> </ol>

### 2.3. Bill of Materials (BOM)

La lista de componentes o Bill of Materials (BOM) en inglés, es un listado jerárquico y desglosado de niveles, el cual relaciona al nivel superior, comprendido como sistema, con los niveles inferiores, que pueden ser equipos, componentes, piezas y así sucesivamente.

Para entender de forma más clara podemos ejemplificar una bicicleta y descomponer todas las partes de dicha bicicleta:



*Ilustración 2. Ejemplo de BOM – Partes de una bicicleta*

Fuente: <https://mecaluxes.cdnwm.com/blog/img/bom-tipo-multilevel-bill-of-materials-ejemplo.1.0.jpg>

Una vez se ha descompuesto la bicicleta en sus múltiples partes, se deben establecer los niveles jerárquicos en las cuales se agruparan las distintas partes de la bicicleta como se presenta a continuación:

### Lista de materiales de una bicicleta

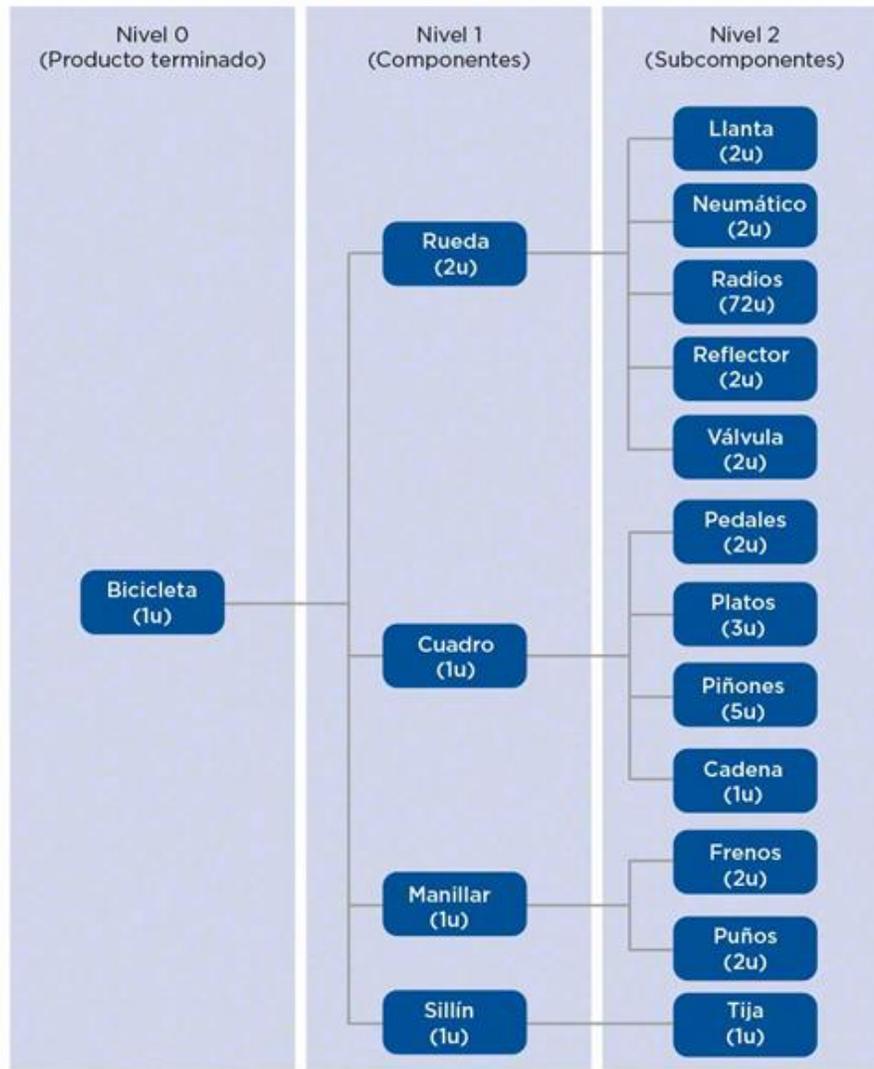


Ilustración 3. Ejemplo de BOM – Descomposición de una bicicleta

Fuente: <https://mecaluxes.cdnwm.com/blog/img/bom-tipo-multilevel-bill-of-materials-ejemplo.1.0.jpg>

Se puede observar que en el nivel 2 están todos los componentes pero se encuentran agrupados con respecto a su relación con el nivel 1, el cual es un detalle más general de los componentes; así mismo, el nivel 1 es un desglose del nivel 0, el cual es el producto final, es decir, la bicicleta.

Desde el punto de vista del mantenimiento, la BOM nos permite conocer la descomposición de un equipo o sistema para facilitar la ejecución de mantenimiento, pues nos provee la información útil para planificar inventario, generar planes de mantenimiento, conocer la composición de funcionamiento del equipo, montaje y desmontaje del equipo.

## 2.4. Jerarquización de equipos

La jerarquización de equipos consiste en la organización y ordenamiento de los equipos considerando determinados criterios, es decir que es una forma de conocer qué equipo es más importante que otro basándose en criterios uno o más criterios definidos, según sea el caso; Por ejemplo a la hora de comprar un auto, si se considera el criterio de seguridad, un auto nuevo con bolsas de aire sería prioridad antes que un auto ligeramente usado sin bolsas de aire, pero bajo el criterio de precio el auto ligeramente usado será prioridad ante el auto nuevo.

Según el Modelo de Gestión de Mantenimiento basado en la gestión de activos [7] la jerarquización es una de las bases para la implementación de la mejora continua como se muestra a continuación:



*Ilustración 4.* Las 8 fases del modelo de gestión del mantenimiento basada en la gestión de activos  
Fuente: Parra, C. (2012). Ingeniería De Mantenimiento Y Fiabilidad Aplicada En Gestión De Activos.

Dicho modelo plantea 8 fases para lograr la mejora continua, comenzando por la definición de los objetivos y visión de la empresa, ya que a partir de ello, se definirán los lineamientos del enfoque del mantenimiento, así como los parámetros que definirán la jerarquización de los equipos, pues existen una infinidad de criterios a considerar para jerarquizar los equipos, pero se deben seleccionar aquellos que estén encaminados a los lineamientos de la empresa.

A continuación se presentan algunos criterios comunes a utilizar dentro de los procesos de jerarquización:

- Disponibilidad operacional.
- Capacidad de producción.
- Efecto en la calidad del producto.
- Efecto en la seguridad, ambiente e higiene.
- Costos de paradas.
- Costo del mantenimiento.
- Frecuencia de fallas.
- Confiabilidad.
- Condiciones de operación (temperatura, presión, fluido, caudal, velocidad).
- Mantenibilidad.
- Disponibilidad de repuestos.

Considerando la infinidad de criterios que existen para jerarquizar los equipos, es necesario conocer el enfoque de la empresa para poder alinear los criterios que definirán la importancia de un equipo en función de lo que es importante para la empresa; retomando el ejemplo de la compra de un auto, se puede pensar que la seguridad se antepone al costo y que se debería seleccionar el auto más seguro, pero no siempre es tan sencillo evaluar los criterios de esa forma, es por ello que se deben conocer el enfoque de la empresa, para poder ponderar los criterios más relevantes y evaluarlos para los diferentes equipos, ya que en el caso del auto puede que el costo del auto más seguro supere el presupuesto del cliente para comprar, por lo que el criterio de precio se vuelve de mayor ponderación que el de seguridad en el caso de superar el presupuesto establecido.

Para evitar tantas complicaciones en la jerarquización de equipos, existen diversas técnicas, herramientas y modelos que se pueden utilizar para realizar la jerarquización, pero es importante tener siempre presente que se debe jerarquizar enfocándose en los criterios que sean más apegados a los objetivos de la empresa.

## 2.5. Análisis de criticidad MCR

El análisis de criticidad es una herramienta que permite determinar la importancia de un activo en función de las consecuencias de sus potenciales fallos. Esto nos permite jerarquizar los activos según su importancia basado en riesgos utilizando el modelo de la matriz de criticidad por riesgo (MCR) [7], el cual es un análisis semicuantitativo definido por la siguiente ecuación de riesgo:

$$Riesgo = FF * C \quad (1)$$

$$C = \frac{SHA + IC + IP + BM + CM}{5} \quad (2)$$

Donde:

FF = Frecuencia de fallo

C = Consecuencia de fallo

SHA = Impacto en seguridad y medio ambiente

IC = Impacto en calidad

IP = Impacto en producción

BM = Impacto por baja mantenibilidad

CM = Costo de mantenimiento

El Método MCR fue diseñado para los activos de producción Off-Shore del área de Magallanes, elaborada por ENAP SIPETROL (ver informe técnico: ENAP SIPETROL, 2008). La ponderación los factores de riesgo se obtienen a partir de la valoración de los criterios a evaluar:

Tabla 2. Ejemplo de ponderación de factores de riesgo

Valor	FF	SHA	IC	IP	BM	CM
1	Menos de 1 evento cada 5 años	Criterio 1				
2	1 evento cada 5 años	Criterio 2				
3	1 evento en 3 años	Criterio 3				
4	Entre 1 y 3 eventos al año	Criterio 4				
5	Más de 3 eventos por año	Criterio 5				

Para realizar el análisis, es necesario definir cuál será el rango de los criterios, por ejemplo en la frecuencia de fallo los equipos con 1 o menos eventos de fallo cada 5 años están ponderados con un valor de 1.

Al realizar el análisis de criticidad para todos los equipos, obtenemos la ponderación de riesgo para cada uno de los equipos, por lo que aquellos de mayor valor de riesgo son jerárquicamente más importantes según los criterios definidos.

Además de obtener la jerarquización, los equipos se pueden segmentar en 4 grupos según su criticidad comparando el valor de riesgo obtenido con la matriz de criticidad.

Frecuencia	5	A	MA	MA	MA	MA
	4	A	A	A	A	MA
	3	M	M	M	A	MA
	2	B	B	B	M	M
	1	B	B	B	M	M
		1	2	3	4	5
Consecuencias						

*Ilustración 5.* Matriz de Criticidad propuesta por el modelo MCR

Fuente: Parra, C. (2012). Ingeniería De Mantenimiento Y Fiabilidad Aplicada En Gestión De Activos.

Las Zonas de criticidad están dadas de la siguiente manera:

B = Baja criticidad

M = Media criticidad

A = Alta criticidad

MA = Muy Alta criticidad

Se debe tener en cuenta que si bien el análisis de MCR nos permite realizar la jerarquización de equipos basado en riesgos, cada empresa debe considerar su propio escenario y adaptar los criterios de los factores en base a sus necesidades y objetivos.

## 2.6. Plan de mantenimiento

Un plan de mantenimiento “es el conjunto de tareas preventivas que se realizan en una instalación con el fin de cumplir con los objetivos de disponibilidad, fiabilidad, coste y con el objetivo final de maximizar la vida útil de la instalación”. (Santiago García Garrido, Director Técnico de RENOVETEC).

Un plan de mantenimiento básico debe estar orientado a coordinar las acciones dentro de un programa de mantenimiento, garantizar el apoyo logístico de suministros y repuestos, a establecer rutinas de mantenimiento y su ejecución asumiendo que se realizarán con calidad, oportunidad, y buscando un mínimo costo para la empresa.

Existen distintas formas de elaborar un plan de mantenimiento:

1. Basado en las instrucciones de los fabricantes de los diversos equipos.
2. Basado en protocolos de mantenimiento por tipo de equipo.
3. Basado en el análisis de fallos potenciales de la instalación.

Además, un Plan de Mantenimiento funcional persigue varios objetivos:

- Extender la vida útil de los equipos y maquinarias.
- Minimizar las fallas.
- Disminuir los tiempos de reparación.
- Aumentar la seguridad.
- Reducir los costos de mantenimiento.

Para que el plan de mantenimiento logre cumplir los objetivos deseados, es importante definir los criterios del mantenimiento como el modo de fallo, producción, costo de mantenimiento, mantenibilidad, entre otros factores.

También se debe tener presente que el realizar un plan de mantenimiento para una infinidad de equipos se puede volver una tarea larga y con poco valor, por ello se debe conocer que equipos son los más importantes y a su vez que tipo de mantenimiento es el más apropiado: preventivo, predictivo o correctivo.

## **2.7. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo es aquel que está enfocado a corregir los defectos que presenta un equipo, por lo general se realiza hasta que el equipo presenta un fallo que imposibilite la capacidad del equipo para continuar realizando sus funciones principales [14].

Los principales factores que contemplan la ejecución de un mantenimiento correctivo ante otros mantenimientos es el hecho de que no se necesita un monitoreo ni control constante, pues la señal de mantenimiento se da cuando ocurre el fallo del equipo, pero este debe contemplar ciertos factores como el costo y seguridad, pues se debe tener en consideración el impacto financiero y de seguridad que el fallo del equipo implicaría.

Por ejemplo, para un automóvil fácilmente se puede clasificar el cambio de luces como un mantenimiento correctivo, pues el impacto del cambio de un farol del carro no presenta un riesgo a la seguridad muy alto debido a que se tienen más faroles que pueden mantener la función del farol arruinado, además cambiar los faroles basados en el tiempo de uso genera un costo más alto que el costo de esperar su fallo y reponerlo.

En síntesis, el mantenimiento correctivo espera a que el fallo ocurra para ejecutar el mantenimiento.

## **2.8. Mantenimiento preventivo**

Contrario al mantenimiento correctivo, el mantenimiento preventivo ejecuta el mantenimiento previo a que ocurra el fallo del equipo ya que está enfocado en mantener la disponibilidad funcional del equipo.

Caso contrario al ejemplo del mantenimiento correctivo con los faroles de un auto, el mantenimiento preventivo se puede observar con el cambio de las pastillas de los frenos del vehículo, ya que el usuario no espera a que estos fallen para poder realizar el cambio de ellos ya que esto implica un riesgo de seguridad y además podría indicar un mayor costo de mantenimiento si por el fallo de los frenos se generara un choque del auto.

Para evaluar entre un mantenimiento correctivo o preventivo, es necesario tener presente el costo del mantenimiento versus el impacto del fallo del equipo.

## 2.9. Inventario

En mantenimiento se le llama inventario a todos aquellos repuestos o equipos que se mantienen almacenados como una medida de forma de prevenir la necesidad del uso de dichos repuestos o equipos ante un fallo de un equipo en funcionamiento.

La idea principal de tener inventario es que durante un fallo de un equipo, este pueda ser reparado o sustituido en el menor tiempo posible, considerando que una gran parte del tiempo de la reparación podría ser consumido por la logística de abastecimiento de un repuesto o de la sustitución del equipo en sí; en otras palabras, el mantener repuestos almacenados acorta el tiempo en que se pueden realizar las reparaciones en una empresa.

La contraparte de un inventario es que en términos económicos, los repuestos o equipos almacenados son dinero congelado que no está produciendo, a diferencia de los equipos que si se encuentran en funcionamiento, es por ello, que idealmente se debe tener un control de inventario para evitar tener un exceso de inventario ya que se estaría acumulando dinero que no se puede utilizar.

Lo ideal es tener en cuenta una clasificación ABC para saber que repuestos son indispensables tener y cuál es la cantidad ideal a tener en stock de estos repuestos; la clasificación ABC no es más que una segmentación de los repuestos en la cual los repuestos clase A son aquellos que no pueden faltar ya que representan un costo muy alto en función del tiempo de fallo del equipo o en tiempo de abastecimiento; la clase B son aquellos que se deben controlar, ya que son de consumo recurrente pero no necesariamente son críticos ante la falta de estos; y finalmente los clase C que son aquellos que deben tratar de mantenerse al mínimo o deshacerse de ellos ya que representan más un costo mantenerlos almacenados que el hecho de poder utilizarlos.

La clasificación ABC está basado en el principio de Pareto que define que el 20% del inventario representa el 80% del valor económico del mismo, clasificando a este 20% como A, luego el 30% siguiente representa el 15% económico del inventario, siendo estos la clase B y finalmente la clase C son el otro 50% de inventario que su costo representa únicamente el 5% económico del mismo.

En la práctica este criterio puede variar según las necesidades o mediciones de la empresa, pero el punto clave para la definición y control de inventario es la posibilidad de llevar un control del inventario existente.

## **2.10. Indicadores claves de desempeño (KPI)**

Los indicadores claves de desempeño, mejor conocidos como KPI (Key Performance Indicator), son indicadores que sirven de referencia para saber o medir métricas previamente definidas para cada indicador. El objetivo principal de los KPI es establecer una métrica de referencia que sirve para saber cuándo un indicador está mejorando, empeorando o se mantiene estable.

Para lograr establecer los KPI es necesario tener en cuenta que métricas se desean medir como indicadores y luego saber que datos deben ser medidos para obtener dichos indicadores, por lo tanto, si no se realizan correctamente las mediciones o estas no son fiables; en dichos casos los KPI pueden no reflejar métricas reales, por lo que es muy importante que la medición de datos sea confiable.

De igual forma es importante definir que indicadores son importantes para una empresa, ya que es común cometer errores de preocuparse por medir muchos datos y obtener miles de indicadores, de los cuales realmente la mayoría no son de importancia para la empresa.

## 2.11. Descripción del proceso

**Cocción:** El proceso de fabricación de los diferentes productos de la empresa Del Maíz S.A. de C.V. comienza con la cocción de la mezcla de 8 quintales de maíz con la cal en la tina.

**Reposo:** Luego de que el tiempo de cocción finaliza, los granos de maíz se dejan reposar hasta el día siguiente para que se enfríen.

**Lavado:** Al día siguiente, una vez se enfrían los granos se pasa al proceso de lavado de los granos del maíz en las pilas de lavado para quitar impurezas livianas.

**Molida:** Una vez los granos de maíz son lavados, se procede a moler los granos en el molino para obtener masa que se utilizara en la amasadora.

**Amasado:** Con la masa que se obtiene del molino se debe mezclar en la amasadora junto con los aditivos correspondientes para obtener la masa final con la que se alimentará la tortilladora.

**Cocido:** En la tortilladora la masa se convierte en testales para cocerse debidamente pasando por la línea de parrillas transportadoras del equipo y salir finalmente como una tortilla; dependiendo de la configuración de los rodos de testales así será el grosor de la tortilla, clasificándolas como tortillas normales o tortillas para tacos .

**Corte:** Las tortillas que son utilizadas para suplir la demanda de nacho pasan por el proceso de corte, en el cual toman las tortillas y las cortan en formas triangulares.

**Fritura:** Todas las tortillas destinadas para suplir la demanda de tortillas para enchiladas o aquellas que fueron procesadas en corte para suplir la demanda de nachos pasan por el proceso de fritura para lograr la textura crujiente del producto final.

**Reposo:** Todos los productos que pasan por el proceso de fritura son almacenados en los barriles de secado para que se escurra el exceso de aceite y también permitir que el producto se enfríe antes de empacar

**Empacado:** Cada tipo de producto es clasificado y empacado antes de ser almacenado para realizar la distribución de despacho.

## 2.12. Esquema del proceso

A continuación se presenta el proceso general de producción en Del Maíz S.A. de C.V.:

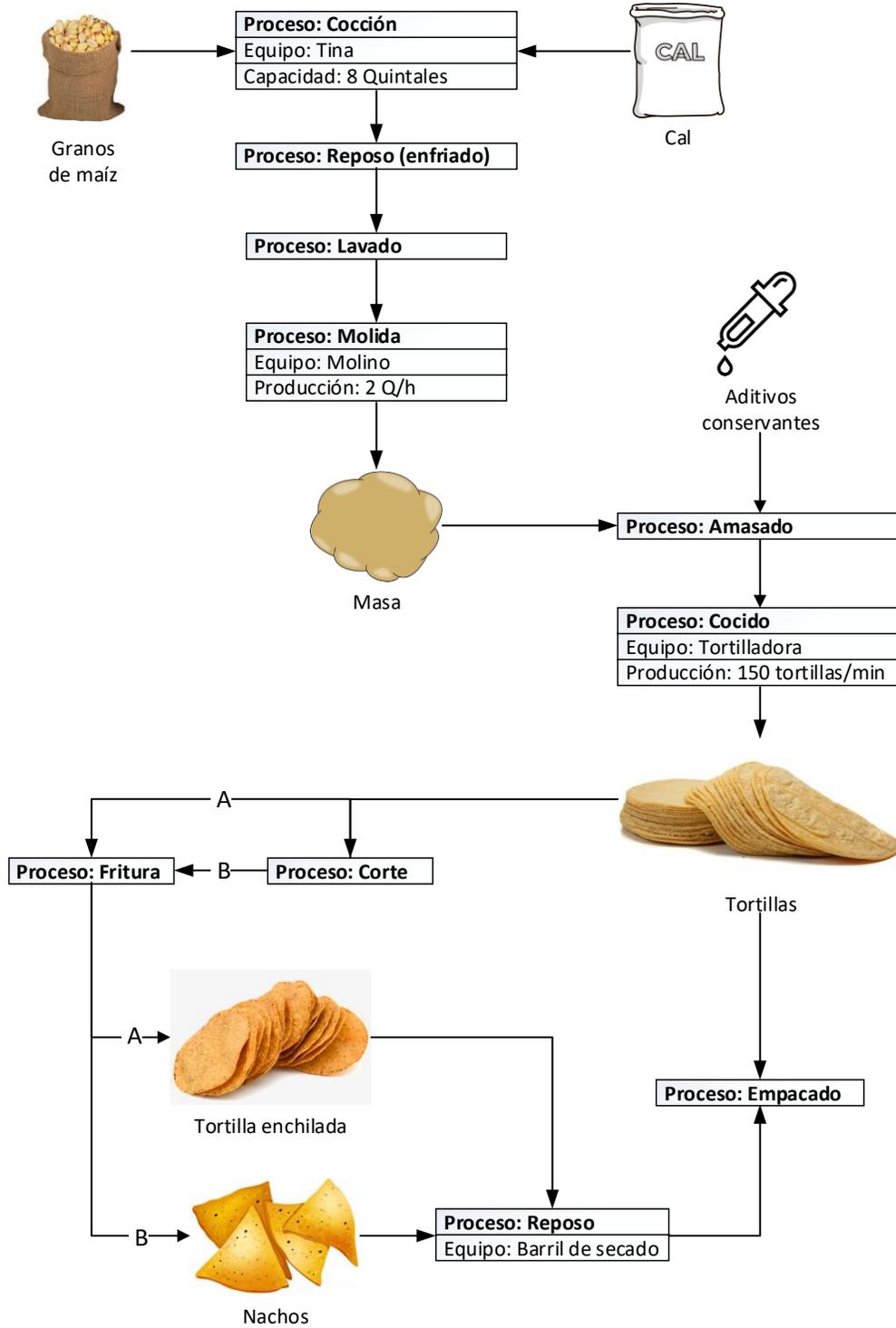


Ilustración 6. Esquema del proceso de la empresa Del Maíz S.A. de C.V.

### 2.13. Descripción de equipos

**Tina de cocimiento para Nixtamal:** Es un recipiente en el cual se cose el maíz para hacer nixtamal; en dicho recipiente se coloca los granos de maíz junto con la cal y agua, para luego calentarla utilizando los quemadores en la parte baja de la tina.

**Molino de maíz:** Es una máquina diseñada para que cuenta con una tolva de alimentación

en la cual se depositan los granos de maíz con una cierta humedad para ser procesados en la cámara principal, la cual consta de un conjunto de discos que muelen los granos de maíz para generar una masa de maíz.



*Ilustración 7.* Tina de cocimiento para Nixtamal  
Fuente: Foto Del Maíz S.A. de C.V.



*Ilustración 8.* Molino de maíz  
Fuente: Foto Del Maíz S.A. de C.V.

**Amasadora:** Es un deposito con un conjunto de paletas en la cual se coloca la masa obtenida del molino junto con los aditivos conservantes para mezclarlos con el movimiento rotacional de las paletas, esto permite una mezcla más uniforme y una mejor textura de la masa.

**Tortilladora:** Es una máquina para fabricar tortillas en serie, estas tortilladoras reciben la masa de maíz nixtamalizado para pasarla por compresión y recortar la forma de la tortilla delgada para ser pasadas por una cinta transportadora metálica dentro de un horno para que se horneen las tortillas.



*Ilustración 9.* Amasadora  
Fuente: Foto Del Maíz S.A. de C.V.



*Ilustración 10.* tortilladora  
Fuente: <http://www.tortilladorascelorio.com.mx/images/flash/maquinaria/130KS.png>

## Capítulo III: Metodología

### 3.1. Descripción de la metodología

La metodología a utilizar parte de la observación de los hechos, procesos y procedimientos en la línea de producción de tortillas y nachos, luego se procede con un diagnóstico básico enfocado en la gestión del mantenimiento para seleccionar las áreas con necesidad de estabilización o mejora.

Siguiendo los pasos de un método científico [2]:

- **Observación:** Se realiza utilizando la herramienta del TPS “*Standing in the circle*” en la línea de producción y se acompaña durante diversas visitas al personal de mantenimiento para conocer como es el desarrollo de su trabajo. También se consideran las diversas entrevistas y comentarios de los operadores durante las visitas.
- **Definición del problema:** Luego la observación, se detectan problemáticas en la disponibilidad del personal de mantenimiento, la falta de documentación de procesos, falta de programación y planificación en los mantenimientos, inexistencia de documentación de históricos, entre otros.
- **Hipótesis:** Basado en los problemas definidos, se realiza consenso con la empresa y el personal sobre los puntos clave y posibles a trabajar, cotejando contra los problemas observados.
- **Verificación:** Durante el levantamiento y recolección de datos se confirma la inexistencia de la documentación de datos, históricos, poca planificación y problemas en la disponibilidad de mantenimiento.
- **Conclusión:** Finalmente, los resultados obtenidos permiten determinar las herramientas necesarias a utilizar para mejorar o estabilizar los procesos o procedimientos en la operación, documentado las conclusiones al final de esta tesis.

A continuación se detalla la metodología utilizada:

- **Introducción a la empresa:** Antes de proceder con cualquier punto técnico, es necesario conocer el funcionamiento y desarrollo de la empresa, es decir, saber que hacen, como lo hacen, como realizan sus procesos y ejecutan sus mantenimientos.

- **Diagnóstico:** Considerando que la empresa no tiene una documentación o registro de los mantenimientos y funcionamiento de los equipos, se considera iniciar con el diagnóstico general de la línea de producción.
  - **Levantamiento general de equipos:** Como primer punto se hace el reconocimiento de los equipos existentes en la empresa, su función principal, sus componentes principales y la información general de cada uno de ellos. Se realizó un recorrido completo de la planta de producción y alrededor de 8 visitas que cubrieron entrevistas con el personal de mantenimiento, 2 operadores y el fundador de la empresa.
  - **Recolección de información:** Al no existir una documentación concreta, la información se recolecta directamente las entrevistas de dos operadores y el encargado de mantenimiento, quienes tienen la noción más cercana sobre datos de fallos, problemas, tiempos de mantenimiento, influencia de los fallos, entre otros.
  - **Clasificación por criticidad:** Con los datos recolectados se puede realizar una matriz de criticidad en los que se puede separar aquellos equipos de mayor importancia para la empresa basados en un criterio de impacto del fallo de los equipos en la producción, costos y seguridad.
- **Diseño:** Con la información recolectada y el análisis del diagnóstico del mantenimiento de la empresa se puede ver los puntos principales a reforzar y diseñar los formatos de recolección de datos que en un futuro permitirán el análisis para mejorar los procesos de mantenimiento y reducir sus costos de ejecución.
  - **Formato de registro de equipos:** Para poder llevar un registro en bitácora es necesario definir un formato de registro que permita tener una base en la que se pueda limitar y consultar los equipos y sus componentes a los cuales se les realiza mantenimientos.
  - **Políticas del plan de mantenimiento:** Un punto clave para la delimitación de tareas y responsabilidades de la ejecución del plan de mantenimiento es definir las políticas de dicho plan considerando la parte de producción y mantenimiento.
  - **Tablas de registro:** Dichas tablas son los formatos que permitirán llevar un registro básico de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, inventario, entre otras, los cuales serán la base del diseño del cronograma de mantenimiento y definición de los indicadores de mejora.

- **Bitácora de mantenimiento:** El diseño de la bitácora debe permitir recolectar las variables necesarias que en un futuro puedan ser utilizadas para realizar un análisis de los impactos del mantenimiento.
- **Cronograma de mantenimiento:** El cronograma es la representación más básica del plan mantenimiento con la proyección de las actividades a realizar durante el próximo año, basándose en la información previamente recolectada.
- **Recomendaciones:** Debido al alcance del actual proyecto, la continuidad y seguimiento para el desarrollo completo del plan de mantenimiento y su ejecución son responsabilidad de la empresa, por lo que establecen las recomendaciones que la empresa queda en libertad de seguir o ejecutar para la funcionalidad y mejora en la ejecución del mantenimiento.

### 3.2. Diagnóstico inicial de la empresa

A continuación se realiza el diagnóstico inicial de la empresa basados en la Checklist de auditoria de mantenimiento de RENOVETEC de su Colección de Mantenimiento Industrial para los cursos de mantenimiento empresariales en donde:

0 – Totalmente desfavorable  
1 – Desfavorable

2 – Favorable  
3 – Totalmente favorable

Tabla 3. Checklist de diagnóstico del mantenimiento Del Maíz S.A. de C.V.

No	Checklist	0	1	2	3
<b>Personal de mantenimiento</b>					
1	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?			X	
2	¿Hay personal que pueda considerarse imprescindible cuya ausencia afecta a la actividad normal del área de mantenimiento?	X			
3	¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar mantenimiento el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?		X		
4	¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento?			X	
5	¿El personal de mantenimiento puede realizar tareas mecánicas, eléctricas o de instrumentación sencillas?				X
6	¿El personal de mantenimiento puede realizar tareas mecánicas, eléctricas o de instrumentación especializadas?		X		
7	¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control químico, etc.)?				X
8	¿Se respeta el horario de entrada y salida?			X	
9	¿Se respeta la duración de los descansos?			X	
10	¿Los tiempos de intervención se ajustan a la duración teórica estimable en que podrían realizarse los trabajos?			X	
11	¿El personal de mantenimiento se siente reconocido en su trabajo?			X	
12	¿El personal de mantenimiento está comprometido con los objetivos de la empresa?			X	
<b>Herramientas de mantenimiento</b>					
13	¿Las herramientas se corresponden con lo que se necesita?				X
14	¿Existe un inventario de herramientas?		X		
15	¿Se comprueba periódicamente el inventario de herramientas?		X		
16	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?			X	
17	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?		X		
18	¿Se dispone de los medios de transporte que se necesitan?		X		
19	¿Se dispone de los medios de elevación que se necesitan (carretillas elevadoras, carretillas manuales, diferenciales, etc.)?		X		

Tabla 4. Checklist de diagnóstico del mantenimiento Del Maíz S.A. de C.V.

No	Checklist	0	1	2	3
<b>Plan de mantenimiento</b>					
20	¿Existe un plan de mantenimiento que afecte a todas las áreas y equipos significativos de la planta?	X			
21	¿Hay una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento (está claro quién y cuándo se realiza cada tarea)?	X			
22	¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?	X			
23	¿Se han analizado los fallos críticos de la planta?	X			
24	¿El Plan está orientado a evitar esos fallos críticos de la planta y/o a reducir sus consecuencias?	X			
25	¿El plan de mantenimiento se realiza?	X			
26	¿La proporción entre horas/hombre dedicadas a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?			X	
27	¿El número de averías repetitivas es bajo?			X	
28	¿El tiempo medio de resolución de una avería es bajo?			X	
29	¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?		X		
30	¿Este sistema se utiliza correctamente?		X		
31	¿El número de averías pendientes de reparación es bajo?				X
32	¿La razón por la que las averías pendientes están pendientes está justificada?				X
33	¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de la planta?	X			
34	¿Las conclusiones de estos análisis se llevan a la práctica?	X			
<b>Procedimientos de mantenimiento</b>					
35	¿Todas las tareas habituales de mantenimiento están recogidas en procedimientos?	X			
36	¿Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles?	X			
37	¿Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea?	X			
38	¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea utiliza el procedimiento aprobado?	X			
39	¿Los procedimientos de mantenimiento se actualizan periódicamente?	X			
<b>Stock de repuestos</b>					
40	¿Existe una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?	X			
41	¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?				X
42	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?			X	
43	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	X			
44	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?	X			
45	¿Los movimientos de repuestos se registran?	X			
46	¿Coincide lo que se cree que se tiene con lo que se tiene realmente?			X	
47	¿El lugar de almacenamiento está limpio y ordenado?		X		
48	¿Es fácil localizar cualquier pieza?		X		
49	¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?		X		
50	¿Se realizan comprobaciones del material cuando se recibe?			X	

A continuación se presentan los resultados del diagnóstico de la auditoría:

Tabla 5. Resultados de la Checklist diagnóstico de mantenimiento

Auditoria	Ponderación	0- Totalmente Desfavorable	1- Desfavorable	2- Favorable	3- Totalmente favorable
Personal de mantenimiento	24%	1	2	7	2
Herramientas de mantenimiento	14%	0	5	1	1
Plan de mantenimiento	30%	8	2	3	2
Procedimientos de mantenimiento	10%	5	0	0	0
Stock de repuestos	22%	4	3	3	1

Para completar la Checklist de diagnóstico se utilizaron datos provenientes de diversas charlas y entrevistas con el personal de mantenimiento y operadores de producción, también se realizaron pequeñas visitas a la bodega de repuestos y se obtuvieron observaciones a través de la metodología de “*Standing in the circle*” para diversos procesos de producción y administrativos/logísticos.

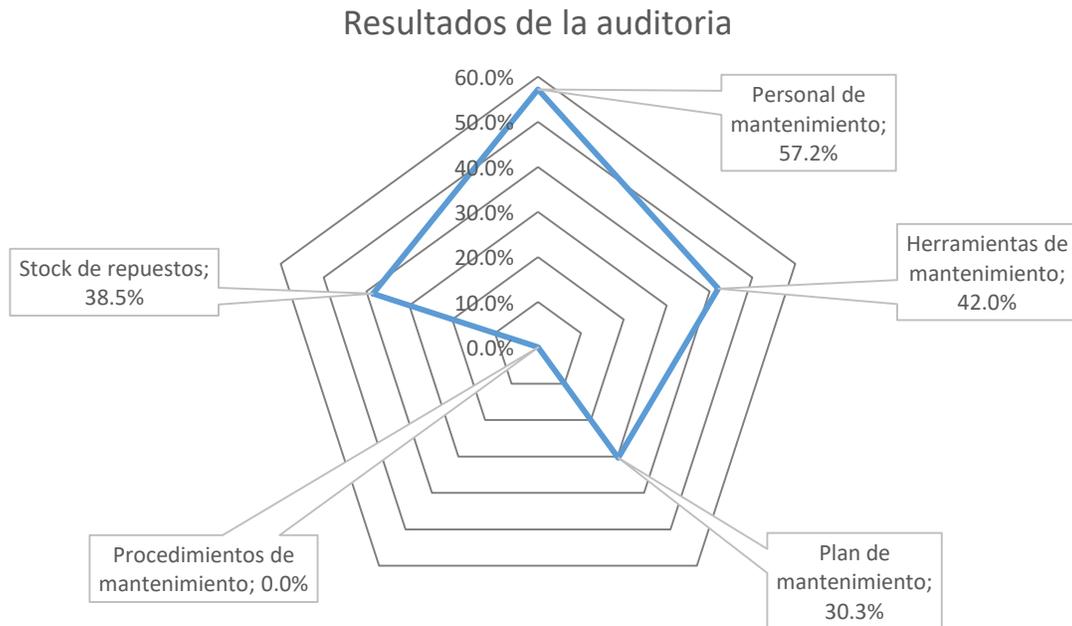


Ilustración 11. Gráfico de resultados de Checklist diagnóstico de mantenimiento

Se puede observar que el punto más crítico es la falta de documentación de procedimientos de mantenimiento, seguido por la falta de un plan de una estructura para un plan de mantenimiento y una buena gestión de inventario.

Los resultados únicamente se discutieron con el responsable de mantenimiento quien acordó que la parte más crítica han sido los procedimiento de mantenimiento, ya que hasta la actualidad no existen estándares ni documentación que permita que un operador pueda realizar actividades de mantenimiento no complejas sin el apoyo del encargado de mantenimiento. Por otra parte, la falta de documentación de procesos le dificulta al encargado del mantenimiento algunas actividades que no se realizan con frecuencia.

En cuanto al plan de mantenimiento, el encargado de mantenimiento no presento mayor importancia, sino que para él es más relevante mejorar la parte de los stocks de repuestos y las herramientas de mantenimiento.

### 3.3. Levantamiento general de equipos

Partiendo del hecho que no existe una documentación de los equipos, será necesario realizar un levantamiento de los equipos que se encuentran en los diferentes procesos y sus componentes más significativos. A continuación se presenta la tabla del levantamiento de equipos en los diferentes procesos:

Tabla 6. Levantamiento de equipos Del Maíz S.A. de C.V.

<b>Nivel 0 Proceso</b>	<b>Nivel 1 Equipo principal</b>	<b>Nivel 2 Sub-equipo</b>	<b>Nivel 3 Componentes</b>
Cocción	Tina		1x Válvula de globo 3/4"
			2x Válvula de globo 1/2"
			1x Tubo Capilar 3/8"
			1x Tubo Capilar 7/16"
Lavado	Tolva de extracción		1x Válvula de globo 1/2"
			4x Chorro de 1/2"
			4x Celda perforadas
Molida de maíz	Molino	Motor 7.5 HP	2x Polea de ranura
			2x Correa B84
			1x Eje de transmisión
			2x Chumaceras UC 1.1/4"
			Tolva
Amasado	Amasadora	Sistema de transmisión	Motor 1 HP
			1x Correa B49
			1x Cadena paso 40
			1x Flecha
			2x Chumacera UC 205
			2x Chumacera F 205
5x Paletas			

Tabla 7. Levantamiento de equipos Del Maíz S.A. de C.V. (Continuación)

<b>Nivel 0</b> <b>Proceso</b>	<b>Nivel 1</b> <b>Equipo principal</b>	<b>Nivel 2</b> <b>Sub-equipo</b>	<b>Nivel 3</b> <b>Componentes</b>
Tortilladora	Máquina de tortilla	Motor 1.5 HP (reductor)	
		Motor 1.5 HP (Transmisión)	
		Motor 1 HP (Distribución de gas)	
		Sistema de paletas	
		Espiral	
		Sinfín	
		Rodillos	
		Horno	3x Parrilla (Comal)
			1x Malla de transporte

### **3.4. Matriz de criticidad**

Para definir la criticidad de los equipos y evaluar cuáles de ellos deben ser priorizados en el plan de mantenimiento se presentan los siguientes criterios de evaluación, los cuales fueron definidos con el encargado de mantenimiento, ya que es quien tiene una mejor noción del comportamiento de los equipos, pues es de recordar que no existen registros de los punto a evaluar:

#### **Frecuencia de fallas (FF)**

1. Presenta hasta 1 evento de fallo anual.
2. Presenta 2 a 3 eventos de fallo anual.
3. Presenta eventos de fallo trimestral.
4. Presenta 1 o más eventos de fallo mensual.

#### **Seguridad - Higiene -Ambiente (SHA)**

1. No hay impacto en el ambiente o seguridad.
2. Podría generar leves impactos en el ambiente (como el derrame de aceite de fritura en drenajes) o seguridad (quemaduras de primer grado o cortaduras superficiales).
3. Causa impactos considerables en el ambiente (derrame de lubricantes en drenajes) o seguridad (quemaduras de segundo grado, cortaduras profundas o accidentes que puedan necesitar una opinión médica para tratar).
4. Causa grandes impactos en el ambiente (contaminación de recursos naturales por mala eliminación de residuos) o seguridad no reversibles (muerte, amputaciones o accidentes que necesiten atención medica de inmediato).

#### **Calidad (CA)**

1. No genera impacto en la calidad del producto.
2. Causa impacto no significativo en la calidad del producto (es reprocesable), no afecta al cliente, por ejemplo la mezcla que no tiene la consistencia adecuada es necesaria reprocesar hasta lograr la consistencia adecuada.
3. Causa impacto significativo en el producto (no es reprocesable), puede afectar indirectamente al cliente (puede disgustar al cliente pero no pelagra la seguridad del cliente), por ejemplo el

caso de la tortilladora que determina el grosor de las tortillas de tacos, pues una vez la tortilla sale como producto final, no se puede procesar nuevamente para cambiar su grosor afectando indirectamente al cliente a la hora de consumir el producto.

4. Causa perdida del producto o afecta directamente al cliente (puede dañar la seguridad del cliente), por ejemplo si un equipo tuviese el riesgo de contaminar el producto con lubricante que no sea grado alimenticio o peor aún tuviese el potencial riesgo de contaminar los alimentos con particulado de desgaste de algún componente.

**Impacto en producción (IP)**

1. No afecta la producción.
2. Puede parar la producción hasta 1 hora.
3. Puede parar la producción de 1 hora a un día completo.
4. Puede detener la producción por más de un día.

También se considera la adaptación de la Ecuación (1): Riesgo y la Ecuación (2): Consecuencia de fallo para el caso específico de la empresa, conformando la siguiente ecuación de riesgo:

$$Riesgo = FF * \left( \frac{SHA + CA + IP}{3} \right) \tag{3}$$

A continuación se presenta la tabla de evaluación de los equipos y la ponderación de riesgo adaptada para el caso actual, clasificando el riesgo en “Baja”, “Media” y “Alta” criticidad:

Frecuencia	4	M	A	A	A
	3	M	M	A	A
	2	B	M	M	A
	1	B	B	M	M
		1	2	3	4
	Consecuencia				

*Ilustración 12. Adaptación de ponderación MCR*

Tabla 8. Evaluación de criticidad de equipos Del Maíz S.A. de C.V.

<b>Equipo</b>	<b>SHA</b>	<b>CA</b>	<b>IP</b>	<b>Criticidad</b>	<b>FF</b>	<b>Riesgo</b>
Tina	2	1	1	2	1	B
Sistema de distribución (piloto auxiliar)	2	1	2	2	1	B
Tolva de extracción	1	1	1	1	1	B
Molino	1	3	4	3	3	A
Amasadora	1	2	3	2	2	M
Máquina de tortilla	1	3	2	2	2	M

Considerando los resultados del análisis general de criticidad, tenemos un equipo de alta criticidad y dos de media criticidad, por lo que son los puntos clave en los cuales se debe centrar el plan de mantenimiento y la BOM.

A continuación se presentan los detalles de la evaluación consultados con el responsable de mantenimiento de los equipos:

### **Tina**

- SHA (Ponderación 2/4): Si presenta fugas en el casco puede haber derrames de agua caliente y su contacto directo o recibir vapor muy directo puede provocar quemaduras leves de primer grado.
- CA (Ponderación 1/4): Nunca se ha reportado que este equipo afecte la calidad del producto, pues siempre se trabaja dentro del rango de cocimiento y reposo.
- IP (Ponderación 1/4): El mayor problema que podría presentar la tina es una fuga por picadura, pero en dicho caso el fallo no es significativo ya que se puede solventar con parches temporales o rellenando agua según las dimensiones de la fuga.
- FF (Ponderación 1/4): La tina jamás ha presentado un fallo.

### **Sistema de distribución**

- SHA (Ponderación 2/4): Los potenciales riesgos son quemaduras de primer grado.
- CA (Ponderación 1/4): Dicho equipo no tiene un impacto directo en la producción, pues simplemente es un sistema de distribución.
- IP (Ponderación 2/4): Al presentarse una fuga en el sistema de distribución (o baja de presión) habría que pausar el proceso de cocción; las reparaciones del sistema de distribución consisten únicamente o en sellar la fuga o cambiar la tubería en tiempos menores a 1 hora.
- FF (Ponderación 1/4): Nunca se ha presentado una fuga significativa durante la producción, las potenciales fugas han sido corregidas en mantenimiento preventivo.

### **Tolva de extracción**

- SHA (Ponderación 1/4): La tolva no presenta riesgos para el operador ni para el medio ambiente.
- CA (Ponderación 1/4): La tolva no es un equipo que pueda afectar el producto o la producción.
- IP (Ponderación 1/4): La tolva no es un equipo que pueda afectar el producto o la producción.
- FF (Ponderación 1/4): La tolva jamás ha presentado un fallo.

### **Molino**

- SHA (Ponderación 1/4): El molino no presenta riesgos para el operador ya que trabaja a bajas revoluciones y los discos con filo se encuentran inaccesibles directamente durante la operación, así mismo tampoco presenta riesgos para el medio ambiente.
- CA (Ponderación 3/4): Si los discos están muy desgastados, la masa no logra la textura adecuada y esto afecta la consistencia final del producto.
- IP (Ponderación 4/4): El desgaste excesivo de un disco o fallo en el sistema motriz del disco produce el paro de la producción de la masa por lo que la producción se detendrá al terminar de usar la masa que se lograra obtener hasta antes del fallo del molino; su reparación puede tomar hasta 2 días dependiendo del fallo, ya que se debe mandar a un taller externo.
- FF (Ponderación 3/4): El equipo presenta el fallo más común en el sistema de transmisión debido a un aflojamiento en la polea motriz, la cual disminuye y afecta las revoluciones de los discos, lo cual suele ocurrir cada 2 o 3 meses de uso.

## **Amasadora**

- SHA (Ponderación 1/4): El molino no presenta riesgos para el operador ya que trabaja a bajas revoluciones y usa paletas sin filo, así mismo tampoco presenta riesgos para el medio ambiente.
- CA (Ponderación 2/4): Depende del tiempo y fuerza de mezclado en el molino así se logra la consistencia de la masa, por lo que una mala manipulación o un fallo en las paletas podría hacer que la mezcla no sea uniforme, cambiando la consistencia del producto final; si esto sucediese, es necesario reprocesar el proceso de amasado hasta lograr la consistencia correcta.
- IP (Ponderación 3/4): Al detectarse un fallo como el rompimiento de una paleta o la fractura en el esclavo de la flecha podría para la producción hasta un día completo en caso sea necesario desmontar el sistema motriz de las paletas para extraer el esclavo empotrado de la flecha y el de la paleta para remplazarlo por otro y ajustarlo nuevamente.
- FF (Ponderación 2/4): El fallo más común presenta el rompimiento del esclavo de las paletas debido a la resistencia que presenta la masa, esto suele ocurrir en un promedio 1 a 2 veces al año.

## **Máquina de tortilla**

- SHA (Ponderación 1/4): El diseño de la TORTEC y la ubicación de los puestos de los operadores no permiten que el operador este expuesto al contacto con partes expuestas a alto calor, por lo que no representa peligro para ellos.
- CA (Ponderación 3/4): La TORTEC moldea la masa para obtener las tortillas de tacos o tortillas normales, en caso de un fallo o desajuste en los rodos, el grosor o forma de las tortillas puede cambiar y esto no es reprocesable, por lo que si los parámetros son tolerables puede pasar como producto final.
- IP (Ponderación 2/4): Los fallos más comunes de la TORTEC suelen resolverse en 20 a 40 minutos, ya que son problemas de ajuste en rodos.
- FF (Ponderación 2/4): Los desajustes en la TORTEC son casos raros pero se suelen dar después de cada 6 meses.

## Capítulo IV: Resultados

### 4.1. BOM tortilladora

A continuación se presenta el desglose de la lista de ítems de la tortilladora:

Tabla 9. BOM tortilladora

Nivel	Equipo	Subnivel	Subequipo	Item mantenible	Cant
1	Tortilladora	0	-	-	-
2	Tortilladora	1	Tolva de alimentación	-	-
2	Tortilladora	2	Caja de engranajes	-	-
2	Tortilladora	3	Cañón extrusor	-	-
2	Tortilladora	4	Dado con manivela	-	-
2	Tortilladora	5	Transportador de testales	-	-
2	Tortilladora	6	Base y motor de polea variable	-	-
3	Tortilladora	1	Tolva de alimentación	Buje para tolva	1
3	Tortilladora	1	Tolva de alimentación	Tolva recta	1
3	Tortilladora	1	Tolva de alimentación	Paleta para formador	1
3	Tortilladora	1	Tolva de alimentación	Hélice	1
3	Tortilladora	1	Tolva de alimentación	Gusano cónico	1
3	Tortilladora	1	Tolva de alimentación	Tolva cónica	1
3	Tortilladora	1	Tolva de alimentación	Perillas de sujeción	2
3	Tortilladora	1	Tolva de alimentación	Birlo de sujeción	2
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Engranaje para gusano recto 64 dientes 1.1/4"	1
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Engranaje cónico 24 dientes 1.1/4"	1
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Buje de flecha motriz para gusano	1
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Perilla para sujeción	2
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Brilo de sujeción	2
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Retenedor para aceite 631819	2
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Garlock	2
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Pista balero axial TCR 2435	2
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Balero axial TCR 2435	2
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Flecha para gusano motriz recto	1
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Engranaje para gusano cónico 64 dientes 1.1/2"	1
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Buje Boston FB 1620-6	1
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Empaque para tapa inferior	1
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Tapa inferior para transmisión exterior	1
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Cuña de flecha vertical 3/8" x 1"	1

Tabla 9. BOM tortilladora (Continuación)

Nivel	Equipo	Subnivel	Subequipo	Item mantenible	Cant
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Flecha motriz de alimentación vertical	1
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Buje Boston M-1620-24	1
3	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Buje Boston M-1620-6	1
3	Tortilladora	3	Cañón extrusor	Gusano extrusor recto	1
3	Tortilladora	3	Cañón extrusor	Buje para cañón	1
3	Tortilladora	3	Cañón extrusor	Cañón	1
3	Tortilladora	3	Cañón extrusor	Distribuidor de masa CVS	1
3	Tortilladora	3	Cañón extrusor	Birlo de 7/16" x 3" RF RS	2
3	Tortilladora	3	Cañón extrusor	Grapa C-35	2
3	Tortilladora	3	Cañón extrusor	Arandela esférica SPW 4 (cóncava)	2
3	Tortilladora	3	Cañón extrusor	Maneral para sujetar dado	2
3	Tortilladora	4	Dado con manivela	Cuña para válvula rotativa 3/16" x 1.1/8"	1
3	Tortilladora	4	Dado con manivela	Cortador rotativo 2 cavidades 15.5 cm FV	1
3	Tortilladora	4	Dado con manivela	Chumacera media luna	2
3	Tortilladora	4	Dado con manivela	Guía izquierda para labio móvil	1
3	Tortilladora	4	Dado con manivela	Guía derecha para labio móvil	1
3	Tortilladora	4	Dado con manivela	Labio móvil	1
3	Tortilladora	4	Dado con manivela	Protalabio fijo	1
3	Tortilladora	4	Dado con manivela	Labio fijo	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Soporte lateral izquierdo	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Soporte lateral derecho	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Bushing soporte izquierdo	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Bushing soporte derecho	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Tensor de malla	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Flecha excéntrica	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Embrague manual de válvula	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Engranaje impulsor para válvula	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Catarina impulsor para válvula	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Rodillo para transportado de testales	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Buje para rodillo	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Malla fina 13.5 para testales	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Bushing bronce FB 1216-16	1
3	Tortilladora	5	Transportador de testales	Bushing bronce FB 1216-8	1
3	Tortilladora	6	Base y motor de polea variable	Polea variable 1.1/2 HP A60 7/8	1

Tabla 9. BOM tortilladora (Continuación)

<b>Nivel</b>	<b>Equipo</b>	<b>Subnivel</b>	<b>Subequipo</b>	<b>Item mantenible</b>	<b>Cant</b>
3	Tortilladora	6	Base y motor de polea variable	Banda para polea variable #526-12	1
3	Tortilladora	6	Base y motor de polea variable	Cuña para polea 3.3/8"	1
3	Tortilladora	6	Base y motor de polea variable	Motor 1.1/2 HP	1
3	Tortilladora	6	Base y motor de polea variable	Volante y manivela	1
3	Tortilladora	6	Base y motor de polea variable	Manivela de volante	1
3	Tortilladora	6	Base y motor de polea variable	Flecha pivote	1

## **4.2. Propuesta de formato para diseño de políticas**

A continuación se presenta la propuesta de la política de mantenimiento utilizando el formato sugerido por Stephen Page [8]:

### **1.0 Propósito**

La política actual establece las bases generales que definen al plan de mantenimiento y los lineamientos generales de su desarrollo.

### **2.0 Personas afectadas**

Personal de mantenimiento: Deben ejecutar el plan de mantenimiento y realizarle cambios al plan cuando se consideren necesarios.

Personal de producción: Deben apearse al plan de mantenimiento y ajustar su producción conforme a las intervenciones programadas.

### **3.0 Políticas**

La política establece que:

- 1- El plan de mantenimiento incluirá los mantenimientos preventivos y correctivos bajo el criterio de costo impacto.
- 2- El plan de mantenimiento no es definitivo, ya que ante los criterios de costo impacto, este puede sufrir modificaciones según sea considerado en pro de estos criterios, los cuales son criticidad de los equipos, costo de mantenimiento, costo horas hombre, entre otros.
- 3- El personal de mantenimiento debe ejecutar las actividades programadas de mantenimiento preventivo.
- 4- El personal de mantenimiento debe programar las actividades preventivas en armonía con el personal de producción, logrando un punto que cumpla con la ejecución del mantenimiento con el menor impacto posible en la producción.
- 5- El personal de producción debe permitir el total control de los equipos ante un mantenimiento crítico.
- 6- Los criterios principales para que un mantenimiento sea considerado correctivo son:
  - a) El costo del fallo es menor al costo del mantenimiento preventivo.
  - b) El fallo no genera un impacto considerable en la producción, seguridad o ambiente.
- 7- Los criterios principales para que un mantenimiento sea considerado preventivo son:
  - a) El costo de la prevención del fallo debe ser menor al fallo del equipo.
  - b) EL fallo del equipo puede generar un impacto considerable en la producción, seguridad o ambiente.

### **4.0 Definición**

N/A: No aplica

Mantenimiento crítico: Todo aquel mantenimiento que debe ser realizado inmediatamente para prevenir una posible falla que genere un alto impacto en la producción o seguridad.

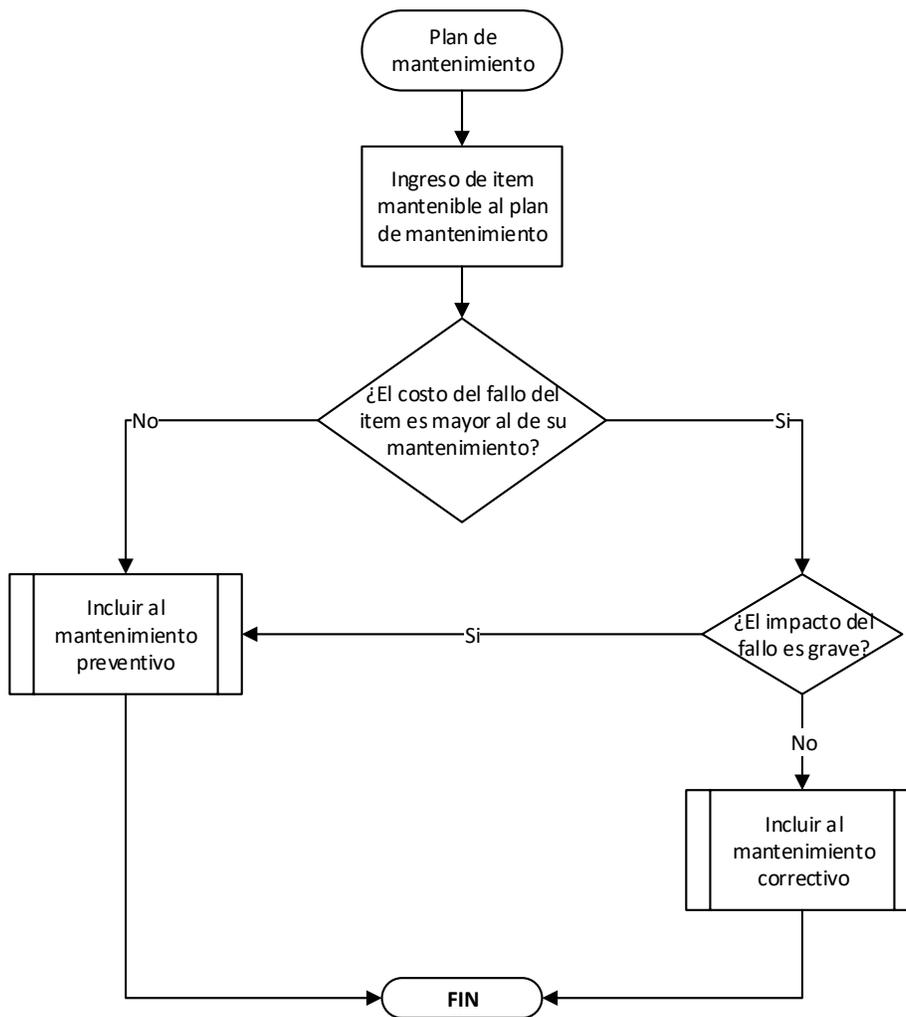
### 5.0 Responsabilidades

Personal de mantenimiento: Ejecutar las checklist de mantenimiento, realizar las inspecciones de los equipos, ejecutar el plan de mantenimiento, modificar el plan de mantenimiento y programar las actividades de mantenimiento.

Personal de producción: Cooperar con la programación de las actividades de mantenimiento.

### 6.0 Referencias

#### 6.1 Diagrama de flujo – Criterio de plan de mantenimiento



### 7.0 Historial de revisión

Fecha	N° de revisión	Cambio	Referencia
11/10/2020	1.0	Creación del documento	N/A

### **4.3. Políticas propuestas**

#### **Política del plan de mantenimiento**

Es política del área de mantenimiento de Del Maíz S.A. de C.V. que se debe realizar la planificación de la ejecución de los mantenimientos preventivos en consenso con la planificación de producción, en la cual los tiempos de mantenimiento se deben adecuar a los tiempos de producción, siempre y cuando los tiempos establecidos por producción no pongan en riesgo la vida útil del equipo.

#### **Política de horas extra por fallo**

Es política de Del Maíz S.A. de C.V. que ante una falla de algún equipo que comprometa el tiempo de entrega de un cliente, el personal estará en disposición de la ejecución de horas extra pagadas según sea el caso:

- Personal de mantenimiento será necesario en casos de fallo, reparación y monitoreo de un equipo para el cumplimiento total o parcial del pedido del cliente.
- Personal de producción será necesario para realizar los procesos de producción y operación de equipos para el cumplimiento total o parcial del pedido del cliente.

#### **Política de paros no programados**

Es política de Del Maíz S.A. de C.V. que ante un fallo o potencial fallo de un equipo que comprometa la seguridad de una persona o la producción en curso, el personal con criterio para determinar el fallo o potencial fallo puede ordenar un paro en la producción según el caso:

- Riesgo de seguridad: No se necesita autorización para realizar el paro.
- Riesgo en producción: Es necesario que el paro sea autorizado por el personal de mantenimiento, supervisor de producción o superior.

#### 4.4. Actividades de mantenimiento

A continuación se presentan las actividades de mantenimiento para los equipos de mayor criticidad, las cuales han sido definidas con la experiencia del personal de mantenimiento y los operadores y en el caso específico de la tortilladora se han considerado algunas actividades definidas en el manual de un equipo similar RODOTEC [13]:

Tabla 10. Lista de mantenimientos preventivos (Equipos de alta criticidad) parte 1 de 2

No	Equipo	Componente	Cantidad	Actividad de mantenimiento	Tipo
P1	Molino			Limpieza general del equipo	P
P2	Molino	Discos	6	Afilar	P
P3	Tortilladora	Cuerpo de arrastre		Lubricación de cadena con grafito humedecido con aceite 40	P
P4	Amasadora	Chumacera	6	Lubricación con grasa High Temp de 1 disparo	P
P5	Amasadora	Motor		Limpieza con soplador	P
P6	Amasadora	Cadena		Lubricación con aceite 3 en 1	P
P7	Molino	Chumacera	2	Lubricación con grasa High Temp de 2 a 3 disparos hasta que salga la grasa sucia	P
P8	Molino	Sinfín esclavo		Verificación y chequeo de desgaste	p
P9	Tortilladora			Lavado de maya y superficies	P
P10	Tortilladora	Chumaceras arrastre	6	Lubricación con grasa High Temp de 2 a 3 disparos hasta que salga la grasa sucia	P
P11	Tortilladora	Chumaceras mayas	4	Lubricación con grasa High Temp de 2 a 3 disparos hasta que salga la grasa sucia	P
P12	Tortilladora	Deslizador recto		Desmontaje, limpieza y lubricación	P
P13	Tortilladora	Deslizador curvo		Desmontaje, limpieza y lubricación	P
P14	Tortilladora	Caja de transmisión		Cambio de aceite 140, 1.5 gal	P
P15	Tortilladora	Caja reductora		Revisión de manivela abierta	P
P16	Tortilladora	Caja reductora		Cambio de aceite 140, 1/4 gal	P
P17	Amasadora	Chumaceras	6	Evaluación de cambio de chumaceras	P
P18	Molino	Chumaceras	2	Evaluación de cambio de chumaceras	P
P19	Tortilladora			Sopleteado de conductos de distribución de gas	P
P20	Tortilladora	Chumaceras	10	Evaluación de cambio de chumaceras	P
C1	Amasadora	Paletas	5	Cambio al fallo	C
C2	Molino	Sinfín esclavo		Cambio al fallo	C
C3	Molino	Fajas de transmisión		Cambio al fallo	C
C4	Molino	Poleas		Cambio al fallo	C
C5	Molino	Discos	6	Cambio al desgaste	C

Tabla 11. Lista de mantenimiento preventivos (Equipos de alta criticidad) parte 2 de 2

No	Equipo	Frecuencia	Duración estimada	Responsable	Insumos/ repuestos
P1	Molino	Diario	30 min	Operador	Franelas y desengrasante
P2	Molino	Después de cada producción	5 min c/u	Operador	Afilador
P3	Tortilladora	15 días	45 min	Mantenimiento	Mezcla de grafito preparada y franela
P4	Amasadora	Mensual	1 min c/u	Mantenimiento	Dispensador de lubricante con grasa High temp y franela
P5	Amasadora	Mensual	10 min	Mantenimiento	Soplador, mascarilla y lentes
P6	Amasadora	Mensual	5 min	Mantenimiento	Aceite 3 en 1 y franela
P7	Molino	Mensual	1 min c/u	Mantenimiento	Dispensador de lubricante con grasa High temp y franela
P8	Molino	Mensual	1 min	Operador	
P9	Tortilladora	Mensual	30 min c/u	Operador/ Mantenimiento	Desengrasante, franela y cobertores plásticos
P10	Tortilladora	Mensual	1 min c/u	Mantenimiento	Dispensador de lubricante con grasa High temp y franela
P11	Tortilladora	Mensual	1 min c/u	Mantenimiento	Dispensador de lubricante con grasa High temp y franela
P12	Tortilladora	Mensual	0.5 d	Mantenimiento	Kit de herramientas (Llave, desarmador, palanca, dados, etc.), carretilla, franela, cobertores plásticos, desengrasante y grasa
P13	Tortilladora	Mensual	0.5 d	Mantenimiento	Kit de herramientas, carretilla, franela, cobertores plásticos, desengrasante y grasa
P14	Tortilladora	2 meses	1.5 h	Mantenimiento	Aceite 140, recipiente para almacenamiento de aceite viejo
P15	Tortilladora	2 meses	10 min	Mantenimiento	
P16	Tortilladora	2 meses	1.5 h	Mantenimiento	Aceite 140, recipiente para almacenamiento de aceite viejo
P17	Amasadora	Anual	5 min c/u	Mantenimiento	
P18	Molino	Anual	5 min c/u	Mantenimiento	
P19	Tortilladora	Anual	10 min	Mantenimiento	Soplador, mascarilla y lentes
P20	Tortilladora	Anual	5 min c/u	Mantenimiento	
C1	Amasadora			Mantenimiento	Kit de herramientas y Llave Allen 3/16"
C2	Molino			Mantenimiento	Kit de herramientas
C3	Molino			Mantenimiento	Kit de herramientas y 2 correas B84
C4	Molino			Mantenimiento	Kit de herramientas
C5	Molino			Mantenimiento	Kit de herramientas y juego de discos

#### 4.5. Control de inventario

Actualmente no se posee un control sobre el inventario de repuestos que se maneja en la empresa, por lo que es conveniente definir un formato en el cual se pueda registrar el movimiento de inventario y crear un registro lo más cercano posible a una base de datos que compile dicha información, para lo cual se presenta el formato de registro de movimientos, así como el formato de control de inventario manejados desde Excel:

Tabla 12. Formato de control de Inventario (Tabla Inventario)

Id_Repuesto	Repuesto	Stock	Unidades
1		0	

Tabla 13. Formato de movimiento de inventario (Tabla Registro)

Fecha	Repuesto	Cantidad_Ingreso	Cantidad_Salida	Unidades	Costo_Unitaio	Costo_Total

En la tabla de inventario se condiciona el Stock basado en la suma de las entradas menos las salidas de los repuestos colocados en la tabla de registro, pero la tabla de inventario a su vez es la tabla base que alimenta a la tabla de registro para evitar duplicidades de los repuestos, es decir que primero se debe registrar el repuesto en la tabla de inventario y luego se puede crear una entrada o salida de este repuesto, finalmente la tabla de inventario hará el cálculo del stock automáticamente. Las condiciones están dadas de la siguiente manera:

Tabla 14. Restricciones de tablas de inventario y registro para control de inventario

Tabla	Columna	Restricción
Inventario	Id_Repuesto	Valor correlativo único para cada repuesto
	Repuesto	Texto libre
	Stock	Limitado por la fórmula: =SUMIF(Registro1[[Repuesto]:[Cantidad_Salida]];[Repuesto];Registro1[Cantidad_Ingreso])- SUMIF(Registro1[[Repuesto]:[Cantidad_Salida]];[Repuesto];Registro1[Cantidad_Salida])
	Unidades	Texto libre
	Fecha	Validación de datos, debe ser una fecha mayor a 01/01/20
Registro	Repuesto	Validación de datos, texto que pertenezca a la columna Repuesto de la tabla inventario
	Cantidad_Ingres	Validación de datos, valor entero mayor o igual a 0
	Cantidad_Salida	Validación de datos, valor entero mayor o igual a 0
	Unidades	Limitado por la fórmula que hace match con las unidades asignadas al repuesto en la tabla Inventario: =VLOOKUP([Repuesto];Data1[[Repuesto]:[Unidades]];3;0)
	Costo_Unitario	Validación de datos, valor entero o decimal mayor o igual a 0
	Costo_Total	Limitado por formula que multiplica la Cantidad_Ingreso por el Costo_Unitario



Utilizando los formatos para la documentación de procesos se plasmaron dos procesos de mantenimiento:

		Limpieza de Tortilladora	Mantenimiento
Fecha de documentación:	18/11 /2020	Creado por:	_____
<b>Indicaciones:</b> Pasos para realizar la limpieza de la Tortilladora.			
No	Descripción	Observación	
1	Remover tapadera		
2	Tapar motores y sistemas eléctricos		
3	Remover mallas		
4	Lavar mallas		
5	Sopletear rieles		
6	Lavar la Tortilladora con desengrasante		
7	Enjuagar Tortilladora		
8	Secar equipo		
9	Lubricar las cadenas	Mezcla de grafito con aceite	
10	Armar nuevamente el equipo		
11	Lubricar chumaceras		

*Ilustración 14.* Ejemplo del formato de procesos: Limpieza de tortilladora

		Cambio de caja de transmisión	Mantenimiento
Fecha de documentación:	18/11 /2020	Creado por:	_____
<b>Indicaciones:</b> Pasos para realizar el cambio de la caja de transmisión de la Tortilladora.			
No	Descripción	Observación	
1	Desmontar tornillos de sujeción		
2	Drenar aceite	No botar, se debe revisar	
3	Desacople de corona	Hacer inspección visual de corona	
4	Remover baleros		
5	Quitar la caja para hacer el cambio		
6	Montar la caja sustituta		
7	Elaborar empaque		
8	Limpiar la pista de pernos		
9	Montar capa de silicón		
10	Implantar empaque		
11	Realizar el acople	Realizar la maniobra de empotramiento	
12	Aplicar lubricante	1.1/2 de Galón SAE 140	

*Ilustración 15.* Ejemplo del formato de procesos: Cambio de caja de transmisión

#### 4.7. Bitácora de mantenimiento

La metodología de la bitácora de mantenimiento consta del uso de una plantilla en Excel para documentar los mantenimientos realizados en los diversos equipos y sus ítems mantenibles, A continuación se presenta el formato de la plantilla en Excel de dicha bitácora:

Tabla 15. Formato de bitácora de mantenimiento

Fecha	Equipo	Subequipo	Item mantenible	Actividad de mantenimiento	Tipo de mantenimiento	Costo de mantenimiento

Con el fin de mejorar el futuro desarrollo y análisis del plan de mantenimiento en un futuro, se aplica la práctica de establecer una base de información para el ingreso de los datos, en donde cada columna está definida por una tabla base de información como se puede mostrar en los ejemplos a continuación:

Tabla 16. Ejemplo de tabla de lista de equipos

Equipo_Id	Equipo
1	Toritlladora
2	Amasadora
3	Molino

Tabla 17. Ejemplo de tabla de lista de subequipos

SubEquipo_Id	Subequipo
1	Motor
2	Transmisión
3	Caja de engranajes
4	Sinfín

Tabla 18. Ejemplo de tabla de lista de ítems mantenibles

ItemM_Id	Item Mantenible
1	Hélice
2	Eje
3	Retenedor
4	Buje para tolva

Tabla 19. Ejemplo de tabla de actividades de mantenimiento

Mtto_Id	Actividad de mantenimiento
1	Limpieza
2	Lubricación
3	Afilar
4	Desmontaje
5	Inspección

Tabla 20. Ejemplo de tabla de tipos de mantenimiento

TipoMtto_Id	Tipo de mantenimiento	Descripción
1	P	Preventivo
2	C	Correctivo

#### 4.8. Cronograma de mantenimiento

A continuación se presenta la propuesta de programación del mantenimiento de enero del 2021:

Tabla 21. Propuesta de programación de mantenimiento semana 1 y semana 2 Enero/2021

Actividades de mantenimiento	1/1/2021	2/1/2021	3/1/2021	4/1/2021	5/1/2021	6/1/2021	7/1/2021	8/1/2021	9/1/2021	10/1/2021	11/1/2021	12/1/2021	13/1/2021	14/1/2021
Aliado de discos de molino		X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Limpieza de molino		X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Lubricación de cadena de arrastre de tortilladora									X					
Lubricación de chumaceras de amasador				X										
Limpieza de motor de amasador														
Lubricación de cadena de amasador														
Lubricación de chumacera de molino				X										
Revisión de desgaste de sinfín del molino														
Lavado de maya y superficie de tortilladora			X											
Lubricación de chumaceras de arrastre del tortilladora														
Lubricación de chumaceras de maya del tortilladora														
Desmontaje, limpieza y lubricación de deslizador recto de tortilladora			X											
Desmontaje, limpieza y lubricación de deslizador curvo de tortilladora			X											
Cambio de aceite de caja reductora de tortilladora														
Revisión de manivela abierta de tortilladora														
Evaluación de chumaceras del tortilladora														
Evaluación de chumaceras del amasador														
Evaluación de chumaceras del molino														
Limpieza de distribuidor de gas de tortilladora														

Tabla 22. Propuesta de programación de mantenimiento semana 3 y semana 4 Enero/2021

<b>Actividades de mantenimiento</b>	15/1/2021	16/1/2021	17/1/2021	18/1/2021	19/1/2021	20/1/2021	21/1/2021	22/1/2021	23/1/2021	24/1/2021	25/1/2021	26/1/2021	27/1/2021	28/1/2021
Aliado de discos de molino	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Limpieza de molino	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Lubricación de cadena de arrastre de tortilladora									X					
Lubricación de chumaceras de amasador														
Limpieza de motor de amasador														
Lubricación de cadena de amasador														
Lubricación de chumacera de molino														
Revisión de desgaste de sinfín del molino														
Lavado de maya y superficie de tortilladora														
Lubricación de chumaceras de arrastre del tortilladora		X												
Lubricación de chumaceras de maya del tortilladora		X												
Desmontaje, limpieza y lubricación de deslizador recto de tortilladora														
Desmontaje, limpieza y lubricación de deslizador curvo de tortilladora														
Cambio de aceite de caja reductora de tortilladora														
revisión de manivela abierta de tortilladora														
Evaluación de chumaceras del tortilladora														
Evaluación de chumaceras del amasador														
Evaluación de chumaceras del molino														
Limpieza de distribuidor de gas de tortilladora														

#### 4.9. Indicadores cualitativos de mejora

Considerando la falta de medición y documentación de datos, las mejoras se empezaran a ver con la documentación de los mismos, pero a su vez se presenta los indicadores cualitativos que se proyectan para dar a conocer que se empieza a hacer mejoras en la gestión del mantenimiento:

Tabla 23. Proyección de indicadores de mejora

<b>Indicadores</b>	<b>Antes</b>	<b>Proyección</b>	<b>Mejora</b>
Control de costos	Documentación de costos generales, no se conocen exactamente los costos de mantenimiento	Separar los costos de mantenimiento	Uso de la bitácora de mantenimiento para el control de costos de mantenimiento
Frecuencia de fallo de equipos	Se desconoce exactamente, basado en estimaciones y memoria	Documentar los fallos de los equipos	Uso de la bitácora de mantenimiento para el control de fallos
Planificación de mantenimiento	Programada por mantenimiento y ajustada a producción	Coordinada por mantenimiento y producción	Cronograma de mantenimiento junto con política que define y delimita ambas áreas
Diagnóstico de la gestión del mantenimiento	Desconocido, no se sabe si hay mejoras	Medible	Checklist de diagnóstico de mantenimiento
Control de inventario	Se desconoce exactamente, basado en estimaciones y memoria	Conocer y controlar el stock de inventario	Uso del formato de registro y control de inventario

#### 4.10. KPI propuestos

Una vez se empiecen a tener datos y mediciones de mantenimiento y producción, pero los datos por sí solo no son mucha ayuda como el poder utilizarlos para realizar un análisis de cómo estos varían en el tiempo para saber si la empresa está mejorando o no.

Actualmente no es posible utilizar los indicadores para evaluar el estado actual de la empresa debido a la falta de documentación de datos, pero considerando los formatos propuestos a utilizar para generar diferente recopilación de datos se proponen los siguientes KPIs:

Tabla 24. Resumen de KPIs

KPI	Responsable	Frecuencia	Meta estimada inicial
FF	Mantenimiento	Semanal	FF < 0.05 fallos/h
Costo de mantenimiento	Administración	Mensual	Costo de mantenimiento (mes actual) ≤ costo de mantenimiento (menor valor de meses anteriores)*
PMP	Mantenimiento	Mensual	PMP ≥ 80% MTBF ≥ 100 h/parada
MTBF	Mantenimiento	Trimestral	Considerando una producción promedio de 50 horas a la semana, se establece una meta de 1 fallo cada 2 semanas
Costo de inventario	Administración	Semestral	Costo de inventario (mes actual) ≤ costo de inventario (menor valor de meses anteriores)*

\*En el caso de los KPI de Costo de mantenimiento y Costo de inventario, por razones de confidencialidad de la empresa no se pueden revelar las metas establecidas con la empresa (**Ver anexo K**).

**Frecuencia de fallo (FF):** Los datos se pueden obtener de la bitácora de mantenimiento y registro de producción.

$$FF = \frac{\text{Numero de fallas}}{\text{Tiempo de operacion}} \quad (4)$$

Para este indicador, mantenimiento debe estar encargado de calcular la FF utilizando los registros de las fallas y registros de producción; considerando todo tipo de fallos, afecten o no a producción, se tiene un estimado promedio de 2.5 fallos por semana con producción variable en cuanto a horas, pero si se consideran las jornadas promedio de producción de 50 horas semanales obtendríamos un valor actual estimado de 0.05 fallos/hora o su equivalente en un fallo cada 20 horas. Dicho valor puede ser calculado al final de cada semana con el cierre de la producción semanal.

**Costos de mantenimiento:** Los datos se pueden obtener de la bitácora de mantenimiento y registro de inventario.

$$\sum_{Fecha\ inicial}^{Fecha\ final} Costos\ de\ inventario + costos\ de\ mantenimiento + Planilla\ mantenimiento \quad (5)$$

Los costos de mantenimiento deben ser controlados principalmente por administración, con el apoyo de mantenimiento, debido a que administración es quien tiene acceso a la información de los registros de costos y planillas. Al ser responsabilidad de administración el llevar el control del indicador, es prudente realizar un cálculo mensual, aprovechando sus otras actividades contables que realizan para el cumplimiento de cierre de mes.

Considerando que el valor de la planilla de mantenimiento y el número de técnicos no es una variable que se pueda reducir, será necesario atacar el costo de inventario y el costo de mantenimiento para mejorar el indicador, aunque se desconoce el valor actual, se ha estimado y consensado establecer una meta dependiente con tendencia negativa, es decir, se definirá el valor con respecto a la medición actual en la cual la meta dependerá en mantener o reducir dicho valor mensualmente, esto hasta definir valores máximos permisibles de costos de mantenimiento e inventario.

**Porcentaje de mantenimiento planificado (PMP):** Los datos se pueden obtener del cronograma de mantenimiento y la bitácora de mantenimiento.

$$PMP = \left( 1 - \left| \frac{Tiempo\ planeado - Tiempo\ Real}{Tiempo\ planeado} \right| \right) * 100 \quad (6)$$

El PMP puede calcularse mensualmente ante la revisión de la planificación del siguiente mes, por lo cual el responsable debe ser mantenimiento, ya que es quien debe rendir cuentas ante producción sobre las intervenciones que no cumplan la planificación.

Los valores óptimos para empresa de clase mundial del PMP están por arriba del 90%, mientras que para empresas que no son clase mundial aceptan un valor del 85%. En el caso específico de Del Maíz S.A. de C.V. se debe considerar que está iniciando con una planificación básica en coordinación de mantenimiento producción, por lo que un valor aceptable sería un PMP del 80%.

**Mean Time Between Failures (MTBF):** Los datos se pueden obtener de la bitácora de mantenimiento.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo disponible} - \textit{Tiempo de inactividad del equipo}}{\textit{Numero de paradas}} \quad (7)$$

La importancia del MTBF es conocer la tendencia de fallos en los equipos y mejorarlas ajustando el mantenimiento preventivo o realizando optimización en la producción o mantenimiento, es por ello que el punto ideal para realizar la evaluación es cada 3 meses durante la planificación del cronograma de mantenimiento, durante el cual se puede evaluar la efectividad de la programación anterior con el MTBF, siendo mantenimiento responsable de calcular y analizar los valores para la siguiente programación. El MTBF es un indicador que debe ser aplicado independiente por equipo, por lo que no se puede establecer una meta arbitraria sin conocer los valores actuales para cada equipo, es por ello que se puede establecer una meta relativa de lograr una tendencia positiva en el MTBF conforme se realicen las mediciones, aunque se debe considerar que esto dependerá del tiempo de operación, ya que este puede variar según la demanda, por lo que se debe tener en cuenta este detalle para considerar la variación cuando existan grandes diferencias entre el tiempo de operación disponible en dos meses diferentes.

**Costo de inventario:** Los datos se pueden obtener del control de inventario.

$$\textit{Costo de inventario} = \sum \textit{Stock del repuesto} * \textit{Costo unitario promedio} \quad (8)$$

El control de inventario es una actividad normalmente realizada una vez al año, pero considerando la bodega y cantidad estimada de inventario que manejar, además de la necesidad de empezar a llevar un control, se puede realizar semestralmente y luego convertirse en una actividad anual.

Para tener el control real del inventario es necesaria el apoyo de mantenimiento, pero únicamente para validar la existencia real que se registrara en el control de inventario, pues quien debe asumir la responsabilidad del control de los costos de inventario debe ser administración.

Al desconocer el inventario real y a su vez no tener un registro actualizado de su valor, el primer paso será realizar el levantamiento de inventario y establecer el costo de su existencia basados en el costo actual de cada repuesto o un equivalente para tener un punto de partida, una vez logrado se establecerá la meta de reducción de inventario tomando el menor valor logrado.

#### 4.10. Ejemplos de cálculos KPI

##### Frecuencia de fallos

Utilizando la *Ecuación (4)*: *Frecuencia de fallo* se obtendrá el valor del KPI respecto al funcionamiento de una semana de 4 días de producción y 2 fallos reportados al encargado de mantenimiento:

Tabla 25. Registro de fallos para ejemplo de cálculo de frecuencia de fallos

Día	Horas de producción	Equipo	Fallo
Lunes	10	Molino Tortilladora	Atasco por falta de limpieza Ajuste de dados por tortillas muy gruesas
Martes	8		
Miércoles	0		
Jueves	9		
Viernes	8		
Sábado	0		
<b>Total</b>	<b>35 horas</b>		<b>2 fallos</b>

Al sustituir los valores correspondientes obtenemos:

$$FF = \frac{\text{Numero de fallas}}{\text{Tiempo de operacion}} = \frac{2}{35} = 0.06 \frac{\text{Fallos}}{\text{Hora}}$$

Lo cual es equivalente a un fallo cada 17.5 horas de producción. Considerando que nuestro objetivo es lograr un  $FF = 0.05$  fallos/hora, es decir un fallo cada 20 horas, se puede calcular que tan bien o mal se encuentran contra el valor meta:

$$\text{Cumplimiento del KPI} = \left(1 - \frac{20 - 17.5}{20}\right) * 100 = 87.5\%$$

##### Costos de mantenimiento

Utilizando la *Ecuación (5)*: *Costos de mantenimiento* se obtendrá la comparación entre 2 meses diferentes cuyos valores no son reales, sino con el fin de ejemplificar el desarrollo para la obtención del valor del KPI.

Caso ejemplo: En diciembre se realiza el conteo de inventario y se ha valorado en \$5000.00, partiendo de dicho punto se empieza a controlar el movimiento del inventario y costos de mantenimiento y los sucesos se detallan a continuación:

Enero:

- Se realizar el cambio de 2 rodamientos en el motor del molino por los que se encuentran en stock valorado en \$125.00 cada uno.
- La flecha de la amasadora se quiebra debido a una mezcla muy sólida, por lo que se tuvo que comprar material y subcontratar un taller para la fabricación de la pieza, el costo del material es de \$350.00 mientras que el taller ha entregado una factura por \$200.00 de servicio.
- Actividades de limpieza, lubricación y otros consumibles han presentado un costo de \$175.00.

Febrero:

- Se realiza la compra de un juego de paletas nuevas y 2 bandas para la polea de transmisión para la amasadora que suman un total de \$825.00.
- Debido a una variación en la producción por aumento de la demanda, el personal de mantenimiento presenta horas extra este mes valoradas en \$40.00 sobre planilla.
- Actividades de limpieza, lubricación y otros consumibles han presentado un costo de \$235.00.

Tabla 26. Registro de costos para ejemplo de cálculo de costos de mantenimiento

<b>Mes</b>	<b>Costo en inventario</b>	<b>Costo mantenimiento</b>	<b>Planilla mantenimiento</b>	<b>Total</b>
Enero	\$ 4750.00	\$ 975.00	\$450.00	\$6175.00
Febrero	\$5575.00	\$235.00	\$490.00	\$6300.00

Al evaluar el costo de mantenimiento se observa que en el mes de febrero los costos han aumentado debido al incremento de inventario principalmente, por lo cual el al analizar el KPI vemos un efecto negativo:

$$\text{Cumplimiento del KPI} = \left( \frac{6175 - 6300}{6175} \right) * 100 = -2\%$$

### Porcentaje de mantenimiento planificado (PMP)

Para determinar el PMP se utiliza el plan del cronograma de mantenimiento para obtener el tiempo planeado, mientras que el tiempo real se obtiene de la bitácora de mantenimiento.

Para el ejemplo del cálculo de PMP se considera que el mes anterior se planificaron 6 actividades de mantenimiento que suman 14 horas, pero en la bitácora se reflejan que realmente se ejecutaron 9 intervenciones de mantenimiento que suman 17.5 horas; a continuación se realiza el cálculo correspondiente utilizando la *Ecuación (6): Porcentaje de mantenimiento planificado*:

$$PMP = \left(1 - \left|\frac{14 - 17.5}{14}\right|\right) * 100 = 75\%$$

### Mean Time Between Failures (MTBF)

En el caso de MTBF se puede determinar con los datos de la bitácora de mantenimiento y conociendo el tiempo disponible para producción, por lo que para el ejemplo se utilizan los siguientes datos para la *Ecuación (7): Mean Time Between Failures*:

$$MTBF = \frac{174 - 7}{4} = 55.7 \frac{h}{parada}$$

Tabla 27. Registro paradas de mantenimiento para ejemplo de cálculo del MTBF

	<b>Disponibilidad de producción</b>	<b>No de paradas</b>	<b>Tiempo de paradas</b>
<b>Semana 1</b>	50 h	2	6.5 h
<b>Semana 2</b>	44 h	0	0 h
<b>Semana 3</b>	44 h	1	0.5 h
<b>Semana 4</b>	36 h	0	0 h
<b>Total</b>	174 h	3	7 h

### Costo de inventario

Para obtener los costos de inventario es necesario utilizar el archivo en Excel del Formato de registro y control de inventario (ver el anexo C), ya que realizar el cálculo manualmente utilizando la *Ecuación (8): Costo de inventario* resulta muy complicado debido a la cantidad de inventario. Utilizando la plantilla en Excel se realiza la suma ponderada de los repuestos con stock para hacer el cálculo de forma automática.

#### **4.11. Archivos entregables**

A continuación se presenta la lista de archivos a entregar a la empresa Del Maíz S.A de C.V.:

1. Formato de documentación de políticas (archivo Word). – ver anexo A
2. Formato de documentación de procesos (archivo Word). – ver anexo B
3. Formato de registro y control de inventario (archivo Excel). – ver anexo C
4. Plantilla de BOM de equipos (archivo Excel). – ver anexo D
5. Plantilla para bitácora de mantenimiento (archivo Excel). – ver anexo E
6. Checklist de diagnóstico editable para evaluación (archivo Excel). – ver anexo F
7. Propuesta de política para el plan de mantenimiento (archivo Word). – ver anexo G
8. Proceso de limpieza de tortilladora (archivo Word). – ver anexo H
9. Proceso de cambio de caja de transmisión de tortilladora (archivo Word). – ver anexo I
10. Cronograma de mantenimiento – Programación de Enero 2021 (archivo Excel). – ver anexo J

## Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

- De acuerdo con el diagnóstico realizado, las tres áreas con mayor deficiencia, en cuanto a gestión del mantenimiento y en orden de criticidad, son el inventario, la planeación y los procedimientos de trabajo. En función de este diagnóstico se realizó el levantamiento y documentación del Plan de Mantenimiento para del Maíz S.A. de C.V., siendo elementos claves para su adecuado funcionamiento las políticas definidas y la implementación de la programación de las listas de chequeo de mantenimiento.
- Se determinó la BOM de los equipos según su análisis de criticidad, en conjunto con las políticas diseñadas, se tomaron como insumo para el diseño del plan de mantenimiento, el cual busca responder tanto al diagnóstico de la gestión como a las necesidades específicas de mantenimiento de los equipos.
- Según se determinó a través de la matriz de criticidad, el equipo de mayor criticidad para Del Maíz S.A. de C.V. es el molino, seguido por la amasadora y la tortilladora; por tal razón, la secuencia o priorización para implementar el plan de mantenimiento debe ser en el orden mencionado, puesto que son los que, en caso de falla, generarían un mayor impacto para la empresa.
- Actualmente, Del Maíz S.A. de C.V. no posee datos sobre las actividades de mantenimiento y sus resultados, lo cual dificulta el análisis que pueda hacerse sobre la gestión del mantenimiento. Para ello, se han determinado las listas de chequeo, cronograma de mantenimiento, detalle de actividades, archivos para la documentación y registro y los Indicadores Claves de Desempeño que permitirán realizar un análisis adecuado de la gestión y sus resultados, así como la identificación de mejoras necesarias.
- La capacidad del mantenimiento se puede mejorar al estandarizar los procesos de mantenimiento y entrenar a los operadores en tareas básicas que alivianen la carga de trabajo del único encargado del mantenimiento, para que el tiempo utilizado en dichas actividades pueda invertirlo en el aprendizaje de la parte administrativa del mantenimiento y el uso de las herramientas sugeridas.

## 5.2. Recomendación

Actualmente Del Maíz S.A. de C.V. debe empezar a datar registros de mantenimiento e inventario, ya que esto permitirá en un futuro lograr realizar un análisis del estado de la gestión de mantenimiento, así mismo se podrá tener un control sobre los costos de mantenimiento e inventario.

Considerando que las bitácoras de producción y los registros contables se documentan únicamente de forma física, se recomienda empezar a dar un salto de la parte análoga a la digital, considerando como la herramienta más sencilla para ello las hojas de cálculo en Excel; es por ello, que los formatos han sido provistos en archivos de Excel, pues no se ve la necesidad del uso de una base de datos, siendo contraproducente considerando el nivel actual de la empresa.

El punto más importante radica en mantener la disciplina de registrar los mantenimientos y movimientos de inventario, ya que los formatos no tendrán valor alguno si estos no son utilizados de forma adecuada, es decir que también deben ser categóricos con la información a utilizar para completar los formatos, además se ha considerado la forma más práctica para los operadores ya que el conocimiento necesario para el uso de los formatos en Excel ha limitado a las funciones básicas conocidas por el encargado de mantenimiento y la mayoría de los operadores.

Finalmente es importante que con el pasar del tiempo se realice nuevamente la evaluación diagnóstica para visualizar los cambios logrados con las mejoras propuestas, y a medida se logre mejorar los puntos de la evaluación, será necesario hacer un diagnóstico más exhaustivo que considere el aumento del nivel de gestión de mantenimiento en la empresa.

Hay muchos puntos básicos que puede ser resuelto con capacitación básica para los trabajadores, por lo que no estaría demás realizar capacitaciones de mantenimiento aprovechando los recursos de instituciones como INSAFORP o inclusive literaturas o medios electrónicos que promuevan información básica y uso de herramientas para la gestión del mantenimiento.

## Glosario

### A

**Activo:** Según la norma ISO 55000 “un activo es algo que posee valor potencial o real para una organización. El valor puede variar entre diferentes organizaciones y sus partes interesadas y puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero”.

**Análisis de criticidad:** Técnica de análisis que permite identificar y jerarquizar por importancia a los activos en función de las consecuencias de sus potenciales evento de fallo.

---

### B

**BOM (Bill of materials):** Lista desglosada de componentes de un equipo.

---

### F

**Frecuencia de fallo:** Expresa la recurrencia del fallo promedio en un periodo de tiempo que presenta un equipo o componente.

---

### G

**Gestión de activos:** Según el EFNMS Asset Management Committee “la gestión óptima del ciclo de vida de los activos para conseguir los objetivos de negocio marcados”.

---

### I

**Inventario:** Conjunto de elementos, material, repuestos, materia prima, equipos y otros, que se almacenan con el fin de utilizarlos a posterior en un proceso.

---

### J

**Jerarquización:** En mantenimiento, es estructura que establece un orden definido por un criterio de subordinación o dependencia de equipos.

---

## K

**KPI (Key Performance Indicator):** Son un conjunto de métricas que definen una medición que evalúa el estatus de rendimiento de mejora partiendo de la toma de datos para el posterior cálculo de las métricas.

---

## L

**Lean Manufacturing:** Modelo de gestión que se enfoca en minimizar las pérdidas de los sistemas de producción, maximizando la creación de valor para el cliente final.

---

## M

**Mantenimiento autónomo:** Metodología de mantenimiento que define que el mantenimiento básico de los equipos debe ser realizado por los operadores, mientras que los mantenimientos mayores o complejos debe ser realizado por el personal de mantenimiento, con el fin de reducir los fallos de los equipos y las intervenciones innecesarias del departamento de mantenimiento.

**Mantenimiento correctivo:** conjunto de tareas que se llevan a cabo para corregir un fallo, una vez que éste se ha producido o al menos se ha iniciado el proceso que finalizará con la ocurrencia del fallo.

**Mantenimiento predictivo:** Es el mantenimiento que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad.

**Mantenimiento preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.

**Mejora continua:** Enfoque para la mejora de procesos operativos o administrativos que se basa en la necesidad de revisar continuamente las operaciones de los problemas, la reducción de costos oportunidad, la racionalización, y otros factores que en conjunto permiten la optimización.

---

## P

**Plan de mantenimiento:** conjunto de tareas preventivas a realizar en una instalación con el fin de cumplir unos objetivos de disponibilidad, de fiabilidad, de coste y con el objetivo final de aumentar al máximo posible la vida útil de la instalación.

---

## S

**Standing In The Circle (SITC):** Herramienta Lean que consiste en dibujar un círculo en el piso de producción (o puede ser imaginario), en el cual se debe estar una persona parada durante todo el turno de producción observando el funcionamiento del proceso y sus operadores, con el fin de cuestionarse por qué se realiza de esa forma y si hay una forma mejor de hacerlo.

---

## T

**Testal:** Porción de masa de maíz que tras ser aplanada se hace una tortilla para luego ser cocida.

**Toyota Production System (TPS):** Es un sistema integral de producción basada en la filosofía japonesa de los Toyota cuya metodología se basa una serie de conceptos simples pero muy eficaces.

## Bibliografía

- [1] Blanco, J., & Dederichs, T. (2018). *Lean maintenance - a practical, step-by-step guide for increasing efficienc.* Taylor & Francis Group.
- [2] Chinchilla Flamenco, D. (2012). *Guía didáctica I para seminarios de investigación social* (2nd ed.). San Salvador, El Salvador.
- [3] Duggan, K., 2018. *Creating Mixed Model Value Streams.* 2nd ed. Abingdon: Taylor & Francis Group.
- [4] Higgings, L. and Morrow, L., 1977. *Maintenance Engineering Handbook.* 6th ed. New York: McGraw-Hill.
- [5] Levitt, J. (2008). *Lean maintenance.* New York: Industrial Press.
- [6] Liker, J. and Meier, D., 2006. *Toyota Way Fieldbook.* New York: McGraw-Hill.
- [7] Parra Márquez, C. and Crespo Márquez, A., 2012. *Ingeniería De Mantenimiento Y Fiabilidad Aplicada En Gestión De Activos.* 2nd ed. Sevilla: Ingeman.
- [8] Page, S. (2016). *Writing Effective and Successful Policies and Procedures* (Kindle ed.).
- [9] Rother, M. and Shook, J., 1999. *Learning To See.* 1st ed. Massachuset, USA: The Lean Enterprise Institute.
- [10]García, S., 2009. Auditorías de mantenimiento. *Colección Mantenimiento Industrial.*
- [11]Valdivieso, J., 2010. *Diseño De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Empresa EXTRUPLAS S.A.* Ingeniería. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- [12]Watts, F., 2008. *Engineering Documentation Control / Configuration Management Standards Manual.* 3rd ed. Norwich, NY: William Andrew.
- [13]GRUMA, TECNOMAIZ. 2009. *Manual de operacion Rodotec - 150 Elite.* Mexico.
- [14]Mantenimiento.renovetec.com. 2020. *Plan De Mantenimiento.* [online] Disponible en: <<http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento>> [Revisado 19 Agosto 2020].
- [15]Mecalux.es. 2020. Lista De Materiales (BOM): El Mejor Aliado En La Cadena De Producción. [online] Disponible en: <<https://www.mecalux.es/blog/lista-materiales-bom>> [Revisado 10 Agosto 2020].

## Anexos

### A. Vistazo de formato de documentación de políticas (archivo Word)

#### Política (Nombre de la política)

##### 1.0 Propósito

Escribir el propósito por el cual ha sido escrita esta política.

##### 2.0 Personas afectadas

Enlistar al personal afectado y describir como este se ve afectado.

##### 3.0 Políticas

Describir las políticas a definir.

##### 4.0 Definición

Detallar cualquier abreviación, sigla o jerga utilizada en este documento.

##### 5.0 Responsabilidades

Describir cuales son las responsabilidades del personal involucrado con esta política.

##### 6.0 Referencias

Agregar las referencias necesarias para facilitar la comprensión de la política.

##### 7.0 Historial de revisión

Fecha	Nº de revisión	Cambio	Referencia

Autoriza: \_\_\_\_\_



C. Vistazo del formato de registro y control de inventario (archivo Excel)

	A	B	C	D
1	<b>Id_Repuesto</b>	<b>Repuesto</b>	<b>Stock</b>	<b>Unidades</b>
2	1			0
3	2			0
4	3			0
5	4			0
6	5			0
7	6			0
8	7			0
9	8			0
10	9			0
11	10			0
12	11			0
13	12			0
14	13			0

Inventario
Registro
+

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Fecha</b>	<b>Repuesto</b>	<b>Cantidad_Ingreso</b>	<b>Cantidad_Salida</b>	<b>Unidades</b>	<b>Costo_Unitario</b>	<b>Costo total</b>
2					#N/A		\$ -
3					#N/A		\$ -
4					#N/A		\$ -
5					#N/A		\$ -
6					#N/A		\$ -
7					#N/A		\$ -
8					#N/A		\$ -
9					#N/A		\$ -
10					#N/A		\$ -
11					#N/A		\$ -
12					#N/A		\$ -
13					#N/A		\$ -
14					#N/A		\$ -

Inventario
Registro
+

**D. Vistazo de plantilla de BOM de equipos (archivo Excel)**

	A	B	C	D	E	F
1	Niv	Equipo	Subniv	Subequipo	Item mantenible	Cantida
2	1	Tortilladora	0			
3	1	Tortilladora	1	Tolva de alimentacion		
4	1	Tortilladora	2	Caja de engranajes		
5	2	Tortilladora	3	Portaengranajes		
6	1	Tortilladora	3	Cañon extrusor		
7	1	Tortilladora	4	Dado con manivela		
8	1	Tortilladora	5	Transportador de testales		
9	1	Tortilladora	6	Base y motor de polea variable		
12	1	Tortilladora	1	Tolva de alimentacion	Buje para tolva	1
13	1	Tortilladora	1	Tolva de alimentacion	Tolva recta	1
14	1	Tortilladora	1	Tolva de alimentacion	Paleta para formador	1
15	1	Tortilladora	1	Tolva de alimentacion	Helice	1
16	1	Tortilladora	1	Tolva de alimentacion	Gusano conico	1
17	1	Tortilladora	1	Tolva de alimentacion	Tolva conica	1
19	1	Tortilladora	1	Tolva de alimentacion	Perillas de sujecion	2
20	1	Tortilladora	1	Tolva de alimentacion	Birlo de sujecion	2
24	1	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Engranaje para gusano recto 64 dientes 1.1/4"	1
25	1	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Engranaje conico 24 dientes 1.1/4"	1
26	1	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Buje de flecha motriz para gusano	1
27	1	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Perilla para sujecion	2
28	1	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Brilo de sujecion	2
29	1	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Retenedor para aceite 631819 Garlock	2
30	1	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Pista balero axial TCR 2435	2
31	1	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Balero axial TCR 2435	2
32	1	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Flecha para gusano motriz recto	1
33	1	Tortilladora	2	Caja de engranajes	Engranaje para gusano conico 64 dientes 1.1/2"	1
34	1	Tortilladora	2	Caia de engranaies	Buie Boston FB 1620-6	1

**E. Vistazo de la plantilla para bitácora de mantenimiento (archivo Excel)**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Equipo_Id	Equipo							
2		1							
3		2							
4		3							
5		4							
6		5							
7		6							

Equipos   SubEquipos   Items   Actividades\_Mtto   Tipo\_Mtto   Bitacora

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	SubEquipo_Id	Subequipo						
2		1						
3		2						
4		3						
5		4						
6		5						
7		6						

Equipos   SubEquipos   Items   Actividades\_Mtto   Tipo\_Mtto   Bitacora

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ItemM_Id	Item Mantenible						
2		1						
3		2						
4		3						
5		4						
6		5						
7		6						

Equipos   SubEquipos   Items   Actividades\_Mtto   Tipo\_Mtto   Bitacora

	A	B	C	D	E	F	G
1	Mtto_Id	Actividad de mantenimiento					
2		1 Limpieza					
3		2 Lubricación					
4		3 Inspección					
5		4 Reparación					
6		5 Cambio de componente					
7		6 Afilado					

Equipos   SubEquipos   Items   Actividades\_Mtto   Tipo\_Mtto   Bitacora

	A	B	C	D	E	F	G
1	TipoMtto_Id	Tipo de mantenimiento	Descripción				
2		1 P	Preventivo				
3		2 C	Correctivo				
4		3					
5		4					
6		5					
7		6					

Equipos   SubEquipos   Items   Actividades\_Mtto   Tipo\_Mtto   Bitacora

	A	B	C	D	E	F	G
1	Fecha	Equipo	Subequipo	Item mantenible	Actividad de mantenimiento	Tipo de mantenimiento	Costo de mantenimiento
2							
3							
4							
5							
6							
7							

Equipos   SubEquipos   Items   Actividades\_Mtto   Tipo\_Mtto   Bitacora

**F. Vistazo del checklist de diagnóstico editable para evaluación (archivo Excel)**

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Indicaciones:</b> Colocar el numero 1 en la celda que aplique para cada respuesta de la checklist						
2	<b>No</b>	<b>Area</b>	<b>Checklist</b>	<b>Totalmente desfavorable</b>	<b>Desfavorable</b>	<b>Favorable</b>	<b>Totalmente favorable</b>
3	1	Personal de mantenimiento	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?				
4	2	Personal de mantenimiento	¿Hay personal que pueda considerarse imprescindible cuya ausencia afecta a la actividad normal del área de mantenimiento?				
5	3	Personal de mantenimiento	¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar mantenimiento el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?				
6	4	Personal de mantenimiento	¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento?				
7	5	Personal de mantenimiento	¿El personal de mantenimiento puede realizar tareas mecánicas, eléctricas o de instrumentación sencillas?				
8	6	Personal de mantenimiento	¿El personal de mantenimiento puede realizar tareas mecánicas, eléctricas o de instrumentación especializadas?				
9	7	Personal de mantenimiento	¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control químico, etc.)?				
10	8	Personal de mantenimiento	¿Se respeta el horario de entrada y salida?				
11	9	Personal de mantenimiento	¿Se respeta la duración de los descansos?				
12	10	Personal de mantenimiento	¿Los tiempos de intervención se ajustan a la duración teórica estimable en que podrían realizarse los trabajos?				
13	11	Personal de mantenimiento	¿El personal de mantenimiento se siente reconocido en su trabajo?				
14	12	Personal de mantenimiento	¿El personal de mantenimiento está comprometido con los objetivos de la empresa?				

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Auditoria</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Totalmente Desfavorable</b>	<b>Desfavorable</b>	<b>Favorable</b>	<b>Totalmente favorable</b>	<b>Resultados</b>
2	Personal de mantenimiento	#DIV/0!	0	0	0	0	#DIV/0!
3	Herramientas de mantenimiento	#DIV/0!	0	0	0	0	#DIV/0!
4	Plan de mantenimiento	#DIV/0!	0	0	0	0	#DIV/0!
5	Procedimientos de mantenimiento	#DIV/0!	0	0	0	0	#DIV/0!
6	Stock de repuestos	#DIV/0!	0	0	0	0	#DIV/0!

## G. Vistazo de propuesta de política para el plan de mantenimiento (archivo Word)

### Política del plan de mantenimiento

#### 1.0 Propósito

La política actual establece las bases generales que definen al plan de mantenimiento y los lineamientos generales de su desarrollo.

#### 2.0 Personas afectadas

Personal de mantenimiento: Deben ejecutar el plan de mantenimiento y realizarle cambios al plan cuando se consideren necesarios.

Personal de producción: Deben apegarse al plan de mantenimiento y ajustar su producción conforme a las intervenciones programadas.

#### 3.0 Políticas

La política establece que:

1- El plan de mantenimiento incluirá los mantenimientos preventivos y correctivos bajo el criterio de costo impacto.

2- El plan de mantenimiento no es definitivo, ya que ante los criterios de costo impacto, este puede sufrir modificaciones según sea considerado en pro de estos criterios.

3- El personal de mantenimiento debe ejecutar las actividades programadas de mantenimiento preventivo.

4- El personal de mantenimiento debe programar las actividades preventivas en armonía con el personal de producción, logrando un punto que cumpla con la ejecución del mantenimiento con el menor impacto posible en la producción.

5- El personal de producción debe permitir el total control de los equipos ante un mantenimiento crítico.

6- Los criterios principales para que un mantenimiento sea considerado correctivo son:

- a) El costo del fallo es menor al costo del mantenimiento preventivo.
- b) El fallo no genera un impacto considerable en la producción, seguridad o ambiente.

7- Los criterios principales para que un mantenimiento sea considerado preventivo son:

- a) El costo de la prevención del fallo debe ser menor al fallo del equipo.
- b) EL fallo del equipo puede generar un impacto considerable en la producción, seguridad o ambiente.

#### 4.0 Definición

N/A: No aplica

Mantenimiento crítico: Todo aquel mantenimiento que debe ser realizado inmediatamente para prevenir una posible falla que genere un alto impacto en la producción o seguridad.

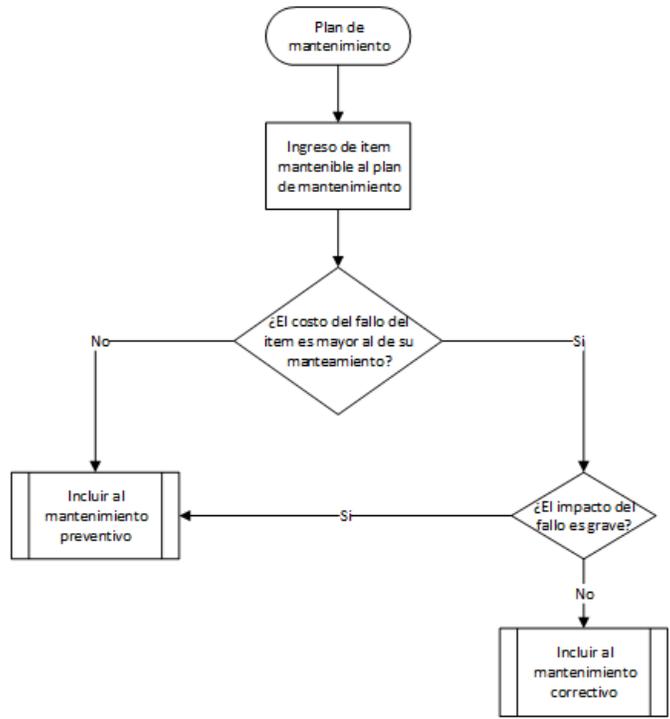
#### 5.0 Responsabilidades

Personal de mantenimiento: Ejecutar las checklist de mantenimiento, realizar las inspecciones de los equipos, ejecutar el plan de mantenimiento, modificar el plan de mantenimiento y programar las actividades de mantenimiento.

Personal de producción: Cooperar con la programación de las actividades de mantenimiento.

#### 6.0 Referencias

##### 6.1 Diagrama de flujo – Criterio de plan de mantenimiento



**7.0 Historial de revisión**

Fecha	Nº de revisión	Cambio	Referencia
11/10/2020	1.0	Creación del documento	N/A

Autoriza: \_\_\_\_\_

## H. Vistazo de proceso de limpieza de tortilladora (archivo Word)

	Limpieza de Tortilladora	Mantenimiento
Fecha de documentación: 18/11 /2020	Creado por: -----	

**Indicaciones:** Pasos para realizar la limpieza de la Tortilladora.

No	Descripción	Observación
1	Remover tapadera	
2	Tapar motores y sistemas eléctricos	
3	Remover mallas	
4	Lavar mallas	
5	Sopletear rieles	
6	Lavar la Tortilladora con desengrasante	
7	Enjuagar Tortilladora	
8	Secar equipo	
9	Lubricar las cadenas	Mezcla de grafito con aceite
10	Armar nuevamente el equipo	
11	Lubricar chumaceras	

## I. Vistazo de proceso de cambio de caja de transmisión de tortilladora (archivo Word)

	Cambio de caja de transmisión	Mantenimiento
Fecha de documentación: 18/11 /2020	Creado por: -----	

**Indicaciones:** Pasos para realizar el cambio de la caja de transmisión de la Tortilladora.

No	Descripción	Observación
1	Desmontar tornillos de sujeción	
2	Drenar aceite	No botar, se debe revisar
3	Desacople de corona	Hacer inspección visual de corona
4	Remover baleros	
5	Quitar la caja para hacer el cambio	
6	Montar la caja sustituta	
7	Elaborar empaque	
8	Limpiar la pista de pernos	
9	Montar capa de silicón	
10	Implantar empaque	
11	Realizar el acople	Realizar la maniobra de empotramiento
12	Aplicar lubricante	1.1/2 de Galón SAE 140

## J. Vistazo del cronograma de mantenimiento – Programación trimestral (archivo Excel)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
		1/1/2021	2/1/2021	3/1/2021	4/1/2021	5/1/2021	6/1/2021	7/1/2021	8/1/2021	9/1/2021	10/1/2021	11/1/2021	12/1/2021	13/1/2021	14/1/2021	15/1/2021	16/1/2021	17/1/2021	18/1/2021	19/1/2021	20/1/2021	21/1/2021	22/1/2021	23/1/2021	24/1/2021	25/1/2021	26/1/2021	27/1/2021	28/1/2021
1	Actividades de mantenimiento	Frecuencia																											
2	Aliado de discos de molino	Por día de producción	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Limpieza de molino	Diario	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Lubricación de cadena de arrastre de Tortilladora	15 días								X																			
5	Lubricación de chumaceras de amasador	Mensual			X																								
6	Limpieza de motor de amasador	Mensual																											
7	Lubricación de cadena de amasador	Mensual																											
8	Lubricación de chumacera de molino	Mensual			X																								
9	Revisión de desgaste de sinfin del molino	Mensual																											
10	Lavado de maya y superficie de Tortilladora	Mensual		X																									
11	Lubricación de chumaceras de arrastre del Tortilladora	Mensual																											
12	Lubricación de chumaceras de maya del Tortilladora	Mensual																											
13	Desmontaje, limpieza y lubricación de deslizador recto de Tortilladora	Mensual		X																									
14	Desmontaje, limpieza y lubricación de deslizador curvo de Tortilladora	Mensual		X																									
15	Cambio de aceite de caja reductora de Tortilladora	Cada 2 meses																											
16	Revisión de manivela abierta de Tortilladora	Cada 2 meses																											
17	Evaluación de chumaceras del Tortilladora	Cada 2 meses																											
18	Evaluación de chumaceras del amasador	Anual																											
19	Evaluación de chumaceras del molino	Anual																											
20	Limpieza de distribuidor de gas de Tortilladora	Anual																											

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
		1/2/2021	2/2/2021	3/2/2021	4/2/2021	5/2/2021	6/2/2021	7/2/2021	8/2/2021	9/2/2021	10/2/2021	11/2/2021	12/2/2021	13/2/2021	14/2/2021	15/2/2021	16/2/2021	17/2/2021	18/2/2021	19/2/2021	20/2/2021	21/2/2021	22/2/2021	23/2/2021	24/2/2021	25/2/2021	26/2/2021	27/2/2021	28/2/2021
1	Actividades de mantenimiento	Frecuencia																											
2	Aliado de discos de molino	Por día de producción	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Limpieza de molino	Diario	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Lubricación de cadena de arrastre de Tortilladora	15 días											X																
5	Lubricación de chumaceras de amasador	Mensual											X																
6	Limpieza de motor de amasador	Mensual		X																									
7	Lubricación de cadena de amasador	Mensual		X																									
8	Lubricación de chumacera de molino	Mensual		X																									
9	Revisión de desgaste de sinfin del molino	Mensual		X																									
10	Lavado de maya y superficie de Tortilladora	Mensual						X																					
11	Lubricación de chumaceras de arrastre del Tortilladora	Mensual																			X								
12	Lubricación de chumaceras de maya del Tortilladora	Mensual																			X								
13	Desmontaje, limpieza y lubricación de deslizador recto de Tortilladora	Mensual													X														
14	Desmontaje, limpieza y lubricación de deslizador curvo de Tortilladora	Mensual												X															
15	Cambio de aceite de caja reductora de Tortilladora	Cada 2 meses																										X	
16	Revisión de manivela abierta de Tortilladora	Cada 2 meses																										X	
17	Evaluación de chumaceras del Tortilladora	Cada 2 meses		X																									
18	Evaluación de chumaceras del amasador	Anual																											
19	Evaluación de chumaceras del molino	Anual																											
20	Limpieza de distribuidor de gas de Tortilladora	Anual																											

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
		1/3/2021	2/3/2021	3/3/2021	4/3/2021	5/3/2021	6/3/2021	7/3/2021	8/3/2021	9/3/2021	10/3/2021	11/3/2021	12/3/2021	13/3/2021	14/3/2021	15/3/2021	16/3/2021	17/3/2021	18/3/2021	19/3/2021	20/3/2021	21/3/2021	22/3/2021	23/3/2021	24/3/2021	25/3/2021	26/3/2021	27/3/2021	28/3/2021	29/3/2021	30/3/2021
1	Actividades de mantenimiento	Frecuencia																													
2	Aliado de discos de molino	Por día de producción	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3	Limpieza de molino	Diario	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
4	Lubricación de cadena de arrastre de Tortilladora	15 días																				X									
5	Lubricación de chumaceras de amasador	Mensual																				X									
6	Limpieza de motor de amasador	Mensual																				X									
7	Lubricación de cadena de amasador	Mensual																				X									
8	Lubricación de chumacera de molino	Mensual																				X									
9	Revisión de desgaste de sinfin del molino	Mensual																				X									
10	Lavado de maya y superficie de Tortilladora	Mensual				X																									
11	Lubricación de chumaceras de arrastre del Tortilladora	Mensual																				X									
12	Lubricación de chumaceras de maya del Tortilladora	Mensual																				X									
13	Desmontaje, limpieza y lubricación de deslizador recto de Tortilladora	Mensual																													
14	Desmontaje, limpieza y lubricación de deslizador curvo de Tortilladora	Mensual																													
15	Cambio de aceite de caja reductora de Tortilladora	Cada 2 meses																												X	
16	Revisión de manivela abierta de Tortilladora	Cada 2 meses																												X	
17	Evaluación de chumaceras del Tortilladora	Cada 2 meses																													
18	Evaluación de chumaceras del amasador	Anual				</																									

## K. Carta de exoneración por confidencialidad

San Salvador, 8 de Marzo del 2021

A quien interese:

La empresa Del Maíz S.A. de C.V. extiende la presente como constancia para el estudiante Samael Rubio Torres, a quien se le ha permitido realizar sus estudios de tesis en mantenimiento dentro de la empresa con el fin de aclarar que:

- El trabajo de graduación ha sido desarrollado en nuestra empresa, la información que se presenta en el mismo es verídica.
- Por razones de confidencialidad no se tiene permitido compartir información relacionada a datos financieros, costos, fórmulas de productos, información de proveedores, detalles específicos del proceso de producción o cualquier otra información que pudiera comprometer la confidencialidad o seguridad de nuestra empresa.
- Se conoce el contenido del trabajo de graduación y se considera adecuado a las necesidades de la empresa.

Atentamente,



*Luis Castellanos*  
Luis Castellanos  
Fundador