

Héctor Ernesto Jacob Madrid.

PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO DE
MAQUINARIA Y EQUIPO DE PRODUCCIÓN DE BLOCK´S EN FÁBRICA
TAYASAL, PALÍN, ESCUINTLA.



Asesor(a) General Metodológico(a):

Ing. Agr. Carlos Alberto Pérez Estrada.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, enero 2021.

Informe final de graduación.

PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO DE
MAQUINARIA Y EQUIPO DE PRODUCCIÓN DE BLOCK'S EN FÁBRICA
TAYASAL, PALÍN, ESCUINTLA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Héctor Ernesto Jacob Madrid

En el acto de investidura previo a su graduación como Ingeniero Industrial

con énfasis en Recursos Naturales Renovables

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, enero 2021.

Informe final de graduación

PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO DE
MAQUINARIA Y EQUIPO DE PRODUCCIÓN DE BLOCK´S EN FÁBRICA
TAYASAL, PALÍN, ESCUINTLA.



Rector de la Universidad

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretaria de la Universidad

Licenciada Lesbia Tevalán Castellanos

Decano(a) de la facultad de Ingeniería

Ing. Luis Adolfo Martínez Díaz.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, enero 2021.

Esta tesis fue presentada por el
autor Héctor Ernesto Jacob
Madrid, previo a obtener el título
universitario de Ingeniero
Industrial con énfasis en Recursos
Naturales Renovables.

PRÓLOGO

La necesidad de un plan para el buen de mantenimiento preventivo y predictivo, en fábrica de block's Tayasal se debe a que no es posible que durante la fabricación de block's se presenten múltiples paros no programados. En donde en cada paro representa dinero debido al número de piezas que se dejan de producir.

Es necesario implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la maquinaria y equipo para la producción de block's, por tal razón se presenta la investigación: "Plan para mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla".

De acuerdo a los requerimientos del programa de graduación de la Universidad Rural de Guatemala y previo a obtener el título de Ingeniero en Ingeniería Industrial, se llevó a cabo el presente estudio para presentar posibles soluciones a la problemática que afecta la producción de block's en fábrica Tayasal, y cumplir con los conocimientos adquiridos durante las diferentes etapas de la carrera universitaria, para poder contribuir a mejorar proceso de producción y conservación de la maquinaria y equipos que forman parte en el proceso de producción de block's.

PRESENTACIÓN

El enfoque principal del presente trabajo está fundamentado en la situación actual de lo que es el mantenimiento dentro de la fábrica de block's Tayasal, que basado en la cantidad de paros no programados durante la producción de block, en donde se encontraron fortalezas, debilidades y oportunidades, han permitido proyectar e implementar de una manera técnico profesional un plan de mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's, que tiene como objetivo específico lograr la eficiencia en maquinaria y equipo de producción de block's de la fábrica Tayasal.

Actualmente fábrica Tayasal posee un tipo de mantenimiento correctivo y por falta de un plan de revisión periódica en la maquinaria, así como un mantenimiento preventivo y predictivo a la maquinaria y equipo de producción como: lubricación, engrase, cambios de repuestos oportunamente, falta de stock, planificación, coordinación, capacitación al personal, etc. provocan directa e indirectamente paros en el proceso de producción.

A partir de esta premisa se establece la importancia de la implementación de un plan para el mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block, en donde se busca fortalecer el departamento de mantenimiento para que sea capaz de sustentar un mantenimiento preventivo y predictivo eficiente, basados en la metodología de mantenimiento preventivo y predictivo, conocida la complejidad y características de cada máquina y equipo, así como en la planeación estratégica.

INDICE GENERAL

No.	Contenido	Página
I	INTRODUCCIÓN	01
I.1	Planteamiento del problema.....	03
I.2	Hipótesis.....	03
I.3	Objetivos.....	04
I.3.1	Objetivo General.....	04
I.3.2	Objetivo Especifico.....	04
I.4	Justificación.....	04
I.5	Metodología.....	04
I.5.1	Métodos.....	05
I.5.2	Técnicas.....	07
II	MARCO TEORICO.....	09
III	PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	142
IV	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	153
IV.1	CONCLUSIONES.....	153
IV.2	RECOMENDACIONES.....	154
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

INDICE DE ILUSTRACIONES

No.	Contenido	Página
01	Block's de concreto.....	11
02	Resumen de símbolos de diagrama de flujo.....	14
03	Tolva árido 1.....	15
04	Tolva árido 2.....	16
05	Tolva árido 3.....	16
06	Silo de almacenamiento de cemento.....	17
07	Etapas de vida de un equipo.....	18
08	Banda transportadora.....	20
09	Mezcladora.....	21
10	Prensa para la fabricación de block's.....	21
11	Tolvas de almacenamiento.....	22
12	Equipo eléctrico.....	22
13	Panel de control.....	23
14	Compresor de tornillo.....	23
15	Unidad hidráulica.....	24
16	Montacargas.....	24
17	Moldes para la fabricación de block's.....	25
18	Fórmula para el cálculo de reengrase.....	34
19	Las tres informaciones que proporciona el análisis de aceite.....	48
20	Formato de solicitud de trabajo.....	56
21	Autorización de mantenimiento.....	57
22	Orden de trabajo para empresas pequeñas.....	58
23	Tipos de actividades de mantenimiento.....	59
24	Rutina de mantenimiento a bandas transportadoras.....	63
25	Rutina de mantenimiento a mezcladoras.....	64
26	Rutina de mantenimiento a prensas.....	65
27	Rutina de mantenimiento a equipos de almacenamiento.....	66
28	Rutina de mantenimiento a equipos eléctricos.....	67
29	Rutina de mantenimiento a equipos electrónicos.....	68
30	Rutina de mantenimiento a equipo neumático.....	69
31	Rutina de mantenimiento a equipo hidráulico.....	70
32	Rutina de mantenimiento para montacargas.....	71
33	Rutina de mantenimiento para moldes de fabricación.....	72
34	Ejemplo de lista de equipos en empresa de fabricación.....	77
35	Ejemplo de codificación de equipos.....	80
36	Ejemplo de codificación de equipos (continuación).....	81
37	Ejemplo de código para elementos.....	82

38	Ficha técnica de maquinaria.....	86
39	Ficha técnica de banco de transformadores.....	87
40	Ficha técnica de acometida eléctrica.....	88
41	Ficha técnica flipón principal.....	89
42	Ficha técnica tablero de flipones.....	90
43	Ficha técnica tolva árido 1.....	91
44	Ficha técnica tolva árido 2.....	92
45	Ficha técnica tolva árido 3.....	93
46	Ficha técnica banda transportadora árido 1 P50.....	94
47	Ficha técnica banda transportadora árido 2 P50.....	95
48	Ficha técnica banda transportadora árido 3 P50.....	96
49	Ficha técnica banda colectora de áridos P50.....	97
50	Ficha técnica banda elevadora de áridos P50.....	98
51	Ficha técnica mezcladora P50.....	99
52	Ficha técnica banda de hormigón P50.....	100
53	Ficha técnica prensa hidráulica P50.....	101
54	Ficha técnica módulo de control P50.....	102
55	Ficha técnica gabinete de control P50.....	103
56	Ficha técnica banda transportadora árido 1 Big Blue.....	104
57	Ficha técnica banda transportadora árido 2 Big Blue.....	105
58	Ficha técnica banda transportadora árido 3 Big Blue.....	106
59	Ficha técnica banda colectora de áridos Big Blue.....	107
60	Ficha técnica mezcladora Big Blue.....	108
61	Ficha técnica banda de hormigón Big Blue.....	109
62	Ficha técnica prensa hidráulica Big Blue.....	110
63	Ficha técnica módulo de control Big Blue.....	111
64	Ficha técnica gabinete de control Big Blue.....	112
65	Ficha técnica compresor.....	113
66	Ficha técnica montacargas.....	114
67	Ficha técnica moldes de fabricación.....	115
68	Hoja de trabajo AMFC.....	119
69	Análisis de criticidad maquinaria y equipo Tayasal.....	123
70	Expresión de cálculo MTTF.....	136
71	Expresión de cálculo FF.....	136
72	Expresión de cálculo TPFS.....	137

INDICE DE DIAGRAMAS

No.	Contenido	Página
01	Clasificación de los sistemas de producción.....	10
02	Proceso de fabricación del block.....	13
03	Categorías del mantenimiento preventivo.....	29
04	Organigrama general de la planta.....	50
05	Organigrama de la función de producción.....	51
06	Organización de mantenimiento centralizada.....	53
07	Organización de mantenimiento descentralizada (por área).....	54
08	Niveles de lista de equipos.....	75
09	Selección de tipo de mantenimiento.....	124
10	Plan estratégico de mantenimiento.....	126
11	Planificación/programación de mantenimiento.....	132
12	Proceso de realización de trabajos.....	133

INDICE DE TABLAS

No.	Contenido	Página
01	Acciones del programa de mantenimiento preventivo.....	30
02	Selección de grasas para rodamientos.....	33
03	Normas de severidad de la vibración según ISO 2372.....	42
04	Lista de maquinaria y equipo planta Tayasal.....	78
05	Codificación de maquinaria y equipo planta Tayasal.....	83
06	Análisis de criticidad.....	122

INDICE DE GRÁFICAS

No.	Contenido	Página
01	Fallos potenciales, el intervalo P-F.....	38
02	Producción de block's afectada por paros no programados.....	144
03	Dificultad en la producción de block's por paros no programados.....	145
04	Número de paros no programados durante la producción de block's...	146
05	Causa de paros no programados durante la producción de block's.....	147
06	Viabilidad para evitar los paros no programados durante la producción de block's.....	148
07	Existencia de plan de mantenimiento preventivo y predictivo en la fábrica.....	149
08	Necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo.....	150
09	Se ha capacitado al personal acerca de mantenimiento preventivo y predictivo.....	151
10	Participación en capacitaciones sobre mantenimiento preventivo y predictivo.....	152
11	Planificación para implementación de algún plan de mantenimiento preventivo y predictivo en la fábrica.....	153

I. INTRODUCCIÓN

Los niveles de demanda de block's para la construcción aumenta año con año, lo cual hace necesario aumentar la eficiencia y disponibilidad en la maquinaria y equipos para la producción de block's en condiciones normales de operación, implica contar con un mejor control de operación en la producción y, básicamente, un programa eficiente de mantenimiento preventivo y predictivo.

Lo anterior demuestra la importancia que tiene la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo sobre bases técnicas, científicas/administrativas, para garantizar la eficiencia en maquinaria y equipo de producción de block's con el fin de reducir los paros no programados durante la producción de block's.

El contenido del presente informe consta de cuatro capítulos identificados con números romanos. El capítulo (I) contiene la introducción, planteamiento del problema, hipótesis, objetivos (general y específicos), metodología (métodos y técnicas).

El capítulo (II) está conformado por el marco teórico, que consiste en establecer un diagnóstico general de la empresa: productos, proceso productivo, materias primas, paros no programados durante la producción, deficiencias en la maquinaria y equipo para la producción de block's, maquinaria y equipo para la producción de block's.

También se cimientan las bases del mantenimiento preventivo y predictivo propuesto, así como el proceso para la implementación de este.

El capítulo (III) contiene la presentación de análisis y resultados, el cual mediante gráficos muestra los resultados obtenidos de las encuestas realizadas.

El capítulo (IV) está conformado por las conclusiones y recomendaciones. Estos capítulos seguidos de un apéndice bibliográfico de acuerdo con lo establecido en normas APA.

Además de los capítulos descritos anteriormente el presente informe contiene anexos un conjunto de anexos de acuerdo con la estructura metodológica.

I.1 Planteamiento del problema.

El presente trabajo de investigación es debido a que en la actualidad en fábrica de blocks “TAYASAL” en el municipio de Palín departamento de Escuintla no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo y predictivo aplicado a su maquinaria y equipo para la producción de blocks que garantice la eficiencia en la maquinaria y equipo de producción.

Lo que implica que en fábrica “TAYASAL” durante el proceso de producción se presenten paros no programados en la maquinaria, debido a la falta de mantenimiento preventivo y predictivo debido a deficiencias en maquinaria y equipo de producción de block´s.

En virtud de la problemática anteriormente descrita resulta importante y necesaria la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo en fábrica “TAYASAL”.

I.2 Hipótesis.

Comprobar o rechazar la hipótesis: " Los paros no programados durante la producción de block´s en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años, provocados por deficiencias en maquinaria y equipo, son debido a la inexistencia de plan para mantenimiento preventivo y predictivo.”.

¿Será la inexistencia de plan para mantenimiento preventivo y predictivo, la causante de los paros no programados durante la producción de block´s en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años, ¿provocados por deficiencias en maquinaria y equipo?

I.3 Objetivos.

Un objetivo se encuentra definido como el fin último al que se dirige una acción u operación, con el fin de poder contribuir y dar solución a la problemática mencionada, se plantean los siguientes objetivos:

I.3.1 Objetivo general.

Reducir paros no programados durante la producción de block´s en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla.

I.3.2 Objetivo específico.

Lograr eficiencia en maquinaria y equipo de producción de block´s en fabrica Tayasal, Palín, Escuintla.

I.4 Justificación.

La falta de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la maquinaria y equipo de producción de block´s, hace que la problemática crezca a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación del plan de mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block´s para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

I.5 Metodología.

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

I.5.1 Métodos.

Los métodos utilizados variaron con relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue esencial el deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los arboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento. Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados se expone a continuación:

Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis.

Para la formulación de la hipótesis el método principal fue el deductivo, el cual permitió conocer aspectos generales de la maquinaria y equipos que componen el sistema de producción de block's, Tayasal. A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Observación directa. Esta técnica que utilizo directamente en el área de producción, a cuyo efecto, se observó la forma en que actuaban los operarios y encargados de esta área; así como a terceras personas que poseían relación directa e indirecta con la misma, como proveedores, personal de mantenimiento, entre otros.

Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las **fichas bibliográficas** utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar al personal del área de producción de la fábrica citada, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática detectada.

Ya con una visión más clara sobre la problemática del área de producción de la fábrica citada, con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el método del marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación. La graficación de la hipótesis de encuentra en el anexo

La hipótesis formulada de la forma indicada reza: "Los paros no programados durante la producción de block's en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años, provocados por deficiencias en maquinaria y equipo, son debido a la inexistencia de plan para mantenimiento preventivo y predictivo."

El método del marco lógico nos permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; así como nos facilitó establecer la denominación del trabajo en cuestión.

Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el método inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

- **Entrevista.** Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas, proporcionaran la información requerida, después de ser aplicada.
- **Determinación de la población a investigar.** En atención a este tema, el grupo de investigación decidió no efectuar un muestreo estadístico que representara a la población a estudiar, pues la misma estaba constituida por 5 personas que laboraban como encargados y gerentes de producción de la fábrica citada; por lo que, para obtener una información más confiable, se censó o investigó a la totalidad de la población; con lo que se supone que el nivel de confianza en este caso será del 100%.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método de estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que contengan como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo efectuada.

I.5.2 Técnicas

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo con la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de esta; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la entrevista y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la entrevista estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de esta. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

II. MARCO TEÓRICO

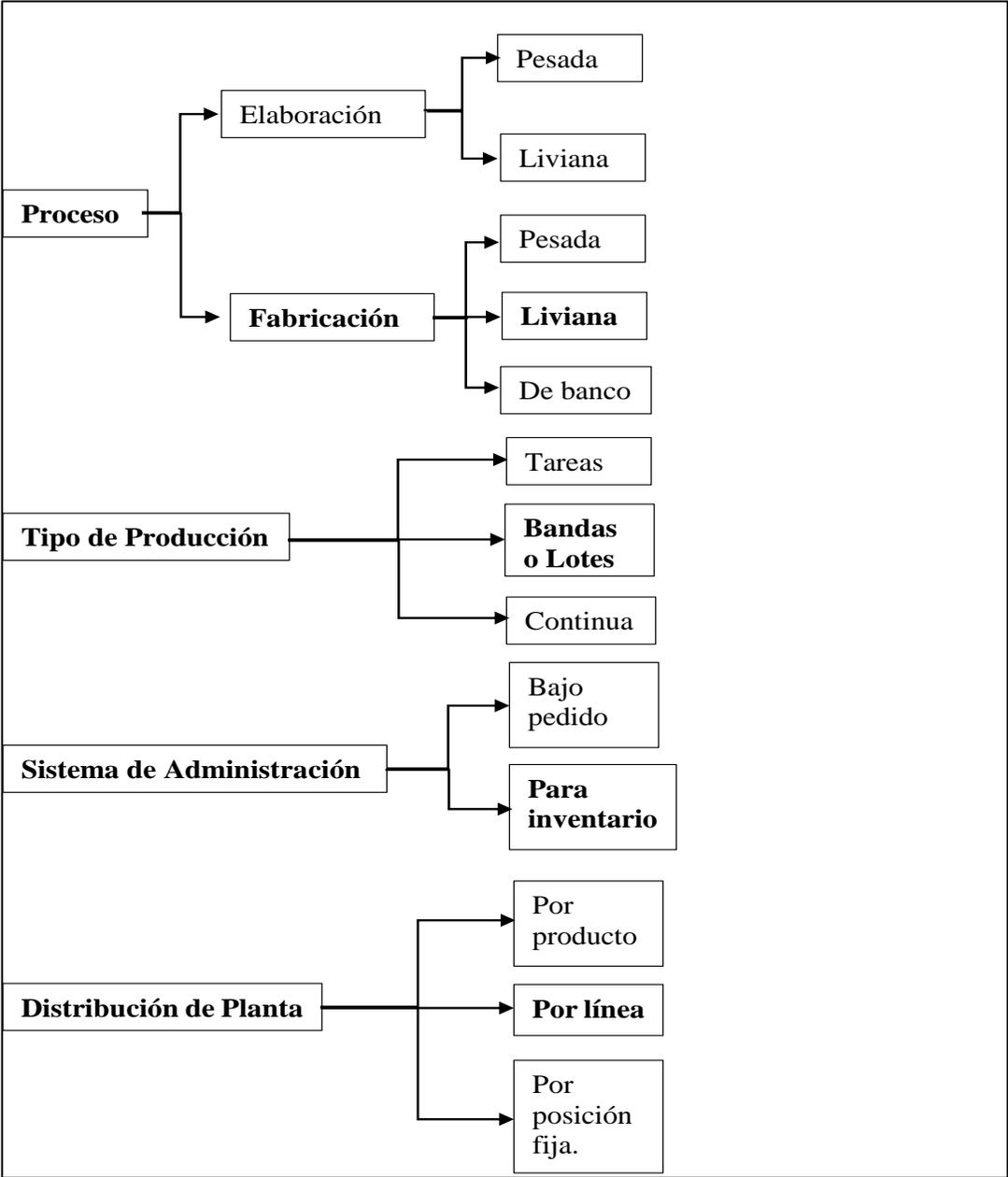
El presente documento de investigación se basa en los conceptos, definiciones, principios y metodologías relacionadas con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo. Con la finalidad de desarrollar el presente capítulo fue objeto de consulta la bibliografía de autores sobre mantenimiento, todo ello permite sustentar las definiciones conceptuales.

Producción de block's.

Es necesario poder realizar una clasificación del sistema de producción de fábrica de block's Tayasal para poder entender de mejor manera el objetivo de esta investigación y la importancia de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo. Los sistemas de producción pueden clasificarse de la siguiente manera: (Richard B. Chase, 2009)

- Por el tipo de proceso de producción se puede decir que es fabricación, puesto que la materia prima es físicamente transformada mediante su transformación y combinación con otras partes para hacer un ensamble final que es el block, en este caso se combinan polvo de piedra, selecto, arena blanca, cemento y agua para fabricar los block's.
- Por el tipo de producción, podemos clasificar como producción por tandas o lotes de volúmenes grandes, debido a que se fabrican productos estandarizados. En cuanto al sistema de Administración de la Producción, en su mayor parte, es para elaborar inventario, aunque en ciertas ocasiones se produce bajo pedido.
- La distribución la maquinaria en la planta es por línea, ya que el producto recorre toda la línea de producción en cada una de sus etapas: desde que ingresa la materia prima hasta que se obtiene el producto terminado.

Diagrama 1: clasificación de los sistemas de producción.



Fuente: (Richard B. Chase, 2009)

Tipos de block's producidos.

El block de concreto es un elemento simple de hormigón, en forma de paralelepípedo octagonal, con uno o más huecos transversales en su interior. (Ortíz, 2018)

Ilustración 1: Block's de concreto.



Fuente: (Ortíz, 2018)

Fábrica de block's Tayasal actualmente produce una variedad de block's y que a continuación se presentan: (Ortíz, 2018)

- Block 14".
- Block 15".
- Block 19".
- Block 20".
- Block tipo celosía de 4".
- Block tipo celosía de 10".
- Block tipo solera de 14".
- Block tipo solera de 15".
- Block tipo solera de 19".
- Block tipo tabique 9".
- Block tipo tabique de 10".

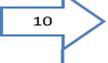
Proceso de producción del block.

El proceso de fabricación de un block consta de los siguientes pasos: (Ortíz, 2018)

1. Se transportan, por medio de bandas transportadoras, las materias primas (arena blanca, selecto, poma y polvo de piedra) desde las tolvas de almacenamiento hasta la mezcladora, en donde se mezclan en conjunto con el cemento y agua.
2. Al momento de que esta lista la mezcla, se traslada por medio de una banda transportadora hacia la tolva de la prensa de producción.
3. Se abastece de mezcla hacia el molde por medio un cajón cargador.
4. Al momento de encontrarse lleno de mezcla el molde, se prensa de manera hidráulica para poder compactar la mezcla y formar los block's de concreto.
5. Luego se quitan los moldes, para dejar libres los block's ya formados los cuales son apilados por medio del ascensor instalado en la máquina.
6. Se realiza el control de calidad del producto que consta del chequeo de medidas, humedad, porosidad y velocidad de ciclo.
7. Por medio de un montacargas el cubo de block's apilados formado por el ascensor es llevado al área de fraguado, en donde permanece aproximadamente de 5-7 días a una temperatura que oscila entre los 28°C y los 30°C.
8. Pasado el tiempo del fraguado, por medio de un montacargas los block's son llevados hacia el área denominada "Patio" para su posterior carga a los diferentes medios de transporte que distribuyen el producto terminado.

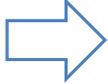
A continuación, por medio de un diagrama de flujo de proceso, se describe el proceso de fabricación de un block:

Diagrama 2: proceso de fabricación del block.

Diagrama de flujo del proceso de la fabricación de block's				
Hoja 1 de 1 hojas Diagramado por: Héctor Jacob Fecha: Octubre 2018 Aprobado por:		Operación: <u>Fabricación de block's</u> Producto: <u>Block's o similares</u> Departamento: <u>Producción.</u> Cantidad <u>40 unidades</u> Presente <u>x</u> Propuesto <u>—</u>		
Objetivo: Dar a conocer de manera técnica el proceso de fabricación del block.				
No.	Actividad	Símbolo	Distancia Recorrida (Mts.)	Tiempo de operación (min).
1	Transporte de materia prima desde tolvas hasta mezcladora.		12.5	0.48
2	Mezclado de la materia prima; además, se agrega cemento, agua y aditivos.			0.5
3	Transporte de la mezcla hacia tolva de prensa.		8.5	0.45
4	Abastecimiento de mezcla al molde por medio de cajón cargador.			0.1
5	Prensado y compactación de mezcla (fabricación de 1 tabla de block's).			0.08
6	Desmoldeo y alimentación de ascensor (ascensor apila 8 tablas formando un cubo).			0.15
7	Control de calidad del block.			0
8	Transporte a área de fraguado del cubo formado por el ascensor; el cubo es transportado por medio de un montacargas.		15	0.75
9	Almacenaje de block's en cuartos de fraguado.			
10	Transporte de blocks a área de patio.			
11	Almacenaje de block's en área de patio.		20	

Fuente: (Ortiz, 2018).

Ilustración 2: Resumen de símbolos de diagrama de flujo

Resumen				
	Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo total
	Operación		4	
	Transporte		4	
	Inspección		1	
	Demora		0	
	Almacenaje		2	

Fuente: (Ortíz, 2018).

Materia prima.

Los block's producidos por fábrica Tayasal son producto de la mezcla de las siguientes materias primas, las cuales son mezcladas entre sí, para obtener el hormigón que es utilizado para la fabricación de los block's. A continuación, se describe la función de cada materia prima durante el proceso de fabricación de block's. (Ortíz, 2018)

- **Árido 1.** Este material se forma por arena blanca o más conocido como "Poma" y se utiliza para la fabricación de block's en las siguientes medidas 1/2", 3/4", y 3/8" de acuerdo al grosor de la arena el block fabricado sus paredes serán muy lisas o muy porosas. La mezcla de hormigón está constituida por un 80% de esta árido.

Ilustración 3: Tolva árido 1.



Fuente: (Ortíz, 2018).

- **Árido 2.** Este material se forma por selecto, el cual es utilizado como un agregado fino para la fabricación de block's. La mezcla de hormigón está constituida por un 18% de este material.

Ilustración 4: Tolva árido 2.



Fuente: (Ortíz, 2018).

- **Árido 3.** Constituido por polvo de piedra, este material se obtiene de la molienda de piedra de río y su principal función es brindar la consistencia y resistencia al block. (Ortíz, 2018)

Ilustración 5: Tolva árido 3



Fuente: (Ortíz, 2018).

- **Cemento.** El cemento utilizado para la fabricación de block´s es el Cemento Ari Plus 5,800, el cual es suministrado por la marca “Cementos Progreso”, este cemento es especial para la fabricación de block´s debido a sus características de fraguado rápido y su alta resistencia. (Ortíz, 2018)

Ilustración 6: Silo de almacenamiento de cemento



Fuente: (Ortíz, 2018).

- **Agua.** Como materia prima final se tiene el agua, la cual es utilizada para el proceso de amasado del hormigón.

Paros no programados.

Sucedan en el momento en que la maquinaria deja de producir debido a fallas durante el proceso productivo, las fallas pueden ser clasificadas como: (J., 2002)

- **Fallas catastróficas:** que contemplan las fallas repentinas y completas, tales como la ruptura de un componente mecánico o un corto circuito en un sistema eléctrico. Es difícil observar la degradación y por tanto no es posible establecer procedimientos preventivos.
- **Fallas por cambios en parámetros:** fenómenos tales como: desgaste mecánico, fricción, aumentos en la resistencia de componentes electrónicos; la degradación es gradual y puede ser observada directa o indirectamente.

De acuerdo con la tasa de fallas, la vida de un equipo se puede dividir en tres etapas:
(J., 2002)

- etapa **temprana**, caracterizada por una tasa de falla que decrece en el tiempo;
- etapa **madura**, caracterizada por una tasa constante de fallas;
- **ancianidad**, caracterizada por una tasa creciente de fallas. (ver Imagen 2)

Ilustración 7: Etapas de la vida de un equipo.



Fuente: (Fernández, 2005)

En el contexto de la recolección de datos de falla podemos distinguir: (J., 2002)

- **Fallas primarias:** Son el resultado de una deficiencia de un componente, esta ocurre en condiciones de operación dentro del rango nominal. Ejemplo: ruptura de un alabe de turbina con su la velocidad de trabajo operacional.
- **Fallas secundarias:** Son el resultado de causas secundarias en condiciones no nominales de operación. Podría no haber habido falla si las condiciones hubiesen estado en el rango de diseño del componente.

Condiciones que causan fallas secundarias: temperaturas anormales, sobrepresión, sobrecarga, velocidad, vibraciones, corriente, contaminación, corrosión. (J., 2002)

La ocurrencia de causas secundarias no siempre conlleva que una falla secundaria ocurra. Ejemplo: el incremento de la temperatura sobre el rango de diseño puede causar la falla de un componente solo 60% del tiempo, ósea, la probabilidad condicional de la falla del componente producto de un incremento anormal de la temperatura es de 0.6. (J., 2002)

Las fallas secundarias pueden ser clasificada en varias categorías: (J., 2002)

- **Fallas con causa común:** en este caso la falla secundaria induce fallas en más de un componente. Por ejemplo, un terremoto puede producir cargas severas en un numero de componentes e inducir su falla. Las catástrofes naturales son causas usuales de este tipo: terremotos, inundaciones, huracanes, explosiones, fuego. Mal funcionamiento de otros sistemas o componentes también pueden inducir fallas en varios componentes.

Ejemplo: una falla del sistema de aire acondicionado produce incremento en la temperatura y de ahí la falla de un numero de componentes electrónicos.

- **Fallas propagadas:** en este caso la falla de un componente induce la falla de otro. Si la falla del primer componente induce fallas en más de un componente puede ser considerada como falla con causa común.
- **Fallas por error humano:** si las fallas son causadas errores humanos en la operación, mantención, inspección. Los errores humanos en la etapa de diseño, construcción e instalación del equipo son consideradas como fallas por error humano y no deben ser consideradas como fallas primarias. Si el error conlleva la falla de varios componentes, también se puede hablar de fallas con causa común.

Maquinaria para producción de block's.

Fabrica Tayasal cuenta con una capacidad instalada de producción de 30,000 unidades diarias, por medio de dos líneas de producción compuestas por la siguiente maquinaria: (Ortíz, 2018)

- **Bandas transportadoras:** Son las encargadas de transportar las diferentes materias primas hacia la mezcladora, así como de llevar el hormigón producido por la mezcladora a la tolva de la prensa. Su funcionamiento es por medio de rodillos los cuales por medio de un motor eléctrico que va desde 2-3hp de potencia, mueven los diferentes ejes motrices encargados de producir el movimiento de la banda, las cuales su ancho oscila entre las 18" y 24" pulgadas de ancho. Fabrica Tayasal cuenta con un total de 11 bandas transportadoras.

Ilustración 8: Banda transportadora.



Fuente: (Ortíz, 2018).

- **Mezcladora.** Su función principal es la de elaborar el hormigón utilizado para la fabricación de block's, esta cuenta con dos ciclos de trabajo denominados pre-amasado y amasado. El funcionamiento es por medio de motores

eléctricos que van desde los 20-30Hp, los cuales accionan un sistema integrado por poleas y engranajes para producir el funcionamiento circular de la mezcladora. Fabrica Tayasal cuenta con dos mezcladoras con capacidades de 500 y 750 metros cúbicos cada una.

Ilustración 9: Mezcladora.



Fuente: (Ortíz, 2018).

- **Prensa.** Es la encargada de la formación de los block's, está compuesta por una mesa vibratoria que por medio de moldes y fuerzas vibratorias producidas por motores eléctricos y equipo hidráulico forman los block's de concreto. Fabrica Tayasal cuenta con dos prensas automáticas denominadas “Poyatos P-50” y “Big Blue”, las cuales son las encargadas de mantener una producción de 30,000 unidades diarias.

Ilustración 10: Prensa para fabricación de block's.



Fuente: (Ortíz, 2018).

Equipo para la producción de block's.

La producción de fábrica Tayasal es complementada por los siguientes equipos:
(Ortíz, 2018)

- **Equipo de almacenamiento.** Compuesto por las tres tolvas para el almacenamiento de los diferentes áridos, así como el silo de almacenamiento de cemento. Su función principal es la de conservar en buenas condiciones cada una de las materias primas.

Ilustración 11: Tolvas de almacenamiento.



Fuente: (Ortíz, 2018).

- **Equipo eléctrico.** Compuesto por todo el sistema de alimentación 240V. el cual permite la alimentación y funcionamiento de toda la maquinaria compuesta en su mayoría por motores eléctricos trifásicos, desde 1hp hasta 30hp de potencia.

Ilustración 12: Equipo eléctrico.



Fuente: (Ortíz, 2018).

- **Equipo electrónico.** Compuesto por dos paneles de control, los cuales administran todos los movimientos de cada línea de producción. Internamente se encuentran compuestos por autómatas, PLC's, contactores, guardamotores, relays, pantallas, botones y manijas.

Ilustración 13: Panel de control.



Fuente: (Ortíz, 2018).

- **Equipo neumático.** El cual es alimentado por un compresor de tornillo de 10 hp, que debe producir aire a 125psi y suministra presión neumática a las áreas de servicio de la mezcladora y amortiguadores de la mesa vibradora.

Ilustración 14: Compresor de tornillo.



Fuente: (Ortíz, 2018).

- **Equipo hidráulico.** el cual es alimentado por medio de una bomba de engranajes gemelos la que es activada por un motor eléctrico de 20 hp, el cual, a su vez, es accionado desde los paneles de control del sistema electrónico, quien suministra la presión hidráulica, entre 70 y 150 bar, para todo el sistema de la línea de producción, ya que acciona los 5 cilindros hidráulicos que hacen todos los movimientos de la línea de producción de bloques.

Ilustración 15: Unidad hidráulica.



Fuente: (Ortíz, 2018).

- **Montacargas.** Son equipos auxiliares para el transporte del producto terminado ya sea hacia el área de fraguado o área de patio, fábrica Tayasal cuenta con tres montacargas.

Ilustración 16: Montacargas.



Fuente: (Ortíz, 2018).

- **Moldes.** Utilizados para la producción de diferentes tipos de block's. (Ortíz, 2018)

Ilustración 17: Diferentes tipos de moldes utilizados.



Fuente: (Ortíz, 2018)

Deficiencias en maquinaria y equipo para la producción de block's.

Las deficiencias causadas por la falta de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo hacen que los equipos y la maquinaria no pueda operar en total capacidad y disponibilidad. Entre las principales deficiencias podemos mencionar las siguientes: (Ortíz, 2018)

- **Desgaste:** el desgaste de piezas en una máquina o en equipos es una de las principales causas que se deben minimizar con un buen mantenimiento para evitar el deterioro repentino en las máquinas. Actualmente dentro de la fábrica se encuentran máquinas y equipos que no cuentan con un nivel de piezas de recambio, esto ha repercutido en tomar medidas de modificación a las máquinas y equipos al momento de que ocurren fallas muy complejas y no se lleva un control de los cambios realizados.

Esto es de suma importancia tomarlo en cuenta ya que se debe tener un eficiente programa de mantenimiento para ajustarle a este tipo de maquinaria y equipos.

- **Humedad:** la humedad puede causar oxidación a las diferentes piezas que componen la maquinaria si estas no se protegen adecuadamente. En algunas partes de las maquinas se ha empezado a observar presencia de corrosión.
- **Polvo:** otro factor de importancia es la presencia de polvo en partes mecánicas y eléctricas que componen la maquinaria y equipo lo que provoca que su funcionamiento no sea el óptimo, lo cual se debe de tomar medidas preventivas para este tipo de problemas.

Actualmente dentro de la fábrica personal de producción semanalmente realiza tareas de engrase y revisión a las máquinas y equipos. (Ortíz, 2018)

Mantenimiento de maquinaria.

Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (Con el objetivo de alcanzar la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. (Garrido., 2003)

Conforme con la anterior definición se deducen las distintas actividades desempeñadas por el mantenimiento. (Navarro, 2010)

- Prevenir y/o corregir fallas.
- Cuantificar y/o evaluar el estado de las instalaciones.
- Aspecto económico (Costos).

Dichas actividades requieren factores económicos, humanos y tiempo para llevarlo a cabo. Para realizar el mantenimiento, es necesario con una planificación y organización, como base, para mantener el servicio deseado al menor costo posible. (Navarro, 2010)

Son misiones del mantenimiento: (Navarro, 2010)

- La vigilancia permanente y/o periódica de la maquinaria y equipos.
- Las acciones preventivas.
- Las acciones correctivas (reparaciones).
- El reemplazo de maquinaria.

Los objetivos implícitos del mantenimiento son: (Navarro, 2010)

- Aumentar la disponibilidad de la maquinaria y equipos hasta el nivel preciso.
- Reducir los costes al mínimo compatible con el nivel de disponibilidad necesario.
- Mejorar la fiabilidad de máquinas y equipos.
- Asistencia al departamento de ingeniería en los nuevos proyectos para facilitar la mantenibilidad de las nuevas instalaciones.

Actualmente el mantenimiento se ha clasificado por tipos, entre los cuales están:
(Navarro, 2010)

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento proactivo.

Cada uno de estos tipos de mantenimiento tienen sus propias características que los diferencian, pero con el mismo fin. Su aplicación dependerá de la necesidad de la empresa, sea por costos, medidas de seguridad, tiempo, urgencias, etc. (Navarro, 2010)

Mantenimiento preventivo.

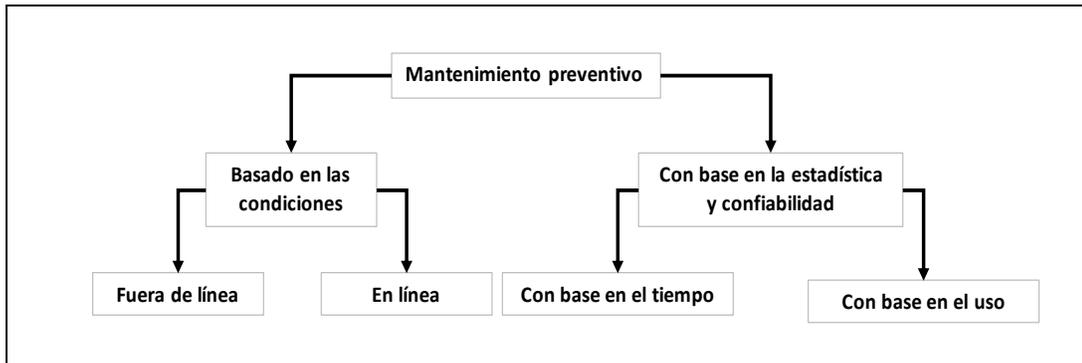
Si el mantenimiento se define como el aseguramiento de que una instalación, un sistema de equipos, una flotilla u otro activo continúen con las funciones para las que fueron creados, entonces el mantenimiento preventivo es una serie de tareas previamente que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de dichas funciones. Esto es diferente al mantenimiento de reparación, el cual normalmente se considera como reemplazo o reparación general de un equipo o sistema para que sea capaz de realizar la función para la que fue creado. (Salih O. Duffuaa, 2000).

El mantenimiento es el enfoque preferido para la administración de los activos: (Salih O. Duffuaa, 2000)

- Puede prevenir una falla prematura y reducir su frecuencia.
- Puede reducir la severidad de la falla y mitigar sus consecuencias.
- Puede proporcionar un aviso de una falla inminente o incipiente para permitir una reparación planeada.
- Puede reducir el costo global de la administración de los activos.

El mantenimiento preventivo puede estar basado en las condiciones o datos históricos de fallas del equipo. El esquema 2 muestra una representación gráfica del mantenimiento preventivo. Consta de dos categorías; éstas tienen una base estadística y de confiabilidad o se basan en las condiciones. La primera categoría se basa en datos obtenidos de los registros históricos del equipo. La segunda categoría en el funcionamiento y las condiciones del equipo. (Salih O. Duffuaa, 2000)

Diagrama 3: Categorías del mantenimiento preventivo.



Fuente: (Salih O. Duffuaa, 2000)

El mantenimiento basado en tiempo (por ejemplo, reparaciones generales) es técnicamente factible si la pieza tiene una vida promedio identificable. La mayoría de las piezas sobreviven dicha edad y la acción restablece la condición de la pieza a su función deseada. El mantenimiento basado en las condiciones es técnicamente factible si es posible detectar condiciones o funcionamiento degradado, si existe un intervalo de inspección práctico, y si el intervalo de tiempo (desde la inspección hasta la falla funcional) es suficientemente grande para permitir acciones correctivas o reparaciones. (Salih O. Duffuaa, 2000)

Debido a que los equipos complejos y sus componentes tendrán varias causas posibles de falla, es necesario desarrollar una serie de acciones de mantenimiento preventivo - algunas basadas en condiciones y otras basadas en el tiempo- para el mismo equipo, y consolidar estas en un programa de MP. El programa tendrá tareas agrupadas por periodicidad (es decir, diaria, semanal o anualmente, por horas, por operación, por ciclos, etc.) y agrupadas por oficio (es decir, mecánico, electricista, operador, técnico, etc.). Ver tabla 1. (Salih O. Duffuaa, 2000)

Tabla 1: Acciones del programa de mantenimiento preventivo.

Quién	Cuándo	Acción	Equipo	Condición	Medida
Mecánico	Semanalmente	Inspeccionar/ ajustar	Sistema hidráulico	Presión	2 500 lb/pulg ² ± 50 lb/pulg ²
Técnico	Semestralmente	Tomar lectura	Rodamientos de motor	Vibración	Banda octava con respecto a la línea básica
Operador	Mensualmente	Lubricar	Motor reductor	Nivel de la varilla de inmersión	Llenar hasta indicador máximo con aceite 10 W 40
Operador	Diariamente	Verificar	Motor reductor	Presión del aceite	Reemplazar el filtro de aceite con P-OF-4201-86 si $\delta p > 10$ lb/pulg ²

Fuente: (Salih O. Duffuaa, 2000)

El mantenimiento preventivo es el principal requisito para reducir la frecuencia y severidad de las descomposturas de las máquinas. Se utilizan tres grandes medidas para vigilar que el programa de MP sea completo: (Salih O. Duffuaa, 2000)

- **Cobertura del MP:** El porcentaje de equipo crítico para el cual se han desarrollado programas de MP.
- **Cumplimiento del MP:** El porcentaje de rutinas de MP que han sido completadas de acuerdo con su programa.
- **Trabajo generado por las rutinas del MP:** Número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tienen como origen rutinas del MP.

El mantenimiento preventivo basado en las condiciones requiere monitorear una variable que está estrechamente relacionada con la falla de los equipos. Es necesario identificar que parámetro debe vigilarse y medirse. A continuación, se presenta una

serie de técnicas de diagnóstico que ayudaran a desarrollar un sistema de mantenimiento basado en condiciones. (Salih O. Duffuaa, 2000)

Tareas del mantenimiento preventivo:

Son los trabajos que podemos realizar para cumplir el objetivo de evitar el fallo o minimizar sus efectos. Las tareas de mantenimiento pueden, a su vez, ser de los siguientes tipos: (Garrido., 2003)

- **Tipo 1:** Inspecciones visuales. Veámos que las inspecciones visuales siempre son rentables. Sea cual sea el modelo de mantenimiento aplicable, las inspecciones visuales suponen un coste muy bajo, por lo que parece interesante echar un vistazo a todos los equipos de la planta en alguna ocasión.
- **Tipo 2:** Lubricación. Igual que en el caso anterior, las tareas de lubricación, por su bajo coste, siempre son rentables.
- **Tipo 3:** Verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos propios del equipo (verificaciones on-line). Este tipo de tareas consiste en la toma de datos de una serie de parámetros de funcionamiento a través de los propios medios de los que dispone el equipo. Son, por ejemplo, la verificación de alarmas, la toma de datos de presión, temperatura, vibraciones, etc. Si en esta verificación se detecta alguna anomalía, se debe proceder en consecuencia. Por ello es necesario, en primer lugar, fijar con exactitud los rangos que entenderemos como normales para cada uno de los puntos que se trata de verificar, fuera de los cuales se precisará una intervención en el equipo.
- También será necesario detallar cómo se debe actuar en caso de que la medida en cuestión esté fuera del rango normal. Más adelante se describen los documentos donde es conveniente reflejar estos dos aspectos.
- **Tipo 4:** Verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos externos del equipo. Se pretende, con este tipo de tareas,

determinar si el equipo cumple con unas especificaciones prefijadas, pero para cuya determinación es necesario desplazar determinados instrumentos o herramientas especiales, que pueden ser usadas por varios equipos simultáneamente y que, por tanto, no están permanentemente conectadas a un equipo, como en el caso anterior. Podemos dividir

- estas verificaciones en dos categorías:
 - Las realizadas con instrumentos sencillos, como pinzas amperimétricas, termómetros por infrarrojos, tacómetros, vibrómetros, etc.
 - Las realizadas con instrumentos complejos, como analizadores de vibraciones, detección de fugas por ultrasonidos, termografías, análisis de la curva de arranque de motores, etc.
- **Tipo 5:** Limpiezas técnicas condicionales, según el estado en que se encuentre el equipo.
- **Tipo 6:** Ajustes condicionales, siempre y cuando el equipo haya dado síntomas de estar desajustado.
- **Tipo 7:** Limpiezas técnicas sistemáticas, realizadas cada cierta hora de funcionamiento, o cada cierto tiempo, sin importar cómo se encuentre el equipo.
- **Tipo 8:** Ajustes sistemáticos, sin considerar si el equipo ha dado síntomas de estar desajustado.
- **Tipo 9:** Sustitución sistemática de piezas, por horas de servicio o por fecha de calendario, sin comprobar su estado.
- **Tipo 10:** Grandes revisiones, con la sustitución de todas las piezas sometidas a desgaste.

Lubricación.

Al instituir un programa de lubricación debe de cuidarse de hacer un examen del equipo, a efecto de determinar cuáles son los productos más apropiados para su correcto funcionamiento, así como la frecuencia con que deben ser administrados. La mayoría de los fabricantes de grasas ofrecen una alta gama de tipos de grasas de acuerdo con la aplicación del equipo a engrasar, las recomendaciones que hagan los proveedores ayudaran a determinar las distintas clases de aceites o grasas a usar. (Newbrough., 1997)

Tabla 2: Selección de grasas para rodamientos.

Grasa	Descripción	Ejemplos de aplicaciones	Rango de temperatura II		Temp.	Velocidad
			LTL	HTPL		
LGMT 2	Uso general industrial y automoción	Rodamientos de ruedas de automóviles Cintas transportadoras y ventiladores Motores eléctricos pequeños	-30 °C (-20 °F)	120 °C (250 °F)	M	M
LGMT 3	Uso general industrial y automoción	Rodamientos con d=100 mm Aplicaciones con eje vertical o giro del eje exterior Rodamientos de ruedas de automóviles, camiones y remolques	-30 °C (-20 °F)	120 °C (250 °F)	M	M
LGEP 2	Presión extrema	Sección de conformado y prensado en máquinas papeleras Rodamientos de cilindros de trabajo en industria siderúrgica Maquinaria pesada, cribas vibratorias	-20 °C (-5 °F)	110 °C (230 °F)	M	M
LGWA 2	Amplia gama de temperaturas I, presión extrema	Rodamientos de ruedas de automóviles, remolques y camiones Lavadoras Motores eléctricos	-30 °C (-20 °F)	140 °C (285 °F)	M a A	M a A
LGGB 2	Biodegradable, baja toxicidad II	Equipos agrícolas y forestales Equipos de construcción y movimiento de tierra Tratamiento de agua e irrigación	-40 °C (-40 °F)	90 °C (195 °F)	B a M	B a M
LGFP 2	Compatible con alimentos	Equipos de procesamiento de alimentos Máquinas embaladoras Máquinas embobelladoras	-20 °C (-5 °F)	110 °C (230 °F)	M	M
LGFO 2	Compatible con alimentos Grandes cargas	Prensas granulatoras Trituradoras Mezcladoras	-40 °C (-40 °F)	140 °C (285 °F)	B a A	MB a M
LGBB 2	Para rodamientos de orientación y de palas de turbinas eólicas	Rodamientos oscilantes de orientación y de palas de turbinas eólicas	-40 °C (-40 °F)	120 °C (250 °F)	B a M	MB
LGLT 2	Temperatura baja, velocidad extremadamente alta	Husillos de máquinas herramienta y textiles Motores eléctricos pequeños y robots Cilindros de impresión	-50 °C (-60 °F)	110 °C (230 °F)	B a M	M a EA
LGWM 1	Presión extrema, temperatura baja	Eje principal de turbinas eólicas Sistemas de lubricación centralizada Aplicaciones de rodamientos axiales de rodillos a rólula	-30 °C (-20 °F)	110 °C (230 °F)	B a M	B a M

Fuente: (SKF, 2017)

A partir las recomendaciones de los fabricantes se preparará un manual al respecto, el cual incluirá todas las instrucciones concernientes a una correcta lubricación del equipo. Por parte de ese manual se dedicará a insertar gráficas de lubricación, en las

que aparezca título del departamento, denominación de las máquinas, las partes que haya que aceitar, la frecuencia con que debe hacerse y el tipo de lubricante a utilizar. (Newbrough., 1997).

Calculo de frecuencia de reengrase:

Ilustración 18: Fórmula para cálculo de reengrase.

$$Fr = \left(\frac{14.000.000}{\sqrt{\text{rpm ID}}} - 4ID \right) * \left(A * B * C \right)$$

Fuente: (Garavito, 2009)

La fórmula de arriba se puede utilizar para hallar el periodo de relubricación de los rodamientos. En donde: (Garavito, 2009)

- **Fr:** es la frecuencia de relubricación dada en horas de operación.
- **Rpm:** revoluciones por minuto.
- **ID:** diámetro interno de cojinete dado en mm.
- **A:** Constante de la clase de cojinete.
 - **A: 1,** para cojinetes cónicos.
 - **A: 5,** para cojinetes cilíndricos.
 - **A: 10,** para cojinetes de bolas.
- **B:** Constante de temperatura
 - **B:1,** para temperaturas de operación por debajo de 70 °C.
 - **B:0.5,** para temperaturas 70°C a 75 °C.
 - **B:0.25,** para temperaturas de 75°C a 80 °C.
 - **B:0.12,** para temperaturas de 80°C a 90 °C.

- **B:0.6**, para temperaturas de 90 °C y más.

Cálculo de cantidad de grasa:

Se enuncia una formula básica para la cantidad de relleno de grasa: (Garavito, 2009)

- **G: DBX**

En donde:

- **G:** Cantidad de grasa requerida en gramos.
- **D:** Diámetro exterior rodamiento en mm
- **B:** Ancho rodamiento en mm.
- **X:** Factor de correlación para el intervalo de relubricación.
 - **X: 0,001** lubricación diaria.
 - **X: 0,002** lubricación semanal.
 - **X: 0,003** lubricación mensual.
 - **X: 0,005** lubricación anual.

Para hallar el porcentaje de llenado de grasa del rodamiento, se debe consultar el factor DmN: (Garavito, 2009)

- **DmN: Diámetro medio del rodamiento * rpm:** $\{(D \text{ diámetro mayor} - d \text{ diámetro menor}) / 2\} * \text{rpm}$
 - **DmN** por debajo de 100.000, multiplicar el resultado dado por la formula $G = DBX$, por 1.
 - **DmN** entre 100.000 y 350.000, multiplicar el resultado dado por la formula $G = DBX$, por 0,6.
 - **DmN** por encima de 350.000, multiplicar el resultado dado por la formula $G = DBX$, por 0,4.

Ejemplo: Calcular el valor de grasa a aplicar para rellenar un rodamiento 6306 que gira a una velocidad de 3480 rpm si se quiere realizar esta labor con una frecuencia mensual.

- **G= DBX**
- Rodamiento 6306 D= 72 mm, d= 30 mm, B= 19 mm
- $DmN = \{(72-30) / 2\} = 42 * 3480 = 146160$
- Factor $DmN=0.6$
- $G = 72 * 19 * 0.003 = 41.04 \text{ grs} * 0.6 = 24.62 \text{ grs}$ cada mes o 0.82 grs. por día.
Este valor diario es interesante en el caso de programar lubricadores automáticos.

Estos 24.62 gramos deben llevarse a medidas correspondientes según la entrega de las engrasadoras. Es decir, si la engrasadora manual utilizada entrega 1,5 gramos por accionamiento de la palanca (bombazo) se deberían aplicar 17 bombazos de grasa.

Ventajas del mantenimiento preventivo: (Navarro, 2010)

- Importante reducción de paradas imprevistas en equipos.
- Solo es adecuado si, por la naturaleza del equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de vida.

Inconvenientes del mantenimiento preventivo: (Navarro, 2010)

- No se aprovecha la vida útil completa del equipo.
- Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de acciones preventivas.

Aplicaciones del mantenimiento preventivo: (Navarro, 2010)

- Equipo de naturaleza mecánica o electromecánica sometidos a desgaste seguro.
- Equipos cuya relación fallo-duración de vida es bien conocida.

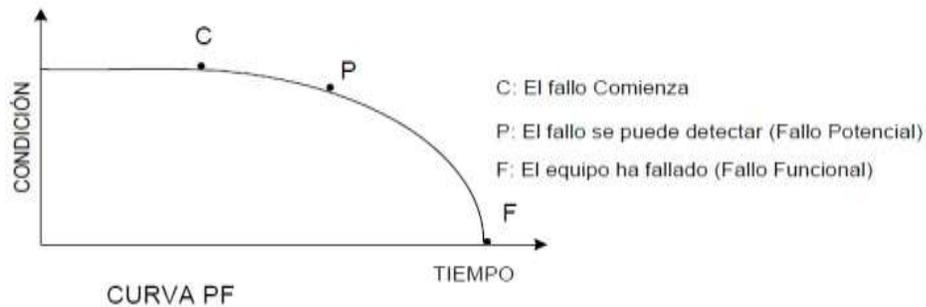
Mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo debe entenderse como aquella metodología que basa las intervenciones en la maquina o instalación sobre la que se aplica, en la evolución de una determinada variable que sea realmente identificadora de su funcionamiento y fácil de medir. (Fernández, 2005)

La anterior definición indica que la gran diferencia entre el mantenimiento preventivo y el predictivo, se basa en que para el mantenimiento preventivo se planifican intervenciones de forma constante y con base en una perióicidad concreta, un número de kilómetros, etc., pero siempre las mismas, mientras que en el mantenimiento predictivo no define ninguna perióicidad concreta para la intervención de la maquina, sino que aconseja el lanzamiento de una orden preventiva si la variable medida comienza a encontrarse en una zona de peligrosidad funcional de la máquina y, lógicamente, siempre antes que se produzca el fallo catastrófico. (Fernández, 2005)

Muchos autores han intentado explicar este tipo de mantenimiento predictivo con la siguiente curva P-F (Ver gráfica 2); en la que simbolizan cómo la variable medida evidencia un determinado nivel de deterioro de la máquina a partir del punto P, para que, antes de que esta falle, punto F, se produzca la intervención. (Fernández, 2005)

Gráfica 1: Fallos potenciales, el intervalo P-F



Fuente: (Navarro, 2010)

Los tres objetivos al realizar el seguimiento de una variable física.

Al momento de monitorear una variable física relacionada con el estado de la máquina, se buscan alguno de los siguientes cuatro objetivos: vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico. (Garrido, 2009).

- **Vigilancia.** Se mide una variable física con este objetivo se busca que la técnica predictiva empleada indique la existencia de un problema. Debe distinguir entre condición buena o mala para funcionar, e incluso, si es mala, indicar cuán mala es. Es el caso de la monitorización en continuo de las vibraciones de una turbina de vapor, por ejemplo.
- **Protección.** Su objetivo es evitar fallas catastróficas. Una máquina está protegida, si los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos, la máquina se detiene automáticamente.
- **Diagnóstico de fallos.** Su objetivo es identificar cuál es el problema específico que presenta el equipo, no sólo si existe un problema o no.
- **Pronóstico.** El objetivo es estimar cuánto tiempo más podría funcionar la máquina sin riesgo de un fallo catastrófico.

Los equipos a los que actualmente se les puede aplicar distintas técnicas de control de estado con probada eficacia son básicamente los siguientes: (Navarro, 2010)

- Máquinas rotativas.

- Motores eléctricos.
- Equipos estáticos
- Aparatación eléctrica.
- Instrumentación.

Técnicas de mantenimiento predictivo.

Las técnicas de mantenimiento predictivo, contrariamente a lo que muchos piensan, no mantienen una planta industrial. Sólo señalan una serie de anomalías que es necesario corregir. Por supuesto, si después los hallazgos que se realizan gracias a la aplicación de estas técnicas no se corrigen, no se llevan a la práctica los resultados de los informes, estas técnicas no tienen ninguna utilidad. (Garrido, 2009)

Entre las principales técnicas de mantenimiento predictivo podemos encontrar las siguientes: (Garrido, 2009)

- **Análisis de vibraciones:** Esta técnica del mantenimiento predictivo se basa en la detección de fallos en equipos rotativos principalmente, a través del estudio de los niveles de vibración. El objetivo final es obtener la representación del espectro de las vibraciones de un equipo en funcionamiento para su posterior análisis.

Para aplicarla de forma efectiva y obtener conclusiones representativas y válidas, es necesario conocer determinados datos de la máquina como son la velocidad de giro, el tipo de cojinetes, de correas, número de alabes o de palas, etc., y elegir los puntos adecuados de medida. También es necesario seleccionar el analizador más adecuado a los equipos existentes en la planta.

Existen dos técnicas diferentes:

1. **Medición de la amplitud de la vibración:** Da un valor global del desplazamiento o velocidad de la vibración. Si la vibración sobrepasa el valor preestablecido el equipo debe ser revisado. Únicamente

informa de que hay un problema en el equipo, sin poderse determinar por esta técnica donde está el problema.

2. Análisis del espectro de vibración: La vibración se descompone según su frecuencia. Se debe analizar el nivel de vibración en cada una de las frecuencias donde se puede determinar la causa de la anomalía. En este caso el equipo se compone de 4 elementos:

- a. Ordenador PC, normalmente portátil, en el que se almacenan las señales
 - b. Interfaz entre el sensor de vibración y el ordenador, o tarjeta de adquisición de datos.
 - c. Elemento sensor, que es el captador de la vibración
 - d. Software de análisis, capaz de realizar la descomposición de las señales y su representación gráfica, e incluso en algunos casos y en base a un sistema experto (que acumula la experiencia práctica del análisis de la compañía que lo desarrolla) es capaz de dar un primer diagnóstico del estado de la máquina.
- **Parámetros de vibraciones:** Los parámetros que definen la vibración son los siguientes:
 - **Frecuencia:** Es el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los análisis de vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios).
 - **Desplazamiento:** Es la distancia total que describe el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su movimiento. Es una cantidad vectorial que describe el cambio de posición de un cuerpo o partícula respecto a un sistema de referencia.
 - **Velocidad:** Es un valor relacionado con los parámetros anteriores. Es un vector que especifica la derivada del desplazamiento en el tiempo.

- **Aceleración:** Es un vector que especifica la derivada de la velocidad en el tiempo.
 - **Dirección:** Las vibraciones pueden producirse en 3 direcciones lineales y 3 rotacionales
- **Normas de Severidad.**

Una guía de referencia para distinguir entre lo que puede entenderse como un funcionamiento normal o admisible de la máquina y un nivel de alerta lo constituyen normas como la ISO 2372. Esta norma proporciona guías para aceptación de la amplitud de vibración para maquinaria rotativa que opera desde 600 hasta 12 000 RPM. Especifica niveles de velocidad general de vibración en lugar de niveles espectrales, y puede ser muy engañosa.

La norma ISO 2372 especifica los límites de la velocidad de vibración basándose en la potencia de la máquina y cubre un rango de frecuencias desde 10 Hz (o 600 RPM) hasta 200 Hz (o 12000 RPM). Debido al rango limitado de alta frecuencia, se puede fácilmente dejar pasar problemas de rodamientos con elementos rodantes (rodamientos de bolas, de rodillos, etc.). Esta norma está considerada obsoleta y se espera sea reformulada en breve.

Tabla 3: Normas de severidad de la vibración según ISO 2372.

45.00	No Permisible	No Permisible	No Permisible	No Permisible	
28.00				Limite	Admisible
18.00					
11.20				Admisible	Normal
7.10					
4.50					
2.80	Normal	Normal			
1.80					
1.12	Normal	Normal			
0.71					
0.45					
0.28					
0.18					
- Vel. [mm/s]	Máquinas Pequeñas (<15 kW)	Máquinas Medianas (15-75 kW) (300 kW, soporte especial)	Máquinas grandes (base rígida) (>75 kW)	Máquinas grandes (alta velocidad) (>75 kW)	

Fuente: (Garrido, 2009)

Hay que tener en cuenta que estos niveles de severidad de vibración detallados en la tabla 7.1 están referidos únicamente a vibración por desequilibrio, por lo que sólo son aplicables en lo referente a ese fallo. Por ello, es más práctico comparar el espectro de vibración obtenido con el espectro de referencia, es decir, aquel en el que se considera que la máquina funciona correctamente (por ejemplo, el espectro tomado al estar la maquina nueva).

Si el nivel de vibración ha aumentado 2,5 veces respecto a esa referencia, debe ser motivo de alarma, pero no de intervención: habrá que vigilar el comportamiento del equipo. Si la vibración aumenta 10 veces, está será

inadmisible y habrá que intervenir. Esta es una norma general cuya validez habrá que comprobar en cada caso particular.

Fallos detectables por vibraciones en máquinas rotativas.

Los fallos que pueden detectarse mediante el análisis de vibraciones son los siguientes:

Desequilibrios. Es el fallo más habitual, y podría decirse que en torno al 40% de los fallos por vibraciones que se detectan en máquinas rotativas se deben a esta causa. Las tablas de severidad que se manejan habitualmente, y que expresan el grado de gravedad de una vibración, se refieren exclusivamente a vibración por desequilibrio.

Al momento de presentarse una distribución de pesos anormal en torno al eje de rotación se aprecia en la gráfica del análisis espectral una elevación de la velocidad de vibración a la frecuencia equivalente a la velocidad de rotación.

El desequilibrio es un problema resoluble, donde se debe modificar o reparar los elementos que causan la incorrecta distribución de pesos (falta de algún elemento, distribución de pesos de forma homogénea, eliminación de residuos incrustados en los elementos móviles, deformaciones, roturas, etc.), o se deberá añadir unas pesas de equilibrado en los puntos adecuados que equilibren esta distribución.

Eje curvado. Es una forma de desequilibrio, pero que en este caso no tiene solución por equilibrado. En este caso, se detecta la primera armónica (1xRPM) y se ve claramente la segunda.

Desalineamiento. Es una fuente de vibración fácilmente corregible, y causa más del 30% de los problemas de vibración que se detectan en la industria. Es importante alinear los equipos al instalarlos, comprobar la alineación cada cierto tiempo (anualmente, por ejemplo) y realizarla siempre que se intervenga en el equipo.

Hay que tener en cuenta que existen ciertas tolerancias al desalineamiento, y

que no es necesario que este sea absolutamente perfecto. Cada máquina y cada fabricante suelen aportar la tolerancia en el alineamiento. También es importante tener en cuenta que el hecho de disponer de acoplamientos flexibles no elimina la necesidad de alinear los equipos: la mayoría de los fabricantes recomienda alinear estos acoplamientos con el mismo cuidado y exactitud que si fueran acoplamientos rígidos.

Problemas electromagnéticos. Los motores y alternadores, además de todos los problemas asociados al resto de equipos rotativos, son susceptibles de sufrir toda una serie de problemas de origen electromagnético, como son los siguientes: desplazamiento del centro magnético estator respecto del centro del rotor; barras del rotor agrietadas o rotas; cortocircuito o fallos de aislamiento en el enrollado del estator; o deformaciones térmicas. Suelen apreciarse picos a la frecuencia de red (50 o 60 Hz), a la velocidad de rotación (1xRPM) y armónicos proporcionales al número de polos.

También es fácil apreciar en los espectros la presencia de bandas laterales que acompañan a la vibración principal. En general, tienen poca amplitud, por lo que suelen pasar desapercibidos. Es necesaria gran experiencia para identificarlos y no confundirlos con otros problemas, como desalineamiento, desequilibrio, etc.

Problemas de sujeción a bancada. Es otro de los problemas habituales en máquinas rotativas. Puede manifestarse como mala sujeción general a la bancada, o como es más habitual, con uno de sus apoyos mal fijado. En este caso, se denomina 'pedestal cojo', y es un problema más frecuente de lo que pudiera parecer.

Se identifica en general por presentar altos niveles de vibración en la primera y segunda armónica de la frecuencia de rotación (1XRPM y 2XRPM). Es curioso que, al momento que se presenta el problema, si se afloja uno de los apoyos la vibración DISMINUYE, en vez de aumentar. Ese suele ser uno de los principales indicativos de la presencia de este problema.

Holguras excesivas. En ocasiones las tolerancias de holgura en la unión de elementos mecánicos de la máquina han sido excedida, o sencillamente, se han aflojado debido a la dinámica de operación de la máquina. Presenta las mismas frecuencias de vibración que el desalineamiento o el desequilibrio, pero al momento se intenta alinear o equilibrar la máquina se observa que los niveles de vibración no disminuyen.

Mal estado de rodamientos y cojinetes. Los fallos en rodamientos y cojinetes se detectan en general a frecuencias altas, por lo que son fácilmente identificables por medio de observar las vibraciones en el rango alto, es decir, a frecuencias elevadas (20xRPM o más). Para su análisis es conveniente tener en cuenta en número de elementos rodantes, el tipo (bolas, rodillos), etc.

Resonancia. La resonancia está relacionada con la velocidad crítica y la frecuencia natural de la máquina. A esa frecuencia, que es diferente para cada equipo, las vibraciones se ven amplificadas de 10 a 30 veces. En general, los fabricantes de máquinas rotativas garantizan que la velocidad crítica de sus rotores sea suficientemente diferente de la velocidad de operación de éstos, por lo que es difícil encontrar un problema de velocidad crítica en una máquina correctamente diseñada.

- **Termografía:** La termografía permite detectar, sin contacto físico con el elemento bajo análisis, cualquier falla que se manifieste en un cambio de la temperatura, mediante la medición de los niveles de radiación dentro del espectro infrarrojo. En general, un fallo electromecánico antes de producirse se manifiesta al generar e intercambiar calor. Este calor se traduce habitualmente en una elevación de temperatura que puede ser súbita, pero, por lo general y según sea objeto, se presenta de forma gradual, podrá manifestar pequeñas variaciones con el tiempo.

Si es posible detectar, comparar y determinar dicha variación, entonces se pueden detectar fallos que comienzan a gestarse y que pueden producir en el

futuro cercano o a mediano plazo una parada de planta y/o un siniestro que puede afectar personas e instalaciones. Esto permite la reducción de los tiempos de parada al minimizar la probabilidad de paradas imprevistas, no programadas, gracias a su aporte en cuanto a la planificación de las reparaciones y del mantenimiento.

Aplicaciones de la termografía: Las termografías pueden ser aplicadas en cualquier situación donde un problema o condición pueda ser visualizado por medio de una diferencia de temperatura. Una termografía puede tener aplicación en cualquier área únicamente si esta tiene que ver con variación de temperatura. Los puntos de aplicación más importantes de una termografía son los siguientes:

- Inspección de la subestación eléctrica.
- Inspección de transformadores.
- Inspección de las líneas eléctricas de alta tensión.
- Inspección de embarrados y de cabinas de control de motores (CCM).
- Localización de fallas internas laminares en el núcleo del estator del alternador.
- Inspección del estado de los equipos de excitación del alternador.
- Inspección del estado de escobillas, en motores y en alternador.
- Inspección de motores eléctricos en el sistema de refrigeración, de alimentación de caldera y sistema compresión de gas (rodamientos, cojinetes, acoplamientos y alineación).
- Inspección de tuberías del ciclo agua-vapor de caldera, para comprobar daños o defectos de aislamiento.
- Inspección del aislamiento del cuerpo de la caldera.
- Inspección de intercambiadores de calor.
- Inspección del condensador.
- Inspección de trampas de vapor.

- **Inspecciones boroscópicas:** Las inspecciones boroscópicas son inspecciones visuales en lugares inaccesibles para el ojo humano con la ayuda de un equipo óptico, el boroscopio. Se desarrolló en el área industrial a raíz del éxito de las endoscopias en humanos y animales.

El boroscopio es sin duda otra de las herramientas imprescindibles para acometer trabajos de inspección en las partes internas de determinadas máquinas sin realizar grandes desmontajes. Así, se utiliza ampliamente para la observación de las partes internas de motores térmicos (motores alternativos de combustión interna, turbinas de gas y turbinas de vapor), y para observar determinadas partes de calderas, como haces tubulares o domos.

Se usa no sólo en tareas de mantenimiento predictivo rutinario, sino también en auditorias técnicas, para determinar el estado interno del equipo ante una operación de compra, de evaluación de una empresa contratista o del estado de una instalación para acometer una ampliación o renovar equipos.

Entre las ventajas de este tipo de inspecciones están la facilidad para llevarla a cabo sin apenas tener que desmontar nada y la posibilidad de guardar las imágenes, para su consulta posterior.

- **Inspecciones por ultrasonidos:** El análisis por ultrasonido estudia las ondas de sonido de alta frecuencia producidas por determinados equipos e instalaciones y que no son audibles por estar fuera del rango de captación del oído humano (20 a 20000 Hz). El análisis y la detección de estos sonidos de alta frecuencia permiten, entre otras cosas:
 - Detección de fricción en máquinas rotativas.
 - Detección de fallas y/o fugas en válvulas.
 - Detección de fugas de fluidos.
 - Detección de pérdidas de vacío.
 - Detección de "arco eléctrico".
 - Verificación de la integridad de juntas de recintos estancos.

Esta tecnología se basa en que casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonido en frecuencias cercanas a los 40.000 Hertz, y de unas características que lo hacen muy interesante para su aplicación en mantenimiento predictivo: las ondas sonoras son de corta longitud atenuándose rápidamente sin producir rebotes.

Por esta razón, el ruido ambiental por más intenso que sea no interfiere en la detección del ultrasonido. Además, la alta direccionalidad del ultrasonido en 40 Khz. permite con rapidez y precisión la ubicación del fallo.

La aplicación del análisis por ultrasonido se hace indispensable especialmente en la detección de fallas existentes en equipos rotativos que giran a velocidades inferiores a las 300 RPM, donde la técnica de medición de vibraciones es un procedimiento poco eficiente.

- **Análisis de aceite:** El análisis de aceites de lubricación, técnica aplicable a transformadores y a equipos rotativos, suministra numerosa información utilizable para diagnosticar el desgaste interno del equipo, el estado del lubricante y el ambiente en el que trabaja la máquina, según puede verse en la imagen 2.

Ilustración 19: Las tres informaciones que proporciona el análisis de aceite.



Fuente: (Garrido, 2009).

En general se aplica a los siguientes equipos:

- Motores de combustión interna: grupos electrógenos, motogeneradores, motores de gasoil del sistema contraincendios, etc.
- Turbina de gas y de vapor
- Reductores o multiplicadores de gran tamaño
- Sistemas hidráulicos
- Alternadores
- Transformadores
- Bombas de gran tamaño
- Reductores de ventiladores

El estado del equipo se determina al establecer el grado de contaminación del aceite debido a la presencia de partículas de desgaste o sustancias ajenas a este. El estado del aceite se determina al comprobar la contaminación del aceite y la degradación que ha sufrido, es decir, la pérdida de capacidad de lubricar causada por una variación de sus propiedades físicas y químicas y sobre todo, las de sus aditivos.

La contaminación del aceite se puede determinar al cuantificar en una muestra del lubricante, el contenido de partículas metálicas, agua, materias carbonosas y partículas insolubles. La degradación se puede evaluar al medir la viscosidad, la detergencia, la acidez y la constante dieléctrica.

Es conveniente indicar que la contaminación y la degradación no son fenómenos independientes, ya que la contaminación es causante de degradación y esta última puede propiciar un aumento de la contaminación.

Mantenimiento a maquinaria y equipo para la fabricación de block's.

Es aquel predefinido con base en un plan que establezca intervenciones periódicas y sistemáticas según el tiempo, según las horas de vuelo, según las horas de trabajo, según el kilometraje, etc. a la postre se usa una variable independiente a las intrínsecas a la propia máquina para realizar la programación de intervenciones. (Fernández, 2005)

El mantenimiento tiene a su vez diversas fuentes de origen y, según estas, su revisión y modificación podrá o no ser posible; en unos casos, porque se halla corroborado la eficacia de la periodicidad definida, como puede ser en las sustituciones periódicas de aceites y lubricantes y, en otros casos, porque dichas periodicidades sean de obligado cumplimiento por legislaciones o reglamentos. (Fernández, 2005)

El mantenimiento como función en la empresa.

Por el hecho de constituir el mantenimiento una “función” dentro de la empresa, la organización del mantenimiento en ésta nos da idea de importancia y de sus funciones. Conviene distinguir dos aspectos en la organización del mantenimiento: (Sacristán, 2001)

1. La situación que ocupa el servicio de mantenimiento dentro del organigrama general de la Empresa. En los esquemas 3 y 4 se muestra el lugar que corresponde a la “función mantenimiento” dentro de la Empresa, al estar ligada a la función principal de Producción y forma con el resto de las funciones, las actividades propias de toda organización Industrial Clásica.
2. El propio organigrama interno del servicio de mantenimiento.

Diagrama 4: Organigrama general de planta.



Fuente: (Sacristán, 2001)

Diagrama 5: Organigrama de la función de producción.



Fuente: (Sacristán, 2001)

En muchas industrias, el nivel de organigrama influye poco o nada en la función y resultados del servicio de mantenimiento. A partir que las relaciones entre el responsable de mantenimiento y los responsables de otros servicios a los que atiende son buenas, aquel no necesita un nivel de autoridad formal, aparece en el organigrama a la misma altura que éstos. (Sacristán, 2001)

Estructuras y tipos de organizaciones de mantenimiento.

Dentro de la estructura organizacional el recurso humano se dispone o distribuye de una manera funcional de acuerdo con sus roles individuales y según el orden de importancia, son reguladas las interacciones por leyes, normas o reglamentos. (Karli Jiménez Sanchez, 2005)

Para diseñar la estructura organizacional se deben combinar las distintas posiciones individuales en grupos, según la especificación de sus cargos, responsabilidades y el grado de especialización. Estos grupos, a su vez, pueden ser agrupados en unidades más grandes hasta que toda la organización queda contenida en un grupo final. De esta manera se construyen los niveles jerárquicos de la organización y se asignan los

poderes de decisión. El organigrama es la representación gráfica de estos niveles jerárquicos, es decir, es el resultado del proceso de agrupamiento. (Karli Jiménez Sanchez, 2005)

Estructuras Funcionales (centralizadas).

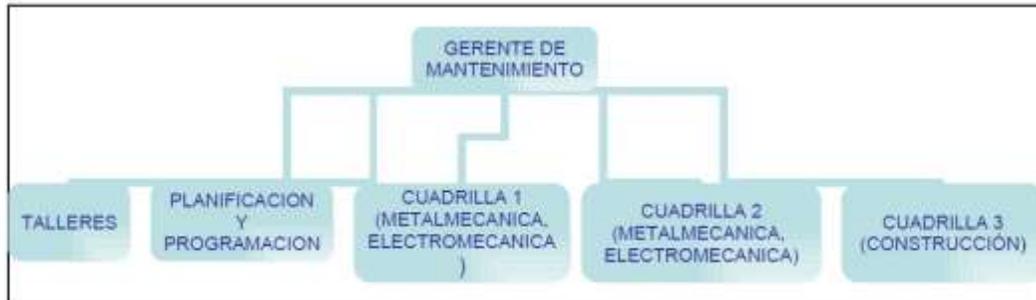
Existen dos tipos de organizaciones funcionales, llamadas también centralizadas: (Karli Jiménez Sanchez, 2005).

- **Organización Simple:** Normalmente es utilizada por empresas pequeñas. Con frecuencia, en esta situación una persona, casi siempre el empresario, asume la mayor parte de los trabajos, dentro de ellos el mantenimiento. No existen disposiciones formales de la organización y la diferenciación horizontal es baja debido a que los empleados desempeñan múltiples deberes.
- **Organización Funcional:** Se agrupan las personas con base en su pericia y experiencia comunes o a que utilizan los mismos recursos. Cada rectángulo del organigrama representa una especialización funcional diferente la cual se concentra en su propia tarea especializada. En el caso del mantenimiento, la organización se puede distribuir en planificación y control, ingeniería de confiabilidad, estudio de fallas, control de gestión, etc.)

Las organizaciones de mantenimiento centralizadas tienen las siguientes características:

- Todo el personal es controlado desde una localización central y es transferible de un área a otra (Esquema 5). Los talleres son centralizados.
- Presenta menores problemas de transporte, prioridades, compras, etc.
- Requieren estricto control de costos porque pueden ascender a niveles excesivos.

Diagrama 6: Organización de mantenimiento centralizada.



Fuente: (Karli Jiménez Sanchez, 2005)

Estructuras divisionales (descentralizadas).

Estas estructuras llamadas también descentralizadas se pueden organizar en cuatro formas: por área geográfica, por producto o servicio, por cliente o por proceso. Una estructura divisional por área geográfica es apropiada para las organizaciones si las estrategias se tienen que adaptar a las necesidades y características particulares de los clientes en diferentes áreas geográficas. Este tipo de estructura es más apropiado para organizaciones que disponen de instalaciones similares situadas en áreas muy dispersas. (Karli Jiménez Sanchez, 2005)

Las características principales de las organizaciones de mantenimiento descentralizadas por áreas son las siguientes: (Karli Jiménez Sanchez, 2005)

- Está dividida en varias zonas geográficas a las cuales se asignan cuadrillas (Esquema 6).
- Aumenta la eficiencia al estar situadas las pequeñas organizaciones cerca de las operaciones.
- El control lo ejerce el nivel de supervisión en el área respectiva, operaciones apoya en casos de emergencia.
- Tiene la desventaja de que el personal no sea eficiente en otras áreas
- Requieren de pequeños talleres limitados a cierta cantidad de trabajo

- Se pueden presentar problemas de prioridades, transporte, compras, etc.
- La cantidad de personal normalmente es mayor que el mantenimiento centralizado.

Diagrama 7: Organización de mantenimiento descentralizada (por áreas).



Fuente: (Karli Jiménez Sanchez, 2005).

En cualquiera de los casos anteriores se debe considerar a la hora de diseñar una organización de mantenimiento, los siguientes aspectos: (Karli Jiménez Sanchez, 2005)

- La procedencia del personal: propio o contratado
- Las modalidades de operación de la empresa y/o número de turnos
- Las especialidades: mecánica, electricidad, civil, instrumentación, etc.
- La ubicación de los talleres: taller central, taller central más zonales, talleres por tipo de equipo (taller de válvulas, de bombas, de compresores, de instrumentos).

Administración del mantenimiento.

La administración de mantenimiento necesita contar con medios claros y precisos para solicitar, autorizar y ejecutar trabajos; computar tiempo, materiales y costos; saber que acciones son necesarias para reducir al mínimo el costo de mantenimiento y el tiempo de paro y, finalmente evaluar los resultados comparándolos con lo planeado, estimado y programado. (Newbrough., 1997)

Los procedimientos deben ser analizados, valorados y cambiados, si se hace indispensable, para que puedan alcanzarse los objetivos de un tiempo óptimo de aprovechamiento en la producción y un costo también óptimo en el mantenimiento. Cada forma de documento debe servir para una finalidad específica. Las formas innecesarias o muy elaboradas tienden a oscurecer el modelo básico y son un desperdicio de tiempo. Por otra parte, si las formas son demasiado pocas se puede incurrir en escasez de información esencial. (Newbrough., 1997)

El objeto de un sistema de documentos de oficina es doble: 1) asegurar que halla el debido control al autorizar los gastos, y 2) distribuir los costos de mantenimiento entre los diversos renglones de maquinaria, equipo, instalaciones, etc. (Newbrough., 1997)

Solicitudes de servicio de mantenimiento.

Todo trabajo de mantenimiento debe originarse en un documento, a efecto de evitar la realización de labores sin importancia, innecesarias o no autorizadas, y para contar con un registro de la tarea efectuada por máquina. La demanda de servicio puede provenir del personal de producción o del de mantenimiento. En este último puede ser el resultado de inspecciones de carácter preventivo o de problemas encontrados por un trabajador o sobrestante de mantenimiento. La solicitud deberá firmarse por un sobrestante (de producción o mantenimiento) o por el coordinador de mantenimiento preventivo. (Newbrough., 1997)

Ilustración 20: Formato de solicitud de trabajo.

Grupo No.	Tiempo Fecha	Planeado Emergencia	Tiempo ilimitado por:			
Cargo No.	Sobrest. No.	Oficio No.	Horas estd.	Horas reales	Turno	Tasa mult.
<u>Trabajo requerido:</u>		<u>TRABAJE CON PRECAUCIÓN</u>			Sobrest. gal.	
					Supte. de depto.	
					Pers. ases.	
					Director	
					Ing.	
					Ing. ind.	
					Cuenta	
					<u>Cálculo</u>	
					Mano de obra	
					Material	
Placa No.	Sobrest. mant.	Originador		Total		

Fuente: (Newbrough., 1997)

Todas las solicitudes de servicio se detallarán en una forma estándar, ver imagen 3. Este documento constituye la autorización básica para el trabajo de que se trate, y es la fuente de toda información sobre reparaciones de rutinas, que pasa a formar parte de los registros históricos. La prioridad del trabajo a realizar deberá indicarse en la solicitud, debe hacer constar si se trata de una urgencia (a hacer luego), de una rutina (a programarse para su realización de acuerdo con el orden normal), o algo deseable (labor de relleno). Los trabajos, dentro de su categoría respectiva, se efectuarán en el orden en que se reciban. (Newbrough., 1997)

Quien haga la solicitud deberá especificar lo siguiente: (Newbrough., 1997)

- Fecha de solicitud.
- Fecha en que estará disponible la maquina afectada.
- Fecha en que desea que esté terminado el trabajo.
- Cuenta a la que se cargara el costo de tiempo y materiales.
- Prioridad.

- Descripción del trabajo a realizar.
- Ubicación (número de máquina o descripción del sitio) donde se necesita el servicio.
- Firmas del solicitante (y de la autoridad que aprueba, si hay).

Procedimiento de aprobación.

Como fase del procedimiento de solicitud tendrá que recabarse una aprobación del costo que tendrá el servicio. Los tramites de autorización seguirán los lineamientos orgánicos y se basarán en el tipo de servicio demandado y la partida de gastos correspondiente al nivel de que se trate. (Newbrough., 1997)

Todo servicio de urgencia tendrá que confirmarse por escrito por el supervisor o el coordinador de mantenimiento. Como la solicitud de servicio muchas veces se redacta después de completar el trabajo, es evidente que solo servirá para la acumulación de costo y para facilitar anotación del tiempo de paro y del de reparación en los registros correspondientes. (Newbrough., 1997)

Ilustración 21: Autorización de mantenimiento.

<i>Puesto que autoriza</i>	<i>Tipo de mantenimiento</i>	<i>Solicitado por</i>	<i>Observaciones</i>
Cualquier empleado	Emergencia	Sobrestante de mantenimiento	Verbal y luego solicitud escrita
Control de mantenimiento	Reparaciones menores de rutina y ajustes de todos tipos	Sobrestante de mantenimiento	Autorizado con solicitudes
Sobrestante general o más alto	Reparaciones, salvo rutina menor	Sobrestante de mantenimiento	Autorizado por solicitud de mantenimiento; si fuese demasiado largo para llenar forma, hacerlo con orden de trabajo
Jefe de departamento o más alto	Proyecto, modificaciones, reparación mayor, redistribución, nuevas construcciones menores	Ingeniero de fábrica	Amparado con órdenes de trabajo
Director de división o más alto	Cambios grandes, nueva construcción y gastos de capital	Ingeniero de fábrica	Proyecto amparado con órdenes de trabajo

Fuente: (Newbrough., 1997)

Órdenes de trabajo.

La forma de orden de trabajo que aparece en el formato 2, conviene para empresas pequeñas y medianas, y se utiliza si es necesario estimar el costo de la tarea, o al momento de la autorización se deja abierta o pendiente durante un lapso determinado para llevar a cabo labores de rutina, como son inspecciones de mantenimiento preventivo, lubricaciones, etc. (Newbrough., 1997)

Ilustración 22: Orden de trabajo para empresas pequeñas.

ORDEN DE TRABAJO				
Fecha de expedición	Fecha en que se solicita	Centro de costo	Tipo de mantenimiento	Folio No.
Solicitado por	Aprobado por	Lugar del trabajo	Descripción del equipo	
Trabajo ejecutado por		Descripción del trabajo		
Nombre	Fecha No.			
Total				
Fecha de terminación	Supervisor			

Fuente: (Newbrough., 1997)

En esta forma se pueden emplear cifras de dos dígitos para designar el tipo de actividad, como se puede apreciar en la ilustración 23.

Ilustración 23: Tipos de actividades de mantenimiento.

<i>Regular número</i>	<i>Eléctrico número</i>	<i>Tipo de mantenimiento</i>
04	14	Mantenimiento preventivo: Engrasar, lubricar, revisar y ajustar; efectuar reparaciones menores mientras se revisa y ajusta. (Aquí se consideran reparaciones menores las que no se llevan más de tres horas.)
05	15	Reparaciones: Reparaciones de emergencia y otras, que tienen por objeto conservar equipo e instalaciones en buenas condiciones de funcionamiento.
06	16	Trabajos mayores: Renovación de maquinaria, equipo e instalaciones.
07	17	Modificaciones o adiciones: Modificación de maquinaria, equipo o instalaciones actuales.
08	18	Seguridad: Eliminación de riesgos.
09	19	Fabricación: Fabricación de partes o piezas para montaje.

Fuente: (Newbrough., 1997)

Un coordinador de MP encargado de tramitar la documentación del programa respectivo sería de gran ayuda para el supervisor de mantenimiento, incluso si la fábrica fuese pequeña. Este empleado desempeñaría los papeles de coordinador, oficinista, vigilante de ejecución, etc. Se encargaría de anotar en las ordenes de trabajo la clase de servicio, por número. Quienes tuvieran a su cargo la ejecución del que hacer seguirán deben continuar el mismo número como parte del número de trabajo, como en el ejemplo siguiente: (Newbrough., 1997)

- 71050-04: Inspecciones de mantenimiento preventivo.
- 31424-08: Guardas de seguridad para motor.
- 31426-07: Modificaciones a controles eléctricos.

Procedimientos de ordenes de trabajo.

Los siguientes procedimientos atañen al empleo de ordenes de trabajo en fábricas de tamaño chico y medio: (Newbrough., 1997)

- Ordenes de trabajo fijas (04) para mantenimiento preventivo:

- 1) Las ordenes de trabajo fijas, que amparan el tiempo empleado en las inspecciones de MP, deben ser expedidas el día primero de cada mes por el coordinador de MP del departamento de ingeniería de fábrica, para el mes en que el mantenimiento se carga a centros de costo separados, en lugar de al departamento de ingeniería de la fábrica. Se expedirá orden de trabajo por cada centro.
 - 2) Cada semana el coordinador de mantenimiento debe proporcionar listas de comprobación de mantenimiento preventivo, se debe especificar las inspecciones requeridas en toda la fábrica durante la siguiente semana.
 - 3) El original de la orden de trabajo, junto con las formas de comprobación, serán enviadas por el coordinador de MP al supervisor de área o al supervisor de cuadrilla de mantenimiento designada al servicio de inspección.
 - 4) Al terminarse las inspecciones o al final del turno de trabajo, el dependiente de mantenimiento escribirá su nombre y las horas laboradas en la orden de trabajo, poner ésta y la lista de comprobación en el casillero de tareas completadas o no completadas, según sea el caso.
 - 5) El supervisor de mantenimiento utilizará el original de la orden de trabajo para encomendar la siguiente inspección preventiva, hasta que se llene la columna correspondiente a horas laboradas. Entonces procederá a emitir una nueva orden de trabajo (complementaria) para las siguientes inspecciones programadas.
- Reparaciones (05):
 - 1) Todo quehacer de reparación, incluso las emergencias, se autorizará mediante una solicitud de mantenimiento separada, o por una orden de trabajo expedida por el supervisor responsable.

- 2) La solicitud o la orden de trabajo que ampare toda clase de reparaciones, salvo emergencias, será el documento en que se base el supervisor de mantenimiento para encomendar la tarea. (De ordinario hay gente en operación ya en los casos de urgencia, esto debido a que apenas se redacta la solicitud.).
 - 3) El personal de mantenimiento anotará en el original de la orden de trabajo el tiempo elaborado y los detalles de la fuerza efectuada que no aparezcan en las instrucciones. Este original se colocará en el casillero de trabajo completado o no, al terminar la tarea o al final de turno.
- Reparaciones mayores (06); nueva construcción que abarca alteraciones y adiciones (07); seguridad (08); fabricación (09):
 - 1) Las órdenes para esta clase de trabajo serán expedidas por el supervisor responsable, y en ellas se anotarán los costos asignados.
 - 2) El supervisor de mantenimiento utilizará el original de la orden de trabajo para encargar la labor al personal de mantenimiento correspondiente, a efecto de que sirva de base y autorización para la expedición de ordenes de trabajo complementarias, si esto es necesario, para correlacionar y encomendar tareas a otras cuadrillas, y para proporcionar espacio en donde anotar horas laboradas.
 - 3) El personal de mantenimiento utilizara el original de la orden de trabajo primaria o de la complementaria, para registrar el tiempo (horas) laborado cada día.
 - 4) Al completarse la tarea o al final del turno, el personal de mantenimiento colocará la orden de trabajo en el casillero que corresponda: de quehaceres completados o no.

Rutinas de mantenimiento.

A partir de las instrucciones de mantenimiento sugeridas por los fabricantes y conforme al análisis de frecuencia de inspecciones y consecuentes ordenes de trabajo (OT) que surgen de las fichas o tarjetas de historial de equipos oportunamente diseñadas, el jefe de mantenimiento organizará instrucciones específicas para el desarrollo del trabajo con su equipo personal y que complementará como política de mantenimiento en la empresa. (Calloni, 2003)

Las frecuencias de inspecciones de los componentes mecánicos y eléctricos correspondientes a máquinas, equipos e instalaciones, el autor las ha tabulado, conforme a las indicaciones que dan los fabricantes y a la experiencia específica del autor a través del quehacer diario como responsable de mantenimiento y experiencias intercambiadas en cursos y seminarios sobre especialidad laboral. (Calloni, 2003)

Complementariamente, es rutina para el hombre de mantenimiento, consultar las publicaciones especializadas y artículos sobre el tema de mantenimiento que divulgan con variada periodicidad, tanto de procedencia nacional como extranjera. (Calloni, 2003)

Rutina para bandas transportadoras.

A continuación, se presenta la rutina de mantenimiento para las bandas transportadoras, a medida que se implemente el mantenimiento se deberá elaborar más rutinas según la conveniencia del equipo.

Ilustración 24: Rutina de mantenimiento a bandas transportadoras.

TAREA	PERIODICIDAD			H.H.	MATERIALES		HERRAMIENTAS	Observaciones
	Semanal	Mensual	Anual		Material	Cantidad		
SERVICIO MENOR				3:30 Hr.				
A1	Comprobación de ruidos anómalos en piezas móviles (indicando donde se detectan).			00:30 Hr.				
A2	Toma de temperatura en cojinetes y rodamentos.			00:30 Hr.				
A3	Comprobación de ausencia de vibraciones extrañas en piezas móviles (indicar donde, si se detectan).			00:30 Hr.				
A4	Comprobar ausencia de defectos en la producción.			00:30 Hr.				
A5	Comprobación del ciclo de funcionamiento del equipo.			00:30 Hr.				
A6	Limpieza de la zona.			00:30 Hr.				
A7	Revisión de tensión de cadenas y faja de transportador.			00:30 Hr.				
SERVICIO INTERMEDIO				4:45 Hr.				
B1	Comprobación de la sujeción de motores.			00:15 Hr.	Grasa, Wipe	1 Lb.	Engrasadora	
B2	Verificación del estado físico de motores.			00:15 Hr.	Grasa, Wipe	1 Lb.	Engrasadora	
B3	Comprobar y reponer niveles en reductores (cambiar aceite si fuese necesario, observando si el aceite usado presenta olor o color extraño. Buscar partículas extrañas en el aceite sustituido).			1:00 Hr.	Grasa, Wipe	1 Lb.	Engrasadora	
B4	Engrase de partes mecánicas (chumaceras, splock's).			1:00 Hr.	Grasa, Wipe	1 Lb.	Engrasadora	
B5	Verificar el estado físico del transportador; puntos de soldadura, estado de faja, estado de grapas de sujeción, verificación de rodos, pintura de transportador.			00:30 Hr.				
B6	Tomar lectura de amperaje y voltaje del equipo (comprobar su capacidad en relación al consumo de la carga)			00:30 Hr.			Amperímetro	
B7	Limpieza de partes mecánicas (Chumaceras, splock's, etc.)			1:00 Hr.	Grease off/WD-40	1	Brocha, hidrolavadora	
B8	Tomar lectura de temperatura y amperaje de motor operando.			00:15 Hr.			Termómetro infrarrojo	
SERVICIO MAYOR				18 Hrs. 30 Min.				
D1	Aplicación de pintura a estructura de banda transportadora.			4:00 Hr.	Pintrua, thinner, wipe.	1	Pistola para pintar, cepillo de alambre.	
D2	Mantenimiento a caja reductora de motor transportador.			2:00 Hr.	Acete, pintura, grasa, cojinetes.	1	Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
D3	Mantenimiento a motor de banda transportadora.			2:00 Hr.	Pintura, cojinetes, barniz, grasa.	1	Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
D4	Cambio de banda para transportador.			3:00 Hr.	Faja de banda	1	Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
D5	Cambio de cojinetes a chumaceras.			5:00Hr	Cojinetes	1	Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
D6	Limpieza de partes mecánicas (Chumaceras, splock's, etc.)			1:00 Hr.	Grease off/WD-40	1	Brocha, hidrolavadora	
D7	Engrase de piezas mecánicas.			1:00 Hr.	Grasa, Wipe	1 Lb.	Engrasadora	
D8	Tomar lectura de amperaje y voltaje del equipo (comprobar su capacidad en relación al consumo de la carga)			15 Min.			Amperímetro	
D9	Tomar lectura de temperatura de motor operando.			15 Min.			Termómetro infrarrojo	
Responsable de Planta _____				Responsable de Mantenimiento _____				
Firma de Responsable de Planta _____				Firma de Responsable de Mantenimiento _____				

Fuente: (Calloni, 2003)

Rutina para mezcladoras.

A continuación, se presenta la rutina de mantenimiento para las mezcladoras, a medida que se implemente el mantenimiento se deberá elaborar más rutinas según la conveniencia del equipo.

Ilustración 25: Rutina de mantenimiento a mezcladoras.

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO								
EQUIPO:	Mezcladora			AREA DE MANTENIMIENTO:	Mecánico/Eléctrico			
Periodo del mantenimiento	Diaria	<input type="checkbox"/>	Mensual	<input type="checkbox"/>	Anual	<input type="checkbox"/>		
Marcar con una "X" en cada casilla las tareas ejecutadas en el mantenimiento.								
TAREA	PERIODICIDAD			H.H.	MATERIALES		HERRAMIENTAS	Observaciones
	Diaria	Mensual	Anual		Material	Cantidad		
SERVICIO MENOR								
A2	Revisión de estado de faja y cadenas de mezcladora.			1:00 Hr.				
A3	Revisión de tensión de cadenas y faja de mezcladora.			30 Min.				
SERVICIO INTERMEDIO								
B1	Engrase de partes mecánicas (chumaceras, splock's).			1:00 Hr.	Grasa, Wipe	1 Lb.	Engrasadora	
B2	Verificar el estado físico de mezcladora; puntos de soldadura, estado de faja, estado de cadenas, verificación de estado de motor, pintura de mezcladora.			30 Min				
B3	Tomar lectura de amperaje y voltaje del equipo (comprobar su capacidad en relación al consumo de la carga)			30 Min			Amperimetro	
B4	Revisión de estado físico de paletas de mezclado			15 Min.				
B5	Limpieza de partes mecánicas (Chumaceras, splock s. etc.)			1:00 Hr.	Grease off/WD-40	1	Brocha, hidrolavadora	
B6	Tomar termografía de equipo operando.			15 Min.			Termometro infrarrojo	
SERVICIO MAYOR								
D1	Aplicación de pintura a estructura de mezcladora.			4:00 Hr.	Pintrua, thinner, wipe.	1	Pistola para pintar, cepillo de alambre.	
D2	Mantenimiento a bomba de agua de mezcladora.			2:00 Hr.	Aceite, pintura, grasa, cojinetes.	1	Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
D3	Mantenimiento a motor de banda transportadora.			2:00 Hr.	Pintura, cojinetes, barniz, grasa.	1	Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
D4	Limpieza de plaetas de mezclado.			3:00 Hr.			Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
D5	Cambio de cojinetes a chumaceras.			5:00Hr	Cojinetes	1	Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
D6	Limpieza de partes mecánicas (Chumaceras, splock s. etc.)			1:00 Hr.	Grease off/WD-40	1	Brocha, hidrolavadora	
D7	Engrase de piezas mecánicas.			1:00 Hr.	Grasa, Wipe	1 Lb.	Engrasadora	
D7	Cambio de faja de mezcladora.			1:00 Hr.	Faja.	1	Llaves combinadas.	
D8	Tomar lectura de amperaje y voltaje del equipo (comprobar su capacidad en relación al consumo de la carga)			15 Min.			Amperimetro	
D9	Tomar termografía de equipo operando.			15 Min.			Termometro infrarrojo	
Responsable de Planta _____ Firma de Responsable de Planta _____								
Responsable de Mantenimiento _____ Firma de Responsable de Mantenimiento _____								

Fuente: (Calloni, 2003)

Rutina para prensas.

A continuación, se presenta la rutina de mantenimiento para las prensas, a medida que se implemente el mantenimiento se deberá elaborar más rutinas según la conveniencia del equipo.

Ilustración 26: Rutina de mantenimiento para prensas.

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO								
EQUIPO:	Prensa		AREA DE MANTENIMIENTO:	Mecánico/Eléctrico				
Periodo del mantenimiento	Semanal <input type="checkbox"/>		Semestral <input type="checkbox"/>		Anual <input type="checkbox"/>			
Marcar con una "X" en cada casilla las tareas ejecutadas en el mantenimiento.								
TAREA	PERIODICIDAD			H.H.	MATERIALES		HERRAMIENTAS	Observaciones
	Semanal	Semestral	Anual		Material	Cantidad		
SERVICIO MENOR								
A1				2-45 Hr.				
A1				1:00 Hr.	Grasa, Wipe	1 Lb.	Engrasadora	
A2				30 Min.				
A3				30 Min.				
A4				30 Min.				
A5				30 Min.				
A5				15 Min.				
SERVICIO INTERMEDIO								
B1				3-30 Hr.				
B1				1:00 Hr.	Grasa, Wipe	1 Lb.	Engrasadora	
B2				30 Min.				
B3				30 Min.			Amperimetro	
B4				15 Min.				
B5				15 Min.				
B6				15 Min.				
B7				1:00 Hr.	Grease off/WD-40	1	Hidrolavadora, Manguera para aire y boquilla.	
B8				15 Min.			Cámara termografica.	
SERVICIO MAYOR								
D1				18 Hrs. 30 Min.				
D1				4:00 Hr.	Pintrua, thinner, wipe.	1	Pistola para pintar, cepillo de alambre.	
D2				2:00 Hr.	Aceite, pintura, grasa, cojinetes.	1	Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
D3				2:00 Hr.	Pintura, cojinetes, barniz, grasa.	1	Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
D4				3:00 Hr.	Aceite mineral.		Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
D6				5:00Hr	Cojinetes	1	Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
D6				1:00 Hr.	Cepillos	1	Llaves combinadas.	
D7				1:00 Hr.	Grasa, Wipe	1 Lb.	Engrasadora	
D7				1:00 Hr.	Faja.	1	Llaves combinadas.	
D8				15 Min.			Amperimetro	
D9				15 Min.			Termometro infrarrojo	
Responsable de Planta _____ Firma de Responsable de Planta _____								
Responsable de Mantenimiento _____ Firma de Responsable de Mantenimiento _____								

Fuente: (Calloni, 2003)

Rutina para equipos de almacenamiento.

A continuación, se presenta la rutina de mantenimiento para los equipos de almacenamiento de materias primas, a medida que se implemente el mantenimiento se deberá elaborar más rutinas según la conveniencia del equipo.

Ilustración 27: Rutina de mantenimiento para equipos de almacenamiento.

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO							
EQUIPO:	Equipos de almacenamiento		ÁREA DE MANTENIMIENTO:		Mecánico/Eléctrico		
Período del mantenimiento		Semanal <input type="checkbox"/>	Semestral <input type="checkbox"/>	Anual <input type="checkbox"/>			
Marcar con una "X" en cada casilla las tareas ejecutadas en el mantenimiento.							
TAREA	Periodicidad		H.H.	MATERIALES		HERRAMIENTAS	Observaciones
	Semestral	Anual		Material	Cantidad		
SERVICIO MENOR			01-15 Hr				
A1	Revisión de estado físico de estructura de tolva.		15 Min.				
A2	Revisión de estado físico de techo de protección de tolva.		15 Min.				
A3	Revisión de estado físico de motor vibrador.		15 Min.				
A4	Revisión de estado físico de dispositivos mecánicos de vibrador.		15 Min.				
A5	Revisión de estado físico de muros de protección de tolva.		15 Min.				
SERVICIO MAYOR			18 Hrs. 30 Min.				
B1	Aplicación de pintura a partes de estructura que presenten corrosión.		4:00 Hr.	Pintrua, thinner, wipe.	1	Pistola para pintar, cepillo de alambre.	
B2	Mantenimiento a motores vibradores.		2:00 Hr.	Aceite, pintura, grasa, cojinetes.	1	Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
B3	Cambio de cojinetes a chumaceras de vibradores.		2:00 Hr.	Pintura, cojinetes, barniz, grasa.	1	Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
B4	Cambio de laminas que presenten daños en el techo de protección.		3:00 Hr.	Aceite mineral.		Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
Responsable de Planta _____		Responsable de Mantenimiento _____					
Firma de Responsable de Planta _____		Firma de Responsable de Mantenimiento _____					

Fuente: (Calloni, 2003)

Rutina para equipos eléctricos.

A continuación, se presenta la rutina de mantenimiento para los equipos eléctricos de control, a medida que se implemente el mantenimiento se deberá elaborar más rutinas según la conveniencia del equipo.

Ilustración 28: Rutina de mantenimiento para equipos eléctricos.

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO							
EQUIPO:	EQUIPOS ELÉCTRICOS		AREA DE MANTENIMIENTO:	ELÉCTRICO			
Período del mantenimiento		Mensual <input type="text"/>	Anual <input type="text"/>				
Marcar con una "X" en cada casilla las tareas ejecutadas en el mantenimiento.							
TAREA	PERIODICIDAD		H.H.	MATERIALES		HERRAMIENTAS	Observaciones
	Mensual	Anual		Material	Cantidad		
SERVICIO MENOR							
A1			0.70				
A1			3	Brocha 2"	1	Brocha	
A2			2				
A3			2				
A4			3	Limpiador de contactos	1		
A5			2				
A6			5				
A7			5				
A8			20				
SERVICIO MAYOR							
			2.75			Q	-
B1			30				
B1			30	Sensor final de carrera	1	Desarmadores y alicate	
B3			30	Limpiador de contactos	1		
B4			30				
B5			30				
B6			15				
Responsable de Planta _____ Firma de Responsable de Planta _____							
Responsable de Mantenimiento _____ Firma de Responsable de Mantenimiento _____							

Fuente: (Calloni, 2003)

Rutina para equipos electrónicos.

A continuación, se presenta la rutina de mantenimiento para los equipos electrónicos de control, a medida que se implemente el mantenimiento se deberá elaborar más rutinas según la conveniencia del equipo.

Ilustración 29: Rutina para mantenimiento de equipos electrónicos

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO							
EQUIPO:	SISTEMAS ELÉCTRONICOS			AREA DE MANTENIMIENTO:	ELÉCTRICO		
Período del mantenimiento		Mensual <input type="text"/>		Anual <input type="text"/>			
Marcar con una "X" en cada casilla las tareas ejecutadas en el mantenimiento.							
TAREA	PERIODICIDAD		H.H.	MATERIALES		HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES
	Mensual	Anual		Material	Cantidad		
A SERVICIO MENOR			01:43				
A1 Verificar el estado físico del gabinete; pintura, empaque de protección, ventilación y cualquier ingreso de suciedad.			00:10	N/A	0		
A2 Verificar el estado físico de todos los elementos internos del gabinete.			00:15	N/A	0		
A3 Re-apriete de todos los puntos de contacto entre cable y térmicos, flipones, switch, manijas, transformadores, contactores, etc.			00:20	N/A	0	Desarmadores	
A4 Limpieza de arrancadores, manijas y switch's que se encuentran instalados en el gabinete.			00:15	LIMPIA CONTACTOS SABO, BROCHA 2", WIPE.	0.2	Brocha	
A5 Verificar el estado de las partes mecánicas de accionamiento de los gabinetes.			00:10	N/A	0		
A6 Verificar estado de chapas para gabinetes.			00:03	SPRAY WD-40	0.2		
A7 Tomar lectura de amperaje y voltaje del equipo (comprobar su capacidad en relación al consumo de la carga)			00:30	N/A	0	Amperímetro	
A8 Tomar imagen termografica para econtrar puntos calientes.			00:30	N/A	0	Cámara termografica.	
B SERVICIO MAYOR			05:05				
B1 Cambio de 6 contactores.			00:45	CONTACTOR 3RT1024, 220V	6	Desarmadores y alicate	
B2 Cambio de botones pulsadores en mal estado.			00:30	Botón pulsador.	2	Desarmadores y alicate	UN SWITCH
B3 Cambio de manijas en mal estado.			00:30	Manija.	2	Desarmadores y alicate	UNA MANIJA
B4 Ordenamiento estético interno del cableado de mandos y fuerza (colocar cinchos plásticos).			00:30	CINCHOS PLÁSTICOS DE 11"	20	Desarmadores y alicate	
B5 Cambio de chapas para gabinetes.			00:15	GABINETE	1	Desarmadores y alicate	
B6 Rotulado de gabinete.			00:35	DE 3/4" MARCA	0.2	Rotuladora	
B7 Pintar toda la caja interna y externamente para protección.			00:30	SPRAY COLOR GRIS	1	Cepillo de alambre	
B8 Limpieza de arrancadores, manijas y switch's que se encuentren instalados en el gabinete.			00:30	LIMPIA CONTACTOS SABO, BROCHA 2", WIPE.	0.2	Brocha	
B9 Re-apriete de todos los puntos de contacto entre cable y térmicos, flipones, switch, manijas, transformadores, contactores, etc.			00:30	LIMPIA CONTACTOS SABO, BROCHA 2", WIPE.	0.2	Desarmadores y alicate	
B10 Tomar imagen termografica para econtrar puntos calientes.			00:30	N/A	0	Cámara termografica.	
Responsable de Planta _____				Responsable de Mantenimiento _____			
Firma de Responsable de Planta _____				Firma de Responsable de Mantenimiento _____			

Fuente: (Calloni, 2003)

Rutina para equipo neumático.

A continuación, se presenta la rutina de mantenimiento para el equipo neumático, a medida que se implemente el mantenimiento se deberá elaborar más rutinas según la conveniencia del equipo.

Ilustración 30: Rutina para mantenimiento de equipo neumático.

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO									
EQUIPO:	Compresor				AREA DE MANTENIMIENTO:	Mecánico/Eléctrico			
Período del mantenimiento	Semanal <input type="checkbox"/>	1000 Horas <input type="checkbox"/>	1200 Horas <input type="checkbox"/>	6000 Horas <input type="checkbox"/>					
Marcar con una "X" en cada casilla las tareas ejecutadas en el mantenimiento.									
TAREA	PERIODICIDAD				H.H.	MATERIALES		HERRAMIENTAS	Observaciones
	Semanal	1000 Horas	1200 Horas	6000 Horas		Material	Cantidad		
SERVICIO MENOR									
A1	Verificación de estado de mangueras y líneas de aire.				01:00 Hr				
A2	Verificar nivel de aceite refrigerante.				30 Min.				
A3	Revisar manto filtrante de enfriador.				30 Min.				
A4	Revisar manto filtrante de tablero eléctrico.				30 Min.				
A5	Revisar drenaje de condensado.				30 Min.				
A6	Drene el condensado manualmente.				30 Min.				
SERVICIO INTERMEDIO TIPO 1									
B1	Mantenimiento de las correas de transmisión.				30 Min.				
B2	Revisar filtro de aire.				30 Min.				
B3	Limpieza de manto filtrante de enfriador.				30 Min.	Filtro de aire	1	Llaves combinadas.	
B4	Limpieza de manto filtrante de tablero eléctrico.				15 Min.	Filtro de refrigerante	1	Llaves combinadas.	
B5	Mantenimiento al intercambiador de calor.				15 Min.	Grease off/WD-40	1	Brochadora, Manguera para aire y boquilla	
B6	Mantenimiento al condensador refrigerativo.				15 Min.			Cámara termográfica.	
SERVICIO INTERMEDIO TIPO 2									
C1	Cambio de faja de motor de compresor				15 Min.	Faja	1	Pistola para pintar, cepillo de alambre.	
SERVICIO MAYOR									
D1	Drenaje de condensado				15 Min.	Faja	1	Pistola para pintar, cepillo de alambre.	
D2	Cambio de unidad de servicio.				30 Min.	Muelle de gas.	1	Llaves combinadas, llaves allen, martillo, desarmadores, alicate, etc.	
Responsable de Planta _____ Firma de Responsable de Planta _____									
Responsable de Mantenimiento _____ Firma de Responsable de Mantenimiento _____									

Fuente: (Kaeser, 2016)

Rutina para equipo hidráulico.

A continuación, se presenta la rutina de mantenimiento para el equipo hidráulico, a medida que se implemente el mantenimiento se deberá elaborar más rutinas según la conveniencia del equipo.

Ilustración 31: Rutina de mantenimiento para equipo hidráulico.

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO									
EQUIPO:		UNIDAD HIDRAULICA			AREA DE MANTENIMIENTO:		MECÁNICO/ELÉCTRICO		
Período del mantenimiento		Diario <input type="text"/>		Semestral <input type="text"/>		Anual <input type="text"/>			
Marcar con una "X" en cada casilla las tareas ejecutadas en el mantenimiento.									
TAREA	PERIODICIDAD			H.H.	MATERIALES		HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	
	Diario	Semanal	Anual		Material	Cantidad			
A SERVICIO MENOR				01:13					
A1 Verificar nivel de aceite de grupos hidráulicos. Rellenar si es necesario.				00:10	N/A	0			
A2 Verificar estado de filtros (diferencial de presión).				00:15	N/A	0			
A3 Comprobar temperatura de aceite.				00:20	N/A	0			
A4 Comprobar ausencia de fugas				00:15		0.2			
A5 Comprobar funcionamiento de motor hidráulico.				00:10	N/A	0			
A6 Comprobar presiones en diferentes puntos del circuito.				00:03	N/A	0.2			
B SERVICIO INTERMEDIO				01:43					
B1 Reparar fugas detectadas en mantenimiento diario.				00:10	N/A	0			
B2 Purgar tanque hidráulico (retirar agua del fondo del depósito abriendo la válvula situada en el punto inferior del depósito).				00:15	N/A	0			
B3 Comprobar temperatura de funcionamiento del motor.				00:20	N/A	0	Termómetro		
B4 Comprobar revoluciones del motor.				00:15		0.2	Tacómetro		
B5 Comprobar consumo del motor de la bomba hidráulica.				00:10	N/A	0	Amperímetro		
B6 Limpieza y/o cambio de filtros, si procede.				00:03	SPRAY WD-40	0.2	Brocha		
B7 Toma de muestra de aceite para analizar.				00:30	N/A	0	Probeta		
C SERVICIO MAYOR				03:35					
C1 Cambio de filtros si procede.				00:45	FILTROS	6	Llaves combinadas		
C2 Comprobación de válvulas de seguridad.				00:30	N/A	2	Llaves combinadas		
C3 Comprobación del estado del acumulador.				00:30	N/A	2	Llaves combinadas		
C4 Reapriete de tornillos de fijación motor-bomba.				00:30	N/A	20	Llaves combinadas		
C5 Limpieza de refrigeradores por agua, con descalcificadores.				00:15	SPRAY WD-40	1	Brocha		
C6 Limpieza de motor (aletas de refrigeración).				00:35	N/A	0.2	Soplete.		
C7 Desmontaje de tapas y ventiladores de motores para limpieza e inspección.				00:30	Pintura, cojinetes, barniz, grasa.	1	Desarmadores y alicate		
Responsable de Planta _____					Responsable de Mantenimiento _____				
Firma de Responsable de Planta _____					Firma de Responsable de Mantenimiento _____				

Fuente: (Calloni, 2003)

Rutina para montacargas.

A continuación, se presenta la rutina de mantenimiento para el montacargas, a medida que se implemente el mantenimiento se deberá elaborar más rutinas según la conveniencia del equipo.

Ilustración 32: Rutina de mantenimiento para montacargas.

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO							
EQUIPO:		MONTACARGAS		AREA DE MANTENIMIENTO:		MECANICO	
Periodo del mantenimiento		Semestral <input type="text"/>		Anual <input type="text"/>			
Marcar con una "X" en cada casilla las tareas ejecutadas en el mantenimiento.							
TAREA	PERIODICIDAD		H.H.	MATERIALES		HERRAMIENTAS	Observaciones
	Semestral	Anual		Material	Cantidad		
SERVICIO MENOR			8.75				
A1	Cambio de aceite de motor.		45	Aceite de motor	1	Llaves mixtas	
A2	Cambio de filtro de aceite de motor.		15	Filtro de aceite	1	Llaves mixtas	
A3	Limpieza de tubo flexible de ventilación de deposito de combustible.		15				
A4	Cambio de refrigerante de motor.		30	Refrigerante	1	Llaves mixtas	
A5	Verificación del estado físico de rodamentos de eje de accionamiento.		15				
A6	Verificación de estado de cableado eléctrico.		15	Limpiacircuitos	1	Tester	
A7	Cambio de aceite hidráulico.		45	Aceite hidráulico.	1	Llaves mixtas	
A8	Cambio de filtro de alimentación y presión.		15	Filtros	1	Llaves mixtas	
A9	Limpieza de guías de mástil de elevación y cadenas.		60	Grease off	1	Hidrolavadora.	
A10	Verificar estado y desgaste de cadenas.		30				
A11	Verificar fijación de cadena en el ancla de cadena.		15				
A12	Cambio de cadenas deterioradas.		120	Cadena	1	Llaves mixtas	
A13	Ajuste de cadena de mástil.		30				
A14	Verificación de estado físico de puas y seguros de la horquilla.		15				
A15	Verificación del asiento correcto de las puas.		15				
A16	Cambio de piezas defectuosas.		45	Puas y horquillas	1	Llaves mixtas	
Responsable de Planta _____		Responsable de Mantenimiento _____					
Firma de Responsable de Planta _____		Firma de Responsable de Mantenimiento _____					

Fuente: (Calloni, 2003)

Rutina para moldes de fabricación.

A continuación, se presenta la rutina de mantenimiento para los moldes, a medida que se implemente el mantenimiento se deberá elaborar más rutinas según la conveniencia del equipo.

Ilustración 33: Rutina de mantenimiento para moldes.

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO						
EQUIPO:	MOLDES	AREA DE MANTENIMIENTO:	MECÁNICO			
Período del mantenimiento		1 Año <input style="width: 50px;" type="text"/>				
Marcar con una "X" en cada casilla las tareas ejecutadas en el mantenimiento.						
TAREA	PERIODICIDAD	H.H.	MATERIALES		HERRAMIENTA	Observaciones
	Anual		Material	Cantidad		
MOLDES						
1	Revisión del estado de estructura metálica.	30				
2	Aplicación de pintura a estructura metálica.	30	Pintura de aceite gris	0.5	Pistola para pintar.	
			Wipe Libra	1		
			Thinner Lacca	0.5		
Responsable de Planta _____		Responsable de Mantenimiento _____				
Firma de Responsable de Planta _____		Firma de Responsable de Mantenimiento _____				

Fuente: (Calloni, 2003)

II.11 Implementación del plan para mantenimiento a maquinaria y equipo para la fabricación de block's.

El primer paso antes de concretar cómo se van a gestionar los trabajos es establecer la política de mantenimiento. La política o estrategia de mantenimiento consiste en definir los objetivos técnico-económicos del servicio, así como los métodos a implantar y los medios necesarios para alcanzarlos. Una vez que disponemos de la información relevante sobre los equipos, su estado y los requerimientos de producción, se fijan los objetivos. (Navarro, 2010)

Los objetivos pueden ser muy variables de acuerdo al tipo de industria y su situación (producto, mercado, etc.) e incluso puede ser distinto para cada máquina o instalación. En cualquier caso, la definición de los objetivos no es válida si no se hace previo acuerdo con la dirección técnica y producción. Algunos objetivos posibles son: (Navarro, 2010)

- Máxima disponibilidad, sin importar el coste.
- A un coste dado (Se debe fijar presupuesto.)
- Asegurar un rendimiento, una producción.
- Garantizar la seguridad.
- Reducir las existencias de recambios.
- Maximizar la productividad del personal.
- Maximizar los trabajos programados y reducir las urgencias.
- Reducir las improvisaciones.
- Concretar un nivel de subcontratación, etc.

Establecimiento del plan de mantenimiento.

Con todo lo dicho hasta ahora podríamos resumir las distintas etapas que supone establecer un plan de mantenimiento: (Navarro, 2010)

Análisis de equipos.

Cada equipo ocupa una posición distinta en el proceso industrial, y tiene unas características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros equipos similares. Esto quiere decir que una bomba o un motor pueden necesitar de unas tareas de mantenimiento, mientras que otra bomba y otro motor similares pueden necesitar de otro tipo de tareas muy distintas. Si queremos optimizar, ya no es suficiente con pensar en el tipo de instalación o en las características del equipo. (Garrido., 2003)

Es necesario tener en cuenta toda una serie de factores, como el coste de una parada de producción, su influencia en la seguridad, el coste de una reparación, etc., que van a determinar las tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo. (Garrido., 2003)

Planteado de esta forma, el trabajo previo que debemos realizar en una planta antes de elaborar el Plan de Mantenimiento es muy grande. Muy grande y muy importante. Debemos estudiar cada uno de los equipos que constituyen la planta con cierto nivel de detalle, se debe determinar qué tareas son rentables y cuáles no lo son. En una planta que posea cientos o miles de equipos, este trabajo puede parecer inmenso e interminable, pero no es así. En una planta de tamaño medio, con algo menos de mil equipos, este trabajo puede suponer entre 4 y 6 semanas de un técnico que posea la formación adecuada. (Garrido., 2003)

A la vez que realizamos este análisis, obtendremos una serie de información adicional: (Garrido., 2003)

- Datos fundamentales para la elaboración del presupuesto anual de mantenimiento (repuestos y consumibles, importe de los subcontratos,

trabajos durante las paradas programadas, estimación de la carga de mano de obra en horas/hombre).

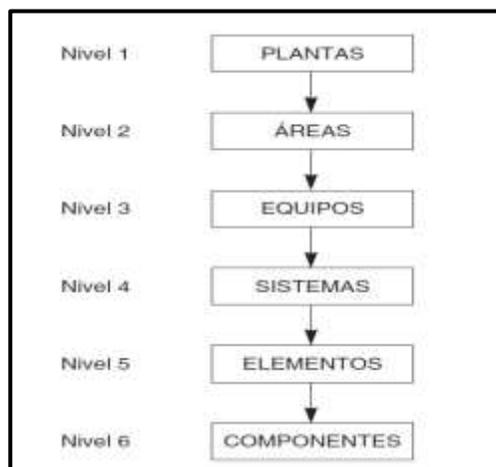
- Repuesto que necesitamos en stock en la planta.
- Ayuda para la elaboración del Plan de Formación.
- Subcontratos necesarios con los fabricantes de algunos equipos.

Lista de equipos.

El primer problema que se plantea al intentar realizar un Análisis de Equipos es elaborar una lista ordenada de los equipos que hay en ella. Realizar un inventario de los activos de la planta es algo más complejo de lo que pueda parecer en un primer momento. Una simple lista de todos los motores, bombas, sensores, etc., de la planta no es útil ni práctica. Una lista de estas características no es más que una lista de datos, no es información. Si queremos elaborar una lista de equipos realmente útil, debemos expresar esta lista en forma de estructura arbórea, en la que se indiquen las relaciones de dependencia de cada uno de los ítems con los restantes. (Garrido., 2003)

En una planta industrial podemos distinguir los siguientes niveles, a la hora de elaborar esta estructura arbórea: (Garrido., 2003)

Diagrama 8: Niveles de lista de equipos.



Fuente: (Garrido., 2003)

Cada equipo, a su vez, está dividido en una serie de sistemas funcionales, que se ocupan de una misión dentro de él. Los sistemas, a su vez, se descomponen en elementos (el motor de una bomba de lubricación será un elemento). Los componentes son partes más pequeñas de los elementos, y son las partes que habitualmente se sustituyen en una reparación. Definamos en primer lugar qué entendemos por cada uno de estos términos: (Garrido., 2003)

- **Planta:** Centro de trabajo. Ej.: Empresa X, Planta de Barcelona
- **Área:** Zona de la planta que tiene una característica común (centro de coste, similitud de equipos, línea de producto, función). Ej.: Area Servicios Generales, Área hornos, Área Línea.
- **Equipo:** Cada una de las unidades productivas que componen el área, que constituyen un conjunto único.
- **Sistema:** Conjunto de elementos que tienen una función común dentro de un equipo.
- **Elemento:** cada una de las partes que integran un sistema. Ej.: el motor de la bomba de lubricación de un compresor. Es importante diferenciar elemento y equipo. Un equipo puede estar conectado o dar servicio a más de un equipo. Un elemento, en cambio, sólo puede pertenecer a un equipo. Si el ítem que tratamos de identificar puede estar conectado o dar servicio simultáneamente a más de un equipo, será un equipo, y no un elemento. Así, si una bomba de lubricación sólo lubrica un compresor, se tratará de un elemento del compresor. Si, en cambio, se trata de una bomba que envía aceite de lubricación a varios compresores (sistema de lubricación centralizado), se tratará en realidad de otro equipo, y no de un elemento de alguno de ellos.
- **Componentes:** partes en que puede subdividirse un elemento. Ej.: Rodamiento de un motor, junta rascadora de un cilindro neumático.

Ilustración 34: Ejemplo de lista de equipos en empresa de fabricación.

**LISTA DE EQUIPOS EN EMPRESA
DE FABRICACIÓN DE *COMPACT DISC***

Si tomamos como ejemplo una Planta de Producción de Discos Ópticos (CD), la lista de los equipos que la componen podría ser la siguiente:

1. Compresor 1.
2. Compresor 2.
3. Secador de aire.
4. Bomba de vacío 1.
5. Equipo contra incendios.
6. Laboratorio de *premastering*.
7. Laboratorio de *mastering*.
8. Laboratorio de producción de matrices.
9. Inyectora 1.
10. Inyectora 2.
11. Inyectora 3.
12. Impresora 1.
13. Impresora 2.
14. Laboratorio serigráfico.
15. Máquina envasado 1.
16. Máquina de envasado 2.

Expresado así, no es más que una lista de equipos desestructurada, que no aporta ninguna información. La misma lista puede expresarse de esta forma:

LISTA DE EQUIPOS
EMPRESA: CD-MANUFACTURE
PLANTA: BARCELONA

Nivel 1 ÁREA	Nivel 2 EQUIPO	Nivel 3 SISTEMA
ÁREA SERVICIOS GENERALES	<i>Equipo contra-incendios</i>	Sistema de almacenamiento de agua
		Sistema de bombeo
	<i>Red de agua contra-incendios</i>	Sistema de BIE
		Sistema de hidrantes
		Sistema de detección
		Tuberías
		Válvulas

Fuente: (Garrido., 2003)

Tabla 4: Lista de maquinaria y equipos Planta Tayasal.

Columna1	Columna2	Columna3
Nivel 1 ÁREA	Nivel 2 MAQUINARIA/EQUIPO	Nivel 3 SISTEMA
Cuarto eléctrico	Banco de transformadores	Suministro de energía eléctrica
Cuarto eléctrico	Acometida eléctrica.	Suministro de energía eléctrica.
Cuarto eléctrico	Flipón principal.	Suministro de energía eléctrica.
Cuarto eléctrico	Tableros de flipones.	Suministro de energía eléctrica
Banco de materia prima.	Tolva árido 1	Suministro de materia prima.
Banco de materia prima	Tolva árido 2	Suministro de materia prima.
Banco de materia prima	Tolva árido 3	Suministro de materia prima.
Línea P50	Banda transportadora árido 1	Transporte de materia prima
Línea P50	Banda transportadora árido 2	Transporte de materia prima
Línea P50	Banda transportadora árido 3	Transporte de materia prima.
Línea P50	Banda colectora de áridos	Transporte de materia prima
Línea P50	Mezcladora	Mezclado.
Línea P50	Banda de hormigón	Transporte de materia prima.
Línea P50	Banda colectora de elevación	Transporte de materia prima
Línea P50	Prensa hidráulica	Sistema hidráulico.
Línea P50	Gabinete de control P50	Controles eléctricos.
Línea P50	Modulo de comando P50	Controles eléctricos.
Línea Big Blue	Banda transportadora árido 1	Transporte de materia prima
Línea Big Blue	Banda transportadora árido 2	Transporte de materia prima
Línea Big Blue	Banda transportadora árido 3	Transporte de materia prima.
Línea Big Blue	Banda colectora de áridos	Transporte de materia prima
Línea Big Blue	Mezcladora	Mezclado.
Línea Big Blue	Banda de hormigón	Transporte de materia prima.
Línea Big Blue	Banda colectora de elevación	Transporte de materia prima
Línea Big Blue	Prensa hidráulica	Sistema hidráulico.
Línea Big Blue	Gabinete de control Big Blue	Controles eléctricos.
Línea Big Blue	Modulo de comando Big Blue	Controles eléctricos.
Cuarto de compresor	Compresor	Suministro de aire.
Moldes	Moldes de fabricación.	Sistema de fabricación
Patio de producto terminado	Montacargas.	Maquinaria y equipo.

Fuente: (Ortíz, 2018)

Codificación de equipos.

Una vez elaborada la lista de equipos es muy importante identificar cada uno de los equipos con un código único. Esto facilita su localización, su referencia en órdenes de trabajo, en planos, permite la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones, permite el cálculo de indicadores referidos a áreas, equipos, sistemas, elementos, etc., y permite el control de costes. (Garrido., 2003)

Básicamente, existen dos posibilidades a la hora de codificar: (Garrido., 2003)

- Sistemas de codificación no significativos: son sistemas que asignan un número o un código correlativo a cada equipo, pero el número o código no aporta ninguna información adicional.
- Sistemas de codificación significativos o inteligentes, en el que el código asignado aporta información.

La ventaja del empleo de un sistema de codificación no significativo, de tipo correlativo, es la simplicidad y la brevedad del código. Con apenas 4 dígitos es posible codificar la mayoría de las plantas industriales. La desventaja es la dificultad para ubicar una máquina a partir de su código: es necesario tener siempre a mano una lista para poder relacionar cada equipo con su código. (Garrido., 2003)

Eso, o tener una memoria prodigiosa. Un sistema de codificación significativo aporta valiosa información sobre el equipo al que nos referimos: tipo de equipo, área en el que está ubicada, familia a la que pertenece, y toda aquella información adicional que queramos incorporar al código. El problema es que al añadir más información el código aumenta de tamaño. Como quiera el empleo de sistemas correlativos es muy sencillo. (Garrido, 2009)

La información que debería contener el código de un equipo debería ser el siguiente: (Garrido., 2003)

- Planta a la que pertenece.

- Área al que pertenece dentro de la planta.
- Tipo de equipo.

Los elementos que forman parte de un equipo deben contener información adicional: (Garrido., 2003)

- Tipo de elemento.
- Equipo al que pertenecen.
- Dentro de ese equipo, sistema en el que están incluidos.

Familia a la que pertenece el elemento. La clasificación en familias es muy útil, ya que nos permite hacer listados de elementos. Se puede encontrar una lista de familias en que pueden clasificarse los elementos más adelante. Una vez elaborada la lista de equipos, y tener en cuenta todas las consideraciones anteriores, es posible abordar la tarea de la codificación, se deberá fijar los criterios que la regirán. (Garrido., 2003)

Ilustración 35: Ejemplo de codificación de equipos.

Para este ejemplo, se ha utilizado la planta de producción de *Compact Disc* que se detallaba en el apartado dedicado a la elaboración de listas de equipos. Se han codificado tanto los equipos como los elementos que los componen.

Para definir el código en este ejemplo, se han definido la siguiente estructura:

Códigos para equipos

Como se indica en la Figura, el Área de la Planta en que está ubicado el equipo estaría definido por dos caracteres alfanuméricos, el tipo de equipo por dos caracteres alfabéticos, y el número correlativo por dos caracteres numéricos.

En la siguiente Tabla figuran algunos ejemplos de códigos que pueden utilizarse para identificar el tipo de equipo:

Código	Tipo de equipo	Código	Tipo de equipo
BS	Caldera de vapor	C0	Red de Aire comprimido
BF	Caldera de Fluido Térmico	R0	Red de Agua de refrigeración
CR	Compresor rotativo	F0	Red contra incendios
CC	Compresor Centrifugo	E0	Red eléctrica general
CT	Compresor de tornillo	V0	Red de Vacío
SC	Secador de aire por sistema frigorífico	S0	Red de Vapor

Fuente: (Garrido., 2003)

Ilustración 36: Ejemplo de codificación de equipos (continuación).

(Continuación)

Código	Tipo de equipo	Código	Tipo de equipo
SG	Secador de aire por silica gel	H0	Red de agua sobrecalentada
TS	Tanque de almacenamiento a presión atmosférica	W0	Red de agua industrial
TP	Tanque de almacenamiento a presión superior a la atmosférica	G0	Red de gas
OE	Horno eléctrico	FC	Equipo frigorífico por compresión
OG	Horno de gas	FA	Equipo frigorífico por absorción
TR	Reactor	CL	Climatizador
ET	Intercambiador de haces tubulares	EP	Intercambiador de placas
AR	Aerorefrigerador	IN	Inyectora
RI	Torre de Refrigeración de tiro inducido	RN	Torre de Refrigeración de tiro natural
RF	Torre de Refrigeración de tiro natural	TG	Turbina de gas
TV	Turbina de Vapor	PS	Impresora por serigrafía
PM	Envasadora		

Utilizando esta Tabla de tipos de equipo, y teniendo en cuenta la lista de equipos que contenía la planta del apartado anterior, la codificación resultante sería la siguiente:

Código	Descripción
1 1 F 1	<i>Equipo contraincendios</i>
1 1 F 0	<i>Red de agua contraincendios</i>
1 1 C T 0 1	<i>Compresor 1</i>
1 1 C T 0 2	<i>Compresor 2</i>
1 1 S C 0 1	<i>Secador de aire</i>
1 1 C 0	<i>Red de aire comprimido</i>
1 1 V C 0 1	<i>Bomba de Vacío</i>
1 1 V 0	<i>Red de Vacío</i>
1 2 L P 0 1	<i>Laboratorio de Premastering</i>
1 2 L M 0 1	<i>Laboratorio de Mastering</i>
1 2 L T 0 1	<i>Laboratorio de Matrices</i>
1 3 I N 0 1	<i>Inyectora 1</i>
1 3 I N 0 2	<i>Inyectora 2</i>
1 3 I N 0 3	<i>Inyectora 3</i>
1 4 P S 0 1	<i>Impresora 1</i>
1 4 P S 0 2	<i>Impresora 2</i>
1 4 L S 0 1	<i>Laboratorio de serigrafía</i>
1 5 P M 0 1	<i>Envasadora 1</i>
1 5 P M 0 2	<i>Envasadora 2</i>

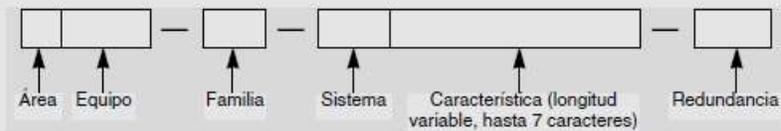
Fuente: (Garrido., 2003)

Ilustración 37: Ejemplo de código para elementos.

El código de un elemento que forma parte de un equipo estaría formado en este ejemplo por un total de 17 caracteres, con la siguiente estructura:

- Los 6 primeros identificarían el equipo, tal y como se ha detallado en el apartado anterior.
- Un carácter más alfabético identificaría la familia a la que pertenece el elemento.
- Los tres caracteres siguientes identificarían el sistema.
- Los caracteres siguientes, hasta 7 (longitud variable), serían caracteres alfanuméricos, que identificarían las características del elemento y aportarían un número correlativo.
- Un último carácter, de aplicación exclusiva para el caso de redundancia (elementos duplicados, triplicados, etc.).

En la siguiente Figura puede verse la estructura del código de un elemento:



Las familias a las que puede pertenecer un elemento pueden ser las siguientes:

<i>Código</i>	<i>Familia</i>
B	Bomba
M	Motor
V	Válvula
I	Instrumento
C	Componente de cuadro eléctrico
E	Elemento eléctrico
P	Pieza mecánica
T	Tubería
F	Filtro
N	Cilindros y actuadores neumáticos (no válvulas)
H	Cilindros y actuadores hidráulicos
O	Brida

Fuente: (Garrido., 2003)

Tabla 5: Codificación de maquinaria y equipo Planta Tayasal.

Código	Descripción
CE-BT-01	Banco de transformadores.
CE-AE-01	Acometida eléctrica.
CE-FP-01	Flipón principal.
CE-TF-01	Tablero de flipones.
BMP-TA-01	Tolva árido 1
BMP-TA-02	Tolva árido 2
BMP-TA-03	Tolva árido 3
P50-BA-01	Banda transportadora árido 1 P50.
P50-BA-02	Banda transportadora árido 2 P50.
P50-BA-03	Banda transportadora árido 3 P50.
P50-BC-01	Banda colectora de áridos P50.
P50-MZ-01	Mezcladora P50.
P50-BH-01	Banda de hormigón P50.
P50-BE-01	Banda colectora de elevación P50.
P50-PH-01	Prensa hidráulica P50.
P50-GC-01	Gabinete de control P50.
P50-MC-01	Modulo de comando P50.
BB-BA-01	Banda transportadora árido 1 Big Blue.
BB-BA-02	Banda transportadora árido 2 Big Blue.
BB-BA-03	Banda transportadora árido 3 Big Blue.
BB-BC-01	Banda colectora de áridos Big Blue.
BB-MZ-01	Mezcladora Big Blue.
BB-BH-01	Banda de hormigón Big Blue.
BB-BE-01	Banda colectora de elevación Big Blue.
BB-PH-01	Prensa hidráulica Big Blue.
BB-GC-01	Gabinete de control Big Blue
BB-MC-01	Modulo de comando Big Blue
CC-COMP-01	Compresor
MF-01	Moldes de fabricación.
PT-MC-01	Montacargas.

Fuente: (Ortíz, 2018)

Fichas Técnicas.

Para poder llevar a cabo la selección del Modelo de Mantenimiento que más se adapte a cada equipo, debemos, en primer lugar, disponer de la lista de los equipos que componen la planta. Esta lista, como hemos visto, puede ser tan detallada como se quiera: cuanto más detallada sea, más válidas serán las conclusiones que obtengamos. Una vez tengamos esa lista, es necesario elaborar una ficha para cada uno de los ítems que componen la planta. La Ficha de Equipo debe contener los datos más sobresalientes que afecten al mantenimiento de cada uno de los equipos de la planta. (Garrido, 2009)

A la hora de elaborar estas fichas, deberemos comenzar por los equipos que intuimos más importantes, y después continuar con el resto hasta completar la totalidad de los equipos de la planta. Esto debe hacerse así porque los equipos más significativos nos supondrán generalmente poco tiempo y, en cambio, el total de los equipos nos supondrá mucho más. Si por alguna razón debemos paralizar el trabajo, es mejor dejar de hacer los equipos menos importantes, por razones obvias. (Garrido, 2009)

Una vez tengamos todas las fichas en soporte papel, la carpeta que contenga estas fichas se volverá la fuente de información a partir de la cual introduciremos datos en nuestro sistema informático. La razón de hacerlo en soporte papel es doble. En primer lugar, la recogida de datos y las decisiones a tomar son la parte más importante del trabajo, e introducirlo en el sistema informático es una actividad mecánica que puede hacer un administrativo o un grabador de datos. En segundo lugar, el sistema informático no tiene por qué tener campos para toda la información necesaria, y se debe recopilar todos los datos en soporte papel aseguramos que la tenemos toda. En la ficha de equipo debemos anotaremos los siguientes datos: (Garrido, 2009)

- Código del equipo y descripción.
- Datos generales.

- Características principales (especificaciones). Es importante recopilar la mayor cantidad de datos de cada equipo.
- Valores de referencia (temperaturas de funcionamiento, nivel de vibración en cada uno de los puntos, consumos de energía por fase, etc.)
- Análisis de criticidad del equipo. Es conveniente explicar, en esta ficha, por qué se le ha asignado un determinado nivel de criticidad a cada equipo. De esta forma, cualquier persona podrá consultarlo, y entender la razón de su clasificación. Es recomendable adjuntar el cuadro en el que se analiza la criticidad en esta ficha de equipo.
- Modelo de mantenimiento recomendable. Igual que en el caso anterior, es conveniente explicar por qué se ha llegado a esa conclusión, de manera que la ficha de equipo debería contener alguna forma de poder explicarla (un gráfico, un espacio para poder aportar una justificación, etc.).
- Repuestos críticos que deben permanecer en stock, pertenecientes a ese equipo.
- Repuestos que se prevé que necesitará ese equipo en un ciclo de 5 años.
- Consumibles necesarios (lubricantes, filtros, etc.) que necesita para funcionar, y especificar sus características.
- Acciones formativas que se consideran necesarias para poder tener el conocimiento que se requiere para poder ocuparse del mantenimiento del equipo.

A realizar ficha de cada uno de los equipos que componen la planta, es fácil entender por qué, al realizar este trabajo, se obtiene datos muy importantes que nos ayudarán en otras labores, además de poder realizar el Plan de Mantenimiento: (Garrido, 2009)

- Tendremos algunos de los datos necesarios para poder calcular el presupuesto de mantenimiento. Podremos calcular los materiales necesarios, calcular el

monto del inmovilizado en repuesto, los subcontratos que debemos firmar con fabricantes, etc.

Ilustración 38: Ficha técnica de maquinaria.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO				
EQUIPO:		CODIGO:		
DATOS DEL EQUIPO:				
UBICACIÓN:		FOTOGRAFÍA DE EQUIPO		
PROVEEDOR:				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:				
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:				
VALORES DE REFERENCIA				
MARCA:				
POTENCIA:				
VOLTAJE:				
ALTO:				
LARGO:				
EDAD:				
ESTADO:				
ANÁLISIS DE CRITICIDAD:		TIPO DE EQUIPO:		
ANÁLISIS DE LAS ZONAS/EQUIPOS				
TIPO DE EQUIPO O DE ZONA	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	PRODUCCIÓN	CALIDAD	MANTENIMIENTO
A CRITICO				
B IMPORTANTE				
C PRESCINDIBLE				
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO	
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA				
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:		
CORRECTIVO				
PREVENTIVO				
PREDICTIVO				
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:		

Fuente: (Garrido., 2003)

Ilustración 39: Ficha técnica banco transformadores.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	BANCO DE TRANSFORMADORES	CODIGO:	CE-BT-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Cuarto eléctrico.		
PROVEEDOR:	EEGSA		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Banco de transformadores compuesto por tres transformadores de 25Kva, montados en poste para suministro de energía de la granja.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Transformadores convencionales, en conexión delta para otorgar una potencia total de 75Kva, trifásico.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	COOPER		
POTENCIA:	25Kva cada uno		
VOLTAJE:	Primario 13.2Kv / Secundario 240 V.		
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN	CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO	
Tres transformadores de 25Kva. Un poste de concreto. Tubo para acometida. Cableado en cobre.	Fusibles.	Llave ajustable Multímetro Escalera Arnés Cepillo de alambre Juego de llaves y copas.	
REPUESTOS CRÍTICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Fusibles tipo caña			
MODELO DE MANTENIMIENTO	RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:		
CORRECTIVO			
PREVENTIVO			
PREDICTIVO			
		FIRMA RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 40: Ficha técnica acometida eléctrica.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	ACOMETIDA ELÉCTRICA	CODIGO:	CE-AE-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Cuarto eléctrico.		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Acometida eléctrica para suministro de energía de la planta		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Instalación provista de sistema de tubería para protección de cableado que va desde banco de transformadores hasta flipón principal.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	Varias		
POTENCIA:	N/A		
VOLTAJE:	240 Voltios.		
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
Tubería HG Cableado.			Cepillo de alambre Desarmadores. Llaves allen.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO			
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018).

Ilustración 41: Ficha técnica flipón principal.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	FLIPÓN PRINCIPAL	CODIGO:	CE-FP-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Cuarto eléctrico.		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Flipón principal, para protección de banco de transformadores y corte o activación de energía de la planta.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Flipón instalado en su gabinete de protección.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	General Electric		
POTENCIA:	200 Amperios		
VOLTAJE:	120/240 Voltios.		
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
Flipón de 200 Amperios Cableado. Gabinete de protección.			Cepillo de alambre Desarmadores. Llaves allen. Brochas.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO			
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTENIMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 42: Ficha técnica tablero de flipones.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	TABLERO DE FLIPONES	CODIGO:	CE-TF-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Cuarto eléctrico.		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Tablero de flipones, para la distribución de energía eléctrica a los distintos circuitos de alimentación dentro de la planta.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Tablero de flipones de 22 polos.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	General Electric		
POTENCIA:	200 Amperios		
VOLTAJE:	120/240 Voltios.		
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN	CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO	
Flipones de diferentes capacidades. Cableado.		Cepillo de alambre Desarmadores. Llaves allen. Brochas.	
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Flipones			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO			
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 43: Ficha técnica tolva árido 1.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	TOLVA DE ARIDO 1	CODIGO:	BMP-TA-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Banco de materias primas.		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Tolva para almacenamiento de arido 1, utilizado en la fabricación de block's.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica provista de techo para protección de los materiales.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Capacidad de almacenamiento 14 metros cúbicos.		
VOLTAJE:			
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
Estructura metálica. Motor vibrador.			Cepillos de alambre. Pistola para pintado. Escalera. Pulidora.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 44: Ficha técnica tolva árido 2.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	TOLVA DE ARIDO 2	CODIGO:	BMP-TA-02
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Banco de materias primas.		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Tolva para almacenamiento de arido 2, utilizado en la fabricación de block's.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica provista de techo para protección de los materiales.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Capacidad de almacenamiento 50 metros cúbicos.		
VOLTAJE:			
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN	CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO	
Estructura metálica. Motor vibrador.		Cepillos de alambre. Pistola para pintado. Escalera. Pulidora.	
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 45: Ficha técnica tolva de árido 3.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	TOLVA DE ARIDO 3	CODIGO:	BMP-TA-03
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Banco de materias primas.		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Tolva para almacenamiento de arido 3, utilizado en la fabricación de block's.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica provista de techo para protección de los materiales.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Capacidad de almacenamiento 50 metros cúbicos.		
VOLTAJE:			
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN	CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO	
Estructura metálica. Motor vibrador.		Cepillos de alambre. Pistola para pintado. Escalera. Pulidora.	
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTENIMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 46: Ficha técnica banda transportadora árido 1 P50.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	BANDA TRANSPORTADORA ARIDO 1 P50	CODIGO:	P50-BA-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción P50		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Banda para el transporte de árido 1 desde tolva hasta banda colectora de áridos.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica, compuesta por una banda que es movida por medio de diferentes rodillos accionados por un motor.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Motor 2HP		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	4.3 metros		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 2HP trifásico. 17 rodillos para movimiento de banda. 1 banda de 18" de ancho 2 rodillos con chumaceras.		Grasa LGMT2 Wipe	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Chumaceras P202			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 47: Ficha técnica banda de árido 2 P50.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	BANDA TRANSPORTADORA ARIDO 2 P50	CODIGO:	P50-BA-02
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción P50		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Banda para el transporte de árido 2 desde tolva hasta banda colectora de áridos.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica, compuesta por una banda que es movida por medio de diferentes rodillos accionados por un motor.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Motor 2HP		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	2.5 metros		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 2HP trifásico con caja reductora 17 rodillos para movimiento de banda. 1 banda de 19" de ancho 2 rodillos con chumaceras.		Grasa LGMT2	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Chumaceras P202			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 48: Ficha técnica banda de árido P50.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	BANDA DE ARIDO 3 P50	CODIGO:	P50-BA-03
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción P50		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Banda para el transporte de los arido 3 desde tolva de arido 3 hacia banda colectora de aridos.		
CARACTERISTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica, compuesta por una banda que es movida por medio de diferentes rodillos accionados por un motor.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Motor 2HP		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	2.5 metros		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 2HP trifásico con caja reductora 18 rodillos para movimiento de banda. 1 banda de 18" de ancho 2 rodillo con chumacera.		Grasa LGMT2 Wipe	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Chumaceras P202			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 49: Ficha técnica banda colectora de áridos P50.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	BANDA COLECTORA DE ÁRIDOS P50	CODIGO:	P50-BC-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción P50		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Banda para el transporte de los áridos provistos por las bandas de áridos hacia banda de elevación.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica, compuesta por una banda que es movida por medio de diferentes rodillos accionados por un motor.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Motor 2HP		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	11 metros		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 2HP trifásico. 31 rodillos para movimiento de banda. 1 banda de 18" de ancho 2 rodillo con chumacera.		Grasa LGMT2 Wipe	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Chumaceras P202			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 50: Ficha técnica banda elevadora de áridos P50.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	BANDA DE ELEVACIÓN DE ARIDOS P50	CODIGO:	P50-BE-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción P50		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Banda para el transporte de los aridos provistos por las bandas de aridos hacia la mezcladora.		
CARACTERISTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica, compuesta por una banda que es movida por medio de diferentes rodillos accionados por un motor.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Motor 2HP		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	10 metros		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 2HP trifásico. 31 rodillos para movimiento de banda. 1 banda de 24" de ancho 2 rodillo con chumacera.		Grasa LGMT2 Wipe	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Chumaceras P202			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTENIMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 51: Ficha técnica mezcladora P50.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	MEZCLADORA P50	CODIGO:	P50-MZ-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción P50		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Mezcladora giratoria para la producción de hormigón utilizado en la fabricación de block's		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura cilíndrica giratoria, accionada por medio de un motor y poleas		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Motor 30Hp		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 30HP trifásico. 7 chumaceras P213 1 faja B-93 1 Polea de 24" 1 Polea de 6" 1 Polea de 16" 1 Bomba centrífuga monofásica 1/2HP		Grasa LGMT2 Wipe	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Chumaceras P213			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 52: Ficha técnica banda de hormigón P50.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	BANDA HORMIGON P50	CODIGO:	P50-BH-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción P50		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Banda para el transporte de concreto producido por la mezcladora hacia prensa de fabricación de block's.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica, compuesta por una banda que es movida por medio de diferentes rodillos accionados por un motor.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Motor 2HP		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	8.34 metros		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 2HP trifásico. 23 rodillos para movimiento de banda. 1 banda de 24" de ancho 3 rodillos con chumacera.		Grasa LGMT2 Wipe	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Chumaceras P202			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 53: Ficha técnica prensa hidráulica P50

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	PRENSA HIDRAULICA P50	CODIGO:	P50-PH-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción P50		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Equipo compuesto por medio de motores eléctricos y sistema hidraulico para la fabricación de block's.		
CARACTERISTICAS PRINCIPALES:			
Motores eléctricos para movimiento de mesa de moldeo y equipo hidraulico para producir vibración con que se forman los block's.			
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	POYATOS		
POTENCIA:	Varias.		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 20HP trifásico. 4 motores 1 Hp trifásicos 4 electrovalvulas.		Aceite sintetico	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Imagen 54: Ficha técnica módulo de control P50.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	MODULO DE COMANDO P50	CODIGO:	P50-MC-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción P50		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Paneles de comando para operación de línea de producción P50		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Paneles de comando con botones giratorios y pantalla scada para visualización de proceso de producción.		
MARCA:	Varias		
POTENCIA:	N/A		
VOLTAJE:	120/240 Voltios.		
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN	CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO	
Botones Manijas. Pantalla Scada Luces indicadoras	Limpia contactos	Cepillo de alambre Desarmadores. Llaves allen. Brochas.	
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Botones y manijas.			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO		FIRMA RESPONSABLE DE MANTEMIMIENTO:	
PREVENTIVO	X		
PREDICTIVO	X		

Fuente: (Ortíz, 2018)

Imagen 55: Ficha técnica gabinete de control P50.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	GABINETE DE CONTROL P50	CODIGO:	P50-GC-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción P50		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Paneles de comando para operación de línea de producción P50		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Paneles de comando con botones giratorios, manijas, pulsadores etc.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	Varias		
POTENCIA:	N/A		
VOLTAJE:	120/240 Voltios.		
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
Pulsadores Manijas Botones Contactores		Limpia contactos	Cepillo de alambre Desarmadores. Llaves allen. Brochas.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Pulsadores, manijas, botones, contactores.			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	X		
PREDICTIVO	X		
		FIRMA RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 56: Ficha técnica banda transportadora árido 1 Big Blue.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	BANDA TRANSPORTADORA ARIDO 1 Big Blue	CODIGO:	BB-BA-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción Big Blue		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Banda para el transporte de árido 1 desde tolva hasta banda colectora de áridos.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica, compuesta por una banda que es movida por medio de diferentes rodillos accionados por un motor.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Motor 2HP		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	7.5 metros		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 2HP trifásico. 19 rodillos para movimiento de banda. 1 banda de 18" de ancho 4 rodillos con chumaceras.		Grasa LGMT2	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Chumaceras P202			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 57: Ficha técnica banda de árido 2 Big Blue.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	BANDA TRANSPORTADORA ARIDO 2 Big Blue	CODIGO:	BB-BA-02
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción Big Blue		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Banda para el transporte de árido 2 desde tolva hasta banda colectora de áridos.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica, compuesta por una banda que es movida por medio de diferentes rodillos accionados por un motor.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Motor 2HP		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	3.6 metros		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 2HP trifásico. 9 rodillos para movimiento de banda. 1 banda de 19" de ancho 2 rodillos con chumaceras.		Grasa LGMT2	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Chumaceras P202			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 58: Ficha técnica banda de árido 3 Big Blue

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	BANDA DE ARIDO 3 Big Blue	CODIGO:	BB-BA-03
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción Big Blue		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Banda para el transporte de los arido 3 desde tolva de arido 3 hacia banda colectora de aridos.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica, compuesta por una banda que es movida por medio de diferentes rodillos accionados por un motor.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Motor 2HP		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	4.5 metros		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN	CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO	
1 motor de 2HP trifásico. 14 rodillos para movimiento de banda. 1 banda de 24" de ancho 1 rodillo con chumacera.	Grasa LGMT2 Wipe	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.	
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Chumaceras P202			
MODELO DE MANTENIMIENTO	RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:		
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 59: Ficha técnica banda colectora de áridos Big Blue.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	BANDA COLECTORA DE ÁRIDOS Big Blue	CODIGO:	BB-BC-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción Big Blue		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Banda para el transporte de los aridos provistos por las bandas de aridos hacia la mezcladora.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica, compuesta por una banda que es movida por medio de diferentes rodillos accionados por un motor.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Motor 2HP		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	4.5 metros		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 2HP trifásico. 14 rodillos para movimiento de banda. 1 banda de 24" de ancho 1 rodillo con chumacera.		Grasa LGMT2 Wipe	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Chumaceras P202			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 60: Ficha técnica mezcladora Big Blue.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	MEZCLADORA Big Blue	CODIGO:	BB-MZ-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción Big Blue		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Mezcladora giratoria para la producción de hormigón utilizado en la fabricación de block's		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura cilíndrica giratoria, accionada por medio de un motor y poleas		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Motor 15Hp		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 15HP trifásico. 6 chumaceras P213 1 faja B138 1 Polea de 36"		Grasa LGMT2 Wipe	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Chumaceras P213			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 61: Ficha técnica banda de hormigón Big Blue.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	BANDA HORMIGON Big Blue	CODIGO:	BB-BH-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción Big Blue		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Banda para el transporte de concreto producido por la mezcladora hacia prensa de fabricación de block's.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Estructura metálica, compuesta por una banda que es movida por medio de diferentes rodillos accionados por un motor.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Motor 2HP		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	14 metros		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 2HP trifásico. 16 rodillos para movimiento de banda. 1 banda de 24" de ancho 4 rodillos con chumacera.		Grasa LGMT2 Wipe	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Chumaceras P202			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 62: Ficha técnica prensa hidráulica Big Blue.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	PRENSA HIDRAULICA Big Blue	CODIGO:	BB-PH-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción Big Blue		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Equipo compuesto por medio de motores eléctricos y sistema hidraulico para la fabricación de block's.		
CARACTERISTICAS PRINCIPALES:	Motores eléctricos para movimiento de mesa de moldeo y equipo hidraulico para producir vibración con que se forman los block's.		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	N/A		
POTENCIA:	Varias.		
VOLTAJE:	240V		
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
1 motor de 20HP trifásico. 4 motores 1 Hp trifásicos 4 electrovalvulas.		Aceite sintetico	Engradadora. Desarmadores. Llave ajustable. Brocha.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	x		
PREDICTIVO	x		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 63: Ficha técnica módulo de control Big Blue.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO				
EQUIPO:	GABINETE DE CONTROL BIG BLUE	CODIGO:	BB-GC-01	
DATOS DEL EQUIPO:				
UBICACIÓN:	Linea de producción Big Blue			
PROVEEDOR:	N/A			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Paneles de comando para operación de línea de producción P50			
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Paneles de comando con contactores, variadores de frecuencia y protectores térmicos			
VALORES DE REFERENCIA				
MARCA:	Varias			
POTENCIA:	N/A			
VOLTAJE:	120/240 Voltios.			
ALTO:	N/A			
LARGO:	N/A			
EDAD:	10 años			
ESTADO:	En funcionamiento			
				
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN	CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO		
Contadores Térmicos	Limpia contactos	Cepillo de alambre Desarmadores. Llaves allen. Brochas.		
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA				
Contadores y térmicos				
MODELO DE MANTENIMIENTO	RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:			
CORRECTIVO				
PREVENTIVO				X
PREDICTIVO				X
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:		

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 64: Ficha técnica gabinete de control Big Blue.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	MODULO DE COMANDO BIG BLUE	CODIGO:	BB-MC-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Linea de producción Big Blue		
PROVEEDOR:	N/A		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Paneles de comando para operación de linea de producción Big Blue		
CARACTERISTICAS PRINCIPALES:	Paneles de comando con contactores, variadores de frecuencia y protectores térmicos		
VALORES DE REFERENCIA			
MARCA:	Varias		
POTENCIA:	N/A		
VOLTAJE:	120/240 Voltios.		
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	10 años		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN		CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO
Botones Manijas. Pantalla Scada Luces indicadoras		Limpia contactos	Cepillo de alambre Desarmadores. Llaves allen. Brochas.
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Botones y manijas.			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	X		
PREDICTIVO	X		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 65: Ficha técnica Compresor.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	COMPRESOR	CODIGO:	CC-COMP-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Cuarto de copresor		
PROVEEDOR:	Kaeser		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Equipo encargado del suministro de aire para tareas con aire comprimido.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Compresor de tornillo		
MARCA:	Kaeser		
POTENCIA:	10 Hp		
VOLTAJE:	240 Voltios.		
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	2 años.		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN	CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO	
Compresor de tornillo modelo SM10		Mantenimiento tercerizado	
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
MODELO DE MANTENIMIENTO		RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:	
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	X		
PREDICTIVO	X		
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 66: Ficha técnica montacargas.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO			
EQUIPO:	MONTACARGAS	CODIGO:	PT-MC-01
DATOS DEL EQUIPO:			
UBICACIÓN:	Planta de producción		
PROVEEDOR:	XOMA		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Equipo para el traslado del producto terminado desde prensa hacia cuarto de secado y de cuarto de secado hacia patio.		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Montacargas con capacidad de 300Kg, tipo de combustible gasóleo.		
MARCA:	XOMA		
POTENCIA:	300Kg		
VOLTAJE:	N/A		
ALTO:	N/A		
LARGO:	N/A		
EDAD:	4 años.		
ESTADO:	En funcionamiento		
			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN	CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO	
Montacarga con capacidad de 300Kg	Gasóleo Filtros Aceite hidráulico	Llaves de diferentes medidas Copas y ratch. Llave para filtros. Desarmadores	
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA			
Filtros y aceite hidráulico,			
MODELO DE MANTENIMIENTO	RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:		
CORRECTIVO			
PREVENTIVO	X		
PREDICTIVO			
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIENTO:	

Fuente: (Ortíz, 2018)

Ilustración 67: Ficha técnica moldes de fabricación.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y/O EQUIPO				
EQUIPO:	MOLDES DE FABRICACIÓN	CODIGO:	MF-01	
DATOS DEL EQUIPO:				
UBICACIÓN:	Planta de producción			
PROVEEDOR:				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	Equipo para la fabricación de block's en diferentes medidas.			
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	Fabricados en acero en diferentes formas.			
MARCA:	N/A			
POTENCIA:	N/A			
VOLTAJE:	N/A			
ALTO:	N/A			
LARGO:	N/A			
EDAD:	4 años.			
ESTADO:	En funcionamiento			
				
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN	CONSUMIBLES	HERRAMIENTAS PARA SU MANTENIMIENTO		
Molde de metal de diferentes estilos		Cepillo de alambre Pulidora Equipo de soldadura.		
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA				
MODELO DE MANTENIMIENTO	RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO:			
CORRECTIVO				
PREVENTIVO				X
PREDICTIVO				
		FIRMA RESPONSABE DE MANTEMIMIENTO:		

Fuente: (Ortíz, 2018)

Análisis de modos de falla.

Antes de seleccionar una estrategia de mantenimiento para un equipo es conveniente conocer los fenómenos que producen su degradación y falla. Las fallas pueden ser clasificadas como: (J., 2002)

- Fallas catastróficas que contemplan las fallas repentinas y completas, tales como la ruptura de un componente mecánico o un corto circuito en un sistema eléctrico. Es difícil observar la degradación y por tanto no es posible establecer procedimientos preventivos.
- Fallas por cambios en parámetros Fenómenos tales como
 - desgaste mecánico,
 - fricción,
 - aumentos en la resistencia de componentes electrónicos; la degradación es gradual y puede ser observada directa o indirectamente.

De acuerdo con la tasa de fallas, la vida de un equipo se puede dividir en tres etapas: (J., 2002)

- etapa temprana, caracterizada por una tasa de falla que decrece en el tiempo;
- etapa madura, caracterizada por una tasa constante de fallas;
- ancianidad, caracterizada por una tasa creciente de fallas.

En el contexto de la recolección de datos de falla podemos distinguir: (J., 2002)

- **Fallas primarias.** Son el resultado de una deficiencia de un componente, esta ocurre en condiciones de operación dentro del rango nominal. Ejemplo: ruptura de un alabe de turbina con su la velocidad de trabajo operacional.
- **Fallas secundarias.** Son el resultado de causas secundarias en condiciones no nominales de operación. Podría no haber habido falla si las condiciones hubiesen estado en el rango de diseño del componente. Condiciones que causan fallas secundarias: temperaturas anormales, sobrepresión, sobrecarga,

velocidad, vibraciones, corriente, contaminación, corrosión. La ocurrencia de causas secundarias no siempre conlleva que una falla secundaria ocurra. Ejemplo: el incremento de la temperatura sobre el rango de diseño puede causar la falla de un componente solo 60% del tiempo, ósea, la probabilidad condicional de la falla del componente si hay un incremento anormal de la temperatura es de 0.6.

Las fallas secundarias pueden ser clasificada en varias categorías: (J., 2002)

- **Fallas con causa común.** En este caso la falla secundaria induce fallas en más de un componente. Por ejemplo, un terremoto puede producir cargas severas en un numero de componentes e inducir su falla. Las catástrofes naturales son causas usuales de este tipo: terremotos, inundaciones, huracanes, explosiones, fuego. Mal funcionamiento de otros sistemas o componentes también pueden inducir fallas en varios componentes. Ejemplo: una falla del sistema de aire acondicionado produce incremento en la temperatura y de ahí la falla de un numero de componentes electrónicos.
- **Fallas propagadas.** En este caso la falla de un componente induce la falla de otro. Si la falla del primer componente induce fallas en más de un componente puede ser considerada como falla con causa común.
- **Fallas por error humano.** Si las fallas son causadas errores humanos en la operación, mantención, inspección. Los errores humanos en la etapa de diseño, construcción e instalación del equipo son considerados como fallas por error humano y no deben ser consideradas como fallas primarias. Si el error conlleva la falla de varios componentes, también se puede hablar de fallas con causa común.

Se realiza mediante una hoja estructurada que guía el análisis. (Ver formato 3).

(Navarro, 2010)

- **Funciones:** Se describen las especificaciones (características) y expectativas de desempeño que se le exigen al activo físico que se analiza. Cubren por tanto no solo el volumen de producción (v. gr 350 l/min. a 7 kg/cm²) sino las expectativas relacionadas con cuestiones como calidad del producto, control, contención, protección, cumplimiento de normas medioambientales, integridad estructural e incluso aspecto físico del activo.
- **Fallo Funcional:** Se refiere a la falta o incumplimiento de la función. El fallo funcional se define como la incapacidad de un ítem para satisfacer un parámetro de desempeño deseado.
- **Modo de Fallo:** Forma en que el dispositivo o el sistema puede dejar de funcionar o funcionar anormalmente. El tipo de fallo es relativo a cada función de cada elemento. Se expresa en términos físicos: rotura, aflojamiento, atascamiento, fuga, agarrotamiento, cortocircuito, etc.
- **Causa Raíz:** Anomalía inicial que puede conducir al fallo. Un mismo tipo de fallo puede conducir a varias causas: Falta de lubricante, lubricante en mal estado, suciedad, etc.
- **Consecuencia:** Efecto del fallo sobre la máquina, la producción, el producto, sobre el entorno inmediato.

La valoración proporciona una estimación numérica de los respectivos parámetros:
(Navarro, 2010)

- **F: Frecuencia.** Estimación subjetiva de la ocurrencia del modo de fallo.

- Muy Frecuente (9-10).

- **G: Gravedad (1-10)**
 - Insignificante (1-2).
 - Moderado (3-4).
 - Importante (5-6).
 - Crítico (7-8).
 - Catastrófico (9-10).

- **D: Detección (1-10)**
 - Probabilidad de detección muy elevada (1-2).
 - Probabilidad de detección elevada (3-4).
 - Probabilidad de detección moderada (5-6).
 - Probabilidad de detección escasa (7-8).
 - Probabilidad de detección muy escasa (9-10).

El número de prioridad de riesgos (NPR) permite priorizar las acciones a tomar.

Análisis de criticidad.

No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, debemos destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, se debe dejar una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa. Pero ¿cómo diferenciamos los equipos que tienen una gran influencia en los resultados de

los que no la tienen? Si tratamos de hacer esta diferenciación, se realizará el Análisis de Criticidad de los equipos de la planta. (Garrido., 2003)

Se comienza al distinguir una serie de niveles de importancia o criticidad: (Garrido., 2003)

- **Equipos críticos.** Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa. (Garrido., 2003)
- **Equipos importantes.** Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles. (Garrido., 2003)
- **Equipos prescindibles.** Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño coste adicional. (Garrido., 2003)

Opcionalmente, algunas empresas prefieren incluir una categoría más: los equipos altamente críticos. Se pretende con la introducción de esta nueva categoría distinguir entre dos tipos de equipos críticos distintos: equipos más críticos y equipos menos críticos. Veamos, en segundo lugar, qué criterios podemos utilizar para clasificar cada uno de los equipos en alguna de las categorías anteriores. Debemos considerar la influencia que una anomalía tiene en cuatro aspectos: producción, calidad, mantenimiento y seguridad. (Garrido., 2003)

- **Producción.** Si valoramos la influencia que un equipo tiene en producción, nos preguntamos cómo afecta a ésta un posible fallo. Esto depende que suponga una parada total de la instalación, una parada de una zona de producción preferente paralice equipos productivos, pero con pérdidas de producción asumible o no tenga influencia en producción, clasificaremos el equipo como A, B o C.

- **Calidad.** El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final, una influencia relativa que no acostumbre a ser problemática o una influencia nula.
- **Mantenimiento.** El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien un equipo con un coste medio en mantenimiento; o, por último, un equipo con muy bajo coste, que normalmente no dé problemas.
- **Seguridad y medio ambiente.** Un fallo del equipo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que un fallo del equipo pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad de que eso ocurra puede ser baja; o, por último, puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en seguridad.

La Tabla propuesta para valorar la criticidad de un equipo puede ser la siguiente:

Tabla 6: Análisis de criticidad.

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumen una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

Fuente: (Garrido., 2003)

Ilustración 69: Análisis de criticidad maquinaria y equipo Tayasal.

Niveles de Criticidad	Weighted Score
Salud	10%
Ambiente	10%
Paros de Producción	30%
Costo de Reparación	30%
Redundancy	20%
	100%

SISTEMAS PROPUESTOS

SUMINISTRO DE ENERGÍA
SUMINISTRO DE MATERIA PRIMA
TRANSPORTE
MEZCLADO
MAQUINARIA Y EQUIPO DE PLANTA
SUMINISTRO DE AIRE

Las fallas de los equipos pueden resultar en:

CRITICIDAD ACTUAL	CODIFICACIÓN SUBSISTEMA	SISTEMA	Las fallas de los equipos pueden resultar en:					TOTAL PONDERACIÓN	PONDERACIÓN CONSIDERANDO EL PESO
			Salud	Ambiente	Paros de Producción (Cantidad de Blocks)	Costos de Mantenimiento/Reparación	Efectos en los Sistemas/Redundancia		
			5. Pérdida de una vida, pérdida de parte del cuerpo, discapacidad permanente. 4. Una herida potencial al personal. 3. Potencialmente se puede dar una herida, hay manera de evitar el daño al persona con alguna práctica o uso de equipo. 2. No hay efectos o	5. Resulta en una emisión que debe reportarse a ambiente. 3. Potencial emisión a que deba ser reportable. 1. No se da emisión que debería ser reportable.	5. Impacto en producción inmediato resultando en una pérdida de mayor de 2,000 Blocks 4. Impacto en producción inmediato resultando en una pérdida entre 500 - 2000 block's 3. Potencial pérdida de 7 < 500 1. No hay impacto que genere pérdida	5. Resulta en una pérdida/daño/repación de > 10,000 4. Resulta en su pérdida/daño/repación entre 05,000-010,000 3. Costos de reparo potenciales entre 01,000-05,000 2. Costos potenciales de reparación menores a 01,000	5. No hay back - up por redundancia. 3. Back Up mínimo de equipo o partes por temas de redundancia. 1. Sistema con considerable back-up de partes y sistemas por temas de redundancia.		
	1	MEZCLADORA PSD	3	1	5	5	5	19	88%
	2	BANCO DE TRANSFORMADORES	2	1	5	5	5	18	86%
	3	ACOMETIDA ELECTRICA	2	1	5	5	5	18	86%
	4	MEZCLADORA BIG BLUE	3	1	5	4	5	18	82%
	5	COMPRESOR	2	1	5	4	5	17	80%
	6	GABINETE CONTROL BIG BLUE	3	1	5	5	3	17	80%
	7	GABINETE DE CONTROL PSD	3	1	5	5	3	17	80%
	8	MODULO DE COMANDO BIG BLUE	2	1	5	5	3	16	78%
	9	MODULO DE COMANDO PSD	2	1	5	5	3	16	78%
	10	PRENESA BIG BLUE	2	1	5	4	4	16	76%
	11	PRENESA PSD	2	1	5	4	4	16	76%
	12	BANDAS DE ARIDO 1	2	1	4	4	5	16	74%
	13	BANDAS DE ARIDO 2	2	1	4	4	5	16	74%
	14	BANDAS DE ARIDO 3	2	1	4	4	5	16	74%
	15	BANDAS COLECTORA DE ARIDOS	2	1	4	4	5	16	74%
	16	BANDAS DE HORMIGÓN	2	1	4	4	5	16	74%
	17	BANDA DE ELEVACIÓN	2	1	4	4	5	16	74%
	18	BANCO DE CAPACITORES	2	1	1	5	5	14	62%
	19	TABLEROS DE FILPONES	2	1	4	3	3	13	60%
	20	MONTACARGA	4	1	3	3	3	14	58%
	21	TOLVA DE ARIDO 1	3	1	4	2	1	11	48%
	22	TOLVA DE ARIDO 2	3	1	4	2	1	11	48%
	23	TOLVA DE ARIDO 3	3	1	4	2	1	11	48%
		Total						358	

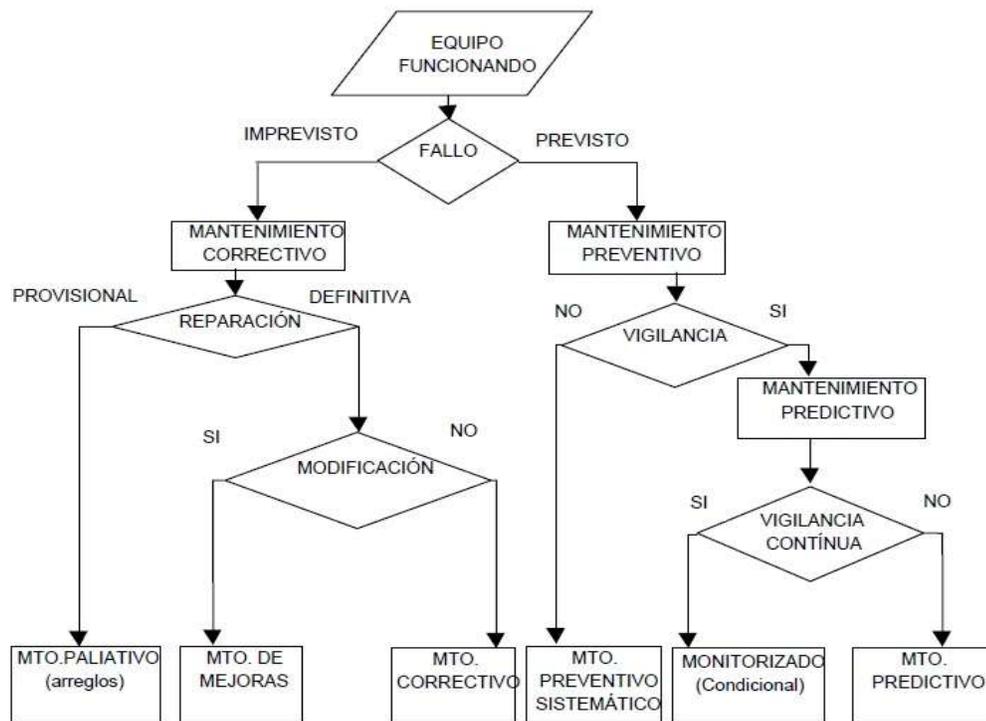
Fuente: (Ortíz, 2018)

Selección de la política de mantenimiento.

Se trata de decidir qué tipo de mantenimiento aplicar a cada equipo. Se usan para ello tanto métodos cuantitativos como, fundamentalmente, cualitativos. El uso de gráficos de decisión puede ayudar a confirmar la opinión propia (función de las características del emplazamiento) y la del fabricante (función de las características del material). Sólo en casos contados es preciso construir modelos basados en costos y estadísticas. (Navarro, 2010)

A continuación, se presenta gráfico para la selección del tipo de mantenimiento basado en el tipo de fallo y posibilidad de vigilancia: (Navarro, 2010)

Diagrama 9: Selección de tipo de mantenimiento.



Fuente: (Navarro, 2010)

Planificación y programación del mantenimiento preventivo y predictivo.

La planificación y gestión del mantenimiento es un proceso de toma de decisiones que permite orientar los recursos disponibles hacia el logro de los objetivos de la organización. Los diversos trabajos realizados por cada individuo en la estructura jerárquica se componen de dos niveles: estratégico (decisión) y operativo (ejecución). De esa forma, se produce una división horizontal de la estructura jerárquica en las diversas funciones de trabajo (operativo), esto es, mecánica, eléctrica, etc., y una división vertical en niveles de autoridad (estratégico) para la realización de dichas funciones. (Karli Jiménez Sanchez, 2005)

Los niveles superiores, estratégicos, se centran más en la decisión que en la ejecución, mientras que los niveles inferiores, operativos, pueden tener poderes mínimos de decisión. Lo más alto de la estructura jerárquica se dedicará a determinar los objetivos estratégicos y las políticas y se centrará en los asuntos no recurrentes, muchos de los cuales, no son cuantificables o están fuera del control de la organización. En este nivel es donde se diseña y establece la estructura administrativa. Para ello, se necesita: (Karli Jiménez Sanchez, 2005)

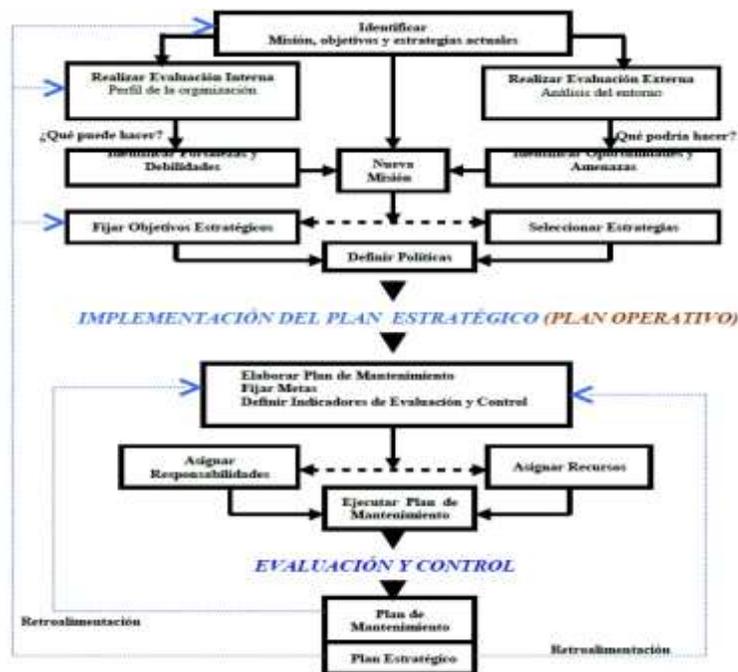
- Que se determinen las áreas de trabajo y la responsabilidad (límites de toma de decisiones) de cada miembro de la estructura jerárquica.
- Que se establezcan las relaciones, tanto verticales como horizontales, entre estas áreas.
- Que se asegure que los objetivos de la organización se interpretan y se comprenden por cada miembro de la estructura jerárquica.
- Que se establezcan sistemas eficaces de comunicación e información.
- Un análisis permanente, tanto del ambiente interno como del medio externo, de la organización para adaptarla a situaciones futuras. Esto implica, identificar fortalezas y debilidades, visualizar nuevas oportunidades y amenazas, enfocar la razón de ser (misión) de la organización y orientar su

rumbo (visión) de una manera efectiva, mediante una acción innovadora de dirección y liderazgo.

Si se analiza el mantenimiento como un proceso gerencial, es decir, que busca administrar efectiva y eficientemente los recursos, se observa que la planificación constituye el punto de partida de la gestión ya que involucra la necesidad de visualizar y relacionar las probables actividades que habrán de cumplirse para obtener los objetivos y resultados planteados, se debe considerar los recursos necesarios para poder lograr los mismos. (Karli Jiménez Sanchez, 2005)

Se debe aceptar el hecho de que el mantenimiento es una función estratégica para cualquier empresa, en el esquema 9 se propone un modelo en el cual se incluyen las diferentes variables y componentes que permitirán establecer una relación integral entre el nivel de decisiones estratégicas y el nivel operativo. (Karli Jiménez Sanchez, 2005)

Diagrama 10: Plan estratégico de mantenimiento.



Fuente: (Karli Jiménez Sanchez, 2005)

Planificación de los trabajos.

Para que los trabajos se puedan realizar con la eficiencia deseada es preciso: (Navarro, 2010)

- Concretar el trabajo a realizar.
- Estimar los medios necesarios (mano de obra, materiales).
- Definir las normas de Seguridad y Procedimientos aplicables.
- Obtener el permiso de trabajo.

Se trata, por tanto, de hacer la preparación tanto de la mano de obra como de los materiales (repuestos, grúas, andamios, máquinas-herramientas, útiles, consumibles, etc.), y por ello podemos decir que es una actividad imprescindible para una adecuada programación. Esto nadie lo duda. La única cuestión opinable es si debe ser realizado por un órgano staff o, por el contrario, que sean realizados por los propios responsables de ejecución. (Navarro, 2010)

Preparación de la mano de obra. (Navarro, 2010)

- Normas, Procedimientos, Guías de trabajo aplicables. Sobre todo, debe estar detallado en trabajos muy repetitivos (Procedimientos y Normas-Guía)
- Calificación y formación necesaria de los ejecutores. Número.
- Horas de trabajo necesarias.
- Permisos de trabajo a obtener. Condiciones a reunir por la instalación para obtener el permiso para trabajar.

Preparación de Materiales. (Navarro, 2010)

- Repuestos necesarios. Su disponibilidad. Vale de salida del almacén.
- Materiales de consumo y otros no almacenados. Propuesta de compra.
- Transportes, grúas, carretillas necesarias.

- Andamios y otras actividades auxiliares.

Evidentemente no todos los trabajos requieren igual preparación. Se aceptan los siguientes grados de preparación en mantenimiento, para justificarla económicamente: (Navarro, 2010)

- 10% de los trabajos no requiere ninguna preparación (pequeños, no repetitivos)
- 60% de los trabajos se hará una preparación general, se deberá tomar en cuenta más los materiales que en la mano de obra (trabajos normales).
- 30% de los trabajos se hará una preparación exhaustiva (grandes reparaciones, larga duración, parada de instalaciones).

Tiempos de trabajo.

Conocer los tiempos necesarios para los trabajos permitiría: (Navarro, 2010)

- Programar los trabajos.
- Medir la eficacia de los equipos humanos.
- Mejorar los métodos.
- Implantar un sistema de incentivos individual o colectivo.

Si hablamos de eficacia del servicio nos referimos a comparar los tiempos reales de ejecución con los tiempos previstos o asignados a cada trabajo. En ello influye de gran manera el método de trabajo utilizado, de forma que diferencias importantes entre tiempo asignado y tiempo real apuntan generalmente a los trabajos cuyo método deben ser investigados, con vistas a su mejora. (Navarro, 2010)

En cuanto a la implantación de un sistema de incentivos, además de necesitar una estimación de tiempos más precisa, puede ser contraproducente en mantenimiento: La sofisticación y especialización creciente de las intervenciones de mantenimiento exige cada vez mayor profesionalidad y motivación, por lo que el mantenedor no debe estar

coartado por el instrumento discriminante del incentivo. Lo anterior no descarta la posibilidad de incentivos de grupo en función de resultados globales (producción, disponibilidad, etc.) (Navarro, 2010)

En el análisis de tiempos hay que considerar el ciclo completo del trabajo (todas las especialidades y todos los tiempos): (Navarro, 2010)

- Tiempo de desplazamiento
- Tiempo de preparación.
- Tiempo de ejecución.
- Tiempo de esperas, imprevistos.

en muchos casos el tiempo de ejecución una pequeña porción del trabajo completo (depende de la naturaleza de trabajo y tipo de industria). La precisión necesaria, si no aplicamos incentivos, podría ser de $\pm 10\%$ al $\pm 30\%$ en trabajos generales y $\pm 5\%$ en trabajos muy repetitivos. Su cálculo correcto se podría hacer por análisis estadístico de una serie de datos representativos, recogidos en el archivo histórico de intervenciones. (Navarro, 2010)

Clasificación de los trabajos.

Para asignar tiempos a los trabajos puede ser una valiosa ayuda proceder previamente a la clasificación de estos. Una posible clasificación, en este sentido, sería la siguiente: (Navarro, 2010)

- **Pequeños trabajos no rutinarios:** De menos de 4 horas de duración. No es rentable la obtención de tiempos.
- **Trabajos rutinarios:** Repetitivos y previsibles, ejecutados por un equipo fijo asignado a cada instalación. Es útil disponer de tiempos asignados y procedimientos de trabajo.
- **Trabajos de mantenimiento diversos:** Son la mayor parte de los trabajos de mantenimiento, aparecen con cierta repetitividad y no con una gran

variabilidad. Es necesario tener tiempos (con la precisión indicada) y procedimientos de trabajo escritos.

- **Trabajos de ayuda a producción:** Ajustes, cambios de formato, etc. Se deben tener procedimientos y tiempos para los repetitivos. Para los no repetitivos basta con los tiempos.
- **Trabajos de mantenimiento extraordinario:** Grandes revisiones o reparaciones. Interesa disponer de procedimientos escritos y tiempos de intervención.

En definitiva, no se precisa disponer ni de tiempos ni de procedimientos escritos para el 100% de las actividades, aunque si es importante disponer de ellas en los casos indicados. (Navarro, 2010)

Programación de los trabajos.

Las características tan diferentes de los distintos trabajos que tiene que realizar el mantenimiento obliga a distintos niveles de programación: (Navarro, 2010)

1. Ya a nivel de Presupuesto Anual, se han de definir, lo que podríamos llamar, "TRABAJOS EXTRAORDINARIOS". Se trata de grandes reparaciones previstas en el presupuesto anual o paradas/revisiones programadas, sean de índole legal o técnicas.
Se trata de una programación a largo plazo (1 año o más). El trabajo se puede cuantificar, prever medios necesarios, tiempo de ejecución e incluso se dispone de elementos de juicio para determinar la fecha de comienzo.
2. Existe una programación a medio plazo (semanal, mensual) en la que se puede prever:
 - Carga de Mantenimiento Preventivo, resultante de dividir la carga total anual en bloques homogéneos para cada período. Normalmente, esta programación se suele hacer semanalmente.

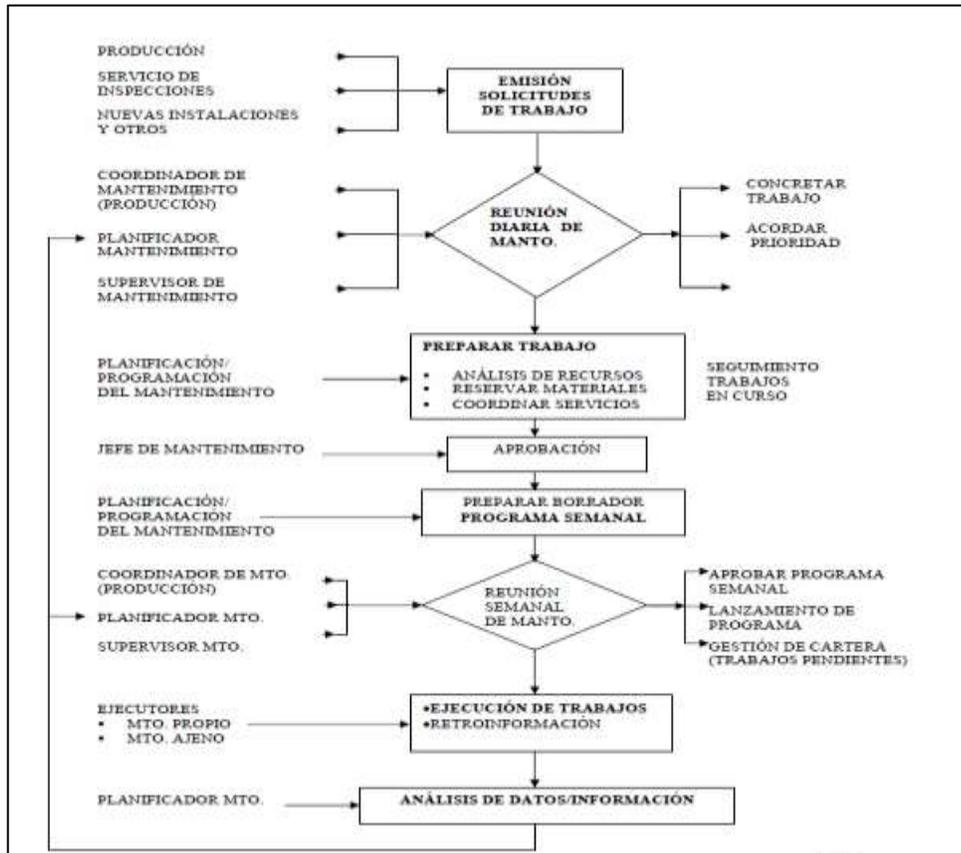
- El resto lo constituye la carga de mantenimiento correctivo, no urgente, que, por tanto, debe ser cuantificado en horas y preparado adecuadamente para asegurar su duración y calidad.
3. Por último, es imprescindible realizar una programación diaria (corto plazo, turno o jornada) dónde se desarrolla y concreta el programa anterior (semanal/mensual) y en el que se insertan los trabajos urgentes e imprevistos. Para ellos, se estima un 20% de los recursos programables, aunque depende del tipo de trabajo. Trabajos de albañilería y demás auxiliares no deben pasar del 10%, mientras que en máquinas-herramientas suele llegar, incluso, al 50%.

En cualquier caso, dada la variabilidad de los tiempos y la importancia en el logro de los objetivos de mantenimiento, es imprescindible para que funcione adecuadamente la programación: (Navarro, 2010)

1. Una autoridad adecuada para tomar decisiones por el programador y ser cumplidas.
2. Disponer de una información adecuada para lo que su comunicación con los distintos niveles de mantenimiento y fabricación debe ser muy fluida.
3. Seguir día a día la evolución de los trabajos y la carga pendiente, de manera que la planificación esté permanentemente actualizada y sea un documento vivo y eficaz.

Existen diversos modelos cada uno de los cuales se adaptarán mejor o peor según el tipo de industria, producción, etc. Un modelo bastante general y que puede ser visualizado de manera sencilla y adaptado a la realidad es el representado en el esquema 10. (Navarro, 2010)

Diagrama 11: Diagrama planificación/programación de mantenimiento.



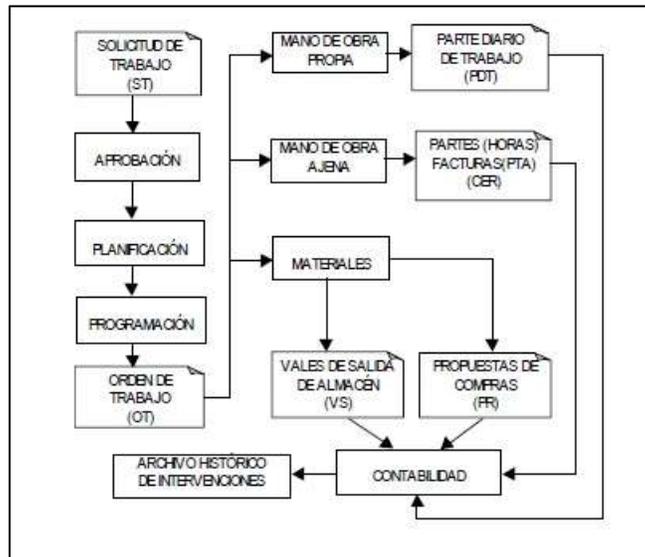
Fuente: (Navarro, 2010)

Ejecución de los trabajos, documentos y niveles de urgencia. (Navarro, 2010)

- El proceso completo de realización de trabajos incluye los siguientes pasos:
- Identificación del trabajo
- Planificación
- Programación
- Asignación
- Ejecución
- Retroinformación

En el esquema siguiente se resumen los documentos que se suelen manejar:

Diagrama 12: Proceso de realización de trabajos.



Fuente: (Navarro, 2010)

Presupuesto de mantenimiento.

Antes de que empiece un nuevo ejercicio económico (normalmente el año natural) hay que estimar cuánto va a ser el gasto anual de mantenimiento, es decir, confeccionar el presupuesto anual de mantenimiento. El presupuesto no sólo constituye un instrumento de gestión para el control de la eficacia del mantenimiento, sino que, sobre todo, debe ser una herramienta de planificación si se aprovecha su confección para hacer una profunda reflexión sobre el servicio que debemos implantar: (Navarro, 2010)

- ¿Qué funciones se espera del servicio?
- ¿Qué medios necesito para realizar dichas funciones?
- ¿Cuánto suponen estos medios?
- ¿Qué objetivos (cuantificables) vamos a tratar de conseguir?

- ¿Cómo vamos a medir los logros?
- ¿Cómo vamos a controlarlos y hacer el seguimiento de su evolución?

Es una buena ocasión para concretar, por escrito, los acuerdos con producción sobre nivel de servicio a prestar. Sin este preacuerdo una parte importante de la energía de los gestores se perderán en discusiones estériles sobre la eficacia del servicio. (Navarro, 2010)

Control de gestión.

Gestionar es tomar decisiones con conocimiento de causa. La gestión del mantenimiento se realiza bajo la responsabilidad del jefe del servicio, se debe partir de indicadores del cuadro de control y normalmente con decisiones colegiadas o concertadas con el "grupo de consejeros" que depende del tamaño de la instalación. Este grupo de consejeros suele ser la ingeniería de mantenimiento, que, despojada de responsabilidades operacionales, prepara el cuadro de control y realiza el análisis crítico y las propuestas de mejora. (Márquez., 2015)

-El cuadro de control es el conjunto de informaciones tratadas y ordenadas de forma que permiten caracterizar el estado y la evolución del servicio de mantenimiento mediante: (Márquez., 2015)

- Estados cifrados.
- Gráficos de evolución.
- Gráficos de reparto.
- Ratios (relación convencional de dos números).

Ratios de control.

Los ratios, índices o indicadores utilizados para el cuadro de control están formados por una relación convencional de dos dimensiones cuantificadas, que pueden ser de distinta naturaleza. (Márquez., 2015)

Ejemplo: Gastos de mantenimiento (Quetzales)

Producción realizada (Unidades producidas)

Se utilizan para el control de la gestión y constituyen un medio de reflexión:
(Márquez., 2015)

- En valor absoluto.
- Por comparación con el valor de períodos anteriores (evolución).
- Por comparación con los mismos ratios en otras empresas similares.

Control de gestión de equipos.

Informaciones a recoger para asegurar el seguimiento de las máquinas: (Márquez., 2015)

- Clasificación según estado de la máquina (marcha, parada, en reparación...)
- Horas de uso.
- Desviaciones de comportamiento.
- Resultados de inspecciones.
- Histórico de fallos.
- Ficha de análisis de fallos.
- Lista de recambios consumidos.
- Consumos de lubricantes, energía, ...

De forma más precisa, el cálculo del MTBF (fiabilidad) y el MTTR (mantenibilidad) permitirá evaluar la DISPONIBILIDAD, que es el indicador de gestión más eficaz.
(Márquez., 2015)

Los ratios de control más usados en la gestión de equipos se definen a continuación:
(Márquez., 2015)

- **MTTF:** (Tiempo promedio operativo hasta el fallo), es un indicador técnico que mide el tiempo promedio que es capaz operar un equipo sin interrupciones, es el indicador básico de fiabilidad o continuidad operacional por antonomasia.

Unidad de medición: tiempo (horas, días, meses, etc.)

Ilustración 70: Expresión de cálculo MTTF.

$$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} TTF_i}{n}$$

Dónde:
 TTF_i = tiempos operativos hasta el fallo
 n = número total de fallos en período evaluado

Fuente: (Márquez., 2015)

- **FF:** (Frecuencia de fallos), Es un indicador que mide el número de fallos que aparecen el período de evaluación considerado. Unidad de medida: fallos/tiempo.

Ilustración 71: Expresión de cálculo FF.

$$FF = \frac{1}{MTTF}$$

Dónde:
 $MTTF$ = tiempo promedio operativo hasta el fallo

Fuente: (Márquez., 2015)

- **TPFS:** (Tiempo promedio fuera de servicio), es un indicador técnico que mide el promedio que se tarda en restituir a un componente a sus condiciones adecuadas de operación después del fallo. Es el indicador más importante de la mantenibilidad. Unidad de medición: tiempo (horas, días, semanas, etc.).

Ilustración 72: Expresión de cálculo TPFS.

$$MDT = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} DT_i}{n}$$

Dónde:
 DT_i = tiempos fuera de servicio
 n = número total de fallos en el período evaluado

Fuente: (Márquez., 2015)

Gestión de repuestos.

Uno de los costes más importantes del Departamento de Mantenimiento lo constituye el consumo de repuestos. Hace unos años, este era el coste más importante en mantenimiento, de tal forma que por cada \$ gastado en personal, se consumían 2 o más en materiales. Esta situación ha cambiado, se ha invertido (en la actualidad el coste del personal supera ampliamente al de repuestos), pero no hay duda de que, si bien ya no es el principal coste, sí es el segundo en importancia y, por tanto, es un coste a optimizar. Además del propio consumo de repuesto, nos encontramos con otros dos puntos que es necesario tener en cuenta: (Garrido., 2003)

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

- La disponibilidad de las plantas se ve seriamente afectada por un stock de repuesto adecuado.

Por tanto, además de optimizar el consumo de repuestos, hay que buscar un compromiso entre la cantidad de dinero a inmovilizar en la adquisición de repuestos y la disponibilidad deseada en la planta. (Garrido., 2003)

Clasificación de repuestos.

Para ayudarnos en la identificación de las piezas, podemos agrupar el repuesto desde varios puntos de vista: en función de su responsabilidad dentro del equipo y en función de la necesidad de mantenerlo en stock permanente en planta y por el tipo de aprovisionamiento. Veamos cada una de estas clasificaciones: (Garrido., 2003)

- a. Piezas sometidas a desgaste.** A este grupo aquellos elementos que unen piezas fijas y móviles, o aquellas partes en contacto con fluidos, como cojinetes, casquillos, retenes, juntas. Son piezas sometidas a desgaste y a abrasión. En este grupo también podemos incluir juntas, retenes, rodetes y tuberías sujetas a fatiga, corrosión y cavitación.
- b. Consumibles.** Son aquellos elementos de duración inferior a un año (8.000 horas de uso), con una vida fácilmente predecible, de bajo coste, que generalmente se sustituyen sin esperar a que den síntomas de mal estado. Su fallo y su desatención pueden provocar graves averías. Los consumibles más usuales son los siguientes:
 - Filtros.
 - Lubricantes de todo tipo.
 - Adhesivos.
 - Discos de ruptura.
 - Material de limpieza.
 - Elementos de estanqueidad estándar, como juntas tóricas de tamaños y materiales comunes, empaquetadura, juntas que se pueden fabricar

artesanalmente a partir de pliegos, juntas espiro metálicas de materiales y diámetros comunes, etc.

- Consumibles de taller, como discos de corte, electrodos, trapos, etc.
- Material desecante.
- Lámparas, bombillas.
- Ánodos de sacrificio.
- Escobillas de motores.
- Alúmina o material adsorbente para desecadores.

- c. Elementos de regulación y control mecánico.** Son aquellos elementos cuya misión es controlar los procesos y el funcionamiento de la instalación: válvulas, muelles, cigüeñales, etc. Son elementos que a pesar de no estar sometidos a condiciones desfavorables de funcionamiento tienen una importancia capital dentro del equipo. Su fallo frecuente es por fatiga.
- d. Piezas móviles.** Son aquellas destinadas a transmitir movimiento. Son engranajes, ejes, correas, cadenas, reductores, etc. Su fallo habitual es por fatiga.
- e. Componentes electrónicos (instrumentación).** A pesar de su altísima fiabilidad, un problema en ellos suele suponer una parada del equipo. Su fallo habitual es por calentamiento, cortocircuito o sobretensión, y generalmente se producen al someter al equipo a unas condiciones de trabajo diferentes para las que fueron diseñados. Un ejemplo habitual es un fallo en otro elemento que provoca un funcionamiento anormal del equipo; otro puede ser trabajar en condiciones atmosféricas extremas de calor, frío, humedad o polvo.
- f. Piezas estructurales.** Difícilmente fallan, al estar en operación dentro de condiciones muy por debajo de sus capacidades. Son bastidores, soportes, basamentos, etc.

Necesidad de stock en planta.

Desde este punto de vista, podemos dividir las piezas en tres categorías: (Garrido., 2003)

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

Clasificación por tipo de aprovisionamiento.

Desde el punto de vista de la compra, podemos dividir el material en 3 tipos: (Garrido., 2003)

1. **Pieza estándar:** Es la pieza incorporada por el fabricante en el equipo y que puede ser comprada a varios proveedores.
2. **Pieza específica del fabricante de la máquina.** Es la pieza diseñada por el fabricante de la máquina, que es específica de él y, por lo tanto, debe ser aprovisionada a través del fabricante mismo.
3. **Pieza específica a medida.** Es la pieza diseñada para una determinada máquina, que se puede construir bajo plano y, por lo tanto, puede ser construida por cualquier taller especializado.

Aspectos a tener en cuenta en la selección del repuesto.

Hay cinco aspectos que debemos tener en cuenta a la hora de seleccionar el stock de repuesto: la criticidad de los equipos en que están situados, su consumo, el coste de la pieza, el coste de la pérdida en producción en caso de fallo y el plazo de aprovisionamiento. A continuación, se describe cada uno de ellos: (Garrido., 2003)

- **Criticidad del equipo.** Antes de acometer la labor de fijar los stocks de repuesto, es necesario analizar los equipos y determinar su importancia. Esto se denomina, como hemos visto, Análisis de Criticidad, y establece tres categorías para los diferentes equipos de la planta: A, o equipos críticos; B, o equipos importantes; y C, o equipos prescindibles. Lógicamente, el almacén de repuesto estará formado básicamente por componentes de equipos A, y, en menor medida, por componentes de equipos B y C.
- **Consumo.** Tras el análisis del histórico de averías, o de la lista de elementos adquiridos en periodos anteriores (uno o dos años), puede determinarse qué elementos se consumen habitualmente. Todos aquellos elementos que se consuman habitualmente y que sean de bajo coste deben considerarse como firmes candidatos a pertenecer a la lista de repuesto mínimo. Así, los elementos de bombas que no son críticas pero que frecuentemente se averían, deberían estar en stock (retenes, rodetes, cierres, etc.). También, aquellos consumibles de cambio frecuente (aceites, filtros) deberían considerarse.
- **Plazo de aprovisionamiento.** Algunas piezas se encuentran en stock permanente en proveedores cercanos a la planta. Otras, en cambio, se fabrican bajo pedido, por lo que su disponibilidad no es inmediata, e incluso, su entrega puede demorarse meses. Aquellas piezas que pertenezcan a equipos críticos cuya entrega no sea inmediata, deberían integrar el almacén de repuesto. Aquellas piezas, que aún no pertenecientes a equipos A o críticos, puedan suponer que un equipo B permanezca largo tiempo fuera de servicio, deben considerarse igualmente en esa lista.
- **Coste de la pieza.** Puesto que se trata de tener un almacén con el menos coste posible, el precio de las piezas formará parte de la decisión sobre el stock de las mismas. Aquellas piezas de gran precio (grandes ejes, coronas de gran tamaño, equipos muy especiales) no deberían mantenerse en stock y, en

cambio, deberían estar sujetas a un sistema de mantenimiento predictivo eficaz. El coste de la pieza es, pues, un aspecto fundamental.

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

III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Para la comprobación de la hipótesis la cual es “Los paros no programados durante la producción de block´s en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años, provocados por deficiencias en maquinaria y equipo, son debido a la inexistencia de plan para mantenimiento preventivo y predictivo.”, se identificó 1 población a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, la cual (Gerentes y propietarios de la empresa) se direccionó a obtener información sobre el efecto; problema central y causa, respectivamente. Se trabajó la técnica del censo, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

Para responder efecto; causa y problema central se trabajó con Gerentes y propietarios de fábrica Tayasal, Palín, Escuintla.

De la gráfica uno a la cinco se comprueba la variable Y o efecto principal; mientras que de la gráfica seis a la diez se comprueba la variable X o causa.

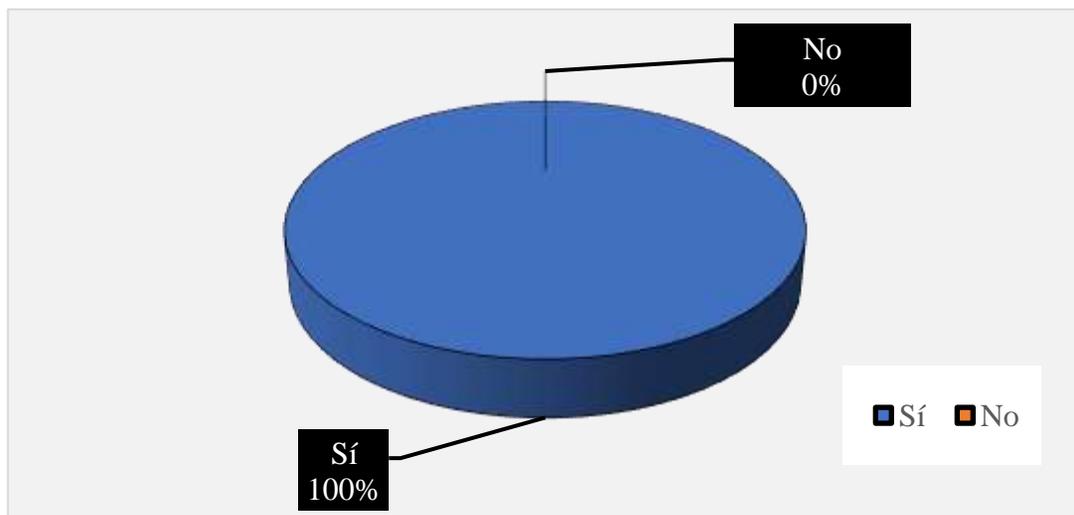
III.1 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente Y (efecto).

Cuadro 1: Producción de block's afectada por paros no programados.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	5	100
No	0	0
Total	5	100

Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Gráfica 2: Producción de block's afectada por paros no programados.



Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Análisis

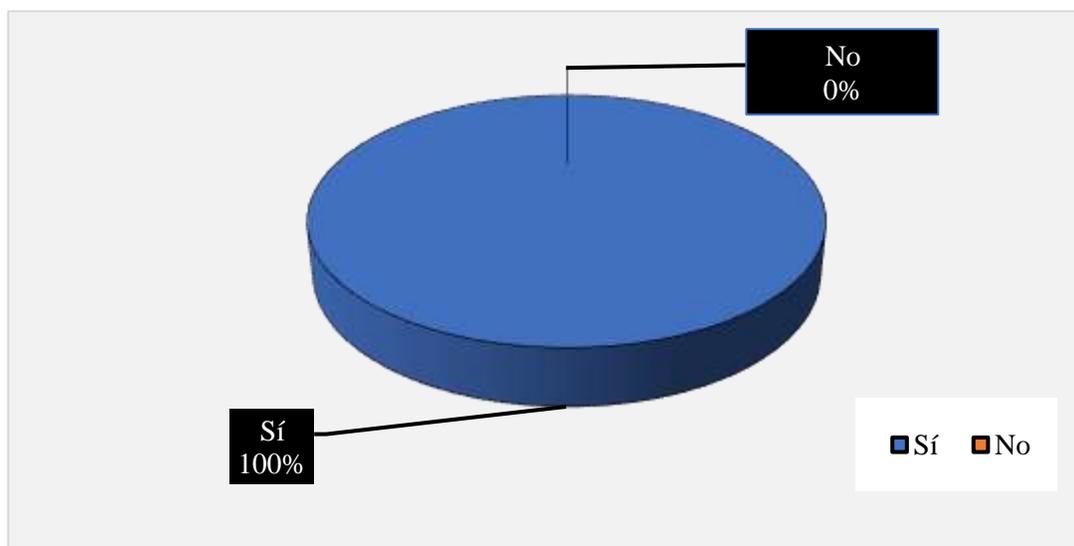
El efecto se confirma mediante la opinión de diez décimas de los encuestados, al indicar, que la producción de block's si se ve afectada por los paros no programados.

Cuadro 2: Dificultad en la producción de block's por paros no programados.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	5	100
No	0	0
Total	5	100

Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Gráfica 3: Dificultad en la producción de block's por paros no programados.



Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Análisis

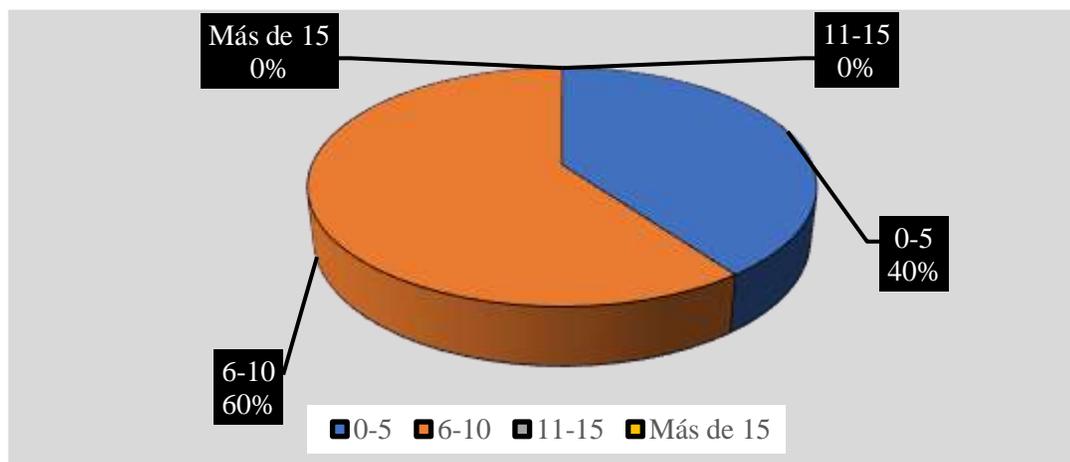
El efecto se confirma mediante la opinión de diez décimas de los encuestados, al indicar, que existen dificultades en la producción de block's por los paros no programados.

Cuadro 3: Número de paros no programados durante la producción de block's.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
0-5	2	40
6-10	3	60
11-15	0	0
Más de 15	0	0
Total	5	100

Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Gráfica 4: Número de paros no programados durante la producción de block's.



Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Análisis:

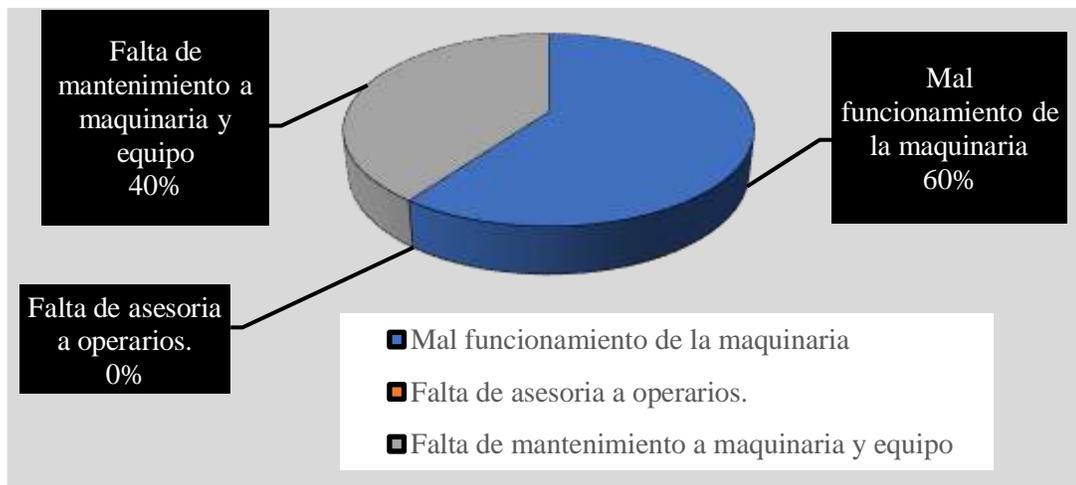
El efecto se confirma mediante la opinión de seis décimas de los encuestados, al indicar, que durante la producción de block's ocurren alrededor de 6 a 10 paros no programados, mientras que cuatro décimas de ellos indican que ocurren de 0 a 5 paros no programados durante la producción de block's.

Cuadro 4: Causa de paros no programados durante la producción de block's.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Mal funcionamiento de la maquinaria.	3	60
Falta de asesoría a operarios.	0	0
Falta de mantenimiento a maquinaria y equipo.	2	40
Total	5	100

Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Gráfica 5: Causa de paros no programados durante la producción de block's.



Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Análisis

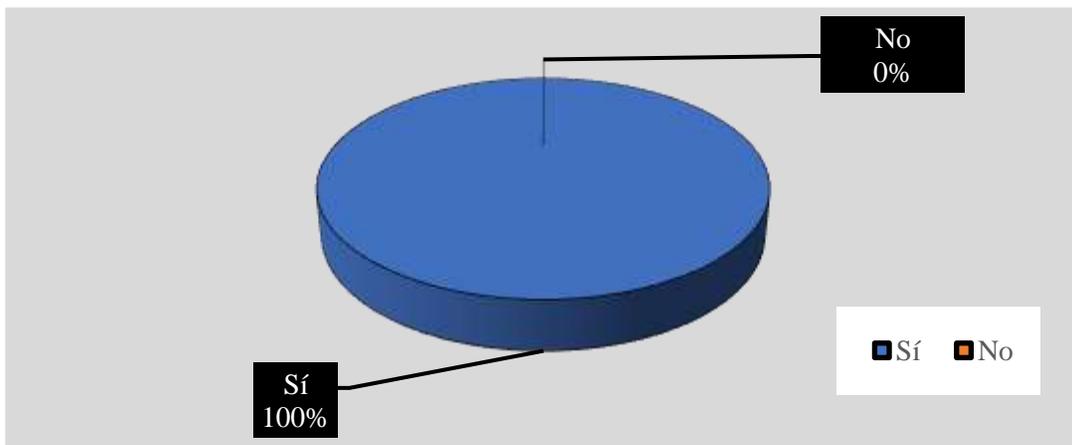
El efecto se confirma mediante la opinión de seis décimas de los encuestados, al indicar, que la causa de los paros no programados es debido al mal funcionamiento de la maquinaria, mientras que cuatro décimas de ellos indican que ocurren de indicaron que los paros no programados son debido a la falta de mantenimiento.

Cuadro 5: Viabilidad para evitar los paros no programados durante la producción de block's.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
Total	5	100

Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Gráfica 6: Viabilidad para evitar los paros no programados durante la producción de block's.



Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Análisis

El efecto se confirma mediante la opinión de diez décimas de los encuestados, al indicar, que si se pueden evitar los paros programados durante la producción de block's.

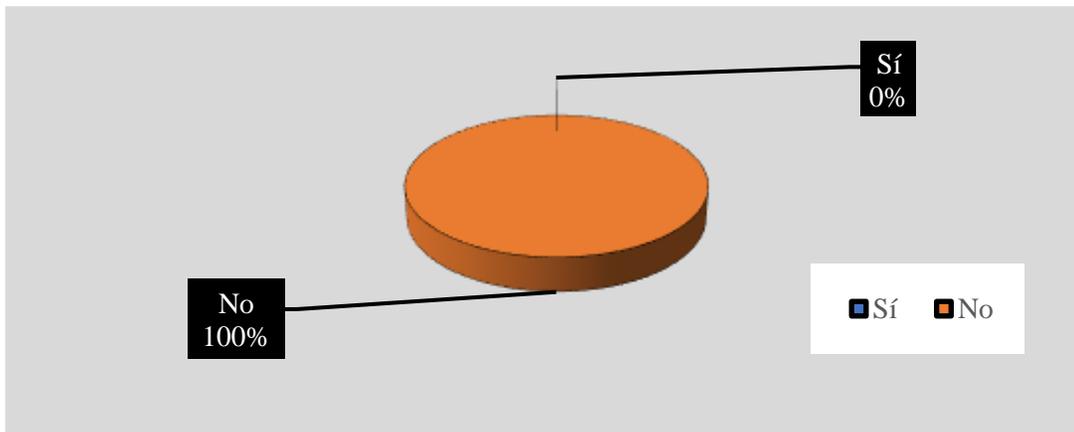
III.2 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente X (Causa).

Cuadro 6: Existencia de plan de mantenimiento preventivo y predictivo en la fábrica.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	0	0
No	5	100
Total	5	100

Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Gráfica 7: Existencia de plan de mantenimiento preventivo y predictivo en la fábrica.



Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa encuestados, octubre 2018

Análisis

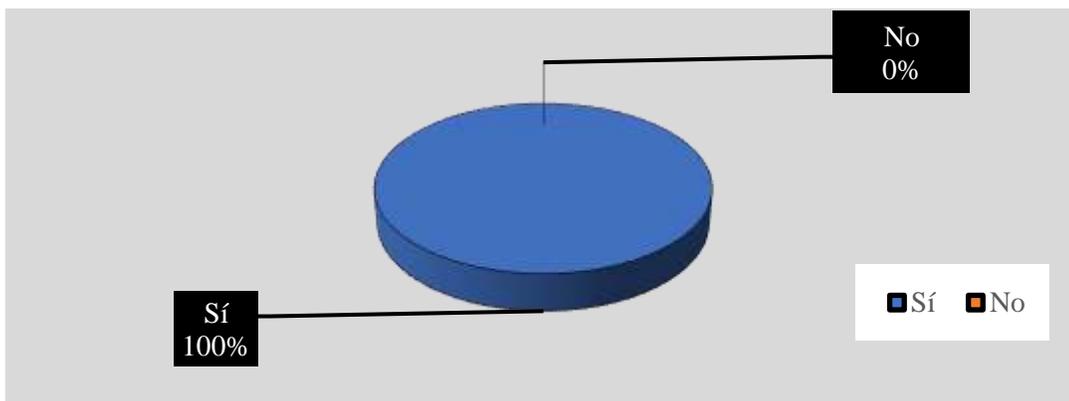
La causa se confirma mediante la opinión de diez décimas de los encuestados, al indicar, que no existe un plan de mantenimiento preventivo y predictivo en la fábrica.

Cuadro 7: Necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	5	100
No	0	0
Total	5	100

Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Gráfica 8: Necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo.



Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Análisis

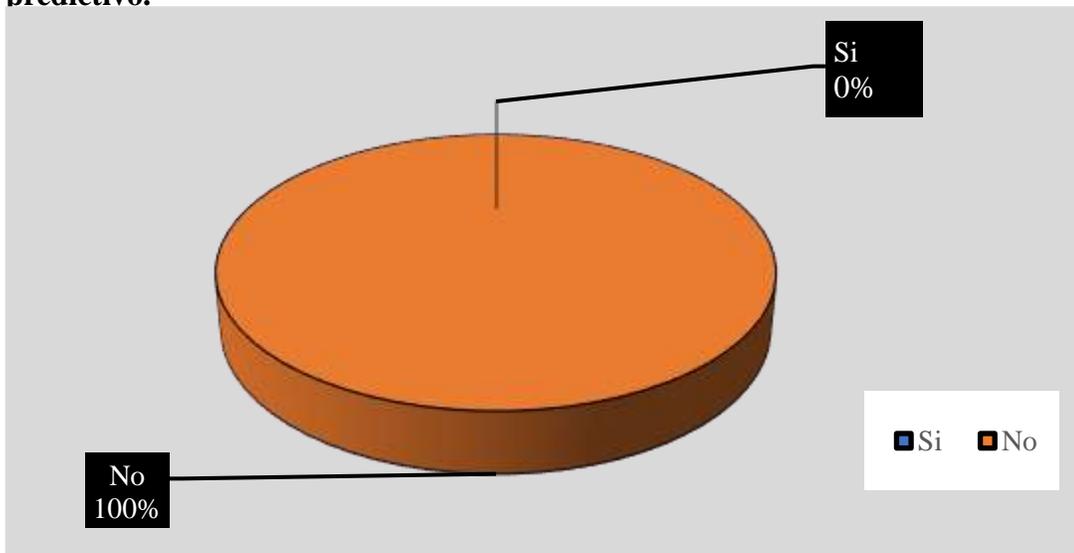
La causa se confirma mediante la opinión de diez décimas de los encuestados, al indicar, que es necesario la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la maquinaria y equipo de producción de block´s en la fábrica.

Cuadro 8: Capacitaciones impartidas al personal acerca de mantenimiento preventivo y predictivo.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	0	0
No	5	100
Total	5	100

Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Gráfica 9: Se ha capacitado al personal acerca de mantenimiento preventivo y predictivo.



Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Análisis

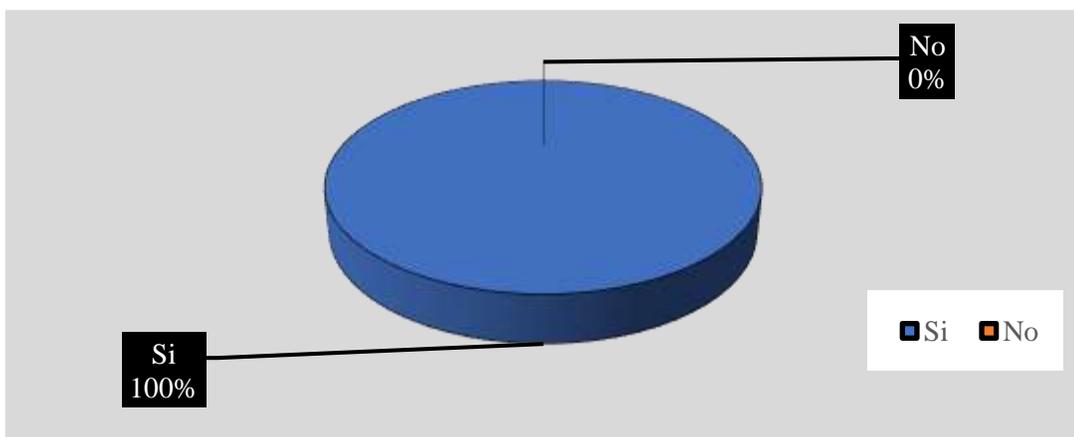
La causa se confirma mediante la opinión de diez décimas de los encuestados, al indicar, que no han recibido capacitaciones sobre mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block´s en la fábrica.

Cuadro 9: Participación en capacitaciones sobre mantenimiento preventivo y predictivo.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
Total	5	100

Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Gráfica 10: Participación en capacitaciones sobre mantenimiento preventivo y predictivo.



Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa encuestados, octubre 2018

Análisis

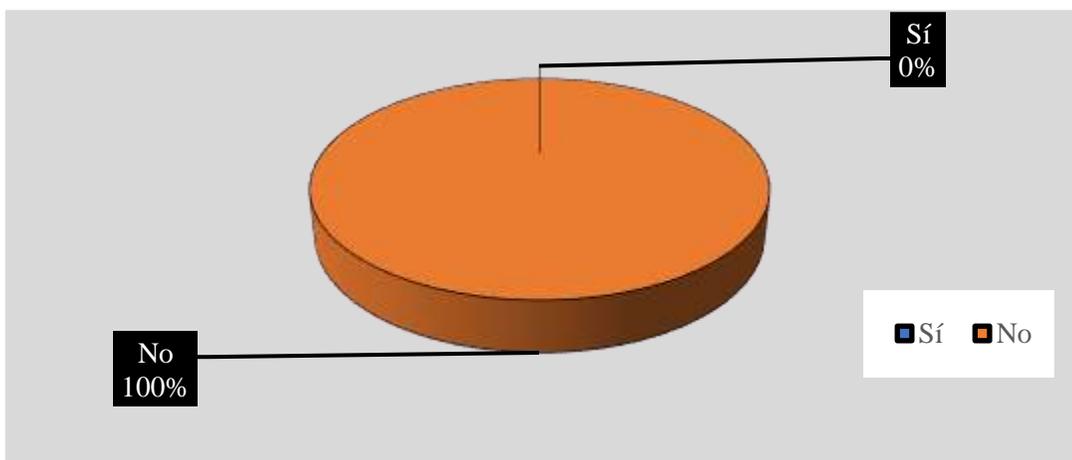
La causa se confirma mediante la opinión de diez décimas de los encuestados, al indicar, que si participaran en capacitaciones sobre mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's en la fábrica.

Cuadro 10: Planificación para implementación de algún plan de mantenimiento preventivo y predictivo en la fábrica.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	0	0
No	5	100
Total	5	100

Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Gráfica 11: Planificación para implementación de algún plan de mantenimiento preventivo y predictivo en la fábrica.



Fuente: Gerentes y propietarios de la empresa TAYASAL, Palín, Escuintla, octubre 2018

Análisis

La causa se confirma mediante la opinión de diez décimas de los encuestados, al indicar, que no se tiene planificado la implementación de algún plan de mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's.

IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV.1 Conclusiones.

1. Se comprueba la hipótesis: "Los paros no programados durante la producción de block's en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años, provocados por deficiencias en maquinaria y equipo, son debido a la inexistencia de plan para mantenimiento preventivo y predictivo." Con el 100% de nivel de confianza y 0% de error para las tres variables.
2. La producción de block's se ve afectada por los paros no programados.
3. Existen dificultades en la producción de block's que se deben a los paros no programados.
4. La causa de los paros no programados es debido al mal funcionamiento de la maquinaria.
5. No existe plan de mantenimiento preventivo y predictivo en la fábrica.
6. El personal no ha recibido capacitaciones sobre mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's en la fábrica.
7. No se tiene planificado la implementación de algún plan de mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's.

IV.2 Recomendaciones.

1. Implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la maquinaria y equipo de producción de block's para la fábrica.
2. Disminuir los paros no programados que afectan la producción de block's.
3. Eliminar dificultades en la producción de block's.
4. Corregir el mal funcionamiento de la maquinaria.
5. Brindar capacitaciones sobre mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's en la fábrica.
6. Planificar la implementación de algún plan de mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's.

BIBLIOGRAFÍA

1. Calloni, I. J. (2003). *Mantenimiento eléctrico y mecánico para pequeñas y medianas empresas*. Argentina: nobuko.
2. Fernández, F. J. (2005). *Teoría y Practica del Mantenimiento Industrial Avanzado. Segunda edición*. Madrid, España.: Fundación Confemetal.
3. Garrido, S. G. (2009). *TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO CONDICIONAL BASADAS EN LA MEDICIÓN DE VARIABLES FÍSICAS*. Madrid: RENOVETEC.
4. Garrido., S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
5. J., R. P. (2002). *Gestión Moderna del Mantenimiento*. Santiago, Chile.: Beauchef.
6. Kaeser. (2016). *Manual de operador, compresor de tornillo*. Alemania.: Kaeser.
7. Karli Jiménez Sanchez, T. M. (2005). *Planificación y gestión del mantenimiento industrial*. Caracas.: EDITORIAL PANAPO, C.A.
8. Márquez., C. A. (2015). *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos*. España.: INGEMAN.

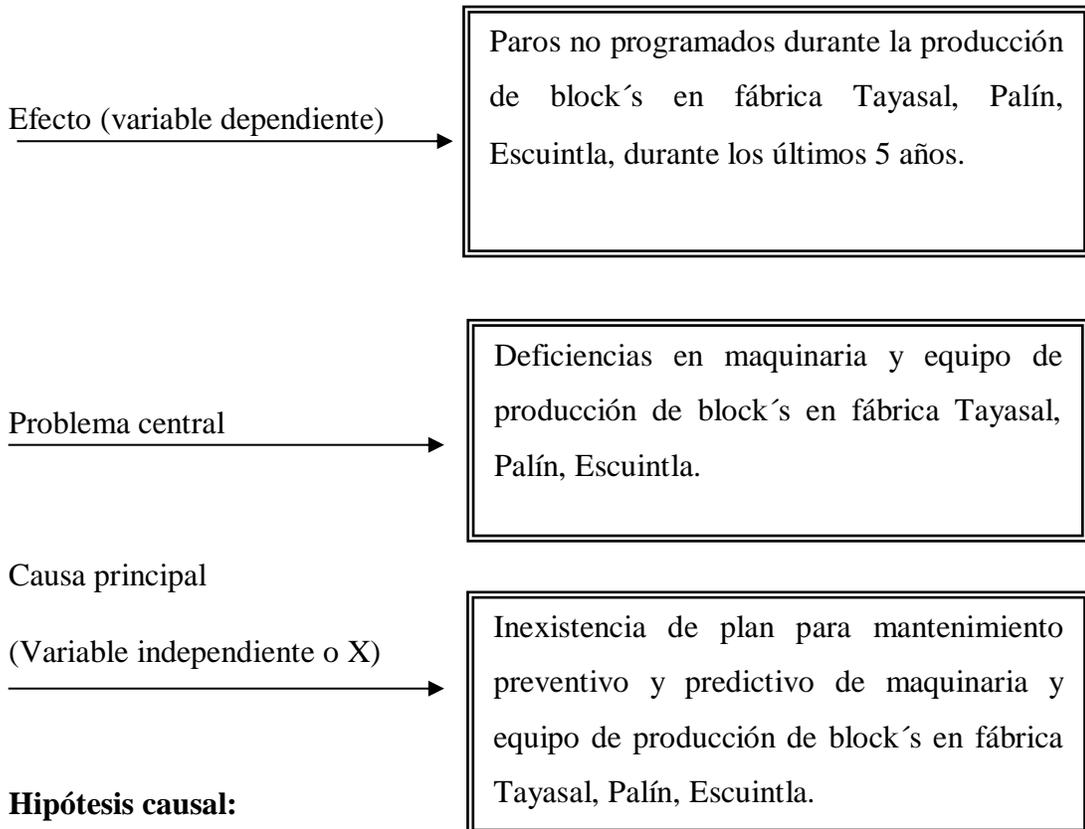
9. Navarro, J. D. (2010). *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. Algeciras, Cádiz.: Calpe Institute of Technology.
10. Newbrough., E. T. (1997). *Administración de mantenimiento industrial*. Mexico, DF.: Diana.
11. Ortíz, L. (6 de Octubre de 2018). Proceso de fabricación del block. (H. Jacob, Entrevistador)
12. Richard B. Chase, F. R. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill.
13. Sacristán, F. R. (2001). *Manual del Mantenimiento Integral en la Empresa*. Madrid: FUNDACIÓN CONFEMETAL.
14. Salih O. Duffuaa, A. R. (2000). *Sistemas de mantenimiento. Planeación y control*. México, D.F.: Limusa, S.A. de C.V.

ANEXOS

Anexo 1. Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos.

Árbol de problemas.

Tópico: Deficiencias en maquinaria y equipo de producción de block's.



Hipótesis causal:

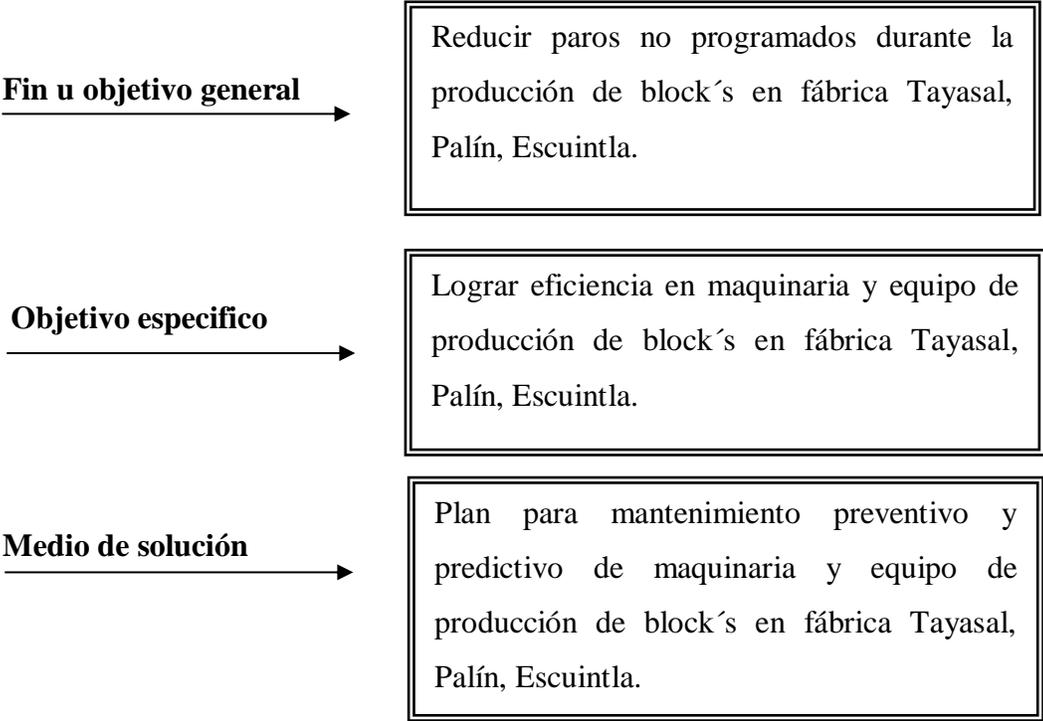
"Los paros no programados durante la producción de block's en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años, provocados por deficiencias en maquinaria y equipo, son debido a la inexistencia de plan para mantenimiento preventivo y predictivo."

Hipótesis interrogativa:

¿Será la inexistencia de plan para mantenimiento preventivo y predictivo, la causante de los paros no programados durante la producción de block's en fábrica Tayasal,

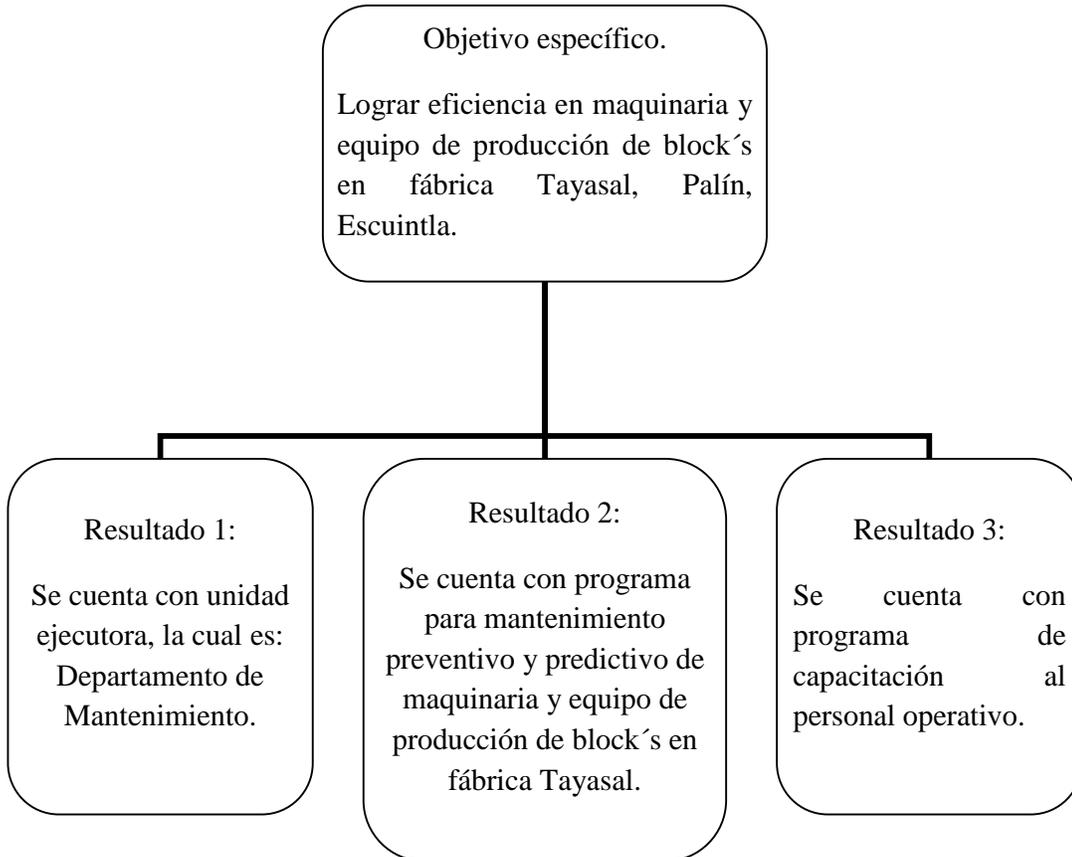
Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años, ¿provocados por deficiencias en maquinaria y equipo?

Árbol de Objetivos.



Anexo 2. Diagrama del medio de solución de la problemática.

Medios para solucionar la problemática:



Anexo 3. Boleta de investigación para la comprobación del efecto general.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: **“Paros no programados durante la producción de block’s en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años.”**

Esta boleta censal está dirigida a propietarios y gerentes de los departamentos de: Producción y Calidad de fábrica Tayasal, Palín, Escuintla.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela si se le indica.

1. ¿Considera usted que la producción de block’s es afectada por los paros no programados durante la producción de block’s?
Si_____ No_____

2. ¿Ha tenido dificultades en la producción de block’s por los paros no programados?
Si_____ No_____

3. ¿Cuántos paros no programados se han reportado durante la producción de block’s?
3.1. 0-5_____
- 3.2. 6-10_____

3.3. 11-15_____

3.4. Más de 15_____

4. ¿Cuál es la causa de los paros no programados durante la producción de block´s?

4.1. Mal funcionamiento de maquinaria_____

4.2. Falta de asesoría a operarios_____

4.3. Falta de mantenimiento a maquinaria y equipo_____

5. ¿Considera usted que se pueden evitar los paros no programados durante la producción de block´s?

Si_____ No_____

Observaciones:

Lugar y fecha: _____

Anexo 4. Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: **“Inexistencia de plan para mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block’s en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla.”**

Esta boleta censal está dirigida a propietarios y gerentes de los departamentos de: Producción y Calidad de fábrica Tayasal, Palín, Escuintla.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela si se le indica.

1. ¿Conoce si existe algún plan para mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block’s en la fábrica?

Si_____ No_____

2. ¿Considera usted que es necesario implementar algún plan para mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block’s en la fábrica?

Si_____ No_____

3. ¿Ha dado capacitaciones a cerca de mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block´s en la fábrica?

Si_____ No_____

4. ¿Participaría en una capacitación sobre mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block´s en la fábrica?

Si_____ No_____

5. ¿Tiene contemplado dentro de su planificación la implementación de algún plan para mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block´s en la fábrica?

Si_____ No_____

Observaciones:

Lugar y fecha: _____

Anexo 5. Boleta de diagnóstico de la problemática.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Problema central

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar problema central siguiente: **“Deficiencias en maquinaria y equipo de producción de block’s en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla.”**

Esta boleta censal está dirigida a propietarios y gerentes de los departamentos de: Producción y Calidad de fábrica Tayasal, Palín, Escuintla.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela si se le indica.

1. ¿Sabe usted si la maquinaria y equipo producción de block’s tienen deficiencias en su funcionamiento?

Si _____ No _____

2. ¿Conoce alguna forma para identificar deficiencias en maquinaria y equipo de producción de block’s?

Si _____ No _____

3. ¿Cómo califica el funcionamiento de la maquinaria y equipo de producción de block's en la fábrica?

3.1. Excelente_____

3.2. Bueno_____

3.3. Deficiente_____

4. ¿Considera que el trabajo que realiza la maquinaria y equipo de producción de block's en la fábrica podría ser más eficiente de lo que es actualmente?

Si_____ No_____

Observaciones:

Lugar y fecha: _____

Anexo 6: Comentario sobre el coeficiente de correlación.

Se realiza con la finalidad de determinar la correlación existente entre las variables intervinientes en la problemática descrita en el árbol de problemas y poder validarla; así como determinar si es posible la proyección de su comportamiento mediante el cálculo de la ecuación de la línea recta.

Las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2014 a 2018); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece a “Paros no programados durante la producción de block’s en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años.”

Requisito. $+>0.80$ y $+-<1$

Año	X (años)	Y (Paros no programados por año)	XY	X ²	Y ²
2014	1	34	34.00	1	1156.00
2015	2	54	108.00	4	2916.00
2016	3	76	228.00	9	5776.00
2017	4	89	356.00	16	7921.00
2018	5	82	410.00	25	6724.00
Totales	15	335	1136.00	55	24493.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	1136
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	24493.00
$\sum Y=$	335
$n\sum XY=$	5680
$\sum X*\sum Y=$	5025
Numerador=	655

$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	122465.00
$(\sum Y)^2=$	112225.00
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	10240
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*($	512000.00
Denominador:	715.5417528
r=	0.915390328

Fórmula:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Análisis: Debido a que el coeficiente de correlación $r = 0.91$ sí se encuentra dentro del rango establecido, se indica que las variables están debidamente correlacionadas, se valida la problemática y se procede a la proyección mediante la línea recta.

Anexo 7: Comentado sobre la proyección del comportamiento de la problemática mediante la línea recta.

$$y = a + bx$$

Año	X (años)	Y (Paros no programados por año)	XY	X ²	Y ²
2014	1	34	34	1	1156.00
2015	2	54	108	4	2916.00
2016	3	76	228	9	5776.00
2017	4	89	356	16	7921.00
2018	5	82	410	25	6724.00
Totales	15	335	1136	55	24493.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	1136
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	24493.00
$\sum Y=$	335
$n\sum XY=$	5680
$\sum X*\sum Y=$	5025
Numerador de b	655
Denominador de b:	
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	13.1
Numerador de a:	
$\sum Y=$	335
$b * \sum X =$	196.5
Numerador de a:	
a:	138.5
a=	27.7

Fórmulas:

$$b = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Fórmulas:

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2019)=	a	+	(b	* X)
Y(2019)=	27.7	+	13.1	X
Y(2019)=	27.7	+	13.1	6
Y(2019)=	106.3			
Y(2019)=	107 paros no programados			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2020)=	a	+	(b	* X)
Y(2020)=	27.7	+	13.1	X
Y(2020)=	27.7	+	13.1	7
Y(2020)=	119.4			
Y(2020)=	120 paros no programados			

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2021)=	a	+	(b	* X)
Y(2021)=	27.7	+	13.1	X
Y(2021)=	27.7	+	13.1	8
Y(2021)=	132.5			
Y(2021)=	133 paros no programados			

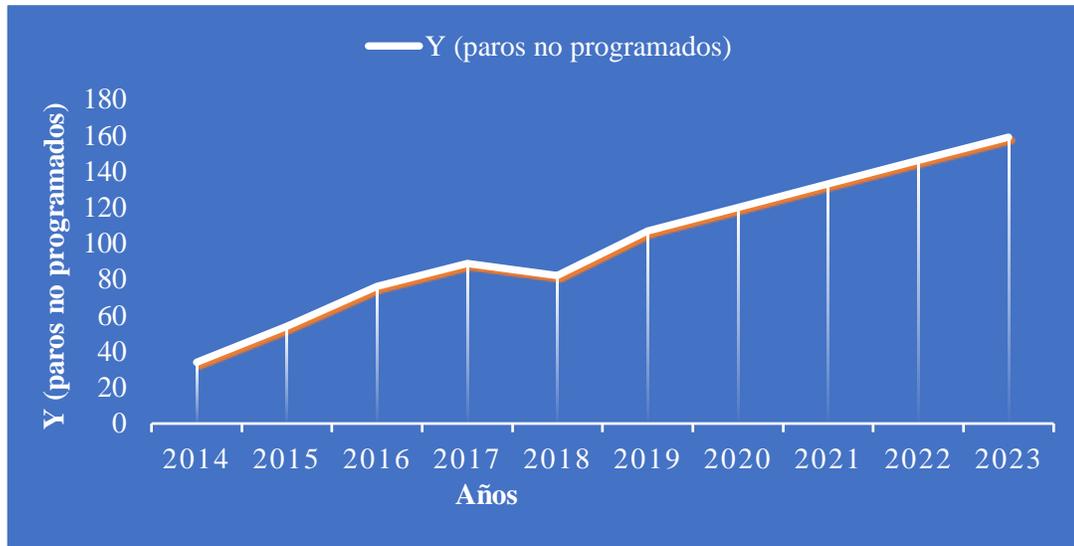
Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2022)=	a	+	(b	* X)
Y(2022)=	27.7	+	13.1	X
Y(2022)=	27.7	+	13.1	9
Y(2022)=	145.6			
Y(2022)=	146 paros no programados			

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2023)=	a	+	(b	* X)
Y(2023)=	27.7	+	13.1	X
Y(2023)=	27.7	+	13.1	10
Y(2023)=	158.7			
Y(2023)=	159 paros no programados			

Cuadro 1: Comportamiento de la problemática sin proyecto.

Año	Y (paros no programados)
2014	34
2015	54
2016	76
2017	89
2018	82
2019	107
2020	120
2021	133
2022	146
2023	159

Gráfica 1: Comportamiento de la problemática sin proyecto.



Análisis: cómo se puede notar en la información anterior, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación del plan de mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Héctor Ernesto Jacob Madrid

TOMO II

PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO
DE MAQUINARIA Y EQUIPO DE PRODUCCIÓN DE BLOCK'S
EN FÁBRICA TAYASAL, PALÍN, ESCUINTLA.



Asesor(a) General Metodológico(a):

Ing. Agr. Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería.

Guatemala, enero 2021.

Esta tesis fue presentada por el autor Héctor Ernesto Jacob Madrid, previo a obtener el título universitario de Ingeniero Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables.

PRÓLOGO

Los paros no programados durante el proceso de fabricación de block's han provocado una serie de inconvenientes y dificultades al departamento de producción para poder lograr sus metas de producción planificadas. Además de los paros no programados se pudo observar que la maquinaria y equipos para la producción de block's presentan diferentes síntomas de desgaste, todo lo anteriormente descrito tiene su causa en la falta de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para cada uno de los equipos y maquinaria para la producción de block's.

Con el fin de poder solucionar la problemática se realiza el presente trabajo de investigación, en donde se describen las técnicas y procedimientos de solución, así como, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la maquinaria de block's, que permita eliminar gradualmente los paros no programados durante el proceso de producción.

PRESENTACIÓN

Este trabajo se realiza con el fin de poder brindar las técnicas y procedimientos para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo, el cual nos brindará procedimientos para la buena conservación de la maquinaria y equipos para la fabricación, esto con la finalidad de poder reducir y/o eliminar las paradas no programadas que se presentan durante el proceso de fabricación de block's.

Todo lo anterior bajo un plan de inspecciones y/o intervenciones a la maquinaria las cuales, bajo un programa específico para cada una, no interferirán con el proceso de fabricación de block's. Además, se plantea la capacitación del personal técnico y de producción, con la finalidad de hacer más eficiente el recurso humano con que cuenta la fábrica.

INDICE GENERAL

No.	Contenido	Página
I	RESUMEN.....	01
II	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	11

I. RESUMÉN

El enfoque principal del presente trabajo que está fundamentado en la situación actual de lo que corresponde a la deficiencia en la maquinaria y equipo para la producción de block's en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla. Mediante técnicas de investigación como observación directa e investigación documental se encontró que la causa de la deficiencia en la maquinaria y equipo para la producción de block's es debido a la inexistencia de un plan para mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's, lo cual ha permitido enfocar y proyectar de una manera técnico profesional la implementación de un plan para mantenimiento preventivo y predictivo de la maquinaria y equipo para la producción de block's que conlleva como objetivo principal lograr eficiencia en la maquinaria y equipo para la producción de block's. A continuación, se describen de manera resumida las diferentes etapas de la presente investigación:

Planteamiento del problema.

El presente trabajo de investigación es debido a que en la actualidad en fábrica de blocks "TAYASAL" en el municipio de Palín departamento de Escuintla no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo y predictivo aplicado a su maquinaria y equipo para la producción de blocks que garantice la eficiencia en la maquinaria y equipo de producción.

Lo que implica que en fábrica "TAYASAL" durante el proceso de producción se presenten paros no programados en la maquinaria, debido a la falta de mantenimiento preventivo y predictivo lo que provoca deficiencias en maquinaria y equipo de producción de block's.

En virtud de la problemática anteriormente descrita resulta importante y necesaria la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo en fábrica "TAYASAL".

Hipótesis.

Comprobar o rechazar la hipótesis: " Los paros no programados durante la producción de block´s en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años, provocados por deficiencias en maquinaria y equipo, son debido a la inexistencia de plan para mantenimiento preventivo y predictivo.”.

¿Será la inexistencia de plan para mantenimiento preventivo y predictivo, la causante de los paros no programados durante la producción de block´s en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años, ¿provocados por deficiencias en maquinaria y equipo?

Objetivos.

Un objetivo se encuentra definido como el fin último al que se dirige una acción u operación, con el fin de poder contribuir y dar solución a la problemática mencionada, se plantean los siguientes objetivos:

- **Objetivo general.**

Reducir paros no programados durante la producción de block´s en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla.

- **Objetivo específico.**

Lograr eficiencia en maquinaria y equipo de producción de block´s en fabrica Tayasal, Palín, Escuintla.

Justificación.

La falta de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la maquinaria y equipo de producción de block's, hace que la problemática crezca a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación del plan de mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Metodología.

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

Métodos.

Los métodos utilizados variaron con relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue esencial el deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los arboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento. Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados se expone a continuación:

Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis.

Para la formulación de la hipótesis el método principal fue el deductivo, el cual permitió conocer aspectos generales de la maquinaria y equipos que componen el sistema de producción de block's, Tayasal. A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Observación directa. Esta técnica que utilizo directamente en el área de producción, a cuyo efecto, se observó la forma en que actuaban los operarios y encargados de esta área; así como a terceras personas que poseían relación directa e indirecta con la misma, como proveedores, personal de mantenimiento, entre otros.

Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las **fichas bibliográficas** utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar al personal del área de producción de la fábrica citada, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática detectada.

Ya con una visión más clara sobre la problemática del área de producción de la fábrica citada, con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el método del marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación. La graficación de la hipótesis de encuentra en el anexo

La hipótesis formulada de la forma indicada reza: "Los paros no programados durante la producción de block's en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años, provocados por deficiencias en maquinaria y equipo, son debido a la inexistencia de plan para mantenimiento preventivo y predictivo."

El método del marco lógico nos permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; así como nos facilitó establecer la denominación del trabajo en cuestión.

Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el método inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

- **Entrevista.** Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas, proporcionaran la información requerida, después de ser aplicada.
- **Determinación de la población a investigar.** En atención a este tema, el grupo de investigación decidió no efectuar un muestreo estadístico que representara a la población a estudiar, pues la misma estaba constituida por 5 personas que laboraban como encargados y gerentes de producción de la fábrica citada; por lo que, para obtener una información más confiable, se censó o investigó a la totalidad de la población; con lo que se supone que el nivel de confianza en este caso será del 100%.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método de estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados, en valores absolutos y relativos,

obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que contengan como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo efectuada.

Técnicas

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo con la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de esta; así:

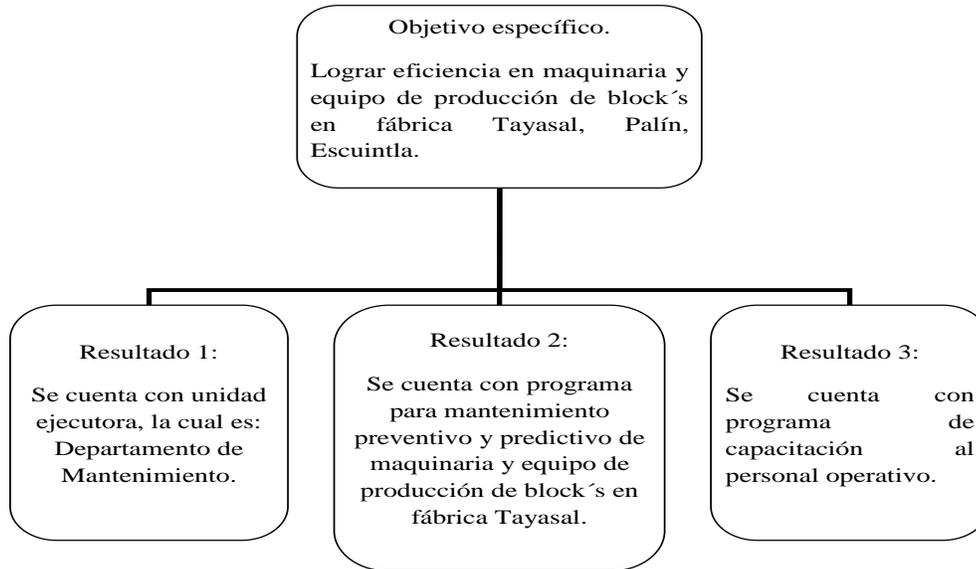
Como se describió en el apartado (Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la entrevista y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la entrevista estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de esta. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

Propuesta de solución.

Medios para solucionar la problemática:



Para lograr la eficiencia en maquinaria y equipo de producción de block's en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, es necesario alcanzar los siguientes resultados.

Resultado 1: Se cuenta con unidad ejecutora, la cual es: Departamento de Mantenimiento.

Para lograr este resultado, es necesario poder crear un Departamento de Mantenimiento el cual será el encargado de velar por el diseño, planificación, ejecución, seguimiento y mejora de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la maquinaria y equipo de producción de block's.

El departamento de mantenimiento deberá contar con las siguientes figuras:

- Jefe de Mantenimiento.
- Planificador.
- Personal Técnico.

Quienes deberán contar con los siguientes espacios físicos para su operación:

- Oficina de mantenimiento.
- Taller de mantenimiento.

Por último, deberá de contarse con las siguientes herramientas para poder llevar a cabo la ejecución y control del plan de mantenimiento:

- Equipo de cómputo.
- Herramientas manuales y eléctricas.
- Equipo de protección personal.
- Herramientas predictivas.

Con todo lo anterior se creará y fortalecerá la unidad ejecutora del plan para mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo para fabricación de block's.

Resultado 2: Se cuenta con programa para mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's en fábrica Tayasal.

Para lograr este resultado será necesario realizar diferentes actividades, que permitan la puesta en marcha de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo para producción de block's.

A continuación, se enlista cada una de las actividades para contar un programa de mantenimiento:

- **Recopilación de información de maquinaria y equipos:** Conocer las funciones de cada equipo y maquinaria, así como su historia e insumos para su mantenimiento.
- **Elaboración de fichas técnicas:** Plasmar en un documento en donde se incluyan fotografías, los datos recabados de cada equipo.
- **Elaboración de rutinas de trabajo:** Plasmar en un documento todas las actividades necesarias para la buena conservación de la maquinaria y equipo.

- **Codificación de equipos:** Asignar un código único para la fácil localización de determinado equipo o maquinaria.
- **Análisis de modos de fallo:** Analizar las consecuencias de los probables fallos de cada equipo, así como las acciones para reducir el riesgo que se produzca el fallo o mitigarlo.
- **Criticidad de equipos y maquinaria:** Clasificar los equipos de acuerdo con su importancia dentro del proceso de producción.
- **Gestión de repuestos y materiales:** Contar con los insumos necesarios para el mantenimiento de cada equipo o maquinaria, así como los repuestos necesarios para poder solventar las fallas que se presenten.
- **Generación de ordenes de trabajo:** De acuerdo con un plan establecido generar las diferentes ordenes de trabajo para la ejecución del plan de mantenimiento.
- **Ejecución de ordenes de trabajo:** Ejecución de las actividades descritas en las rutinas, para la conservación de las maquinarias y equipos.
- **Control del presupuesto de mantenimiento:** Controlar la ejecución financiera del presupuesto asignado para trabajos de mantenimiento, esto permitirá conocer la cantidad de dinero invertido a labores de mantenimiento.
- **Control de ejecución de ordenes de trabajo:** Esto permitirá conocer el tiempo en que se ejecuta cada orden emitida, así como conocer la calidad del trabajo realizado.
- **Presentación de indicadores a gerencia:** Con esto se busca que la gerencia de la planta conozca los avances en lo que refiere a alcanzar la mayor eficiencia en la maquinaria y equipo para producción de block's, a través de trabajos de mantenimiento.

Resultado 3. Se cuenta con programa de capacitación al personal operativo.

Este resultado se enfoca a fortalecer los conocimientos del personal técnico, encargado de la ejecución de las tareas de mantenimiento. La unidad ejecutora se encargará de coordinar con entidades como INTECAP o bien aprovechar el conocimiento de proveedores para la impartición de las siguientes capacitaciones:

- Técnicas de lubricación y engrase.
- Mediciones eléctricas.
- Sistemas de aire comprimido.
- Mantenimiento a sistemas de transmisión de potencia.
- Circuitos eléctricos de arranque de motores.
- Manejo de cámara termográfica e interpretación de resultados.
- Mantenimiento a sistemas de bandas transportadoras.

Conclusión.

Se comprueba la hipótesis: "Los paros no programados durante la producción de block's en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años, provocados por deficiencias en maquinaria y equipo, son debido a la inexistencia de plan para mantenimiento preventivo y predictivo." Con el 100% de nivel de confianza y 0% de error para las tres variables.

Recomendación.

Implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la maquinaria y equipo de producción de block's para la fábrica.

En el apartado de "Anexos" se esboza la propuesta de solución de la problemática investigada y se incluye la Matriz de Estructura Lógica para evaluar el trabajo después de desarrollar la propuesta.

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se comprueba la hipótesis “Los paros no programados durante la producción de block´s en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla, durante los últimos 5 años, provocados por deficiencias en maquinaria y equipo, son debido a la inexistencia de plan para mantenimiento preventivo y predictivo.”, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.

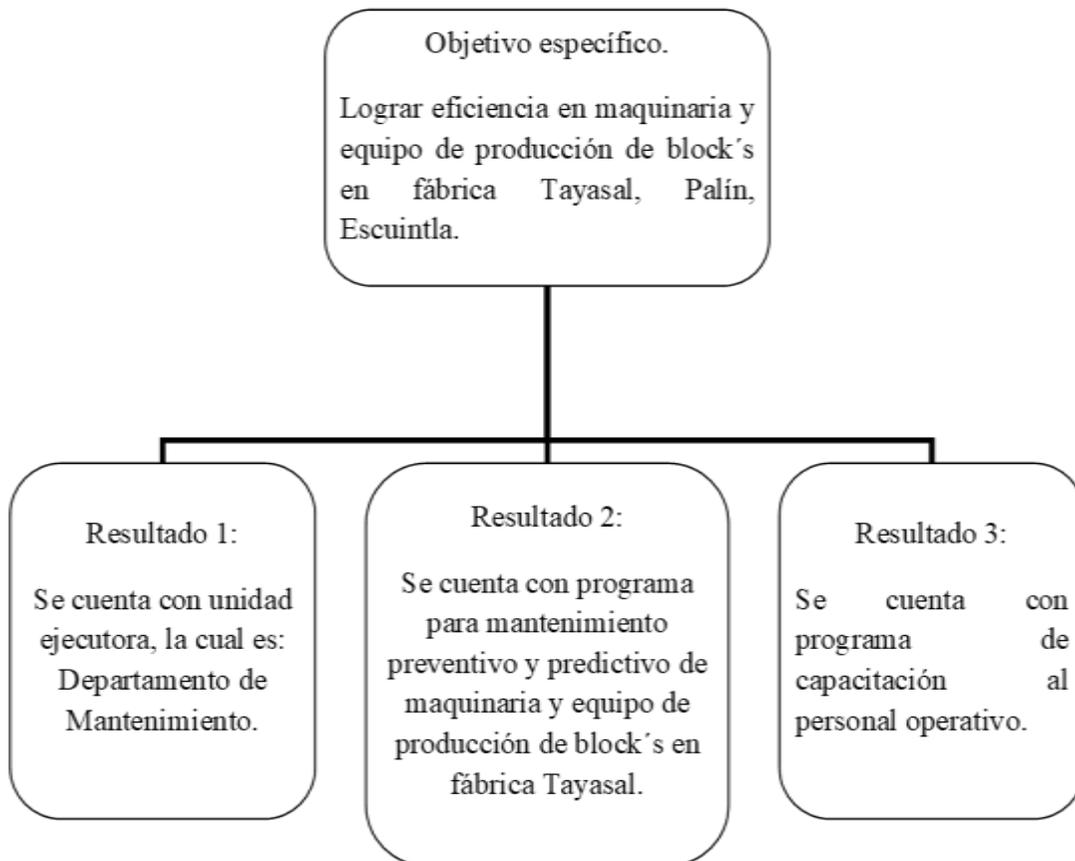
Por lo anterior se recomienda operativizar la solución de la problemática mediante la implementación del Plan para mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block´s en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla.

ANEXOS

Anexo 1. Propuesta para solucionar la problemática.

A continuación, se esbozan los resultados propuestos para la solución de la problemática, los cuales constan de 3 resultados, que incluyen básicamente unidad ejecutora, desarrollo del plan y capacitación al personal involucrado, estos se esquematizan a continuación y se desarrollan en las próximas páginas.

Medios para solucionar la problemática:



Resultado 1. Se cuenta con unidad ejecutora, la cual es el Departamento de Mantenimiento.

El departamento de mantenimiento deberá contar con los siguientes espacios físicos para el buen desarrollo del plan de mantenimiento preventivo y predictivo:

- **Oficina de mantenimiento:** En este lugar deberán operar el Jefe de mantenimiento, así como la persona encargada de la planificación y seguimiento del plan de mantenimiento (planificador).
- **Taller de mantenimiento:** En este lugar concentraran sus operaciones el departamento técnico de la planta, también servirá para realizar reparaciones menores como: mantenimiento de motores, reparaciones de rodillos, etc.

Para asegurar el cumplimiento el plan de mantenimiento preventivo y predictivo será necesario el uso de los siguientes materiales y equipos:

- **Equipo de cómputo:** Equipos como computadoras de escritorio e impresoras que servirán para la planificación, documentación y control del plan de mantenimiento.
- **Equipos para trabajos preventivos:** Equipos de medición eléctrica, neumática e hidráulica, herramientas manuales como; barrenos, desarmadores, cepillos, brochas, linternas, llaves mixtas, juegos de copas, etc.
- **Equipo para trabajos predictivos:** para el cumplimiento de estos trabajos es necesaria la adquisición de herramientas como: termómetros, cámaras termográficas, analizadores de vibraciones, así como un ordenador en el que se puedan realizar reportes predictivos.

El personal técnico necesario para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo y predictivo deberá ser el siguiente:

- 2 mecánicos.
- 2 electricistas.

Resultado 2. Se cuenta con programa para mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's en fábrica Tayasal.

Para alcanzar el resultado anteriormente descrito debemos de cumplir con cada una de las siguientes actividades:

- 1. Recopilación de información de equipos:** Esta actividad deberá ser realizada por medio del departamento técnico de la planta, en donde se recopilará información como: modelo, marca, serie, datos técnicos, reparaciones realizadas, materiales para su mantenimiento, etc. toda información necesaria y útil para que cualquier persona pueda conocer a detalle las características de determinado equipo o maquinaria.
- 2. Elaboración de fichas técnicas:** Esta actividad deberá ser realizada por el planificador de mantenimiento, quien con la información recabada por el departamento técnico en la actividad 1. Elaborara formatos o fichas técnicas por cada maquinaria y equipo de producción (ver formato 1), las cuales deberán ser almacenadas en una base de datos computarizada, que permita el rápido acceso a la información de cualquier maquinaria o equipo instalado dentro de la planta.
- 3. Elaboración de rutinas de trabajo:** Con la información proporcionada por las fichas técnicas y de manuales de operación de equipos, la persona encargada de la planificación del mantenimiento procederá a realizar las diversas hojas de tareas o rutinas de trabajo, al cumplir con esta actividad el personal técnico sabrá que actividades debe realizar a los equipos, así como la perióicidad en que debe hacerlas. (Ver formato 1)

Formato 1. Rutina de trabajo.

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO						
EQUIPO:		SISTEMAS ELECTRONICOS		AREA DE MANTENIMIENTO:		ELECTRICO
Periodo del mantenimiento		PERIODICIDAD		MATERIALES		HERRAMIENTAS
Mensual		Mensual	Annual	Material	Cantidad	OBSERVACIONES
Marcar con una "X" en cada casilla las tareas ejecutadas en el mantenimiento.						
A. SERVICIO MENOR						
A1	Verificar el estado físico del gabinete; pintura, empaque de protección, ventilación y cualquier ingreso de suciedad.			N/A	0	
A2	Verificar el estado físico de todos los elementos internos del gabinete.			N/A	0	
A3	Re-apriete de todos los puntos de contacto entre cable y térmicos, filpones, switch, manijas, transformadores, contactores, etc.			N/A	0	Desarmadores
A4	Limpieza de arrancadores, manijas y switch's que se encuentran instalados en el gabinete.			LIMPIA CONTACTOS SABO, BROCHA 2", WIPE.	0.2	Brocha
A5	Verificar el estado de las partes mecánicas de accionamiento de los gabinetes.			N/A	0	
A6	Verificar estado de chapas para gabinetes.			SPRAY WD-40	0.2	
A7	Tomar lectura de amperaje y voltaje del equipo (comprobar su capacidad en relación al consumo de la carga)			N/A	0	Amperímetro
A8	Tomar imagen termográfica para encontrar puntos calientes.			N/A	0	Cámara termográfica.
B. SERVICIO MAYOR						
B1	Cambio de 6 contactores.			CONTACTOR 3RT1024, 220V	6	Desarmadores y alicate
B2	Cambio de botones pulsadores en mal estado.			Botón pulsador.	2	Desarmadores y alicate
B3	Cambio de manijas en mal estado.			Manija.	2	Desarmadores y alicate
B4	Ordenamiento estético interno del cableado de mandos y fuerza (colocar cinchos plásticos).			CINCHOS PLÁSTICOS		UNA MANIJA
B5	Cambio de chapas para gabinetes.			DE 11"	20	Desarmadores y alicate
B6	Rotulado de gabinete.			GABINETE DE 3/4" MARCA	1	Desarmadores y alicate
B7	Primar toda la caja interna y externamente para protección.			Rotuladora	0.2	
B8	Limpieza de arrancadores, manijas y switch's que se encuentran instalados en el gabinete.			SPRAY COLOR GRIS	1	Cepillo de alambre
B9	Re-apriete de todos los puntos de contacto entre cable y térmicos, filpones, switch, manijas, transformadores, contactores, etc.			LIMPIA CONTACTOS SABO, BROCHA 2", WIPE.	0.2	Brocha
B10	Tomar imagen termográfica para encontrar puntos calientes.			LIMPIA CONTACTOS SABO, BROCHA 2", WIPE.	0.2	Desarmadores y alicate
				N/A	0	Cámara termográfica.
Responsable de Planta _____ Responsable de Mantenimiento _____ Firma de Responsable de Planta _____ Firma de Responsable de Mantenimiento _____						

4. **Codificación de equipos:** Esta actividad deberá estar a cargo del jefe de producción y el planificador, con esta actividad se busca asignar determinado código único a cada equipo, para su fácil localización dentro de una base de datos computarizada, en donde se permita conocer las características

recopiladas en la actividad número 1, las cuales serán mostradas dentro de un formato llamado ficha técnica.

Formato 2. Ficha técnica de equipos.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS								
EQUIPO:				UBICACIÓN:				
MARCA				SECCIÓN				
MODELO				CODIGO				
FECHA DE FABRICACIÓN				SERIE				
FECHA DE INSTALACIÓN				PROVEEDOR				
PESO				VOLTAJE				
ALTURA				POTENCIA				
ANCHO				LARGO				
COSTOS MANTENIMIENTO				FOTOGRAFÍA:				
TIPO DE RUTINA: SERVICIO MAYOR								
CODIGO	MATERIAL	CANTIDAD	COSTO				TOTAL	MC
							Q	-
							Q	-
							Q	-
							Q	-
							Q	-
							Q	-
							Q	-
							Q	-
							Q	-
							Q	-
							Q	-
							Q	-
TOTAL				Q	-			
TIPO DE RUTINA: SERVICIO MENOR				DESCRIPCIÓN				
CODIGO	MATERIAL	CANTIDAD	COSTO	TOTAL	MC			
				Q	-			
				Q	-			
				Q	-			
				Q	-			
TOTAL				Q	-			
CARACTERÍSTICAS								
NOTAS:								
Responsable de Planta _____			Responsable de Mantenimiento _____					
Firma de Responsable de Planta _____			Firma de Responsable de Mantenimiento _____					

5. Análisis de modos de fallos: Esta actividad deberá estar a cargo de todo el departamento de mantenimiento, con esta actividad se busca las causas de los fallos posibles, así como frecuencia y la posibilidad de que este ocurra en determinado momento. También se busca conocer las consecuencias al momento de presentarse determinado fallo y las acciones que se deben de

Tabla 1. Análisis de criticidad.

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumen una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

7. **Clasificación de trabajos:** Esto deberá ser realizado por el planificador en conjunto con el jefe de mantenimiento, se deberá tomar en cuenta la criticidad de equipos establecida en la actividad anterior. Con esta actividad se busca conocer las actividades a realizar a cada equipo para garantizar su funcionamiento, así como los encargados de realizar cada actividad.
8. **Gestión de repuestos y materiales:** Esta actividad es imprescindible realizarla antes del inicio del plan de mantenimiento, ya que en ella se establecerá los insumos necesarios que deben estar dentro de la bodega para poder realizar las diversas actividades de mantenimiento, así como los repuestos necesarios en caso sea necesario realizar el cambio de alguna pieza al momento de realizar la intervención de un equipo. Esta actividad deberá estar a cargo del planificador de mantenimiento.

9. Generación de ordenes de trabajo: Ya elaborada la clasificación de trabajos, así como su programación e incluir con los insumos y repuestos necesarios para cada uno de los trabajos, se procede a la generación de ordenes de trabajo, las cuales deberán contener un determinado correlativo para el seguimiento de su ejecución, así como la descripción del trabajo a realizar y el equipo en que se realizará y la persona encargada de ejecutar dicha orden de trabajo (Ver formato 4). Esta actividad deberá estar a cargo del planificador de mantenimiento.

Formato 4. Orden de trabajo.

ORDEN DE TRABAJO				
Fecha de expedición	Fecha en que se necesita	Centro de costo	Tipo de mantenimiento	Talón No.
Solicitado por	Aprobado por	Lugar del trabajo	Denominación del equipo	
Trabajo ejecutado por		Descripción del trabajo		
Nombre	Reloj No.	Horas calculadas	Horas reales	
Total				
Fecha de terminación		Supervisor		

10. Ejecución de ordenes de trabajo: Esta tarea estará a cargo por el departamento técnico, quien buscará ejecutar cada orden de trabajo dentro el plazo planificado en dicha orden de trabajo, se deberá utilizar los materiales y repuestos proyectados para ejecución de dicho trabajo.

11. Control de presupuesto de mantenimiento: Esta actividad estará a cargo del planificador quien tendrá la tarea de revisar la correcta ejecución financiera en el presupuesto destinado para la ejecución de mantenimiento preventivo y predictivo.

12. Control de ejecución de ordenes de trabajo: Esta actividad estará a cargo del planificador, quien llevará el control de los tiempos de ejecución de cada orden de trabajo finalizada por el departamento técnico de mantenimiento, con esta actividad se busca medir el desempeño del departamento técnico de mantenimiento en cuanto a la ejecución de ordenes de trabajo.

13. Presentación de indicadores a gerencia: Esta actividad estará a cargo del jefe de mantenimiento, con base a la información proporcionada por el planificador. En donde se debe mostrar a gerencia y producción indicadores de disponibilidad, confiabilidad, promedio de fallas con base a los trabajos de mantenimiento realizados.

3. Se cuenta con programa de capacitación al personal operativo.

Para lograr este resultado es necesario cumplir con un programa de capacitaciones al personal técnico de mantenimiento, esto con el fin de ampliar el conocimiento con técnicas y conceptos que pueden ser utilizados para la resolución de problemas, así como la correcta ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo y predictivos. Esta actividad deberá ser coordinada por el jefe de mantenimiento y deberá contener los siguientes temas:

- Técnicas de lubricación y engrase.
- Mediciones eléctricas.
- Sistemas de aire comprimido.
- Mantenimiento a sistemas de transmisión de potencia.
- Circuitos eléctricos de arranque de motores.
- Manejo de cámara termográfica e interpretación de resultados.

- Mantenimiento a sistemas de bandas transportadoras.

Para llevar a cabo cada una de las capacitaciones anteriormente descritas la unidad ejecutora, deberá coordinar con entidades como INTECAP o proveedores que sean expertos en cada uno de los campos mencionados anteriormente.

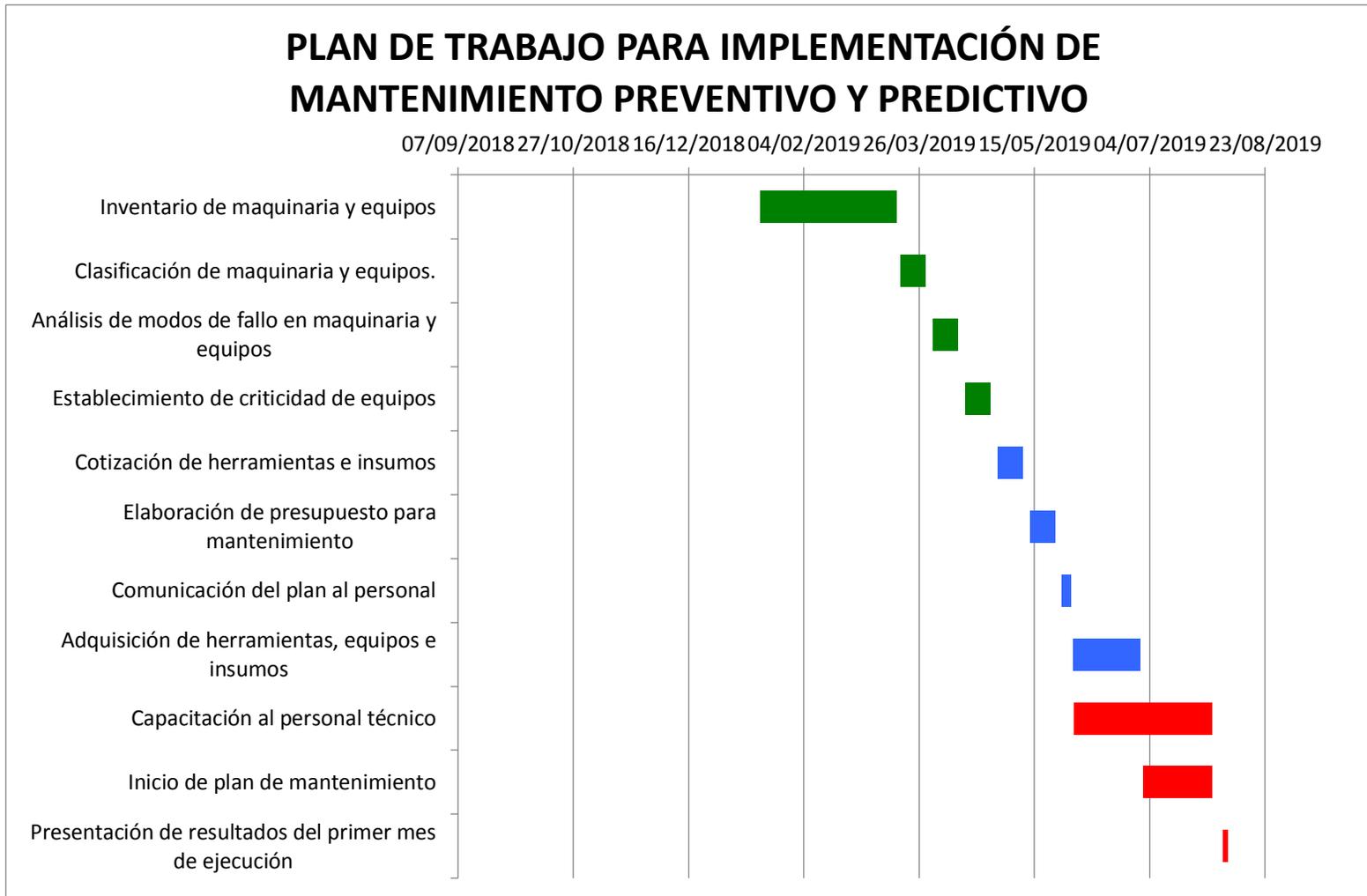
Anexo 2: Matriz de la Estructura Lógica

Componentes	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<p>Objetivo general:</p> <p>Reducir paros no programados durante la producción de block's en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla.</p>	<p>Finalizados los primeros 3 años, el 75% de los paros no programados, se habrá reducido.</p>	<p>Registros mensuales.</p> <p>Registros Semestrales y anuales</p>	<p>Mediante la implementación del proyecto, logra la eficiencia en sus sistemas de producción y aumenta la cantidad de unidades producidas.</p>
<p>Objetivo específico:</p> <p>Lograr eficiencia en maquinaria y equipo de producción de block's en fábrica Tayasal, Palín, Escuintla.</p>	<p>Al finalizar los 5 años de la propuesta, el 90% de la maquinaria y equipo de producción, funciona con el 95% de eficiencia.</p>	<p>Fotografías.</p> <p>Reportes semestrales.</p> <p>Entrevistas a propietarios.</p>	<p>Los socios se organizan para hacer crecer la empresa y diversifican su oferta.</p> <p>Además, que adquieren nueva maquinaria.</p> <p>Se concreta capacitación constante al personal involucrado.</p>
<p>Resultado 1:</p>			

Se cuenta con unidad ejecutora, la cual es: Departamento de Mantenimiento.			
Resultado 2:			
Se cuenta con programa para mantenimiento preventivo y predictivo de maquinaria y equipo de producción de block's en fábrica Tayasal.			
Resultado 3:			
Se cuenta con programa de capacitación al personal operativo.			

Fuente: Jacob, H., noviembre

Anexo 3: Plan de trabajo



Anexo 4: Presupuesto

A continuación, se detallan los diferentes costos en los que se debe de incurrir al momento de iniciar con la ejecución del plan de mantenimiento.

- **Herramientas básicas:**

HERRAMIENTA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
ALICATE DE 9" AISLADO MARCA STANLEY	1 Q	85.00 Q	85.00
JUEGO DE DESARMADORES DE 20 PIEZAS MARCA STANLEY	1 Q	170.00 Q	170.00
JUEGO DE DESTORCADORES DE 6 PIEZAS MARCA STANLEY	1 Q	200.00 Q	200.00
LLAVE AJUSTABLE DE 12", MARCA STANLEY	1 Q	105.00 Q	105.00
LLAVE AJUSTABLE DE 8", MARCA STANLEY	1 Q	63.00 Q	63.00
JUEGO DE COPAS MILIMÉTRICAS RAIZ DE 1/2", MARCA STANLEY	1 Q	277.00 Q	277.00
JUEGO DE COPAS EN PULGADAS RAIZ DE 1/2", MARCA STANLEY	1 Q	285.00 Q	285.00
JUEGO DE LLAVES COLA CORONA EN PULGADAS Y MILIMÉTROS, MARCA STANLEY.	1 Q	425.00 Q	425.00
EXTENSIÓN PARA RATCH RAIZ DE 1/2"x10", MARCA STANLEY	1 Q	42.00 Q	42.00
ARCO DE SIERRA, MARCA STANLEY	1 Q	120.00 Q	120.00
CAJA PLÁSTICA PARA HERRAMIENTAS DE 16", MARCA STANLEY	1 Q	130.00 Q	130.00
MARTILLO DE BOLA DE 1/2" LB, MARCA STANLEY	1 Q	45.00 Q	45.00
LINTERNA TIPO MINERA	1 Q	105.00 Q	105.00
HIDROLAVADORA KARCHER K2 COMPACT	1 Q	1,190.00 Q	1,190.00
LLAVE STEELSON DE 18" MARCA STANLEY	1 Q	207.00 Q	207.00
LLAVE STEELSON DE 12" MARCA STANLEY	1 Q	109.00 Q	109.00
AMPERIMETRO MARCA MILWAUKEE	1 Q	900.00 Q	900.00
NAVAJA PARA ELECTRICISTA TIPO PICO DE LORO MARCA TRUPPER	1 Q	50.00 Q	50.00
ENGRASADORA DE 400 GRAMOS	1 Q	168.00 Q	168.00
			Q 4,676.00

- **Equipo de cómputo:**

HERRAMIENTA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
COMPUTADORA DELL OPTIPLEX 3060 I5 CON MONITOR LED	1 Q	7,366.00 Q	7,366.00
IMPRESORA MULTIFUNCIONAL TINTA CONTINUA MARCA EPSON L3110	1 Q	1,411.00 Q	1,411.00
			Q 8,777.00

- **Equipo para trabajos predictivos.**

HERRAMIENTA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Analizador de la condición de la máquina CMAS 100-SL.	1 Q	16,250.00	Q 16,250.00
Estetoscopio electrónico TMST 3.	1 Q	15,406.40	Q 15,406.40
Detector ultrasónico de fugas TMSU 1	1 Q	17,376.00	Q 17,376.00
Estroboscopio SKF serie TKRS 20.	1 Q	12,155.00	Q 12,155.00
Tacómetro SKF serie TKRT10.	1 Q	2,952.00	Q 2,952.00
Cámara termográfica TKT121.	1 Q	32,500.00	Q 32,500.00
Termómetro infrarrojo TKTL10	1 Q	1,565.00	Q 1,565.00
Alineador de polea SKF TKBA10.	1 Q	14,820.00	Q 14,820.00
Medidor de tensión de correas PHL FM10/400	1 Q	13,181.00	Q 13,181.00
			Q126,205.40

- **Insumos básicos para mantenimiento.**

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
GRASA LGTM2 MARCA SKF (KILO)	1 Q	122.50	Q 122.50
WIPE (LIBRA)	1 Q	5.00	Q 5.00
CINTA DE AISLAR SCOTCH SUPER 33+	1 Q	30.00	Q 30.00
CINCHOS PLÁSTICOS DE 11"	100 Q	0.30	Q 30.00
LIMPIA CONTACTOS MARCA SABO	1 Q	90.00	Q 90.00
BROCHA DE 2"	1 Q	8.00	Q 8.00
LUBRICANTE WD-4 BOTE 32OZ	1 Q	35.00	Q 35.00
			Q 320.50