



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO MELÓN, PLANTA ÁRIDOS LAS GARZAS”**

**Memoria para optar al Título de:
INGENIERO MECÁNICO**

ALUMNO: EDGARD JONATHAN ALZOLA AGUIRRE

PROFESOR GUÍA: ORLANDO DURAN

PROFESOR CO-GUÍA: RIGOBERTO GUARDIA

2017

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es proponer un modelo de gestión de mantenimiento para ser Implementado en la planta de árido Las Garzas. Este modelo de gestión debe incluir las técnicas de soporte, métodos y herramientas que se adapte a la realidad de los equipos de áridos y al personal de trabajo de toda la planta, sin embargo luego de reconocer la situación de la planta y analizar sus procedimientos actuales y al no tener registro de sus actividades, se propuso actualizar el modelo de gestión que poseen y apoyarlos con nuevas herramientas y métodos para obtener una mejor gestión que a su vez se ve reflejada en la confiabilidad y en los costos de la planta.

Para llevar a cabo esta tarea se identificó la función de cada persona en el departamento de mantención, también el contexto operacional de los equipos, se recopiló información de la maquinaria, se utilizó el conocimiento técnico e ingenieril del personal Las Garzas.

Luego de esto se desarrolló varias herramientas, se registró y digitalizó el programa de mantención que utilizaban. Se desarrolló todo este trabajo en 5 meses, por lo tanto los resultados que se obtuvieron fueron no muy notorios pero si significativos y se recomienda seguir con todos estos instrumentos digitalizados para lograr obtener beneficios en un período mayor a 1 o 2 años.

Como finalización del trabajo se deja una propuesta que no se implementó, pero se estimó las inversiones requeridas, los beneficios y costos asociados a su posterior puesta en marcha con el fin de agilizar la realización de tareas.

INDICE

I.- Introducción	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
II.- Contexto actual de la empresa	3
2.1- Antecedentes generales de la empresa.....	3
2.1.1- Ubicación de la empresa.....	4
2.2- Antecedentes de los áridos.....	5
2.2.1- Importancia de los áridos.....	5
2.2.2- Características y propiedades físicas de los áridos.....	5
2.2.3- Uso de los áridos.....	7
2.2.4- Textura superficial de los áridos.....	8
2.2.5- Áridos que produce la empresa.....	10
2.3- Descripción de los procesos.....	12
2.4- Organigrama.....	16
2.5- Descripción equipos.....	17
2.5.1- Listado de equipos.....	17
2.5.2- Chancadores.....	19
2.5.3- Harneros vibratorios.....	22
2.5.4- Cintas transportadoras.....	23
2.5.5- Tornillo lavador.....	23
2.5.6- Alimentador Vibratorio.....	24
III.- Modelo de mantenimiento	25
3.1- Definición de mantenimiento.....	25
3.2- Desempeño de la gestión mantenimiento.....	25
3.3- Tipos de mantenimiento.....	26
3.3.1- Mantenimiento correctivo.....	26
3.3.2- Mantenimiento preventivo.....	27
3.3.3- Mantenimiento predictivo.....	28
3.4- Tipos de modelos.....	29
3.4.1- Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM.....	29
3.4.2- Metodología del RCM.....	29

3.4.3-Mantenimiento Total productivo TPM.	31
3.4.4- Pilares del TPM.	31
3.4.5-Metodología de la implantación del TPM.	35
IV.- Análisis del sistema actual de la empresa	36
4.1.- Descripciones de obligaciones y atribuciones del departamento de mantenimiento.	36
4.1.1.- Jefe de planta de mantenimiento.....	36
4.1.2.- Supervisor de mantenimiento	36
4.1.3.- Back office	37
4.1.4.- Personal de mantenimiento	37
4.2.- Procedimientos	38
4.2.1.- Procedimiento de inspecciones	38
4.2.2.- Procedimiento de planificación de actividades	47
4.2.3.- Procedimiento de catalogación de materiales	53
4.3.- Herramientas o métodos existentes.....	56
4.4.- Análisis del departamento de mantención	58
4.4.1- Análisis FODA del departamento de mantención	59
V.- Propuesta	61
5.1- Problema del departamento de mantención	61
5.2 Información digital	62
5.2.1 Ficha técnica.....	63
5.2.2 Plan de mantenimiento Mecánico y eléctrico.....	63
5.2.3 Plan de engrase.....	68
5.3 Procedimiento: Inspecciones	70
5.3.1 Diagrama de flujo de inspecciones:	73
5.4 Procedimiento: Planificación	74
5.4.1 Plan maestro de mantenimiento (PM).....	76
5.5 Presentación de resultados.....	78
5.5.1 Sistema gestión de paro	78
5.5.2 Método analítico.....	78
5.6 Resultados esperados	80
5.7 Código QR	84
5.7.1 ¿Qué es el código QR?	84

5.7.2 ¿Cómo y de qué forma implementarlo en el departamento de mantención?	86
VI.- Evaluación Económica.....	89
6.1.- Costos asociados al trabajo	89
6.2.- Costos asociados a la propuesta del Código QR.....	92
VI.- Conclusión	95
VIII.- Anexos.....	96
8.1.- Formulario de catalogación de materiales	96
8.2.- Planilla sistema gestión de paro	97
8.3 Cartilla original	98
8.4 Planilla de estado de pago.....	99
8.5 Ficha técnica.....	100
8.6 Cartilla nueva	101
8.7 Planilla “plan maestro”	102
8.8 Análisis de Pareto	104
8.9 Calculo de la Confiabilidad, Disponibilidad y mantenibilidad.....	105
8.10 Organigrama de las inspecciones	106
8.11 Curva de la bañera.....	107
8.12 Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad	108
IX.-Bibliografía	110

I.- Introducción

En la actualidad una implementación y desarrollo de un modelo real y viable para la gestión de mantenimiento se ha convertido en un tema de gran envergadura nivel global, cuyos objetivos están alineados al cumplimiento de las metas para alcanzar el objetivo final de la empresa.

“Una de las principales metas que persiguen las industrias es el mejoramiento de la gestión de sus procesos, donde existe la necesidad de mantenerse o mejorar su calidad y competitividad a través de la implementación de sistemas de gestión. En tal sentido, es necesario destacar la importancia de la aplicación de herramientas de control y medición de la gestión, en los términos que permitan optimizar el uso de los recursos y guiar a la administración de los servicios a tomar mejores y oportunas decisiones en el logro de sus objetivos.”[1]

Esto significa que se han desarrollado modelos de gestión aplicando técnicas de mantenimiento que buscan asegurar la correcta operación de los sistemas, incrementar su confiabilidad operacional, el mejoramiento de la productividad de los procesos y del negocio. Se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de procedimiento y medidas que permiten asegurar el funcionamiento óptimo de los dispositivos, objetos, sistemas bajo ciertos parámetros; comprendiendo todas aquellas actividades necesarias, equipos e instalaciones en una condición particular.

La gestión del mantenimiento incluye todas aquellas actividades destinadas a determinar, las estrategias, objetivos, prioridades de mantenimiento y las responsabilidades lo cual facilita la planificación, programación y control de la ejecución del mantenimiento.

1.1 Objetivo general.

Proponer un modelo de gestión de mantenimiento para ser Implementado en la planta de árido Las Garzas. Este modelo de gestión debe incluir las técnicas de soporte, métodos y herramientas. Se pretende con este modelo mejorar el proceso de toma de decisiones y alcanzar la mayor eficiencia organizacional y garantizando la producción y la reducción de costos.

1.2 Objetivos específicos.

- 1.- Reconocer situación actual de la empresa.
- 2.- Analizar procedimientos actuales.
- 3.- Implementar métodos de soporte o herramientas a la planta de áridos.
- 4.- Capacitación del personal sobre los métodos de soportes o herramientas.

II.- Contexto actual de la empresa

2.1- Antecedentes generales de la empresa.

MELÓN ÁRIDOS LTDA LAS GARZAS es una empresa dedicada a la producción de materiales para distintos tipos de obras, por ejemplo, edificación en altura, para obras industriales, mineras, portuarias, viviendas, etc... Esta planta se inició hace más de 20 años en las cercanías de la ciudad de Quillota a orillas del río Aconcagua, exactamente en Ruta 60 KM. 24 Parcela Las Garzas y solamente se puede acceder a ella mediante un móvil, atendiendo a diferentes clientes, siendo uno de los más importantes Melón Hormigones.

Actualmente la planta produce entre arena, grava, gravilla, estabilizados y laja alrededor de 40.000 (m^3) mensual aproximadamente, siendo la arena su producto principal. MELÓN ÁRIDOS LTDA LAS GARZAS se ha planteado un desafío mayor para este año al tener pensado instalar nuevos equipos, de manera que la producción sea más eficiente.

Para cumplir con tales objetivos la empresa cuenta con un equipo de ventas que no solo ofrece una atención a los clientes, sino que además aporta asesoría técnica cuando éstos la requieran. [2]

2.1.1- Ubicación de la empresa.

Está ubicada en la Ruta 60 Parcela Las Garzas, altura del kilómetro 24 camino a la ciudad de Quillota.

En las siguientes figuras 1 y 2 se muestra la ubicación de la empresa y la representación física actual de ella.



Fig 1: Foto satelital ubicación de la empresa.



Fig 2: Foto de la planta.

2.2- Antecedentes de los áridos.

2.2.1- Importancia de los áridos.

Los áridos están relacionados con el desarrollo socio-económico de un país, consecuentemente, con la calidad de vida de la sociedad.

Se utilizan fundamentalmente como materia prima para la construcción (Viviendas, hospitales, escuelas, centros comerciales, etc.) y en las obras de infraestructura (Carreteras, vías de ferrocarril, puertos, embalses, aeropuertos, etc) constituyen un buen índice de la actividad económica de un país en cada momento. Por lo tanto, la producción de áridos para obras civiles y para la construcción de edificios es una de las mayores industrias del mundo e importante para Chile.

2.2.2- Características y propiedades físicas de los áridos.

En el área industrial árido es denominado a una roca que, tras un proceso de tratamiento industrial (molienda o trituración y clasificación) se convierte en un material granular de tamaño variable, que en la mayoría de los casos, se tiene una distribución granulométrica esperada.

Este material se origina por fragmentación de las distintas rocas de la corteza terrestre, ya sea en forma natural o artificial. Para llevar a cabo este proceso se necesita de maquinaria, como chancadores, que son utilizados respectivamente en las plantas de áridos.

La explotación de los áridos tiene lugar generalmente a cielo abierto en las canteras o en graveras. El diseño de la forma de explotación de los áridos depende de la técnica que será empleada y de si se extraerán rocas masivas o materiales sin consolidar, en vía húmeda o vía seca.

En función de su aplicación los áridos pueden clasificarse en las categorías mostradas en la figura 3.

CLASIFICACIÓN DE LOS ÁRIDOS POR APLICACIONES
CONSTRUCCIÓN
Áridos para hormigón
Áridos para morteros
Áridos para capas de rodadura (carreteras)
Áridos para bases y subbases (carreteras)
Áridos para balasto de ferrocarril
Áridos para escolleras (puertos, diques, presas)
Áridos ligeros
INDUSTRIA
Áridos industriales

Fig.3: Clasificación de los áridos por aplicaciones.

Existen textos, normas y especificaciones técnicas que definen estas características indicando los parámetros necesarios en cada aplicación del área de la construcción. Por lo tanto, el procesamiento y selección de materiales se realiza con el fin de buscar que éstas cumplan con las condiciones mínimas para un empleo específico. En general, las cualidades deseables de un árido aparecen definidas en las especificaciones técnicas correspondientes a cada obra, pudiendo estar referida a la naturaleza petrográfica del material o directamente con el proceso de extracción y procesamiento del mismo.

2.2.3- Uso de los áridos.

Se entiende como uso de los áridos como parte elemental de una mezcla con otros productos, dando como resultado un material totalmente distinto.

En el mercado se encuentran diferentes tipos de áridos y cada uno de ellos se emplea con un objetivo distinto. Así, por ejemplo, la arena es un tipo de árido que no supera los 5 milímetros de tamaño y se utiliza mezclada con cemento para obtener una sustancia que facilita que los ladrillos se peguen unos con otros para formar tabiques. También se emplea para la fabricación de hormigón siendo base esencial del mismo.

Eso sí, no todas las arenas que se encuentran en el mercado son iguales. Están finas, de miga, gruesa o lavada, de río lavada (de muy alta calidad y muy valorada, sobre todo, por su alto contenido en cuarzo); arena viva, también denominada repasada, que contiene arcilla, lo que la hace endurecer antes, etc.

Otro tipo de árido muy frecuente en el sector de la construcción es la grava o gravilla, se trata de un tipo de arena cuyo grano supera los 5 milímetros de diámetro.

Este tipo de árido se suele emplear para fabricar hormigón, junto con el cemento y la arena fina. Están de muy diferente tamaño atendiendo al grosor del grano. Existen dos tipos: el planché (en el que se mezcla grava lavada con arena) y el revuelto (que se obtiene de mezclar grava o gravilla con arena).

Las características de los áridos son de importancia por el comportamiento que tienen en las mezclas o cuando actúan independientemente, ya que afectan directamente a las estructuras que conforma. [2]

2.2.4- Textura superficial de los áridos.

La clasificación de los áridos derivan de su procedencia.

Áridos naturales

Este grupo se subdivide en dos, *áridos granulares o rodados*, que son aquellos que se obtienen de yacimientos naturales y por segundo, *areneros y graveras*, que se usan tras haber sufrido un lavado y una clasificación, es decir, se utilizan después de una modificación de su distribución de tamaño para adaptarse a las especificaciones exigidas. (Figura 4)



Fig.4: Árido rodado.

Áridos chancados

Son aquellos que se producen en canteras tras arrancar los materiales de los macizos rocosos y someterlos posteriormente a una trituración, molienda y clasificación. Sus caras frescas y muy rugosas, a causa de las fracturas por los chancadores. (Figura 5)



Fig.5: Árido chancado.

Áridos artificiales

Son aquellos que están constituidos por subproductos industriales, como son las escorias de la industria siderúrgica, las cenizas volantes procedentes de la combustión del carbón pulverizado en las centrales térmicas, estériles mineros, etc.

Áridos reciclados

Son los procedentes de derribos de edificaciones, o sea, demoliciones y de estructuras de firmes antiguos, etc. Estos constituyen, en cualquier ciudad importante, un volumen realmente grande y pueden ser empleados tanto para relleno en vías de comunicación, como incluso de materia prima para áridos de chancado.

2.2.5- Áridos que produce la empresa.

Arena

- Tamaño varía entre 0,02 - 5 mm.
- Se utilizan 50% partículas rodadas y 50% partículas chancadas.
- Se procesa mediante un lavado y se obtiene bajo porcentaje de finos.
- Su dispersión granulométrica se controla en un 90%. (Figura 6)

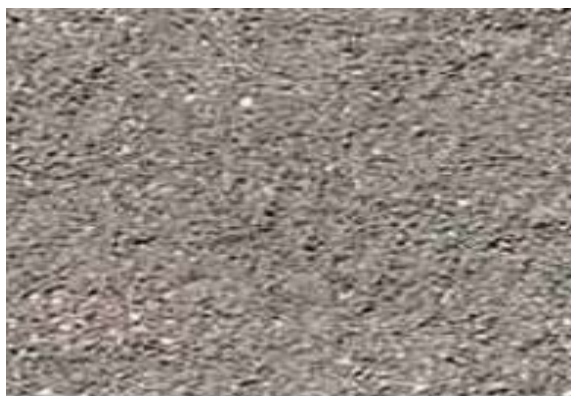


Fig.6: Arena, fuente: <http://www.melon.cl>

Estabilizado o base

- Tamaño máximo 40 mm.
- Se utilizan 60% partículas chancadas.
- No se procesa mediante un lavado. (Figura 7)



Fig.7: Estabilizados, fuente: <http://www.melon.cl>

Grava

- Tamaño máximo 40 mm.
- Se utilizan 75% de partículas chancadas.
- Su dispersión granulométrica se controla en un 85%.
- Se procesa mediante un lavado. (Figura 8)



Fig.8: Grava, fuente: <http://www.melon.cl>

Gravilla

- Tamaño varía entre 5-20mm
- Se utilizan 80% de partículas chancadas.
- Se procesa mediante un lavado.
- Tiene una alta “trabajabilidad”, es decir, tiene facilidad para mezclarse, manejarse, transportarse y vaciarse en su posición final con una pérdida mínima de homogeneidad.
- Su dispersión granulométrica se controla en un 90%. (Figura 9)



Fig.9: Gravilla, fuente: <http://www.melon.cl>

2.3- Descripción de los procesos.

El proceso de árido de la planta MELÓN ÁRIDOS LTDA LAS GARZAS está basado en el modo de operación de una planta tipo fija con trituración primaria, secundaria y terciaria.

Primaria.

Se comienza el proceso mediante la descarga del material a la tolva de alimentación 1, cayendo a un alimentador vibratorio que alimenta al chancador de mandíbula, en este se reduce el tamaño de la roca, alimentando a la cinta transportadora 1 y 2. (Ver Fig10)

Secundaria.

En esta etapa se busca clasificar y reducir aún más el tamaño del material, y en caso de que el material no se reduzca al nivel exigido por la empresa se tiende a retornar.

Esto sucede luego de que la cinta transportadora 2 alimenta al harnero vibratorio 1, que permite seleccionar el tamaño de las partículas separándolas entre las que pasan y las que no pasan, se logra áridos de diferentes tamaños, si el material pasa recae en la cinta transportadora 5 en caso de no pasar por las mallas respectivas, recae en la cinta transportadora 3 para alimentar el chancador de cono y luego retornar a la cinta 2. (Ver Fig10)

Terciaria.

En la tercera etapa y una de las más importantes por el hecho de que se produce arena, grava, gravilla y base. Las máquinas que definen esto son básicamente el harnero 3 y el chancador de impacto. (Ver Figura 11)

En esta etapa se comienza cuando el material recae en la cinta transportadora 6 donde se dirige a la tolva de alimentación 2 para luego distribuirse por un alimentador vibratorio 2 y así alimentar la cinta 7 y 8, obteniendo en esa línea estabilizados o base. También en el buzón de alimentación 2 se distribuye el

material al alimentador vibratorio 3, está alimentación se dirige al harnero vibratorio 2, lo cual permite clasificar el árido mayor a 20 [mm] y se conduce al chancador de impacto para realizar una reducción de tamaño y terminar con la última fase de esta etapa. En el harnero 3 se realiza un lavado de material y este se clasifica depositando en el acopio de grava, gravilla y arena. Si el material sigue siendo de un diámetro mayor se produce un retorno, por ende, se realiza todo el proceso de nuevo desde el alimentador vibratorio 3.

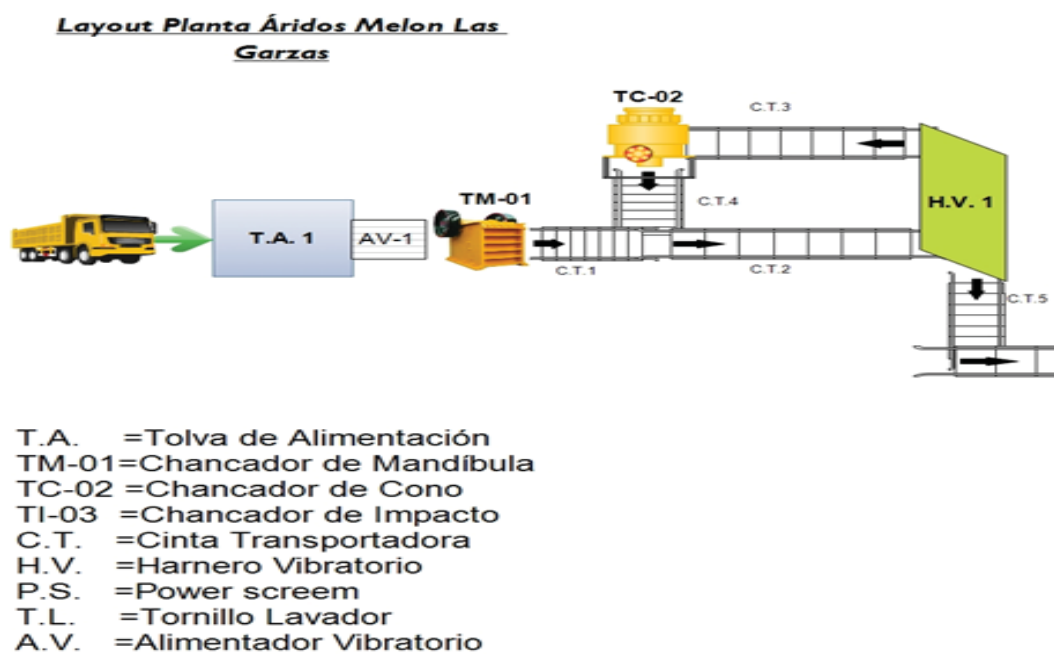


Fig.10: Lay-out parte primaria y secundaria planta Las Garzas (Fuente Propia)

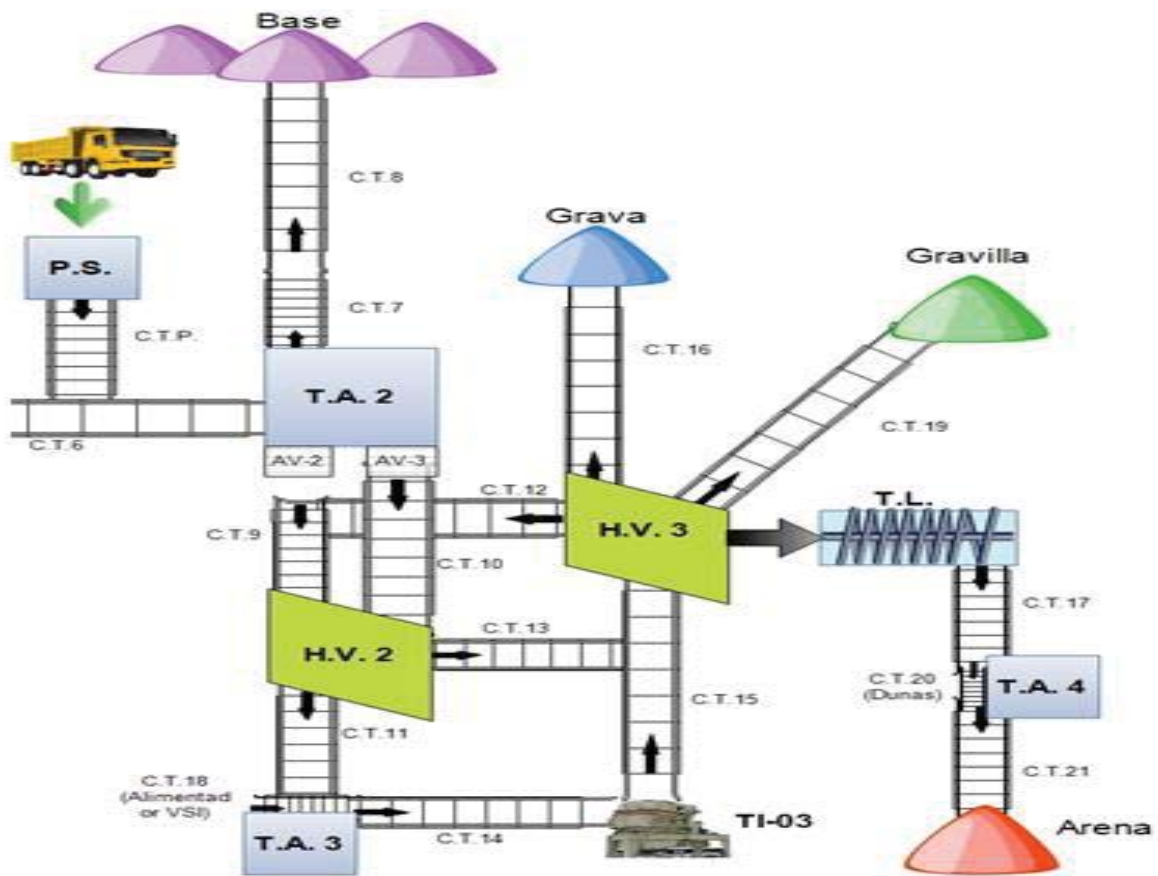
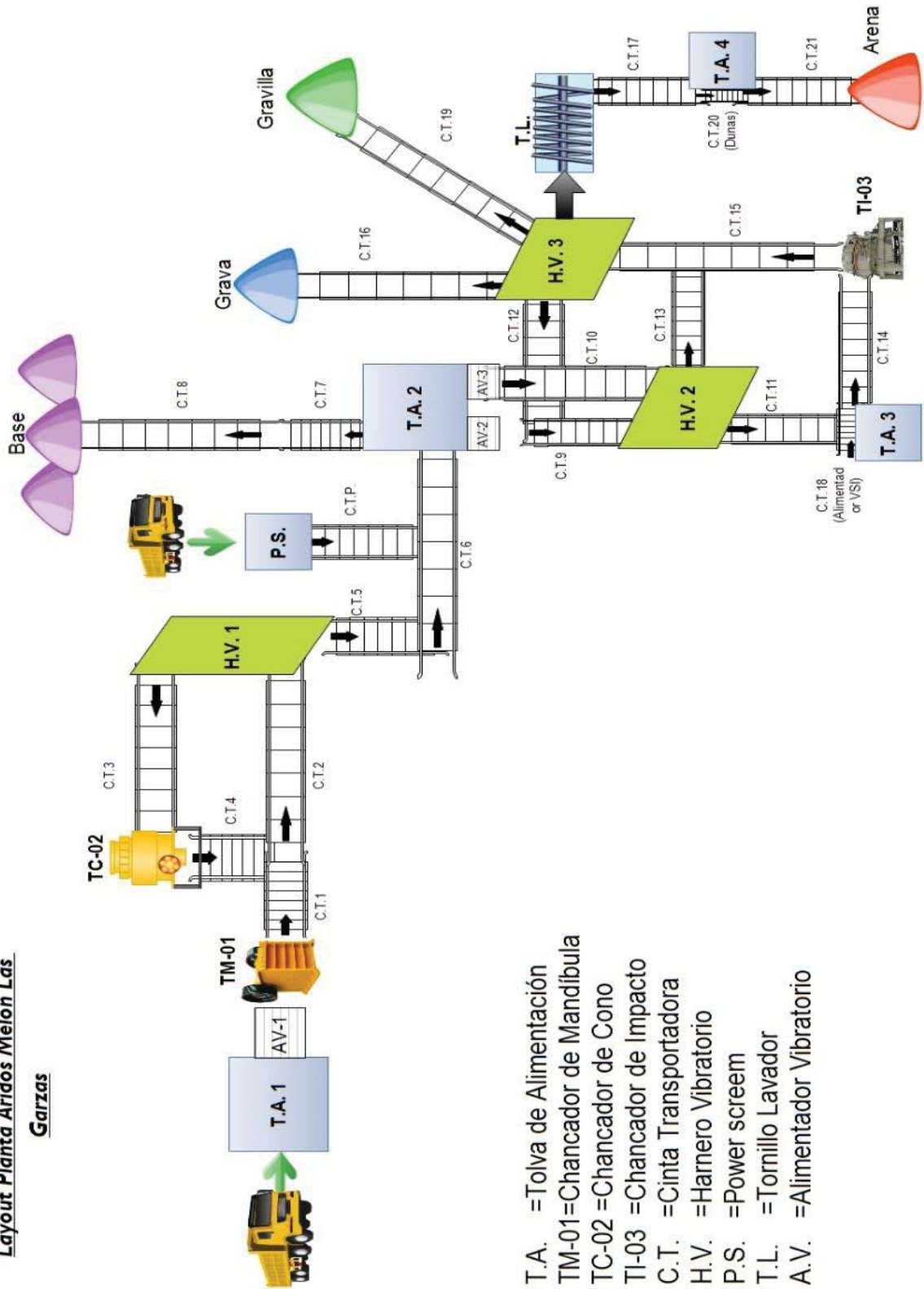


Fig.11: Lay-out parte terciaria planta Las Garzas (Fuente Propia)

En la Figura 12 se representa el Lay-out completo de la planta Las Garzas con la parte primaria, secundaria y terciaria.

Layout Planta Áridos Melon Las Garzas



- T.A. = Tolva de Alimentación
- TM-01 = Chancador de Mandíbula
- TC-02 = Chancador de Cono
- TI-03 = Chancador de Impacto
- C.T. = Cinta Transportadora
- H.V. = Harnero Vibratorio
- P.S. = Power screen
- T.L. = Tornillo Lavador
- A.V. = Alimentador Vibratorio

Fig.12: Lay-out completo planta Las Garzas (Fuente Propia)

2.4- Organigrama.

La figura 13 muestra el organigrama general de la planta Las Garzas.

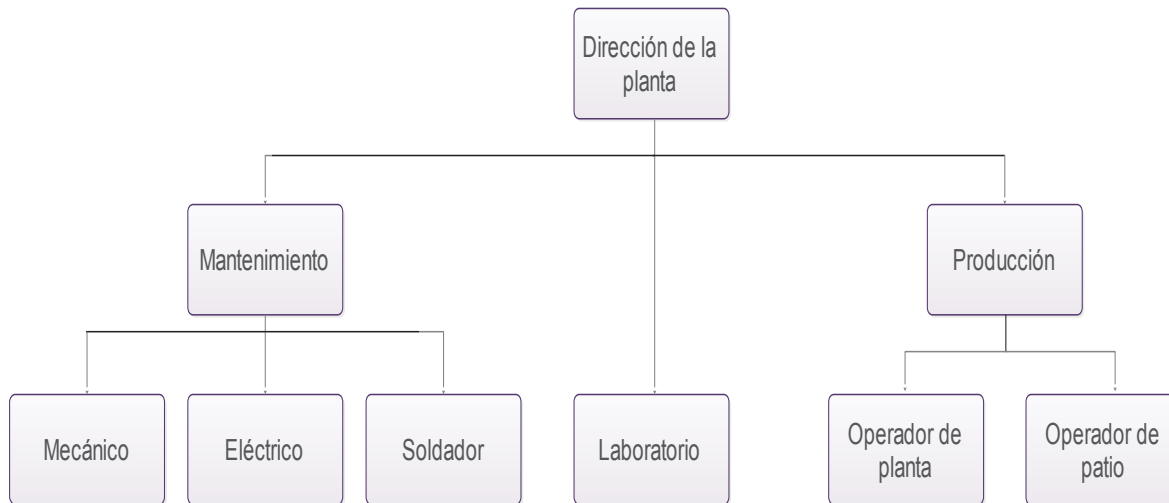


Fig.13: Organigrama planta Las Garzas

Melón Áridos Las Garzas consta con una dirección de planta, básicamente solo está el jefe de planta y dos departamentos, en este caso de mantención y producción, donde hay 1 supervisor de mantención y 1 supervisor de operaciones.

El jefe de planta tiene a cargo a ambos supervisores y a laboratorio. En la sección de mantención la persona encargada de coordinar toda actividad mantención tiene a su disposición 1 mecánico, 1 eléctrico y 1 soldadores. Sin embargo si la actividad tiene un grado de complejidad mayor se busca a terceros y quedan bajo cargo del supervisor de mantención.

En la sección de producción se encuentra 3 operadores de patio y 3 operadores de planta y se turnan para operar la planta cada 8 horas.

2.5- Descripción equipos.

Para esta sección se presenta el listado correspondiente de la planta con sus equipos o maquinarias más importantes que se utiliza para el proceso de los áridos y con la función de cada uno.

2.5.1- Listado de equipos.

Las tablas 1 y 2 muestra las máquinas que se están usando actualmente con sus marcas, modelos, código JDE (código que simboliza y diferencia a los equipos) y sus respectivos repuestos críticos.

Especificaciones					
N° ítem	EQUIPOS	Marca	Modelo	Código JDE	Repuesto crítico
1	Chancador de Mandíbula	SHAN BAO	PE 600X900	TM01	Muela fija, móvil, pernos fijación cuñas
2	Chancador de Cono	NORDBERG	HP 300	TC02	Corazas, socket liner, bomba de lubricación, reductor de la bomba de lubricación
3	Chancador de Impacto	BARMAC	B7100	TI03	Rotor, rotor tips, placa desgaste superior e inferior, bearing cartridge y tubo alimentación
4	Harnero Vibratorio 01	ALLIS-CHALMERS	6X16	HV01	Caja rodamientos, rodamientos, mallas, resorte
5	Harnero Vibratorio 02	CORDA	5X14	HV02	Caja rodamientos, rodamientos, mallas, resorte
6	Harnero Vibratorio 03	TRÍO	6X20	HV03	Caja rodamientos, rodamientos, mallas, resorte
7	Alimentador vibratorio 01	GRIZZLY FEDER	ZSW-490*96	AV01	Resorte y rodamientos
8	Alimentador vibratorio 02			AV02	motovibrador
9	Alimentador vibratorio 03			AV03	motovibrador
10	Tornillo lavador			TL01	Zapatras, rodamientos y reductor
11	Tolva de alimentación (Principal)			TA01	
12	Tolva de alimentación (Pantalón)			TA02	
13	Tolva de alimentación (Alimentador VSI)			TA03	
14	Tolva de alimentación (Arena duna)			TA04	
15	Bomba agua limpia 1	EIFEL	EA100/16	BBAA01	junta elástica (acoplamiento OMEGA), Válvula de retención
16	Bomba agua limpia 2	KENFLO	100/16	BBAA02	junta elástica(acoplamiento OMEGA), Válvula de retención
17	Bomba agua limpia 3			BBAA03	Válvula de retención
18	Bomba pozo profundo			BBPP01	Bomba
19	Bomba 1 piscina auxiliar			BBPA01	Válvula de retención

Tabla. 1: Listado de equipos planta primera parte

N° ítem	EQUIPOS	Especificaciones			Repuesto crítico
		Marca	Modelo	Código JDE	
20	Bomba 2 piscina auxiliar			BBPA02	Válvula de retención
21	Cinta transportadora Powerscreen			CT PS	Descansos, Reductor
22	Cinta transportadora 01			CT 01	Descansos, Reductor
23	Cinta transportadora 02			CT 02	Descansos, Reductor
24	Cinta transportadora 03			CT 03	Descansos, Reductor
25	Cinta transportadora 04			CT 04	Descansos, Reductor
26	Cinta transportadora 05			CT 05	Descansos, Reductor
27	Cinta transportadora 06			CT 06	Descansos, Reductor
28	Cinta transportadora 07			CT 07	Descansos, Reductor
29	Cinta transportadora 08			CT 08	Descansos, Reductor
30	Cinta transportadora 09			CT 09	Descansos, Reductor
31	Cinta transportadora 10			CT 10	Descansos, Reductor
32	Cinta transportadora 11			CT 11	Descansos, Reductor
33	Cinta transportadora 12			CT 12	Descansos, Reductor
34	Cinta transportadora 13			CT 13	Descansos, Reductor
35	Cinta transportadora 14			CT 14	Descansos, Reductor
36	Cinta transportadora 15			CT 15	Descansos, Reductor
37	Cinta transportadora 16			CT 16	Descansos, Reductor
38	Cinta transportadora 17			CT 17	Descansos, Reductor
39	Cinta transportadora 18(DUNA)			CT 18	Descansos, Reductor
40	Cinta transportadora 19			CT 19	Descansos, Reductor
41	Cinta transportadora 20 (Alimentador VSI)			CT 20	Descansos, Reductor
42	Cinta transportadora 21			CT 21	Descansos, Reductor

Tabla. 2: Listado de equipos planta segunda parte

2.5.2- Chancadores.

Se utiliza en la etapa primaria de reducción de tamaños de partículas el chancador de mandíbula (ver Fig.14).

Está compuesto de dos placas de hierro, nombradas mandíbulas, de las cuales una de ellas es móvil y la otra es fija, en donde la móvil a través de un movimiento de vaivén presiona fuerte y rápidamente al material que se encuentra entre ambas fragmentándolo por la acción de fuerzas de compresión(ver Fig.15).



Fig.14: Chancador de mandíbula (foto real)

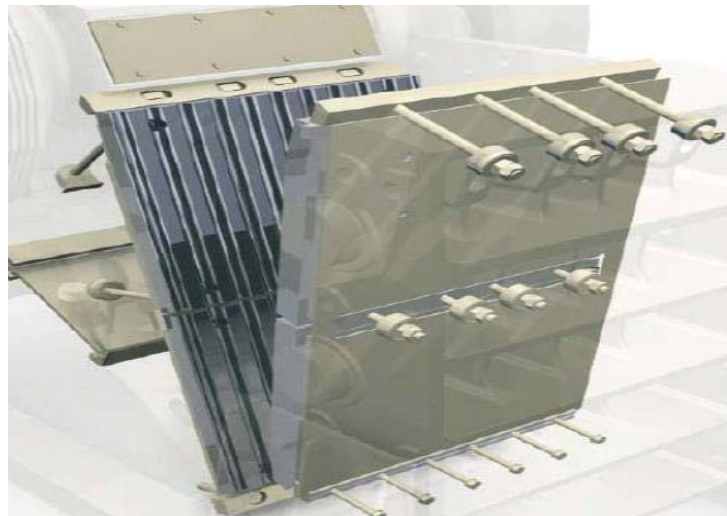


Fig.15: Cámara de trituración Chancador de mandíbula (imagen ejemplo)

En la etapa secundaria se utiliza el chancador de cono.

Está compuesto de un eje vertical con un elemento de molienda cónico llamado cabeza la cual se mueve en forma elíptica. Este movimiento permite fracturar el material al ser presionado entre dos estructuras denominadas corazas. La amplitud de movimiento de este puede ser hasta 5 veces que el de una chancadora primaria, que debe soportar mayores esfuerzos de trabajo. Además, operan a una mucha mayor velocidad en donde material es fragmentado por impacto y compresión debido a las fuerzas de fricción que se generan entre dos superficies duras o partículas (ver Fig.16)

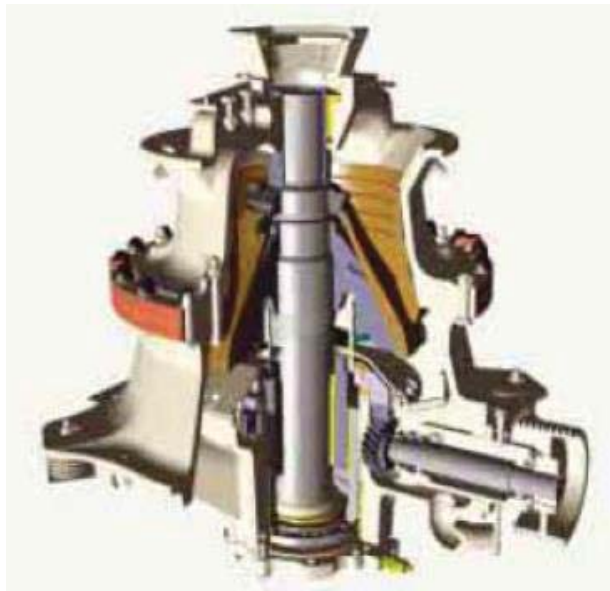


Fig.16: Interior de un chancador de cono HP300 (Imagen ejemplo)

En la etapa terciaria se utiliza el chancador de impacto.

Inicialmente su trituración es de roca contra roca, es decir, el material alimentado por la parte superior de la máquina es impulsado dentro del rotor revestido de roca, descargando continuamente dentro de la cámara de trituración, alcanzando velocidades de salida de hasta 85 metros por segundo.

Está compuesto principalmente de un eje y un rotor que gira a una velocidad determinada donde cae el material mediante el tubo de alimentación.

Este proceso crea y sostiene el revestimiento de roca, mientras que mantiene una reacción en cadena roca contra roca de triturado y molienda. Una segunda corriente de material, de cantidad controlada, puede ser vertida dentro de la turbulencia de la cámara trituradora causando un aumento en el número de partículas dentro de la cámara e incrementando la transferencia de energía (Ver Fig.17)

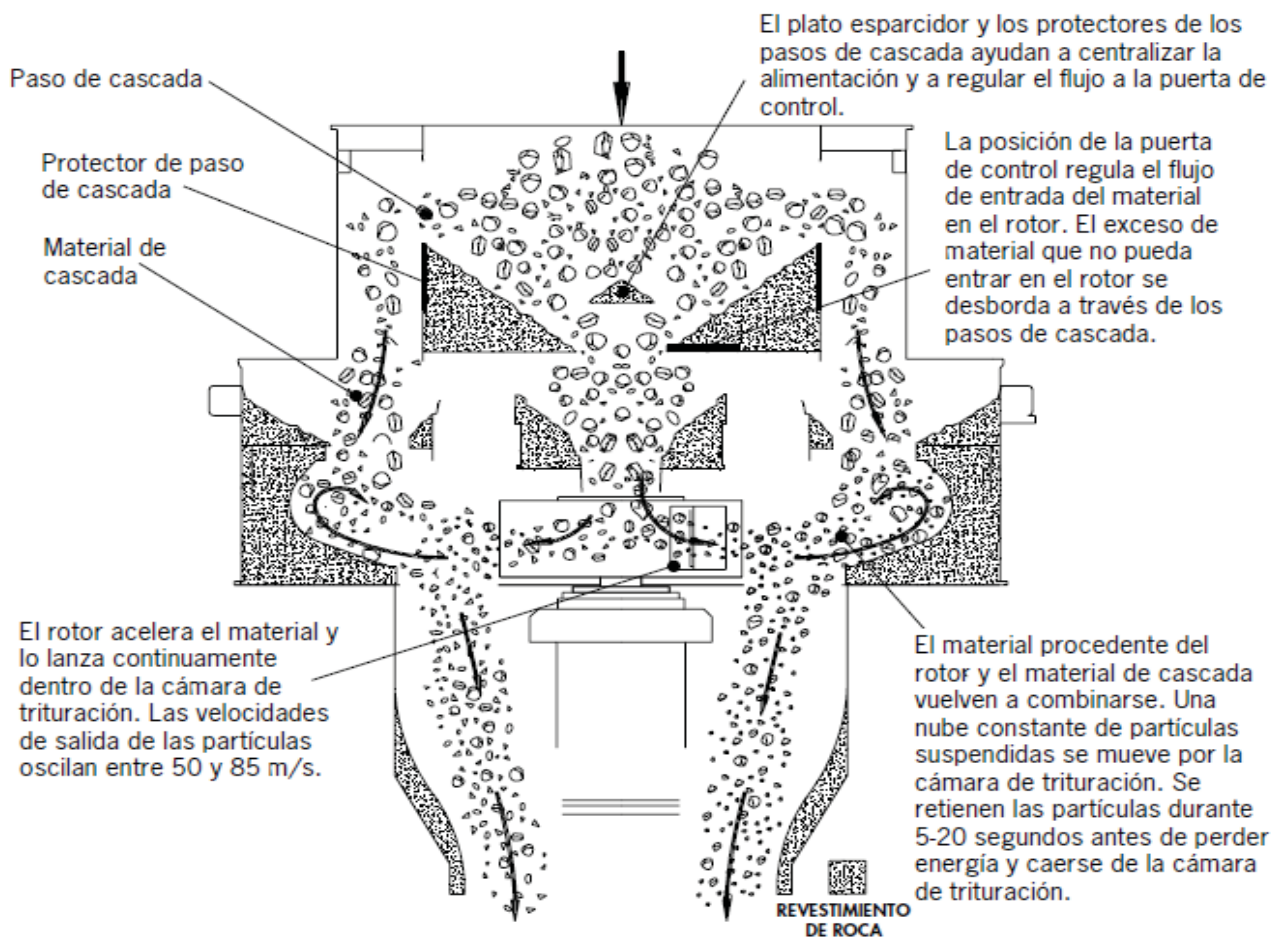


Fig.17: Funcionamiento exterior de un chancador de impacto [3]

2.5.3- Harneros vibratorios.

Intercalados en las etapas de trituración están los harneros, estos se utilizan para clasificar el material que permiten seleccionar el tamaño de las partículas separándolas entre los productos finos de los gruesos, además ayuda a dirigir y controlar el material a través del proceso de chancado.

Estos equipos contienen una o más mallas con múltiples aperturas de dimensiones uniformes, que actúan como un calibre pasa/no pasa, lo cual significa que las partículas cuyo tamaño es mayor a la apertura se quedan en la superficie y mediante la vibración se mueven al chute de descarga y las de menor tamaño caen a la malla inferior.

En las plantas se tiene una correcta operación del harnero al tener un movimiento adecuado y que se define principalmente por su inclinación y amplitud vibratoria (Ver Fig.18).



Fig.18: Harnero Vibratorio(Foto real)

2.5.4-Cintas transportadoras.

Las cintas transportadoras se utilizan para transportar el material, estas se mueven continuamente gracias al motor eléctrico y por los 2 tambores que contienen.

La banda es arrastrada por fricción que realiza el tambor motriz, por lo cual el tambor conducido gira de manera libre sin ningún tipo de accionamiento. La cinta se sostiene mediante rodillos o polines que se ubican entre los 2 tambores. Existen polines de carga, impacto, retorno o guía que varían su diámetro según el tamaño de la banda (Ver Fig.19).



Fig.19: Cinta transportadora (Foto real)

2.5.5-Tornillo lavador.

Este equipo permite movilizar el material decantado en el fondo del tanque hasta el extremo final del lavador, mientras realiza un lavado constante que retira las partículas contaminantes. Se logra este proceso gracias a las espirales que contiene y a sus zapatas que se desgastan y a su motor eléctrico que lo impulsa de forma continua. También tiene un ángulo de elevación en el extremo final que facilita el desagüe del material, mientras éste es transportado a lo largo de la cámara de lavado (Ver Fig.20).



Fig.20: Tornillo Lavador (Foto real)

2.5.6- Alimentador Vibratorio.

El alimentador vibratorio puede alimentar conglomerado o materiales granulados a otros dispositivos de manera uniforme y continua, por medio de la vibración, el material que está dentro del buzón cae de tal forma que no se amontona. Este se mueve continuamente gracias al motor eléctrico y a los resortes que soportan la vibración (Ver Fig.21).

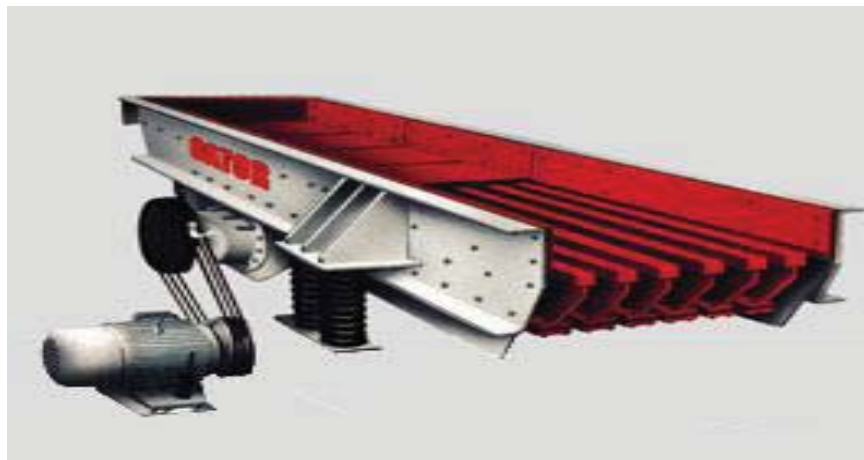


Fig.21: Ejemplo de alimentador vibratorio (imagen de ejemplo)

III.- Modelo de mantenimiento

3.1- Definición de mantenimiento.

Es el conjunto de tareas destinadas para mantener los activos físicos ya sean con reparaciones menores y mayores. Estas anomalías que presentan las máquinas se Informan al departamento de mantenimiento para su intervención y se corrigen las debilidades de los equipos para su pronta funcionalidad para la cual fue diseñado.

Según el diccionario RAE (Real Academia Española) define mantenimiento como *“Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente”*. Esto quiere decir que es la conservación de un activo físico.

A menudo se confunde mantención con reemplazo de equipos y a veces se cree que existe un tipo de mantención a través de reemplazo. La misión de mantención es la de conservar los equipos en la mejor forma posible o sea tal como si estuvieran nuevos, evitando su destrucción o una alteración que perjudique al proceso productivo.

3.2-Desempeño de la gestión mantenimiento.

El desempeño de la gestión de mantenimiento se basa en actuar sobre todos los aspectos de importancia para el óptimo funcionamiento de la empresa.

Es de suma importancia que el departamento de mantenimiento no se limite tan solo a las reparaciones de sus activos, sino también debe poner énfasis a los costos de mantenimiento, recursos humanos y almacenes a fin de desarrollar una óptima gestión.

3.3-Tipos de mantenimiento.

Existen distintas clases de mantenimiento con el fin de explicar las actividades que lo involucran, o sea, se diferencian entre sí por el carácter de las tareas.

3.3.1-Mantenimiento correctivo.

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos. Estas cantidades determinadas de tareas de reparación tienen como objetivo restaurar la función del equipo cuando ya ha fallado.

Las causas que se puede producir una detención de la operación por la falla de un equipo es no haber detectado defectos en las inspecciones diarias.

Ventajas:

- A corto plazo resulta más económico.
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad.
- Se gasta dinero solo cuando está claro que se necesita hacerlo.
- No genera gastos fijos.

Desventajas:

- No se puede determinar el tiempo de reparación de una falla.
- Impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla desconociendo su origen.
- A largo plazo no es económico.
- La vida útil de los equipos se acorta.

3.3.2-Mantenimiento preventivo.

Es un conjunto de tareas planificadas que busca detectar las fallas antes de que resulte un imprevisto mediante las inspecciones que se realizan a los equipos y se controla al corregirlas en el momento oportuno.

Se logra planificar esas actividades teniendo en cuenta el inventario técnico con manuales, planos, características de cada equipo, listados de trabajos a efectuar periódicamente con su fecha exacta, sus frecuencias, registro de reparaciones, costos y repuestos.

Ventajas:

- Menor costo en las reparaciones y más económico a largo plazo.
- Mayor duración de los equipos e instalaciones.
- Menos carga de trabajo o presión al personal de mantenimiento debido a la programación de actividades.
- Los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y funcionamiento,

Desventajas:

- Se requiere recomendaciones tanto del fabricante como la experiencia del personal para que se realice una programación de actividades.
- No se puede determinar con exactitud el desgaste o depreciación de las piezas.

3.3.3-Mantenimiento predictivo.

Es la serie de acciones que se toman y las técnicas que se aplican con el objetivo de detectar posibles fallas y defectos de maquinaria, por lo tanto se persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables como temperatura, vibración, consumo de energía, etc.

Este tipo de mantención es el más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

Ventajas:

- Facilita el análisis de alguna falla imprevista.
- Se facilita la toma de decisión sobre la parada de una máquina en momentos críticos.
- Permite conocer el desarrollo de un defecto en el tiempo
- Se reduce los tiempo en que se detiene la máquina

Desventajas:

- Se requiere equipos actualizados y más costosos
- Se debe tener un personal altamente calificado

3.4-Tipos de modelos.

Cada uno de los modelos que se exponen a continuación incluye varios de los tipos anteriores de mantenimiento, en la proporción que se indica. Además, todos ellos incluyen la necesidad de buscar la óptima mantención con los menos costos posibles.

3.4.1-Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM.

El RCM un proceso que se utiliza para determinar lo qué se debe hacer para asegurar que una instalación o activo físico continúe realizando las funciones deseadas de su contexto operacional presente, esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función y que se deben conocer con gran detalle las condiciones en que se desempeña esa función y, sobre todo, las condiciones que la interrumpen, conocido como las fallas.

3.4.2-Metodología del RCM.

Propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de los activos en su contexto operacional, teniendo en cuenta las siguientes bases:

1.- las siete preguntas del RCM.

- ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
- ¿Cuáles son los estados de falla asociados con estas funciones?(fallas funcionales)
- ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
- ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
- ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
- ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva?

2.-Análisis de los modos y efecto de los fallos (identifica efectos o consecuencias de los modos de fallos.)

3.- Árbol lógico de decisiones, es la herramienta que permite seleccionar en forma óptima las actividades del mantenimiento

Esquema:

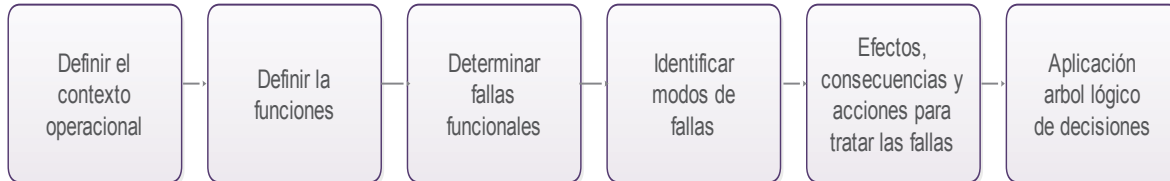


Fig.22: Esquema proceso RCM (fuente propia)

En la Fig.22 se muestra todo el proceso que se debe realizar para aplicar un RCM de forma completa y óptima, cada una de sus etapas tiene un propósito y es un estudio que el usuario debe estar consiente.

Ventajas:

- Se reduce la cantidad de mantenimiento rutinario hasta un 40%-70%
- Desarrolla nuevo sistema de mantenimiento preventivo, dando resultado a una carga de trabajo mucho menos programado.
- Más larga vida útil de los equipos
- Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM.

Desventajas:

- Si no es frecuente hacer hacerlo no se podrá predecir posibles daños en la maquinaria.
- Cuando se requiera acción inmediata, este no suplirá de forma efectiva dicha necesidad, ya que el proceso es extenso.

3.4.3-Mantenimiento Total productivo TPM.

Es un sistema de corporativo donde la responsabilidad no recae solo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa y maximiza la eficiencia de todo sistema productivo, estableciendo un proceso que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa.

Esto incluye "*cero accidentes, cero defectos y cero fallos*" en todo el ciclo de vida del sistema productivo.

Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción y departamentos administrativos y se obtiene cero pérdidas a través del trabajo de pequeños equipos.

El TPM se diferencia de una corporación en relación a su competencia por el impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

3.4.4- Pilares del TPM.

Los pilares o procesos fundamentales del TPM sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva.

a) Pilar 1: Mejoras Enfocadas

Las mejoras enfocadas son tareas que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, esto funciona a través de una metodología específica, un trabajo con una excelente organización en equipo y la eliminación de gastos innecesarios de la empresa.

b) Pilar 2: Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, por ejemplo, las inspecciones a cada máquina, la lubricación, las intervenciones menores que se puede analizar y solucionar en el mismo instante, la limpieza, es decir, todo tipo de acción que busque y se conduzca a mantener el equipo en funcionamiento.

c) Pilar 3: Mantenimiento progresivo o planificado

El mantenimiento progresivo tiene como propósito la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la "cero averías" para empresa. Este se considera uno de los pilares más importantes para completar el TPM y garantizar mejores beneficios a la organización.

El mantenimiento planificado presenta una serie de limitaciones, entre ellas se destaca:

- No se dispone de información histórica necesaria para establecer el tiempo más adecuado para realizar las acciones de mantenimiento preventivo.
- Los tiempos son establecidos de acuerdo a la experiencia, recomendaciones del fabricante y otros criterios con poco fundamento técnico y sin el apoyo en datos e información histórica sobre el comportamiento pasado.
- A la maquinaria se le realiza un tratamiento similar desde el punto de vista de la definición de las rutinas de preventivo, sin importar su criticidad, riesgo, efecto en la calidad, grado de dificultad para conseguir el repuesto, etc.

- Es poco frecuente que los departamentos de mantenimiento cuenten con estándares especializados para realizar su trabajo técnico. La práctica habitual consiste en imprimir la orden de trabajo con algunas asignaciones que no indican el detalle del tipo de acción a realizar.

d) Pilar 4: Educación y formación

La educación y formación tiene en cuenta todas las acciones que se deben realizar para el desarrollo de habilidades y lograr altos niveles de desempeño del personal. Es un proceso al igual todos los pilares TPM y se emplea técnicas utilizadas en mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad.

e) Pilar 5: Mantenimiento temprano

Se busca mejorar la tecnología de los equipos de producción. Es esencial para organizaciones que compiten en sectores de innovación acelerada.

Durante la planificación y construcción de los equipos de producción, comienza a relucir este pilar y para su desarrollo se emplean métodos de gestión de información sobre el funcionamiento de las maquinarias actuales, los costos de los proyectos, técnicas de ingeniería de calidad y mantenimiento.

f) Pilar 6: Mantenimiento de calidad

La función de este pilar es establecer las condiciones del equipo en un punto donde el "cero defectos" es factible.

Por medio de mantenimiento de calidad se verifica y mide las condiciones "cero defectos" regularmente, y esto facilita la operación de la maquinaria teniendo en cuenta que no se genera defectos de calidad.

Esto significa que se debe realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad, se considera el prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para "cero defectos" y que estas se encuentra dentro de los estándares técnicos, también se debe observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de una posible anomalía.

g) Pilar 7: Mantenimiento en áreas administrativas

Este pilar tiene como propósito reducir las pérdidas que se producen en el trabajo manual de las oficinas. El mantenimiento productivo en áreas administrativas se evita pérdidas de información, coordinación, precisión de la información, etc.

h) Pilar 8: Gestión de seguridad, salud y medio ambiente

La función de este pilar es crear un sistema de gestión integral de seguridad y apoyar a otros procesos como, mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo, empleando metodologías.

Contribuye significativamente a prevenir riesgos que afectan la integridad del personal y efectos negativos al medio ambiente.

i) Pilar 9: Especiales

Con este pilar se mejora la flexibilidad de la planta, se implanta tecnología de aplazamiento, se nivela flujo, se aplica Justo a Tiempo (JIT), y está la posibilidad de otras tecnologías de mejora de los procesos de manufactura.

3.4.5-Metodología de la implantación del TPM.

- Paso 1:
Se comunica a la gerencia de la introducción del TPM para que la organización se comprometa.
- Paso 2:
Se imparte varios cursos de TPM en los diferentes departamentos de la empresa para ser efectiva una campaña educacional.
- Paso 3:
Se establece organización promocional y un modelo de mantenimiento de máquinas, lo cual debe estar formada por gerentes de planta, gerentes de departamento y sección, supervisores, personal.
- Paso 4:
Se debe fijar políticas básicas y objetivos cuyas metas se debe escribir en documento que mencionen que el TPM se implanta. También se debe mencionar en que tiempo la empresa se somete a auditoría interna o externa, y por último dejar una meta numérica que se debe alcanzar cada año.
- Paso 5:
Se Diseña el plan maestro de TPM.
- Paso 6:
Se lanza un introductorio que Involucra personal de nivel alto y medio, quienes trabajan en establecer los ajustes para el lanzamiento, ya que este día es cuando será lanzado TPM con la participación de todo el personal.
- Paso 7:
Se Mejora la efectividad del equipo

IV.- Análisis del sistema actual de la empresa

4.1.- Descripciones de obligaciones y atribuciones del departamento de mantenimiento.

Se presenta las funciones de cada persona que está involucrada en el departamento de mantenimiento, desde el jefe de planta de mantenimiento hasta el personal de mantenimiento, para entender su jerarquización en cuanto a sus lugares de trabajo.

4.1.1.- Jefe de planta de mantenimiento

Es el encargado de revisar y cuestionar todas las actividades que se están o se realizarán por el supervisor de mantenimiento, también propone proyectos, metodologías para reducir costos, analiza resultados del mes en cuanto a la mantención y es el único que informa directamente de todos los resultados del mes de la mantención al gerente general de áridos, además de que si sucede algún fallo por parte de mantenimiento o accidente es uno de los que toma más responsabilidad.

4.1.2.- Supervisor de mantenimiento

Dentro de las atribuciones o responsabilidades que tiene el supervisor están las siguientes:

- Planificar, programar, organizar, dirigir, coordinar, controlar y evaluar las actividades que tienen relación con el mantenimiento correctivo, preventivo y correctivo/programado de toda la planta.
- Supervisar de forma constante o permanente las actividades hasta que la planta produzca de forma normal.
- Elaborar proyecciones de costos de la parte de mantenimiento.

- Presentar resultados e informar directamente al jefe de planta de mantenimiento y al administrador de la planta.
- Presentar actividades diarias y semanales al personal de la empresa con sus costos asociado.
- Encargado de recibir inspecciones de parte del personal de mantenimiento.
- Elaborar requerimientos mínimos de repuestos, materiales, insumos, para mantener un stock mínimo de repuestos de uso frecuente, para realizar actividad de forma inmediata en las maquinarias de la planta.

4.1.3.- Back office

Este sujeto está encargado de manejar todo lo que sea parte de la bodega, su función principal es tener en bodega todo los repuestos, insumos, materiales que se necesiten para realizar la actividad, también es responsable de revisar todos los pedidos de repuestos que ingresan a la planta y de gestionar con el administrador de la planta todo tema de gastos en general de la planta.

4.1.4.- Personal de mantenimiento

Este grupo está conformado, por 1 soldador, 1 eléctrico y 1 mecánico especializados en temas de planta de áridos. Son técnicos profesionales y se encargan de realizar las actividades en un determinado tiempo, también ayudan al supervisor de mantenimiento en planificar los trabajos y en conocimiento técnico para tener una mantención más eficiente.

4.2.- Procedimientos

Actualmente existen tres procedimientos que rigen en la planta LAS GARZAS, estos métodos describen lo que se debe hacer o realizar según la función del personal, su objetivo, su target o la meta que quieren cumplir. Estos documentos están ligados netamente a la parte de mantención y que mediante herramientas de soporte y métodos se puede lograr su target.

4.2.1.- Procedimiento de inspecciones

En este procedimiento se dicta las rutinas de inspección a equipos que se realizan con sus códigos correspondientes y se describe las funciones de cada integrante de la planta al momento de realizar todo el proceso de inspección.

Definiciones:

Cartillas: Es una hoja que se describe las características más comunes del equipo, que se puedan detectar al momento de realizar una inspección visual o más detallada. Estas por lo general son realizadas por el personal de mantenimiento, en este caso los técnicos profesionales.

Plan semanal: Es una planificación de actividades a realizar en la semana, aparte de contener los trabajos que se deben ejecutar en la fecha indicada también debe traer sus costos asociados, los materiales, insumos y repuestos a utilizar y por último la asignación de persona a cada actividad. Esto se realiza por el supervisor de mantenimiento con ayuda del personal de mantención.

Análisis de trabajo seguro (AST): Es un documento que se debe hacer o llenar antes de cada actividad a realizar o al inspeccionar a equipos detenidos, tiene como objetivo principal mostrar los peligros y riesgos que puede tener dicho trabajo y que la persona que vaya a ejecutarlo este consciente de aquello.

Objetivo:

El objetivo principal de este método es recopilar, consolidar y validar la información obtenida de las inspecciones realizadas mediante las cartillas, y de esta manera alimentar el plan semanal.

Nomenclatura:

Estos códigos o nomenclatura se utilizan para detalle de equipos en planta Las Garzas y se puede diferenciar de una máquina con otra (Ver Tabla 3).

Ítem	Código	Descripción
1	TM	Chancador de mandíbula (PE600x900)
2	TC	Chancador de cono (HP300)
3	TI	Chancador de impacto (Barmac VSI 7100)
4	TL	Tornillo lavador
5	CT	Cinta transportadora
6	BBAA	Bombas aguas limpias
7	BBLL	Bombas de lodos
8	BBPP	Bombas pozo profundo
9	AV	Alimentador vibratorio
10	HV	Harnero Vibratorio
11	PS	Power screen
12	SE	Sala eléctrica
13	SC	Sala control

Tabla 3: Nomenclatura de equipos planta Las Garzas.

Responsabilidades:

Para cada equipo está asignado cada responsable que debe asegurarse de realizar la inspección a nivel de departamento tanto mantenimiento como producción. Este contiene la frecuencia con que se ejecuta la inspección y además está dividido en 2 partes, planta con equipos en operación y con equipos detenidos (Ver Tabla 4 y 5).

Inspecciones con planta en operación:

Equipo	Descripción	Frecuencia	Ejecutante	Responsable
LGTM01	Inspección Mecánica general	Diaria	Producción	Supervisor Oper
LGTC02	Inspección Mecánica general	Diaria	Producción	Supervisor Oper
LGTI03	Inspección Mecánica general	Diaria	Producción	Supervisor Oper
LGCT01	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenimiento	Supervisor Mtto
LGCT02	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenimiento	Supervisor Mtto
LGCT03	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenimiento	Supervisor Mtto
LGCT04	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenimiento	Supervisor Mtto
LGCT05	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenimiento	Supervisor Mtto
LGCT06	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenimiento	Supervisor Mtto
LGCT07	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenimiento	Supervisor Mtto
LGCT08	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenimiento	Supervisor Mtto

LGCT09	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGCT10	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGCT11	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGCT12	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGCT13	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGCT14	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGCT15	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGCT16	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGCT17	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGCT18(Alim VSI)	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGCT19	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGCT20 (Duna)	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGCT21	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGBBA01	Inspección Mecánica general	Diaria	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGBBA02	Inspección Mecánica general	Diaria	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGBBA03	Inspección Mecánica general	Diaria	Eléctrico	Supervisor Mtto

LGBBA04	Inspección Mecánica general	Diaria	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGBBA05	Inspección Mecánica general	Diaria	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGAV01	Inspección Mecánica general	Diaria	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGAV02	Inspección Mecánica general	Diaria	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGAV03	Inspección Mecánica general	Diaria	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGTL01	Inspección Mecánica general	Diaria	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGCTPS	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto

Tabla 4: Listado de equipos que se debe realizar inspección con planta en operación Las Garzas.

Inspecciones con planta detenida:

Equipo	Descripción	Frecuencia	Ejecutante	Responsable
LGAV01	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGTM01	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGTC02	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGTI03	Inspección Mecánica general	Diaria	Mantenición	Supervisor Mtto
LGHV01	Inspección Mecánica general	Diaria	Producción	Supervisor Oper

LGHV02	Inspección Mecánica general	Diaria	Producción	Supervisor Oper
LGHV03	Inspección Mecánica general	Diaria	Producción	Supervisor Oper
LGBBA01	Inspección Mecánica general	Semanal	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGBBA02	Inspección Mecánica general	Semanal	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGBBA03	Inspección Mecánica general	Semanal	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGBBA04	Inspección Mecánica general	Semanal	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGBBA05	Inspección Mecánica general	Semanal	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGAV01	Inspección Mecánica general	Semanal	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGAV02	Inspección Mecánica general	Semanal	Eléctrico	Supervisor Mtto
LGAV03	Inspección Mecánica general	Semanal	Eléctrico	Supervisor Mtto
LG Sala eléctrica	Inspección Eléctrica general	Quincenal	Eléctrico	Supervisor Mtto
LG Sala control	Inspección Eléctrica general	Mensual	Eléctrico	Supervisor Mtto

Tabla 5: Listado de equipos que se debe realizar inspección con planta detenida Las Garzas.

Target:

Es la meta que busca un cumplimiento mayor o igual al 80% durante el mes. Si no cumple el indicador mensual, se revisa con las distintas operaciones para tomar acciones y re inducciones en reunión de gestión de mantención. Este porcentaje se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Cumplimiento Plan Inspeccion} = \frac{\text{Cantidad Inspecciones Realizadas} \times 100\%}{\text{Cantidad Inspecciones Programadas}}$$

Referencia:

Para las inspecciones con equipo detenido y que se deba ingresar al equipo para desarrollar tal inspección, se debe realizar un análisis de trabajo seguro (AST). De modo que es requisito y necesario realizar este documento sino se considera una falta grave dentro del reglamento de Melón áridos .

Es necesario saber cuál es la función del personal, en cuanto a las inspecciones, que están dentro de la organización y tener en cuenta la acción que va a realizar en el período indicado de cada actividad, de tal manera tener una comunicación entre los responsables y esto se encuentra de forma detallada en la descripción de los pasos del procedimiento de inspecciones que según estaba definido en la empresa situación actual. (Ver tabla 6).

Descripción de los pasos del procedimiento de inspecciones:

N°	Cuando	Responsable	Acción	En el plazo
1	Programación mensual	Supervisor de mantenimiento	Se revisa plan de rutina de inspecciones definido	Diario
2	Inicio de cada turno	Supervisor de mantenimiento	Entrega cartilla de inspección a supervisor de operaciones, mecánicos y contratistas	Semanal
3	Planta en operación	Turnos operadores de Melón, Contratistas	Se realiza la medición y registro de los parámetros de operación de los equipos de planta	Diario
4	Planta detenida	Turnos operadores de Melón, contratistas, mecánicos	Se realiza la medición y registro de los parámetro en equipos de planta detenida	Diario
5	Una vez ejecuta la inspección	Supervisor de mantenimiento	Recepción de las cartillas de inspección	Diario

6	Una vez recepcionada la cartilla de inspección	Supervisor de mantenimiento	Primera validación de información recopilada en cartilla de inspección	Diario
7	Se realiza la primera validación	mecánicos	Si la información es Validada; el Supervisor de mantención propone plan de acción, (Si aplica se genera orden de trabajo). Si la información No es Validada se envía al archivo de registro.	Diario
8	La información es validada	Supervisor de mantenimiento	En caso de que sea validada, se identifica su criticidad "A o B", y se ejecuta de manera correctiva/ programado. En caso de que su criticidad sea "C", se incluye en el plan semana de la siguiente semana.	Diario

Tabla 6: Descripción de cada paso del procedimiento de inspecciones.

4.2.2.- Procedimiento de planificación de actividades

En este procedimiento se designa los requisitos y la manera en que se debe realizar una planificación de trabajos semanalmente, además se describe las funciones de cada integrante que tienen al momento en que se realiza este proceso.

Definiciones:

OT: Es el documento que debe ser desarrollado para cada actividad de mantención que deba ser ejecutada, mediante la cual se debe gestionar todo lo relacionado con el trabajo de mantención en sí. Es decir, materiales de stock, materiales misceláneos necesarios para la actividad, mano de obra propia y/o externa, entre otros. (Ver figura 23)

OT Preventiva: son aquellas actividades de mantención incluidas en el plan semanal, y que nacen de los planes mantención, rutinas de inspección, análisis de falla, mejoras, etc.

OT Correctiva Programada: son aquellas actividades de mantención que nacen principalmente de los planes y rutinas de inspección incluidas en el plan semanal y que no detienen la operación, permitiendo ser programadas para su ejecución de acuerdo a su criticidad.

OT Correctiva Falla: son aquellas actividades que deben ser ejecutadas en el instante dado que el equipo debe ser detenido y con esto detener la operación de la planta.

PMs (Job Plan) o Plan maestro: Son las rutinas de mantenimiento con sus frecuencias de ejecución.



**PLANTA MOVIL
ORDEN DE TRABAJO**

OT N°

PRIORIDAD

Fecha Emisión: _____
Fecha Termino: _____

SOLICITANTE _____	Inicio programado : _____
RECURSO _____	Termino programado : _____
TAG _____	Inicio real : _____
EQUIPO _____	Termino real : _____
HOROMETRO _____	
Estaba Operativo SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Detención Planta SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
	Posee PTS SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>

DESCRIPCION DEL TRABAJO

NOTA: Antes de cerrar la OT todas las tareas aquí nombradas deben estar terminadas.

Uso Mantenimiento (Detalles trabajo, tiempo estimado panne, costos, causas posibles)

REPUESTOS

Cantidad	Descripción	Comentarios

MANO DE OBRA

Empleado	Horas trabajadas	Firma

Numero de vale de bodega

Jefe / Administrador
Planta

Supervisor
mantenimiento

Fig. 23: Documento Orden de trabajo (OT), utilizado por la empresa.

Objetivo:

Se define las condiciones mínimas que deben ser cumplidas para tener un buen proceso de planificación y programación, permitiendo de esta manera tener el control sobre las diferentes actividades de mantención en las distintas operaciones. Este procedimiento nos permite obtener información valiosa en términos de:

- Plazos requeridos para las actividades programadas.
- Conocer los recursos (humanos y materiales) para la ejecución de la actividad.
- Conocer los costos asociados a cada actividad.

Es importante acotar que el plan semanal permite dar un nivel de sistematización adecuado a las rutinas de mantención. Los paros mayores de planta, los cuales requieren mayores recursos (tiempo, económicos y humanos), si bien es cierto obedecen al mismo concepto, requieren de un plazo mayor de desarrollo, dado que las tareas y recursos involucrados son mucho mayores que en la rutina semanal.

Target:

Es la meta que busca un cumplimiento mayor o igual al 80% durante el mes. Si no cumple el indicador mensual, se revisa con las distintas operaciones para tomar acciones y re inducciones en reunión de gestión de mantención. Este porcentaje se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Cumplimiento} = \frac{\text{Ordenes de trabajo realizadas} \times 100}{\text{Ordenes de trabajo programadas}}$$

Responsabilidades:

Para cada paso está asignado un responsable que debe asegurarse de ejecutar la actividad al momento de realizar un plan semanal. (Ver Tabla 7).

N°	actividad	Responsable
1	Generación de OT's (ordenes de trabajos)	Supervisor de mantenimiento
2	Preparación de actividades	Supervisor de mantenimiento
3	Emisión y distribución plan semanal	Supervisor de mantenimiento
4	Emisión de compras y servicios para las actividades a realizar	Back Office
5	Reporte actividad de mantención /Cierre de OT's	Supervisor de mantenimiento
6	Recepción de servicios	Back Office

Tabla 7: Responsabilidades de cada paso del procedimiento plan semanal.

Diagrama de flujo de uso del plan semanal:

En la figura 24 se describe la función de cada persona que está involucrada en el procedimiento al planificar trabajos para la semana. Según estaba definido en la empresa (situación actual).

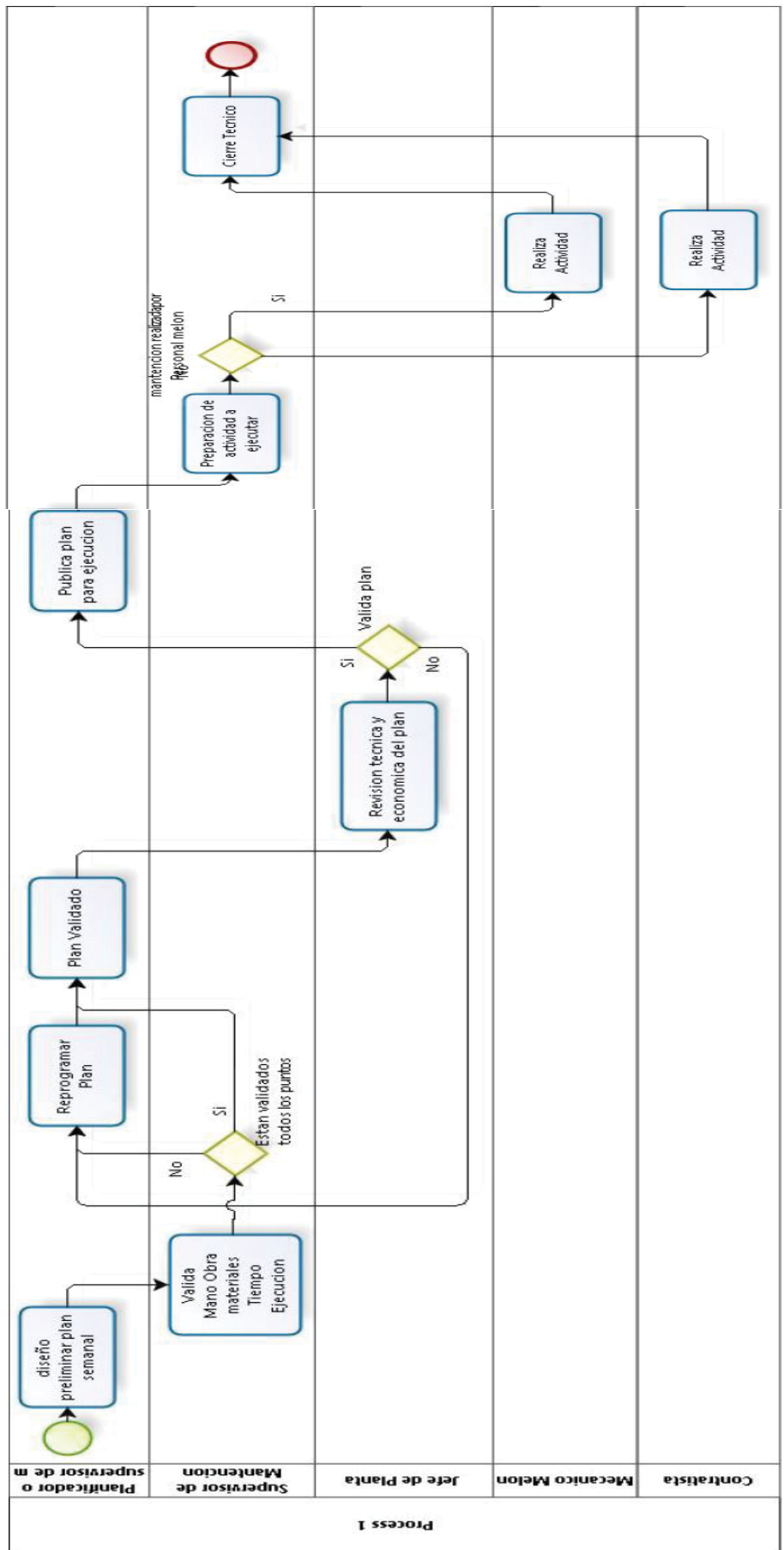


Fig. 24: Diagrama de flujo procedimiento de uso del plan semanal

Mientras que en el diagrama de flujo de la figura 24 se muestra la función del personal, en cuanto al procedimiento del uso de plan semanal, que está dentro de la organización, es necesario tener en cuenta la acción que va a realizar en el período indicado de cada actividad, de tal manera tener una comunicación entre los responsables y esto se encuentra de forma detallada en la descripción de los pasos del procedimiento del plan semanal según estaba definido en la empresa situación actual. (Ver tabla 8).

Descripción de los pasos del procedimiento de uso de plan semanal:

N°	Cuando	Responsable	Acción	En el plazo
1	Se planifica el plan de mantención semanal	Supervisor de mantenimiento	Son las actividades que dan origen al plan como por ejemplo, rutinas de mantención (PMs), inspecciones, etc...	Semanal
2	Se valida el plan	Supervisor de mantenimiento	Validar que existan los recursos y esté definido económicamente	Semanal
3	Confirma validación del plan	Administrador de planta (jefe planta)	Validar la factibilidad técnica y económica conforme al presupuesto	Semanal
4	Se genera la OT	Supervisor de mantenimiento	Cada actividad debe ser ejecutada con su OT, puede ser una OT correctiva, preventiva o correctiva/programada	Semanal y Diario
5	Se comienza a realizar el plan	Mecánico o contratista	Ejecución del plan de acuerdo a la actividad	Semanal y Diario
6	Una vez realizada la actividad	Supervisor de mantenimiento	OT físico con firma de recepción del Sup.Mtto.	Semanal y Diario

Tabla 8: Descripción de cada paso del procedimiento plan semanal.

4.2.3.- Procedimiento de catalogación de materiales

Este busca clasificar, codificar y ordenar todo el tema de repuestos en bodega, contiene básicamente el objetivo, y describe como realizar una solicitud de codificación a un nuevo repuesto.

Definiciones:

Número de Parte: Identificación única del material (dado por el Proveedor).

Tipo de Almacenamiento: Sigla que clasifica la condición de un material.

ROP: Cantidad del punto de reorden.

ROQ: Cantidad nueva orden o pedido.

Qmax: ROP+ROQ

JDE: Software ERP, Sistema de Planificación de recursos de empresas

Objetivo:

Tiene como objetivo generar una adecuada clasificación, descripción y caracterización de los materiales, lo que permite optimizar el servicio a los usuarios internos de Planta.

Responsabilidades:

Ingeniero de Materiales: Es el dueño del proceso de clasificación de los repuestos, como también de su codificación. Busca mantener la información actualizada en el maestro de inventario y efectuar una permanente evaluación de los puntos de reorden a fin de optimizar los niveles de stock.

Usuario: Es el que solicita la catalogación de un material a través del “*Formulario de Catalogación de materiales*” de Stock nuevos, entregando una completa descripción de éste, indicando las razones por las cuales es necesario su catalogación, clasificación, sus niveles de reposición, etc. (Ver anexo 8.1 “*Formulario de catalogación de materiales*”)

Diagrama de flujo catalogación de materiales:

En la figura 25 se describe la función de cada persona que está involucrada en el procedimiento de catalogación de materiales. Según estaba definido en la empresa (situación actual).

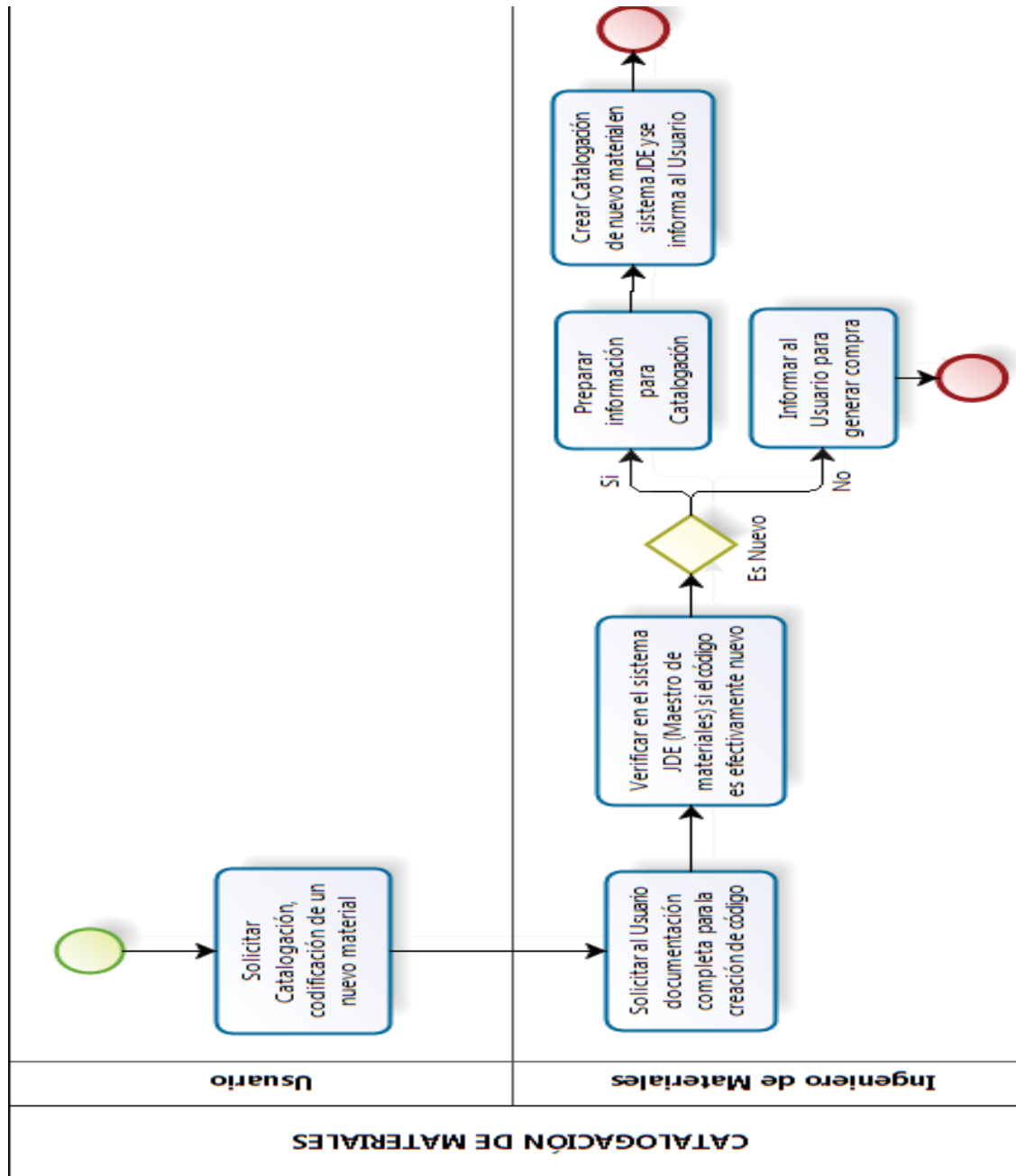


Fig. 25: Diagrama de flujo pasos del procedimiento catalogación de materiales

Mientras que en el diagrama de flujo de la figura 25 muestra la función del usuario y del Ingeniero de materiales, es necesario tener en cuenta la acción que va a realizar en el período indicado de cada actividad, de tal manera tener una comunicación entre los responsables y esto se encuentra de forma detallada en la descripción de los pasos del procedimiento de catalogación de materiales según estaba definido en la empresa situación actual. (Ver tabla 8).

Descripción de los pasos del procedimiento de catalogación de materiales:

N°	Cuando	Responsable	Acción	En el plazo
1	Comprar nuevo material	Usuario	Solicita catalogación, codificación de un nuevo material	1 hora
2	Solicitud de información completa	Ingeniero de materiales	Solicita al usuario documentación completa para la creación del código	1 hora
3	Confirma validación del plan	Ingeniero de materiales	Verifica en el sistema JDE, si el código es nuevo	1 hora
4	Verificar en el JDE	Ingeniero de materiales	No es nuevo, se informa al usuario para generar compra	30 minutos
5	Verificar en el JDE	Ingeniero de materiales	Prepara información para catalogación de nuevo items	1 hora
6	Preparación de información	Ingeniero de materiales	Se crea catalogación de nuevo material en sistema JDE y se informa al usuario	1 hora

Tabla 9: Descripción de cada paso del procedimiento catalogación de material

4.3.- Herramientas o métodos existentes

Sistema gestión de paro:

Es una planilla de Microsoft Excel que se utiliza en la planta Las Garzas diariamente para el reporte de producción, esencialmente, esta herramienta está calculada y diseñadas con fórmulas de tal forma que al ingresar los valores de parada de la producción indica inmediatamente la confiabilidad diaria de la planta, las horas disponibles y el número de paradas. En este archivo se va registrando todos los hórómetros, los tipos de falla como programado o incidente y como sub-tipo si es mecánico, eléctrico, producción. El encargado es el supervisor de producción. (Ver anexo 8.2 “planilla sistema gestión de paro”)

Cartillas de inspección:

En la empresa existe varias cartillas que se utilizan para dar registro a la inspección de los equipos, de éstas solo abarcan a las máquinas principales y a las que fallan de manera más continua. El encargado principalmente de realizar y modificar estas cartillas es el Supervisor de mantenimiento. (Ver anexo 8.3 “cartilla original”)

Estado de pago:

Es una planilla de Microsoft Excel que se utiliza diariamente, esta se va registrando todos los gastos del área de mantenimiento, ya que está prediseñada con fórmulas de tal forma que indica todos los costos que tiene el departamento y además proyecta el costo del mes. Esta herramienta la utiliza el supervisor de mantenimiento y el back office. (Ver anexo 8.4 “planilla estado de pago”)

RCA (Análisis de causa raíz):

Es una metodología que aplica un conjunto de técnicas o procesos, para identificar factores casuales de falla. Es decir, el origen de un problema definido, relacionado con el personal, los procesos, las tecnologías, y la organización, con el objetivo de identificar actividades o acciones efectivas que los eliminen.

En la figura 26 se visualiza los pasos a seguir para realizar un análisis de causa raíz.

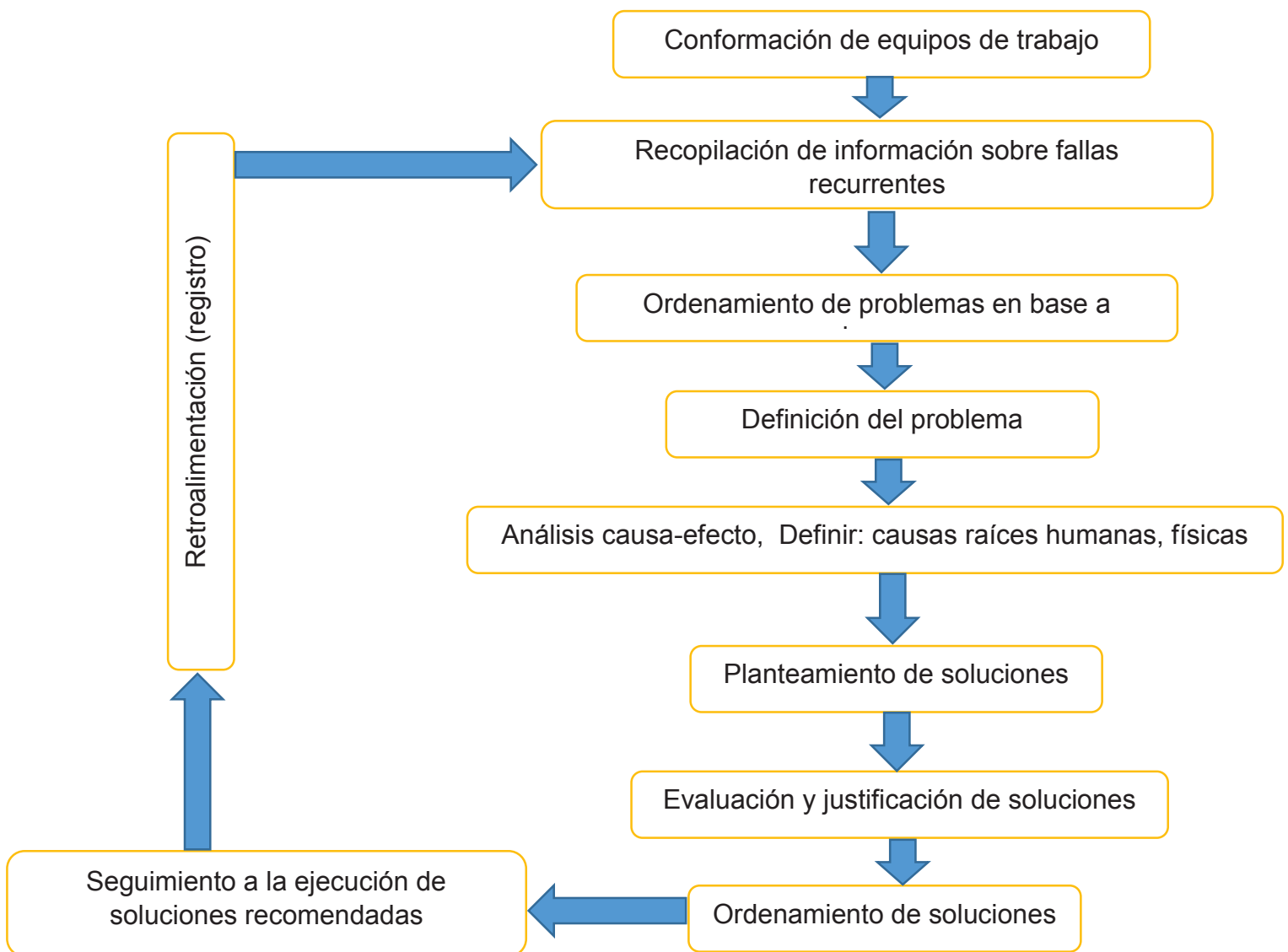


Fig. 26: Esquema de análisis causa raíz

4.4.- Análisis del departamento de mantención

El departamento de mantención entre los problemas que se enfrenta a diario por temas de costos y fallas, tiene una fuerte carencia en la parte de gestión de mantenimiento, por tan solo el hecho de no registrar los trabajos realizados con sus respectivos costos, insumos, repuestos, a pesar de tener 3 procedimientos, dos de estos no se están realizando como se indica en cada protocolo y por ende no se está cumpliendo el target del 80% y tampoco se obtiene resultados proyectados y además a las herramientas existentes no se aprovechan al máximo.

En el funcionamiento del área de mantenimiento, si bien se sabe que se realiza mantención todos los días con sus respectivas inspecciones, pero esto no se está registrando y dejando un historial, todo es conversado y se utiliza mucho el lápiz y papel.

También se aprecia que existe una ausencia de un plan de mantenimiento mecánico, eléctrico y de engrase, el cual pueda alimentar a una planificación de actividades y así evitar fallas que se generan por el contexto operacional en que los equipos se desempeñan. Por otro lado la metodología de trabajo que se usa mediante las órdenes de trabajos (O.T.) no se está desempeñando de manera eficiente, ya que al momento de realizar la actividad el eléctrico, mecánico, soldador, contratista, no escriben y llenan el documento completo o simplemente no lo realizan y además están entregado después de ejecutar la actividad, siendo como su nombre lo especifica una orden de trabajo debe ser elaborada por el departamento de mantención, en este caso el supervisor y entregada al personal de mantenimiento antes de ejecutar el trabajo. Esto último genera un problema porque no quedan documentado los trabajos y como no se registra ninguna actividad termina siendo fatal para la planta, sobre todo cuando tengan auditoría externa o interna.

4.4.1- Análisis FODA del departamento de mantención

El FODA se define como una herramienta de análisis estratégico, de esta sigla permite analizar elementos internos a la empresa y por tanto controlables, como fortalezas y debilidades y por otro lado están los factores externos que son las oportunidades y amenazas, lo cual no se puede controlar. Esta estrategia proporciona una buena perspectiva para saber si la posición de una empresa es firme.

Fortaleza: En este elemento se puede identificar puntos fuertes de la empresa y así obtener información valiosa sobre una gran ventaja potencial de una organización frente a otros competidores. Estas se originan y se relacionan con habilidades o conocimientos específicos, como por ejemplo la necesidad de adaptarse rápidamente a los cambios que necesita el negocio., innovaciones tecnológicas.

Debilidad: Una debilidad es una carencia de alguna compañía o algún bajo desempeño o una posición que coloca en desventaja.

Oportunidad: Son situaciones positivas que se generan en el medio y que están disponibles para todas las empresas. Las oportunidades deben formarse y desarrollarse en forma consciente pues éstas no se consiguen de forma gratuita.

Amenazas: Son aquellas situaciones que provienen del entorno o cambios externos que pueden llegar a constituir un peligro para el logro de los objetivos. Estas pueden surgir por el ingreso de competidores extranjeros de bajo costo en el mercado principal de la empresa, cambios en la legislación, aumento de precio de insumos.

Este análisis se realizó en conjunto con el jefe de planta y supervisor de mantenimiento de Las Garzas. Con dicho objetivo, se realizaron varias reuniones. En ellas se pudo reunir información mediante preguntas realizadas al personal de mantenimiento. A partir de esa información se pudieron establecer las siguientes debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades.

En la tabla 10 se muestra el análisis FODA que se realizó al departamento de mantenimiento de la planta Las Garzas donde se visualiza 6 debilidades de las cuales la mayoría tiene relación con la gestión de mantención

Debilidades	Fortalezas
Acceso a la información digital(máquinaria, reportes, resultados,etc...)	Personal capacitado para realizar distintos trabajos
Infraestructura para todos los equipos	Seguridad
Baja cantidad de RR.HH y RR.MM	Software JDE (codificación de repuestos)
Procedimientos	
No hay presentación de resultados	
Demora en la compra de insumos y repuesto por parte de bodega	
Amenazas	Oportunidades
Componentes de equipos o herramientas que vienen mal de fabrica	Cursos de capacitación para el personal durante el año
Deficit de trabajo en equipo con personal de mantenimiento y operaciones.	Implementación de equipos y herramientas para mejorar el nivel de mantenimiento

Tabla 10: Análisis FODA del departamento de mantenimiento

V.- Propuesta

Es importante destacar que luego de analizar la situación de MELÓN ÁRIDOS LTDA LAS GARZAS se comprueba que ya existe un modelo de mantenimiento, pero no se está llevando a cabo sus metodologías o procedimientos que tienen documentado, por lo tanto procedemos a actualizar estos métodos y a crear nuevas herramientas.

5.1- Problema del departamento de mantención

Se debe destacar las deficiencias que tiene el área de mantenimiento para poder atacar y abordar el problema. De estas deficiencias, detectamos y definimos atacar a 4 debilidades significativas que se presentaron en el análisis FODA del departamento de mantenimiento (Ver Tabla 10).

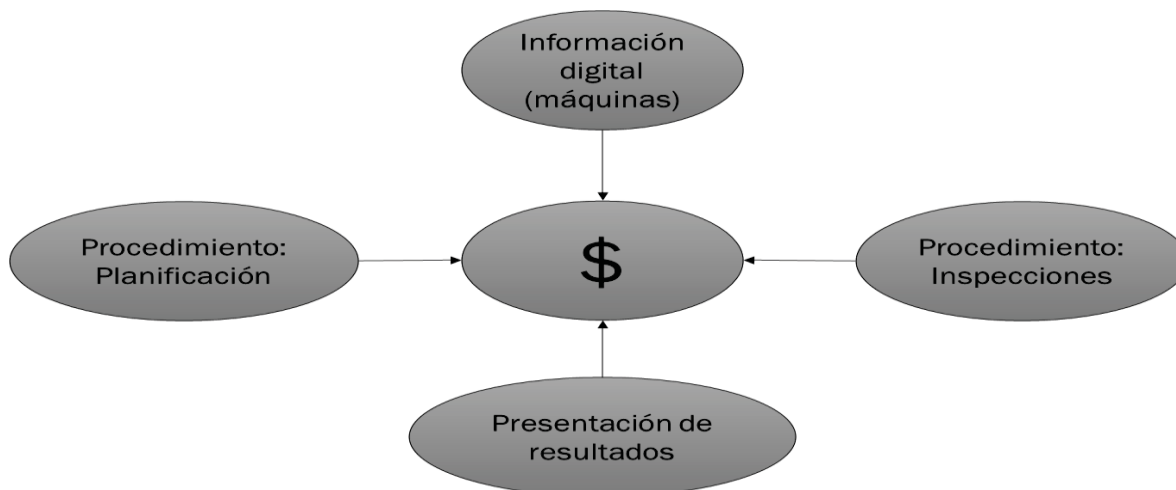


Fig. 27: Esquema, las cuatro debilidades que se detectaron del análisis FODA (fuente propia)

Como se muestra en la figura 27, esas 4 debilidades están enfocadas para controlar y reducir los costos y aumentar la confiabilidad de la empresa.

También cabe mencionar que uno de sus problemas más grande es que no se está registrando las actividades que se están realizando día a día, por lo tanto, creé y diseñé una herramienta de Microsoft Excel (Ver capítulo 5.4) exclusivamente para

el registro completo de las tareas y se puede planificar de una manera mucho más eficiente.

5.2 Información digital

En la planta uno de los problemas que se enfrentaba y no por ser menor es la facilidad de poder conseguir la información necesaria para cualquier tema que estime conveniente en cuanto al departamento de mantención, es decir, ellos recurren básicamente a la memoria y a los documentos, manuales físicos y además de no dejar ningún registro de las actividades o digitalizar reportes, reuniones, lo cual se sabe que la memoria a veces no es 100% confiable.

Entonces creamos una biblioteca digital y se instauró en melón. Actualmente está funcionando dentro de sus sistemas. (Ver Fig. 28)

Fig. 31: Biblioteca digital

01 Layout y listado de equipos	Carpeta de archivos
02 Ficha técnica	Carpeta de archivos
03 PM y proyecciones mecánicas y eléctricas	Carpeta de archivos
04 Plan semanal	Carpeta de archivos
05 Inspección	Carpeta de archivos
06 Sistema gestión de paro y Análisis de falla(RCA)	Carpeta de archivos
07 Repuestos Stock Bodega	Carpeta de archivos
08 Gastos de mantención	Carpeta de archivos
09 Procedimientos	Carpeta de archivos
10 Manuales de equipos	Carpeta de archivos

Como se muestra en la figura 28 hay un listado de archivos que contienen distinta información como respaldos, documentos, manuales, planillas, formatos, procedimientos, metodologías que están digitalizados. Esta carpeta que engloba todo el departamento de mantención es simple y de fácil acceso para que el personal de la planta pueda acceder sin ningún impedimento y es necesario ir actualizando diariamente.

5.2.1 Ficha técnica

Es una hoja técnica o una hoja de datos que contiene las características más relevantes de un equipo, además puede contener una imagen o una pequeña descripción de su funcionamiento y en qué lugar va estar dispuesto o enfocado. (Para visualizar las fichas técnicas ver anexo 8.5 de ejemplo)

5.2.2 Plan de mantenimiento Mecánico y eléctrico

Por medio de reuniones desarrollamos un plan de mantención mecánica y eléctrica que se realizó en conjunto con los supervisores y el personal de mantenimiento lo cual digitalicé, estimando una frecuencia para cada equipo con sus actividades preventivas. (Ver tabla 11 y 12)

	
PLAN DE MANTECIÓN MECÁNICA	
1.- CHANCADOR DE CONO HP300:	
ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
Cambio de BowlLiner y Mantle, cambio de Torch Ring	650
Cambio de aceite (limpieza o cambio filtro de aceite)	650
Medición de los acumuladores de las presiones	2400
Cambio de aceite hidráulico	2000
Mantención Preventiva o destape chancador	2400
Cambio de buje outhar e inner	5000
Cambio set Liner	4000
Cambio de socket liner	4800
Metrología (Incluye Backlash, revisión de sello contraeje)	2400
Cambio de buje de la excéntrica	8000
Mantención, revisión correas, ajuste cuñas, limpieza cámara de trituración, ajuste chancador, re apriete pernos general	Semanal

2.- CHANCADOR DE MANDÍBULA SHAN BAO 600X900:

ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
Cambio de muela fija	2000
Giro de muela fija	1000
Cambio de muela móvil	2000
Giro de muela móvil	1000
Metrología y/o reemplazo de placas laterales	4000
Mantenimiento, re apriete pernos revisar correas y tensar ajuste chancador y revisión Motor	Semanal

3.- CHANCADOR DE IMPACTO VSI BARMAC B7100:

ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
Cambio de rotor completo	600
Cambio de tubo alimentación	300
Cambio de rotor tips, placas de respaldo y tipcarrier	200
Cambio de bearingcatridge	4000
Metrología (Informe de reparación de bearingcatridge)	4000
Mantenimiento Semanal revisión rotor sistema engrase piezas de desgastes correas (Implementar cartilla de medición de desgastes rotor tips)	Semanal

7.- HARNERO VIBRATORIO TRIO (6X20)

ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
Cambio de resortes	5000
Mantenimiento módulos, guarderas, resortes estructura correas motor	350
Cambio de aceite de lubricación	1600
Cambio de rodamientos	10000

4.- ALIMENTADOR VIBRATORIO 01 (GRIZZLY)

ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
Cambio Rodamiento	8000
Cambio de resortes	8000
Cambio de correas de transmisión	600
Cambio de aceite Lubricante(EP220)	1200
Mantenimiento Semanal	Semanal

5.- HARNERO VIBRATORIO 1 (6X16)

ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
Cambio de resortes	8000
Cambio de Lubricante(grasa)	1000
Cambio de rodamientos	8000

6.- HARNERO VIBRATORIO 02 (5X14)

ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
Cambio de resortes	5000
Mantenimiento módulos, guarderas, resortes ,estructura , correas motor	350
Cambio de Lubricante(grasa)	1000
Cambio de rodamientos	10000

8.- TORNILLO LAVADOR

ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
Cambio Aceite Reductor	1500
Cambio Zapatas	1000
Metrología	5000
Cambio Rodamiento	5000

9.- CINTAS TRANSPORTADORAS

	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
CINTA 01	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 02	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 03	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 04	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 05	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 06	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 07	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 08	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 09	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 10	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 11	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 12	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 13	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 14	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 15	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 16	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 17	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 18 (Duna)	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 19	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 20 (Alimentador VSI)	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA 21	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800
CINTA POWER SCREEN	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800

Tabla 11: Plan de mantención mecánica



PLAN DE MANTECIÓN ELÉCTRICA

1.- CHANCADOR DE CONO HP300:

TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
TC-02	Mantención motor eléctrico (medir aislación y megger)	4000
TC-02	Revisión motor eléctrico	Semanal

2.- CHANCADOR DE MANDÍBULA SHAN BAO 600X900:

TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
TM-01	Mantención motor eléctrico (medir aislación y megger)	4000
TM-01	Revisión motor eléctrico	Semanal

3.- CHANCADOR DE IMPACTO VSI BARMAC B7100:

TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
TI-03	Mantenimiento motor eléctrico (medir aislación y megger)	4000
TI-03	Revisión motor eléctrico	Semanal

4.- ALIMENTADOR VIBRATORIO 01 (GRIZZLY)

TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
AV-01	Mantenimiento motor eléctrico (medir aislación y megger)	4000
AV-01	Revisión motor eléctrico	400

5.- ALIMENTADOR VIBRATORIO 02 VSI

TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
AV-02	Mantenimiento motor eléctrico (medir aislación y megger)	2400
AV-02	Revisión motor eléctrico	400

6.- ALIMENTADOR VIBRATORIO 03 DUNA

TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
AV-03	Mantenimiento motor eléctrico (medir aislación y megger)	2400
AV-03	Revisión motor eléctrico	400

7.- HARNERO VIBRATORIO 1 (6X16)

TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
HV-01	Mantenimiento motor eléctrico (medir aislación y megger)	3200
HV-01	Revisión motor eléctrico	Semanal

8.- HARNERO VIBRATORIO 02 (5X14)

TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
HV-02	Mantenimiento motor eléctrico (medir aislación y megger)	3200
HV-02	Revisión motor eléctrico	Semanal

9.- HARNERO VIBRATORIO TRIO (6X20)

TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
HV-03	Mantenimiento motor eléctrico (medir aislación y megger)	3200
HV-03	Revisión motor eléctrico	Semanal

10.- TORNILLO LAVADOR

TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
TL 01	Mantenimiento motor eléctrico (medir aislación y megger)	3200
TL 01	Revisión motor eléctrico	400

11.- CINTAS TRANSPORTADORAS

TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
CT-01	Revisión Motor eléctrico	400
CT-02	Revisión Motor eléctrico	400
CT-03	Revisión Motor eléctrico	400
CT-04	Revisión Motor eléctrico	400
CT-05	Revisión Motor eléctrico	400
CT-06	Revisión Motor eléctrico	400
CT-07	Revisión Motor eléctrico	400
CT-08	Revisión Motor eléctrico	400
CT-09	Revisión Motor eléctrico	400
CT-10	Revisión Motor eléctrico	400
CT-11	Revisión Motor eléctrico	400
CT-12	Revisión Motor eléctrico	400
CT-13	Revisión Motor eléctrico	400
CT-14	Revisión Motor eléctrico	400
CT-15	Revisión Motor eléctrico	400
CT-16	Revisión Motor eléctrico	400
CT-17	Revisión Motor eléctrico	400
CT18 (DUNA)	Revisión Motor eléctrico	400
CT-19	Revisión Motor eléctrico	400
CT-20 (Alimentador VSI)	Revisión Motor eléctrico	400
CT-21	Revisión Motor eléctrico	400
CT-PS	Revisión Motor eléctrico	400

12.- GENERAL

TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]
LG-GENERAL	Mantenimiento Partidores Suaves (Primario y Secundario)	400
LG-GENERAL	Mantenimiento Partidores Suaves (Terciario)	400
LG-GENERAL	Mantenimiento transformador RHONA (Limpieza terminales y conexiones ,funcionamiento del equipo y tomade muestras dieléctrico c/informe técnico)	4800
LG-GENERAL	Mantenimiento transformador TUSAN (Limpieza terminales y conexiones ,funcionamiento del equipo y tomade muestras dieléctrico c/informe técnico)	4800
LG-GENERAL	Revisión electroimán	400
LG-GENERAL	Revisión luminaria sector 1	400
LG-GENERAL	Revisión luminaria sector 2	400
LG-GENERAL	Revisión luminaria sector 3	400
LG-GENERAL	Revisión tableros de fuerza	400
LG-GENERAL	Revisión luminaria sector Despacho	400
LG-GENERAL	Chequeo sensor de velocidad "O"	400

Tabla 12: Plan de mantención eléctrica

Mediante el plan de mantención mecánica (ver tabla 11) que desarrollamos se describe que la mayor cantidad de actividades es para el chancador de cono HP300 con 11 trabajos distintos y el menor es de las cintas transportadoras (desagregadas). También se definió como la mayor frecuencia el cambio de rodamientos cada 10000 (hrs) del harnero vibratorio 2 y 3. Por último, con la menor frecuencia quedó el cambio de tubo de alimentación del VSI con 300 (hrs). El tiempo medio entre intervenciones del plan propuesto es de 2432 (hrs)

Por otra parte, en el plan de mantención eléctrica (ver tabla 12) se definieron 11 actividades. Todas ellas se refieren a equipos e instalaciones de apoyo. La mayor parte de estas actividades se realizarán con una frecuencia de 400 hrs. Solo 2 actividades, referidas a la mantención de transformadores (RHONA y TUSAN) consideran frecuencia de 4800(hrs). Esto se debe alta confiabilidad que han mostrado.

5.2.3 Plan de engrase

Los principales problemas que se detectan en una planta industrial con respecto a la lubricación en los equipos son varios. En este caso de una planta de áridos es común ver, roturas de rodamientos, ejes o soportes, desgastes en transmisiones, por lo tanto, un operario es el encargado de engrasar y su forma de trabajar es autónoma, esto quiere decir que no posee una orden de trabajo y/o la capacidad para detectar situaciones que afecten a la calidad de lubricación.

Por esta razón diseñamos una cartilla donde muestra el plan de engrase. (Ver Fig.29)



PLANTA LAS GARZAS

PLANILLA DE ENGRASE SEMANAL
LA LISTA DE VERIFICACIÓN



Semana: _____
Responsable: _____
Revisado Por: _____

NOTA: ASEGURE QUE TODOS MECANISMOS DE SEGURIDAD SE SIGAN!!!

	Indicador verificado	Motor	¿QUE DEBE ENGRASAR?	
				L
Alimentadores				
Alimentador Vibratorio IMPOMAQ GRIZZLY	A/01	20 HP	chequear nivel de aceite por visor lateral (tapa).	
Trituradores				
Chancador Primario SHAN BAO 600X900PE	TM01	73-100 HP	6 puntos de engrase; 2 en eje Pilman, 2 en tapa de rodamientos, 1 en el perno de cola y 1 cola de Motor eléctrico	
Chancador Secundario Nordberg HP300	TC02		5 Puntos de engrase: 4 Graseras en Bown Liner y 1 graseras en la tapa de Bomba de Aceite	
Chancador Terciario Barmac 7100	TI03		3 Puntos de engrase. 3 Lineas que van hacia caja de rodamientos.	
Hameros Vibratorios				
Hamero Vibratorio (1) 6x16	HV01	25 HP	2 Puntos de engrase, detrás de cada volante (sello de polvo)	
Hamero Vibratorio (2) 5x14 Bandejas 2 Deck	HV02	20 HP	2 Puntos de engrase, detrás de cada volante (sello de polvo)	
Hamero Vibratorio (3) 6x20 TRIO	HV03	30 HP	2 Puntos de engrase, detrás de cada volante (sello de polvo)	
Cintas Transportadoras				
CINTA CT-01 42"x9,6	CT01	15HP	4 Puntos de engrase; 2 en tambor de cola Descansos "T" y 2 en descansos tambor moliz.	
CINTA CT-02 36"x24	CT02	40HP	4 Puntos de engrase; 2 en tambor de cola Descansos "T" y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-03 36"x22	CT03	15HP	4 Puntos de engrase; 2 en tambor de cola Descansos "T" y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-04 30"x9,6	CT04	10HP	10 Puntos de engrase; 2 descansos en tambor de cola, 6 descansos en tensor Gravitacional y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-05 30"x8	CT05	10HP	10 Puntos de engrase; 2 descansos en tambor de cola, 6 descansos en tensor Gravitacional y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-06 30"x24	CT06	20HP	4 Puntos de engrase; 2 en tambor de cola Descansos "T" y 2 en descansos tambor moliz.	
CINTA CT-07 30"x24	CT07	20HP	4 Puntos de engrase; 2 en tambor de cola Descansos "T" y 2 en descansos tambor moliz.	
CINTA CT-08 30"x24	CT08	75HP	10 Puntos de engrase; 2 descansos en tambor de cola, 6 descansos en tensor Gravitacional y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-09 24"x	CT09	25 HP	10 Puntos de engrase; 2 descansos en tambor de cola, 6 descansos en tensor Gravitacional y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-10 30"x24	CT10	15 HP	4 Puntos de engrase; 2 Descansos en tambor de cola y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-11 24"x10	CT11	15HP	4 Puntos de engrase; 2 Descansos en tambor de cola y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-12 24"x10	CT12	10HP	4 Puntos de engrase; 2 Descansos en tambor de cola y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-13 24"x22	CT13	10HP	8 Puntos de engrase; 2 Descansos en tambor de cola y 4 en Zona moliz (Mitad de la cinta) y 2 en tambor de Punta.	
CINTA CT-14 24"x22	CT14	10HP	4 Puntos de engrase; 2 Descansos en tambor de cola y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-15 29 1/2"x22	CT15	25HP	4 Puntos de engrase; 2 Descansos en tambor de cola y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-16 24"x24	CT16	15HP	4 Puntos de engrase; 2 descansos en tambor de cola y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-17 26"x10	CT17	10HP	10 Puntos de engrase; 2 descansos en tambor de cola, 6 descansos en tensor Gravitacional y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-ALL VSI 24"x18	CT18	15HP	4 Puntos de engrase; 2 Descansos en tambor de cola y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-19 24"x15	CT19	25HP	5 Puntos de engrase; 2 Descansos en tambor de cola y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-Duna 23"x18	CT20	10HP	4 Puntos de engrase; 2 en tambor de cola Descansos "T" y 2 en tambor moliz.	
CINTA CT-21 30"x18	CT21	15HP	7 Puntos de engrase; 2 Descansos en tambor de cola y 2 en tambor moliz.	
Tornillos Lavadores				
Tornillo lavador NORDBERG 30"x6,2 [m]	TL01	20 HP	6 puntos de engrase: Base del lavador, 2 en el eje central, 2 como sello de agua y 2 en Descansos superiores.	
Bombas				
Bombas de agua piscina		30 HP	Solo Engrase en Motores, lado superior antes del aspas.	
Bombas de agua auxiliar pozo		30 HP	Solo Engrase en Motores, lado superior antes del aspas.	

La Nota de la seguridad:

Mecánico/Eléctrico/Nota de Derrame:

Todo equipo se debe inspeccionar visualmente antes de intervenirlo (asegúrese de bloquear la planta)

Compruebe y explique los motivos de preocupación en el libro de novedades / Generación de OT de Mantenimiento.

Fig. 29: Planilla de engrase

5.3 Procedimiento: Inspecciones

En este apartado analizamos el problema del procedimiento de inspecciones y se encontró que no se realizaba la metodología documentada, teniendo en cuenta que existen ciertas cartillas y que a pesar de eso el personal de mantenimiento y operaciones no llenaban la hoja y no entregaban ni tampoco se registraba la cantidad, por lo tanto el objetivo que busca este procedimiento, que es alimentar y realizar una planificación mucho más completa, no se estaba cumpliendo, para esto creé una herramienta, una planilla de Microsoft Excel, para dejar todo registro de rutina de inspecciones y fomentar el llenado y calidad al escribir una cartilla.

En la Figura 30 y 31 se muestra la herramienta que creé y desarrollé y está actualmente funcionando en la planta, esta planilla se debe ocupar diariamente, ya que consiste en registrar la cantidad de inspecciones que son recibidas por el supervisor de mantención. Está prediseñada y calculada con fórmulas de tal forma que se actualiza al instante de registrar los datos.

Cada operador y mantenedor tiene su cartilla de inspección asignada a distintos equipos, lo cual esta hoja de Excel ejecuta de inmediato unos gráficos con sus porcentajes de entrega del personal de operaciones y mantenimiento y el total de todo (Ver gráfico 1). Estos gráficos deben estar en el reporte semanal que se realiza al gerente y el jefe de planta para su análisis, y deben estar incluidos en la reunión de gestión de mantenimiento mensual.

M...	Operaciones					PLANTA EN OPERACIÓN												PIANTA DETENIDA		EDUARDO LOPEZ (E.L.)		ANAMIAS BRUNA (A.B.)		ESTEBAN BRUNA (E.B.)		EDUARDO ACEVEDO (E.A.)		FERNANDO ORREGO (F.O.)										
	Día	Fecha	Turno dia(D)	Turno Tarde(T)	Turno noche(N)	TM01	TC02			TI03			HVSAVS			GATO-ELECTROIMÁ			HV01	HV02	HV03	Realizadas	Exigidas	% diario	Realizadas	Exigidas	% diario	Realizadas	Exigidas	% diario	Realizadas	Exigidas	% diario					
	Miércoles	01/03/2017	C.S.-EL.	J.E.-EB.	C.R.-EA.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	100%	3	3	100%	3	3	100%	-	-	-	-	-	-	
	Jueves	02/03/2017	C.S.-EL.	J.E.-EB.	C.R.-EA.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	100%	3	3	100%	3	3	100%	-	-	-	-	-	-	
	Viernes	03/03/2017	C.S.-EL.	J.E.-EB.	C.R.-EA.	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	3	3	100%	-	-	0	3	0%	-	-	-	-	-	-		
	Sábado	04/03/2017																																				
	Domingo	05/03/2017																																				
	Lunes	06/03/2017	J.E.-EB.	C.R.-EA.	C.S.-EL.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	100%	-	-	3	3	100%	4	4	100%	-	-	-	-	-
	Martes	07/03/2017	J.E.-EB.	C.R.-EA.	C.S.-EL.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	100%	-	-	3	3	100%	4	4	100%	-	-	-	-	-
	Miércoles	08/03/2017	J.E.-EB.	C.R.-EA.	C.S.-EL.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	100%	-	-	3	3	100%	4	4	100%	-	-	-	-	-
	Jueves	09/03/2017	J.E.-EB.	C.R.-EA.	C.S.-EL.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	100%	-	-	3	3	100%	4	4	100%	-	-	-	-	-
	Viernes	10/03/2017	J.E.-EB.	C.R.-EA.	C.S.-EL.	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	3	3	100%	-	-	3	3	100%	2	4	50%	-	-	-	-	-
	Sábado	11/03/2017																																				
	Domingo	12/03/2017																																				
	Lunes	13/03/2017	E.B.-EA.	C.S.-EL.	J.E.-AB.	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	4	4	100%	3	3	100%	1	3	33%	1	2	50%	-	-	-	-	-
	Martes	14/03/2017	E.B.-EA.	C.S.-EL.	J.E.-AB.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	100%	3	3	100%	2	3	100%	2	2	100%	-	-	-	-	-
	Miércoles	15/03/2017	E.B.-EA.	C.S.-EL.	J.E.-AB.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	100%	3	3	100%	3	3	100%	2	2	100%	-	-	-	-	-
	Jueves	16/03/2017	E.B.-EA.	C.S.-EL.	J.E.-AB.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	100%	3	3	100%	3	3	100%	2	2	100%	-	-	-	-	-
	Viernes	17/03/2017	E.B.-EA.	C.S.-EL.	J.E.-AB.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	100%	3	3	100%	3	3	100%	2	2	100%	-	-	-	-	-
	Sábado	18/03/2017																																				
	Domingo	19/03/2017																																				
	Lunes	20/03/2017	C.S.-EL.	J.E.-AB.	E.B.-EA.	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	3	3	100%	4	4	100%	0	3	0%	1	2	50%	-	-	-	-	-	
	Martes	21/03/2017	C.S.-EL.	J.E.-AB.	E.B.-EA.	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	3	3	100%	4	4	100%	0	3	0%	1	2	50%	-	-	-	-	-	
	Miércoles	22/03/2017	C.S.-EL.	J.E.-AB.	E.B.-EA.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	100%	4	4	100%	3	3	100%	2	2	100%	-	-	-	-	-	-
	Jueves	23/03/2017	C.S.-EL.	J.E.-AB.	E.B.-EA.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	100%	4	4	100%	2	3	67%	1	2	50%	-	-	-	-	-	
	Viernes	24/03/2017	C.S.-EL.	J.E.-AB.	E.B.-EA.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	100%	4	4	100%	3	3	100%	2	2	100%	-	-	-	-	-	
	Sábado	25/03/2017																																				
	Domingo	26/03/2017																																				
	Lunes	27/03/2017	J.E.-AB.	E.B.-EA.	C.S.-EL.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	3	3	100%	3	3	100%	4	4	100%	3	4	75%	-	-	-	-	-		
	Martes	28/03/2017	J.E.-AB.	E.B.-EA.	C.S.-EL.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	3	3	100%	3	3	100%	4	4	100%	4	4	100%	-	-	-	-	-		
	Miércoles	29/03/2017	J.E.-AB.	E.B.-EA.	C.S.-EL.	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	3	3	100%	1	3	33%	2	4	50%	3	4	75%	-	-	-	-	-		
	Jueves	30/03/2017	J.E.-AB.	E.B.-EA.	C.S.-EL.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	100%	3	3	100%	4	4	100%	4	4	100%	-	-	-	-	-	
	Viernes	31/03/2017	J.E.-AB.	E.B.-EA.	C.S.-EL.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	100%	3	3	100%	3	4	75%	4	4	100%	-	-	-	-	-	

Marzo

Fig. 30: planilla de inspecciones de operaciones

Mantenimiento			Planta en operación				Planta Detenida			Leandro Orrego		Juan Vargas		Francisco Morales		Erick Osorio				
Mes	Día	Fecha	CT01-07	CT08-14	CT15-21	BBAS-TL	TW01	TC02	TI03	AVS1-2-3	Realizadas	Exigidas	% diario	Realizadas	Exigidas	% diario	Realizadas	Exigidas	% diario	
Marzo	Miércoles	01/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Jueves	02/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Viernes	03/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Lunes	06/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Martes	07/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Miércoles	08/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Jueves	09/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Viernes	10/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	0	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Lunes	13/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Martes	14/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	0	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Miércoles	15/03/2017	1	1	1	1	1	0	0	1	-	-	-	1	2	50%	1	2	50%	
	Jueves	16/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Viernes	17/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	0	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Lunes	20/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Martes	21/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Miércoles	22/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Jueves	23/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Viernes	24/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Sábado	25/03/2017																		
	Domingo	26/03/2017																		
	Lunes	27/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Martes	28/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	0	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Miércoles	29/03/2017	1	1	1	0	0	1	1	1	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Jueves	30/03/2017	1	1	1	1	1	1	1	0	-	-	-	2	2	100%	2	2	100%	
	Viernes	31/03/2017	0	0	0	1	0	0	0	0	-	-	-	0	2	0%	0	2	0%	

Fig. 31: planilla de inspecciones de operaciones

5.3.1 Diagrama de flujo de inspecciones:

Diseñamos y desarrollamos un diagrama de flujo como se muestra en la figura 32 que describe la función de cada persona que está involucrada en el procedimiento al realizar una inspección.

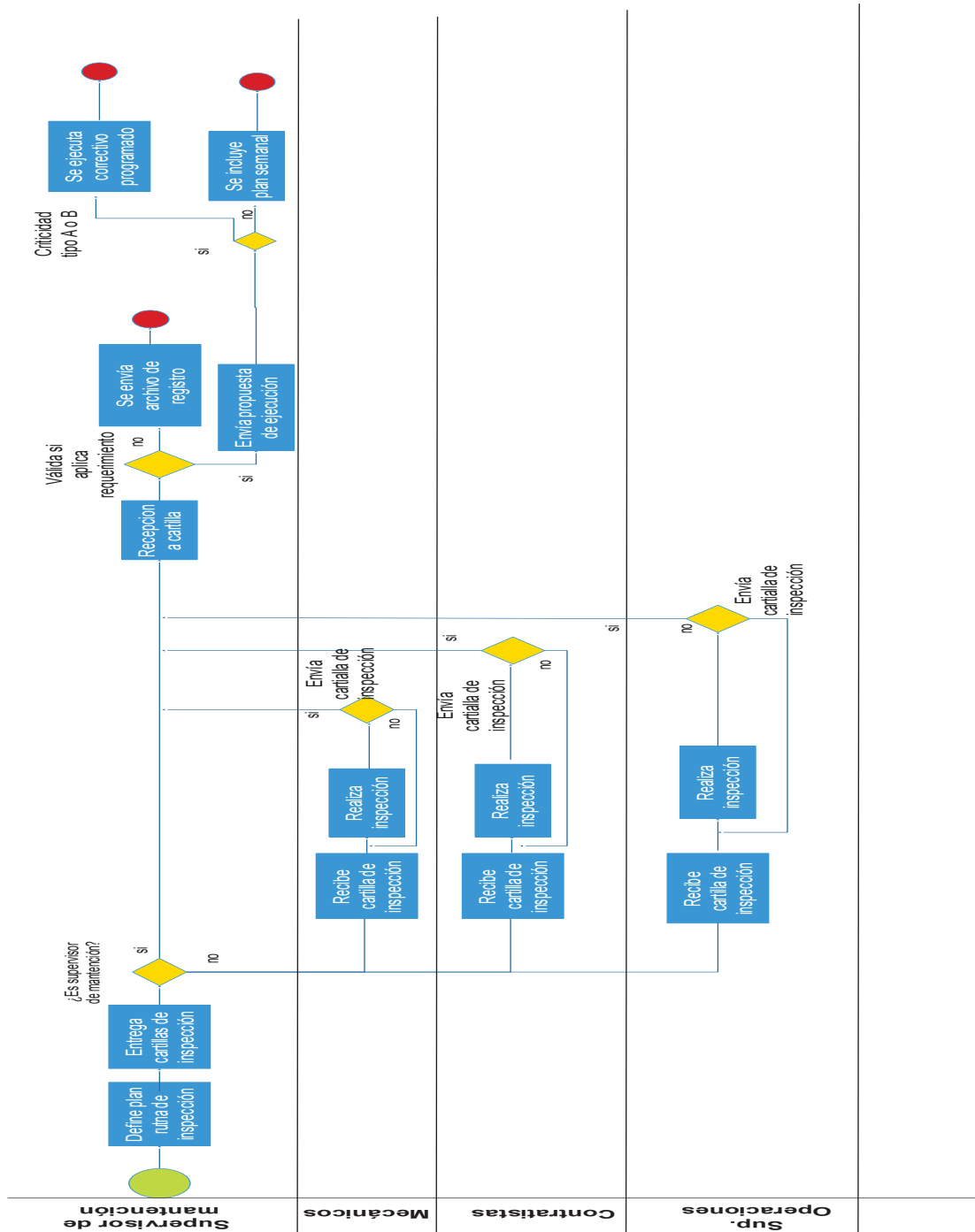


Fig. 32: Diagrama de flujo procedimiento de inspecciones (fuente propia)

5.4 Procedimiento: Planificación

En este apartado analizamos el problema del procedimiento de planificación de actividades y se encontró que se realizaba la metodología documentada pero no era constante, además de que la planificación no cumplía todo los puntos requeridos del documento ya explicado (Ver capítulo 4.2.2), es decir, cuando ejecutaban este proceso no revisaban y tampoco incluían los insumos, repuestos, materiales a ocupar en la semana, por lo tanto muchas veces al momento de ejecutar la actividad se percataban que no había repuestos para la actividad . Para esto se desarrolló 2 herramientas que registran todas las actividades a realizar y con esto se tiene una mejor noción de que trabajos están pendientes y un historial de registro.

La primera herramienta creada, es una hoja de Microsoft Excel de datos, nombrado como “Backlog” que traducido significa Base de datos. Este contiene todo el historial de actividades realizadas desde el año 2017, además de contener macros (una serie de instrucciones programadas, cuya tarea es la automatización de tareas repetitivas) Es necesario usarla todos los días y completar sus casillas.

Esta planilla es alimentada mediante las inspecciones, el personal de mantención y operación, el plan de mantenimiento (Ver Fig.33 y 34). El backlog describe:

Fecha: la fecha de la actividad.

Prioridad: su criticidad, es decir, si es urgente o no, se representa en letras A, B, C.

Tag: Código del equipo.

Descripción del trabajo: Actividad a realizar.

Tipo: El tipo de mantención, correctivo, preventivo, correctivo/preventivo, predictivo.

Recurso: si es trabajador de Melón o contratista.

O/T: Número de orden de trabajo

Horómetro: Horas de duración del trabajo

Estado: En este caso cuando una actividad es “*pendiente*” significa que se generó una orden de trabajo y no se ha realizado y está más de 1 mes en la base de datos, por lo tanto, se debe analizar para indicar si es necesario borrar o reprogramar. Cuando dice “*generado*” significa que se crea una orden de trabajo listo para ser entregado a los trabajadores y por último si es “*terminado*”, la actividad ya fue ejecutada y la orden de trabajo recibida.

Primera y última fecha: La hora de duración que se programa y la hora real de duración.

Clasificación: Se clasifica la actividad si es mantención, seguridad, mejora.

Costo: Costo asociado a la actividad.

Categoría: Se subdivide el trabajo en mecánico, eléctrico, mecánico-eléctrico, soldador-estructura, hidráulico, mecánico-operador.

Repuesto: El nombre del repuesto con su respectivo código.

MELÓN ARIDOS LTDA.				
Backlog /Tareas Pendientes				
Fecha:				
Pendiente				
Generada				
Terminado				
Fecha	Prioridad	TAG	Nombre de Equipo	Descripción del Trabajo
03/01/2017	A	LG-CT10	Cinta transportadora descarga TA02 a HV02	Revisión sello reductor
03/01/2017	A	LG-AV01	Alimentador vibratorio GRIZZLY	Chequeo motor grizzly
03/01/2017	A	LG-PS01	Cinta power screen	Revisión y reparación
03/01/2017	A	LG-PS01	Cinta power screen	Cambio de polines y guardera
04/01/2017	A	LG-GENERAL	General planta Las Garzas	Chequeo circuito semáforo
04/01/2017	A	LG-TM01	Triturador de mandíbula Shan Bao	Posicionar Muela móvil
05/01/2017	A	LG-HV03	Harnero vibratorio Trio (6x20)	Mantención caja de conexiones motor 30HP
05/01/2017	A	LG-TM01	Triturador de mandíbula Shan Bao	Soldar soporte muela
05/01/2017	A	LG-GENERAL	General planta Las Garzas	Cambio de polines y guarderas
05/01/2017	A	LG-CT04	Cinta transportadora salida TC02	Planchon chute y chute gravilla
06/01/2017	A	LG-HV03	Harnero vibratorio Trio (6x20)	Cambio de mallas 2 deck
09/01/2017	A	LG-TI03	Triturador de impacto Barmac VSI 7100	Desconexión y desmontaje motor
09/01/2017	A	LG-TI03	Triturador de impacto Barmac VSI 7100	Chequeo de circuito del chancador
09/01/2017	A	LG-TI03	Triturador de impacto Barmac VSI 7100	Chequeo y cambio de contactos en vibrador base
10/01/2017	A	LG-TM01	Triturador de mandíbula Shan Bao	Reforzamiento soporte muela Móvil

Fig. 33: Planilla Backlog (base de datos) primera parte

TIPO	Recurso	O/T	Horometro	ESTADO	Primera fecha		Ultima fecha		Clasificaci	Costo	Categoría	Repuestos
					Inicio Prog.	Término Prog.	Inicio Real	Término Real				
M.Corr.	MELÓN	1	0:00	Terminado					Mantenición		MECÁNICO	
M.Prev.	MELÓN	2	0:00	Terminado					Mantenición		MECÁNICO-ELÉCTRICO	
M.Corr.	MELÓN	3	0:00	Terminado					Mantenición		MECÁNICO	
M.Prev./Corr.	MELÓN	4	0:00	Terminado					Mantenición		MECÁNICO	
M.Prev.	MELÓN	5	0:00	Terminado					Mantenición		ELÉCTRICO	
M.Corr.	MELÓN	6	0:00	Terminado					Mantenición		MECÁNICO	
M.Prev.	MELÓN	7	0:25	Terminado			19:45	20:10	Mantenición		ELÉCTRICO	
M.Prev./Corr.	MELÓN	8	0:00	Terminado					Mantenición		SOLDADOR-ESTRUCTURA	
M.Prev./Corr.	MELÓN	9	0:00	Terminado					Mantenición		MECÁNICO	
M.Prev./Corr.	MELÓN	10	0:00	Terminado					Mantenición		SOLDADOR-ESTRUCTURA	
M.Prev.	MELÓN	11	0:00	Terminado					Mantenición		MECÁNICO	
M.Prev.	MELÓN	12	0:00	Terminado					Mantenición		MECÁNICO-ELÉCTRICO	
M.Prev.	MELÓN	13	0:00	Terminado					Mantenición		ELÉCTRICO	
M.Prev.	MELÓN	14	0:00	Terminado					Mantenición		MECÁNICO-ELÉCTRICO	
M.Prev.	IBACACHE	15	0:00	Terminado					Mantenición	\$ 129.375	SOLDADOR-ESTRUCTURA	

Fig.34: Planilla Backlog (Base de datos) segunda parte

5.4.1 Plan maestro de mantenimiento (PM)

El plan de mantenimiento de los equipos tiene como objetivo principal, lograr que las maquinarias trabajen en forma normal durante su período de vida útil. Para la elaboración de este PM es necesario la ayuda tanto de los supervisores como del personal técnico de mantención. Para esta memoria se actualizó y se digitalizó un programa en conjunto con el departamento de mantenimiento. (Ver figura 35)

La segunda herramienta creada también es un documento de Excel nombrado plan maestro y ayuda a alimentar el backlog, básicamente está compuesta por el plan de mantención y mediante fórmulas proyecta la fecha en que se debe realizar la actividad. Este funciona por frecuencia, el último horómetro del equipo y la última fecha del trabajo ejecutado. También en la parte derecha se encuentra un semáforo que indica de color verde cuando la actividad no es necesaria agregar a la planificación y si es color rojo, es todo lo contrario.

Plan Maestro de Mantenimiento
Planta ARIDOS Las Garzas - V región

Actualizar	
ULTIMA ACTUALIZACIÓN	25-nov

Actualizar horómetros		Ingresar Parámetro	
Triturador de Cono Norberg HP300	28690,8	Fecha último cambio horómetro	Factor de Utilización proyectado
Triturador de Impacto VSI Barmac 7100	27827,91	23/09/2017	75%
Triturador Primario PE900x600 Shan Bao	28690,8		
Alimentador Vibratorio Grizzly	28690,8		
Alimentador VSI	27827,91		
Alimentador Duna	27827,91		
CP01			
HV-01	28690,8		
HV-02	28690,8		
HV-03	27827,91		
Cintas Primario (CT1-2)	28690,8		
Cintas Secundario (CT3-5)	28690,8		
Cintas Terciarias (CT6-21-PS)	27827,91		
Tomillo lavador simple	27827,91		

PROYECCIÓN MECÁNICA

6. Proyecciones

									Semáforo	
TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]	FECHA ÚLTIMO CAMBIO	HORÓMETRO ÚLTIMO CAMBIO	Horas Detención	COSTO	PROYECCIÓN	OT		
6.1	TC-02	Cambio de Bowl Liner y Mantle, cambio de Torch Ring	650	31/08/2017	28431,45	12	\$ 4.241.300	16/12/2017	1080	25/11/2017
6.2	TC-02	Cambio de aceite (limpieza o cambio filtro de aceite)	650	12/07/2017	27805,64	3		11/11/2017	725	25/11/2017
6.3	TC-02	Medición de los acumuladores de las presiones	2400	18/08/2017	28297,88			16/03/2018	1004	25/11/2017
6.4	TC-02	Cambio de aceite hidráulico	2000	03/01/2017	25586,83			24/09/2017		25/11/2017
6.5	TC-02	Mantención Preventiva o destape chancador	2400	31/08/2017	28431,45	12		23/03/2018	1080	25/11/2017
6.6	TC-02	Cambio de buje outhter y inner	5000			96		18/04/2014		25/11/2017
6.7	TC-02	Cambio set Liner	4000					22/02/2014		25/11/2017
6.8	TC-02	Cambio de socket liner	4800	03/01/2017	25586,83	96		27/02/2018		25/11/2017
6.9	TC-02	Metrología (Incluye Backlash, revisión de sello contraeje)	2400	16/05/2017	27125,4	24		10/01/2018	317	25/11/2017

Fig.35: Es un extracto de la planilla de proyecciones o plan maestro (Ver el completo en el anexo 8)

5.5 Presentación de resultados

El último problema que abordé en las debilidades, son las presentaciones de resultados en la reuniones de gestión de mantenimiento, éstas no se realizaban en conjunto los dos departamentos y el jefe de planta, sin embargo luego de implementar las herramientas creadas y actualizar los procedimientos descritos en los capítulos anteriores 5.3-5.4-5.5, es primordial analizar estos resultados, para tomar una acción o decisión más certera en cuanto a la producción y mantención de la planta.

Como se muestra en la figura 36 son los pilares fundamentales de una reunión de gestión del departamento de mantenimiento, ya se comentó anteriormente las inspecciones y la planificación. Otro pilar importante que se revisa en esta reunión son los costos que tiene el departamento de mantenimiento, y lo ve exclusivamente el supervisor de mantención.



Fig.36: Pilares de una reunión de gestión de mantención mensual (Fuente propia)

5.5.1 Sistema gestión de paro

Antes de analizar e implementar las planillas anteriores, esta herramienta ya funcionaba (para saber que significa ver capítulo 4.3). Sin embargo no se utiliza al 100%, por lo tanto se implementó el método de Pareto en este pilar tan importante.

5.5.2 Método analítico

Para determinar la frecuencia e importancia que tienen las detenciones del proceso es necesario saber y considerar las medidas en que afectan a los hechos que

causan estos paros. Por esto realicé un análisis estadístico al historial de fallas de los equipos para conseguir las principales causas de estas detenciones. Este método permite focalizar las causas de las horas de la inactividad y poder formar mejoras en la reducción de tiempo de paros en el proceso.

Análisis de Pareto

Es un diagrama que detecta los problemas que tienen más relevancia y consiste en un gráfico de barras que representa una forma descendente y se muestra el grado de importancia de diferentes factores o fallas que afectan a un proceso. Entonces mediante la aplicación del principio de Pareto se dice que hay muchos problemas “muchos triviales” sin importancia frente a solo unos graves ”pocos vitales” . Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos.

En el gráfico 1 se demuestra la implementación de este método en la planilla de sistema gestión de paro, en este caso se utilizó el mes de agosto. (Ver anexo 8.8 “análisis Pareto” con la tabla correspondiente al gráfico 1)

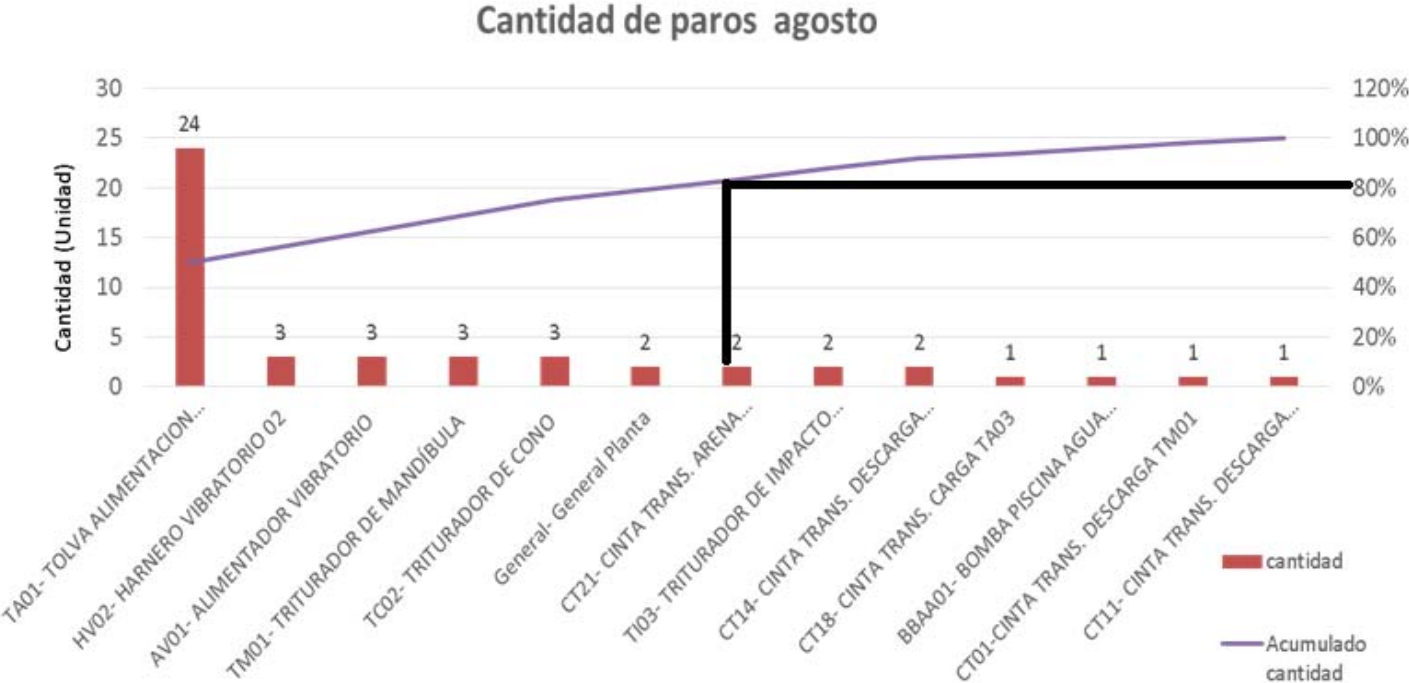


Gráfico 1: Análisis Pareto aplicado al sistema gestión de paros

5.6 Resultados esperados

A partir de las modificaciones definidas en este trabajo y los procedimientos sugeridos, se pudo apreciar una mejoría en el cumplimiento general del plan de inspección y una mejoría en la confiabilidad de los equipos.

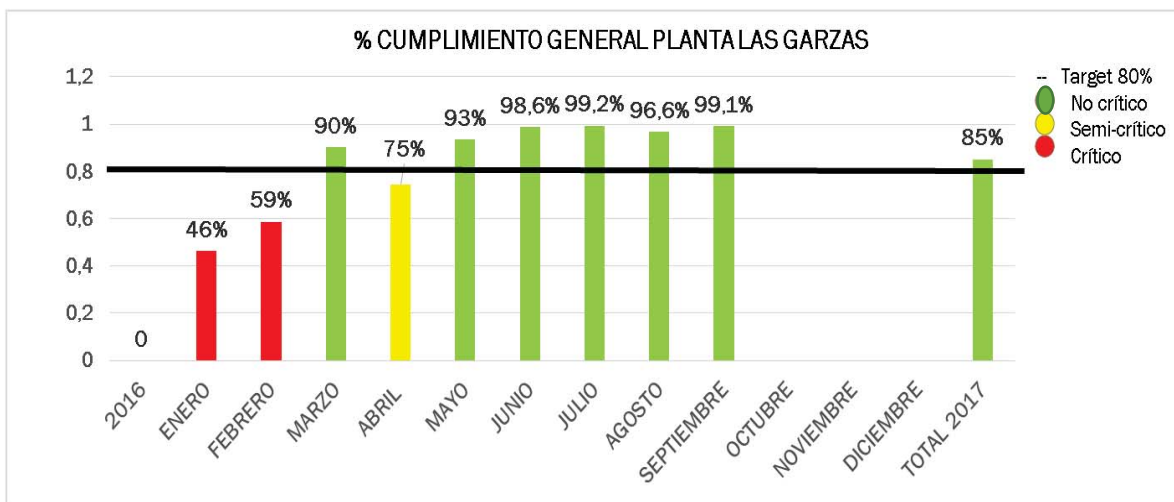


Gráfico 2: Trazabilidad de cumplimiento de inspecciones

TOTAL DE INSPECCIONES	2016	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL 2017
TOTAL EJECUTADAS	0	150	310	539	342	551	498	489	399	327				3605
TOTAL EXIGIDAS	0	324	529	598	459	590	505	493	413	330				4241

% CUMPLIMIENTO INSPECCIONES TOTAL	2016	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL 2017
% CUMPLIMIENTO LAS GARZAS	0	46%	59%	90%	75%	93%	98,6%	99,2%	96,6%	99,1%				85%

Tabla 13: Trazabilidad de cumplimiento de inspecciones

Como se muestra en el gráfico 2, cada barra representa el nivel de cumplimiento del plan en el mes. Si la barra es de color verde significa que el cumplimiento del plan no está en un nivel crítico. Si es amarillo es semi-crítico y se debe hacer un seguimiento y consultar porque no se están entregando las cartillas (no hay garantía si la inspección fue ejecutada), si es de color rojo, será considerada como situación crítica. En este caso, se debe intervenir lo antes posible y analizar cuál es la causa de la no entrega de la cartilla. Desde que se implantó la herramienta (Fig.32 y33) y se comenzó a exigir al personal de mantenimiento y operaciones que completen las cartillas y sean entregadas oportunamente. Consecuentemente al hacer estos

cambios, el porcentaje de cumplimiento aumentó notoriamente, sobrepasando el 80%. Con esto se podrá realizar una mejor planificación de actividades que a futuro tienda a mejorar la confiabilidad de la planta, controlando y reduciendo los costos. En la tabla 13 muestra la cantidad de cartillas que se entregaron en los meses de 2017, hubo un leve aumento en cantidad, ya que se actualizó y se crearon nuevas cartillas de inspecciones (Ver anexo 8.6).

Resultados esperados por el procedimiento del uso del plan semanal que actualizamos y las herramientas creadas para aquello.

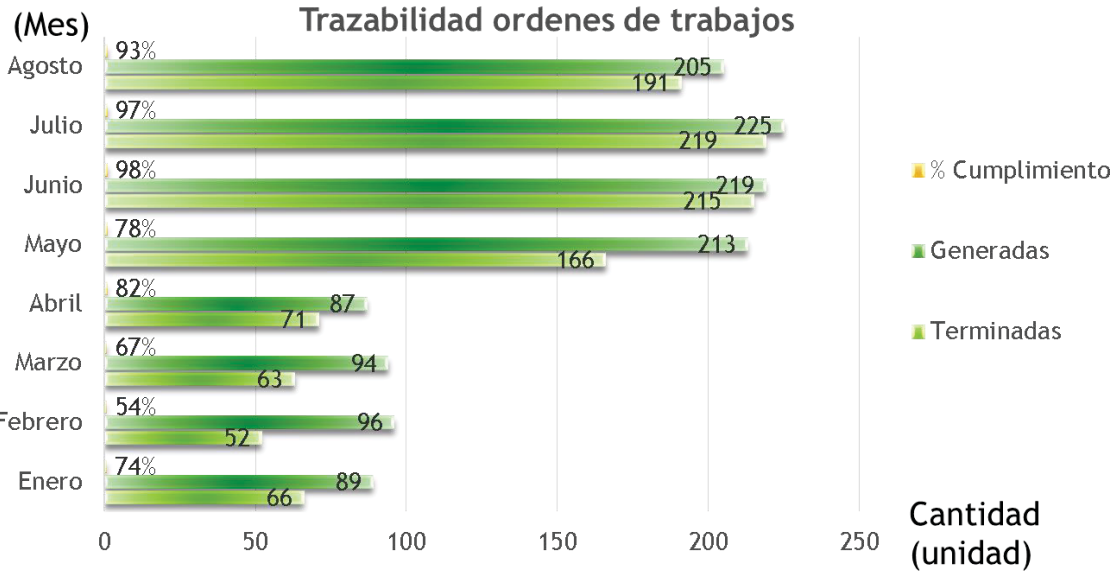


Gráfico 3: Trazabilidad ordenes de trabajo de enero a agosto

Como se muestra en el gráfico 3 hay una mejora en cuanto a la cantidad de trabajos generados y terminados, es decir su target es sobre el 80%, pero cabe mencionar que los módulos desarrollados en excel llamado “backlog” y “plan maestro” se comenzaron a utilizar en mayo en adelante.

En el gráfico 4 se muestra la confiabilidad de la planta a lo largo del tiempo. Se observa que la tendencia de esta curva va en aumento.

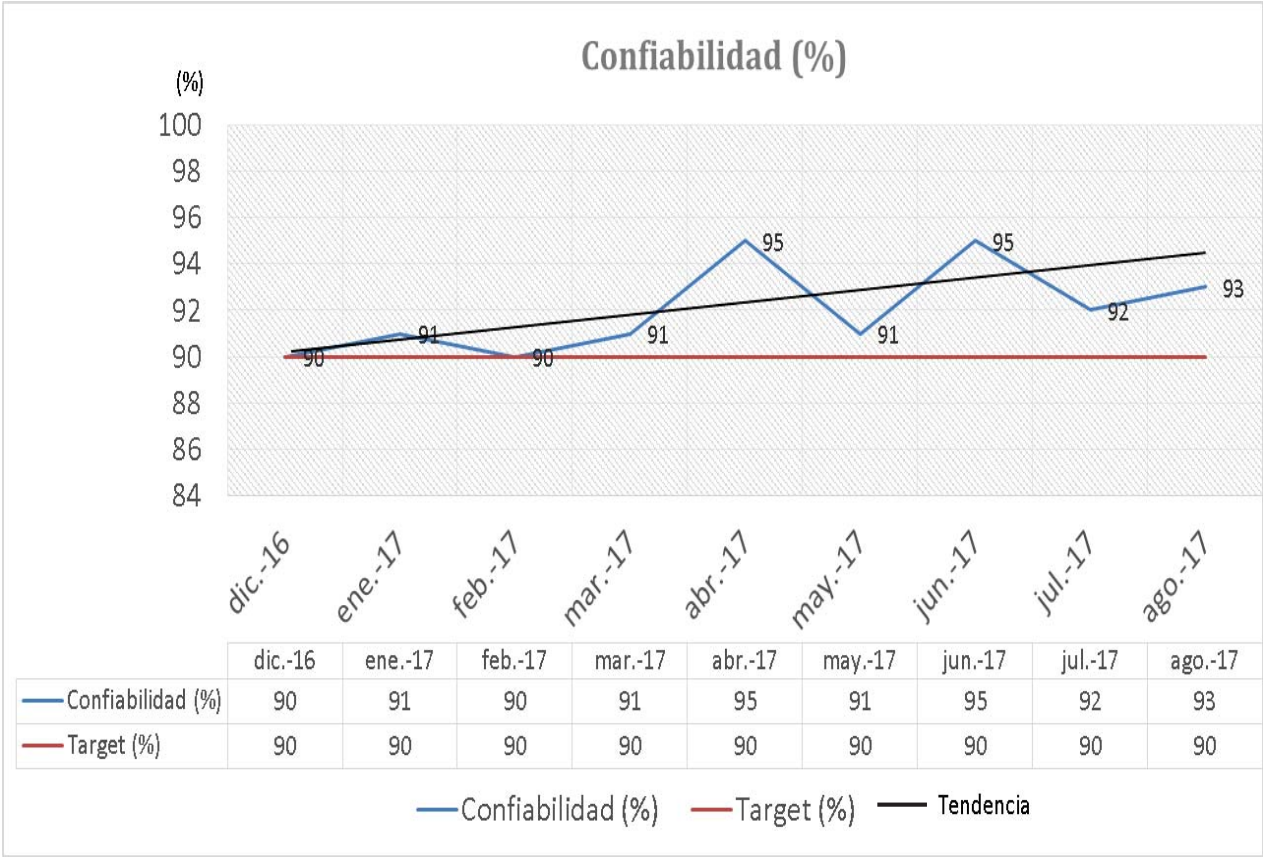


Gráfico 4: Trazabilidad de confiabilidad desde diciembre del año 2016 hasta agosto del 2017

Al tener un excelente resultado del cumplimiento de inspecciones, se genera una mejor planificación de actividades, por ende la cantidad de paros por fallas en el mes se reduce y esto conlleva a que el costo por no producir también se reduce. (Ver gráfico 5).

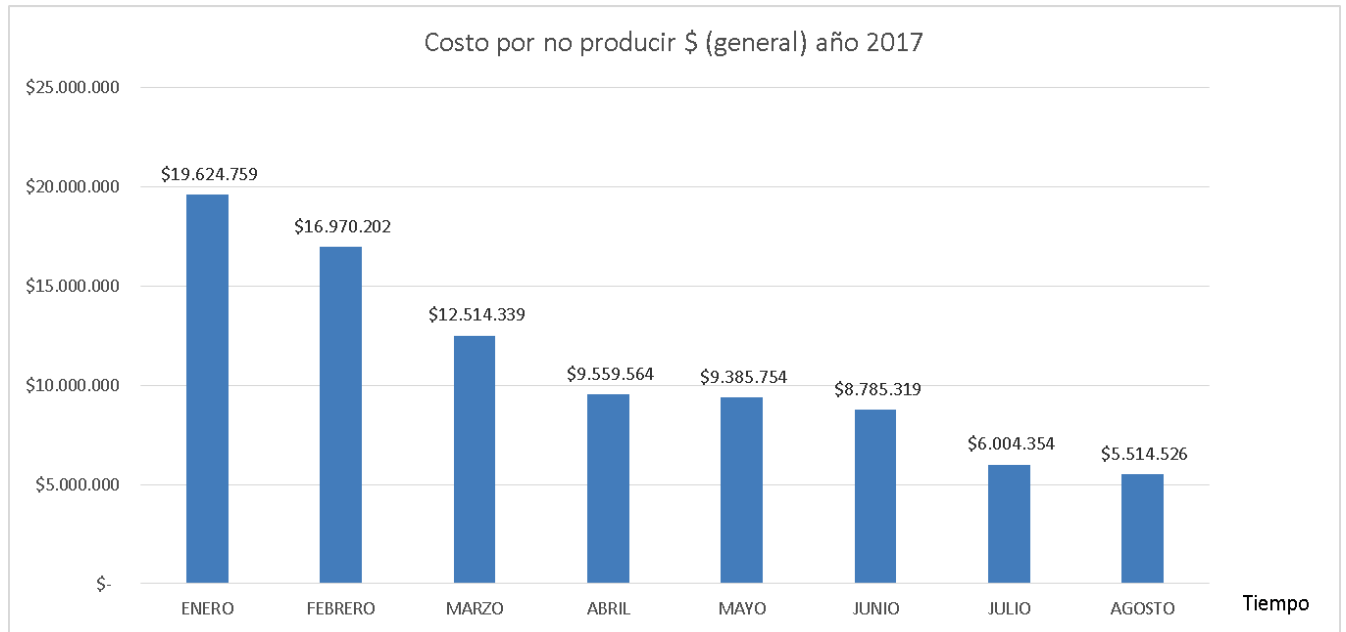


Gráfico 5: Pérdida por fallas mensual por no producir año 2017

Al implementar herramientas creadas que ayudan a la planificación, se observa una reducción de pérdidas por fallas como se muestra en el gráfico 5, Sin embargo cabe mencionar que estos valores son aproximados, ya que se obtiene el valor por medio del “margen” (\$/m3), que significa la ganancia por metro cúbico, este margen es confidencial, por lo tanto se tomó un valor aproximado.

En la tabla 14 se muestra los valores que se utilizaron para obtener las pérdidas por fallas, esta se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{\left(\frac{\text{Producción mes}}{\text{Horas mes trabajado}} \right) * \text{Margen}}{\text{Suma horas detenido}} = \text{Pérdida por falla}$$

MES	Suma horas detenido	Producción (m3)	Horas mes trabajado	Margen (\$/m3)	Perdida por falla \$ (general)
ENERO	124,2	45234	354	1567,164179	\$ 19.624.759
FEBRERO	107,4	40675	327	1567,164179	\$ 16.970.202
MARZO	79,2	44999	422	1567,164179	\$ 12.514.339
ABRIL	60,5	35168	330	1567,164179	\$ 9.559.564
MAYO	59,4	34199	314	1567,164179	\$ 9.385.754
JUNIO	55,6	35772	359	1567,164179	\$ 8.785.319
JULIO	38	40795	355	1567,164179	\$ 6.004.354
AGOSTO	34,9	36297	360	1567,164179	\$ 5.514.526

Tabla 14: Pérdida por fallas mensual

5.7 Código QR

Al implementar cualquier ruta de inspección siempre permanece la duda de si esto está siendo realmente ejecutado como corresponde. Los ejecutores salen a terreno y la supervisión no tiene todo el control de lo que se ejecuta ni una certeza total de la información que se retroalimenta.

Para evitar este sesgo en la información la tecnología actual puede ayudar. Se propone aquí un diseño conceptual para un sistema de captación de la información sobre la ejecución de las actividades mediante el uso de Smartphone y de códigos QR.

Actualmente los sistemas de gestión de mantenimiento auxiliado por computador se hacen una alternativa viable para la empresa especialmente en el tema de la planificación, esto significa, que los sistemas de gestión deben ser más confiables y ágiles. En la planta Las Garzas a pesar de empezar a gestionar su mantención de manera correcta, manejan gran volumen de datos tanto en el sistema digital como en el papel. Por otra parte el uso de dispositivos móviles se convierte en una herramienta para mejorar el rendimiento del personal. Esto significa que utilizando Smartphones o tablets el personal de mantenimiento y operaciones pueden acceder y enviar valiosa información en el sitio de operaciones de forma instantánea mediante el uso de estos códigos inteligentes, esto implica una disminución de respuestas ante eventualidades y mejora la comunicación durante las actividades planificadas.

5.7.1 ¿Qué es el código QR?

Es un código de barras bidimensional cuadrada que puede almacenar los datos codificados. La mayoría del tiempo los datos es un enlace a un sitio web (URL).

Existen otros tipos de códigos como se muestra en la figura 37.

Códigos de barra:



Fig.37: Códigos de barra. [5]

¿Cómo crear un código QR?

Para crear un código inteligente se necesita una aplicación que codifique y transforme al formato gráfico toda la información necesaria. Hoy en día existen aplicaciones de pago que se especializan en crear estos códigos, sin embargo también hay algunas totalmente gratis que realizan la misma función pero no son 100% confiables.

Estructura y funcionamiento de los códigos QR

Como se muestra en la figura 38 es un sistema gráfico que posee tres cuadrados en las esquinas superiores y en la inferior izquierda, cuya función es solo guiar al lector a la posición exacta del código.



Fig.38: Estructura del código QR. [5]

Lectores de código QR para móviles

Instalando una aplicación en el Smartphone o Tablet, cualquiera de ellos las acepta, el único requisito es que incluyan una cámara. Las más utilizadas y gratuitas son las que aparecen en la Figura 39.

Dispositivos	Lectores
Android	Barcode Scanner, QuickMark, Beetagg, QR Pal, i-nigma, QR Droid (también escanea imágenes guardadas)
iPhone y iPad	QuickMark, i-nigma (permite compartir el código leído), Barcode, NeoReader, QR Reader, Beetagg
BlackBerry	Beetagg, ScanLife, i-nigma
Symbian	Barcode Scanner, UpCode Reader, Beetagg
Windows Mobile o Windows Phone 7	i-nigma, QR Reader, BeeTagg, NeoReader, Quickmark

Fig.39: Aplicaciones de ejemplo. [5]

5.7.2 ¿Cómo y de qué forma implementarlo en el departamento de mantención?

Existen varias formas de introducir estos códigos inteligentes para un uso práctico a un procedimiento del departamento de mantenimiento, en este caso, hablaremos de dos solamente.

- 1) **El primer uso práctico:** es realizar de una manera rápida, sencilla entrar al sistema de la empresa para leer información y con la ventaja adicional de no tener que actualizar la documentación permanentemente mediante impresiones en papel o la necesidad de disponer de un puesto informático cercano, es decir, por un sistema QR facilita el acceso a la información técnica disponible o manuales para las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo a llevar a cabo por los técnicos responsables.(Ver Fig.40)



Fig.40: Identificación de maquinaria y acceso a su documentación asociada, mediante códigos QR. (Imagen de ejemplo)

Metodología del primer uso práctico

- *Preparación de la documentación:* toda la información que se quiere difundir y mostrar se debe transformar a formato PDF, para dar la posibilidad del acceso y descarga de la misma desde cualquier dispositivo móvil.
- *Acceso a la documentación:* para poder acceder a la documentación desde cualquier punto es necesario tener un alojamiento *online* que la contuviese. Para ello, se puede escoger la plataforma *Dropbox*, ya que ofrece este servicio de manera gratuita. Entonces se realiza la carga en el servidor *Dropbox* de toda la documentación que se requiere difundir. Por otro lado mediante el *software* gratuito *APLILabel* o cualquier otro se genera los códigos QR, que contendrá el enlace web donde está almacenado el documento. Luego se ejecuta la impresión de las etiquetas adhesivas con el código QR, añadiéndole un texto identificativo del documento enlazado y se colocan en los equipos e instalaciones y por último se verifica de lectura del código inteligente y de su enlace web. (Ver figura 41)

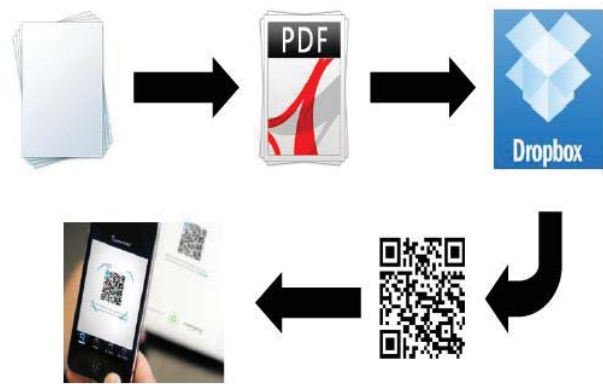


Fig.41: Proceso de utilización de los códigos QR para el acceso a la documentación (Imagen ejemplo)

- 2) **El Segundo uso práctico:** Básicamente consiste lo mismo que el primero, pero con la gran diferencia de que no se utiliza para revisar información, sino para cumplir reportes o inspecciones, en este caso se evita escribir en las cartillas o papeles, lo cual logra una comunicación o respuesta mucho más rápida ante cualquier eventualidad y de cierta manera se controla al personal técnico para su cumplimiento de inspecciones pero no es 100% fiable.

Metodología para el segundo uso práctico.

En este caso su preparación será de igual manera que el primero, pero para los formatos PDF que necesitan llevar un cumplimiento (plantillas, registros, etc.) se le asignaron las casillas a rellenar, mediante un *software* que permite tal acción.

VI.- Evaluación Económica

6.1.- Costos asociados al trabajo

Para realizar un análisis económico, primero se debe determinar los costos asociados o involucrados. Esto corresponde al costo de mano de obra, al costo de insumos, costo de transporte y costo de productos a utilizar.

Como visto anteriormente se debe tener a una persona que realice el trabajo, y lleve diario todo el tema de registro de planificación e inspecciones.

Costo mano de obra

Se considera 45 horas a la semana y se tiene que al mes son 180hr laborales y el sueldo del trabajador es de \$700.000 ya que a pesar de tener un amplio conocimiento en tema de computación, debe tener conocimientos en temas de mantención y procesos de áridos.

$$\$700.000 * 12 \text{ meses} = \$8.400.000 \text{ anualmente}$$

Costo de insumos o materiales

En la siguiente tabla N°15, se presentan las cantidad anuales de los materiales que utilizará por el trabajador.

	Cantidad (unidad)	valor unidad (\$)	total (\$)
guantes	4	\$1.590	\$6.360
protector auditivo	2	\$9.790	\$19.580
casco protectores	2	\$6.690	\$13.380
lentes de seguridad	4	\$5.000	\$20.000
Pantalón de mezclilla	1	\$5.700	\$5.700
polera manga larga	2	\$4.490	\$8.980
		Total anual	\$74.000

Tabla 15: costos de materiales

En este caso se debe considerar Transporte, ya que la única manera de ingresar a la planta es mediante un móvil, por lo tanto se considera \$180.000 mensual

$$\$180.000 * 12 \text{ meses} = \$2.160.000 \text{ anualmente}$$

Para el almuerzo también se debe considerar un gasto de \$2700 diario por lo tanto si se trabaja los 5 días y un mes contiene con 4 semanas

$$\$2700 * 240 \text{ días} = \$6480.000 \text{ anualmente}$$

Para el óptimo funcionamiento de todo el trabajo se debe tener en cuenta un computador en el cual poder trabajar con un valor de \$219.700, se detalla el siguiente modelo:

Computador De Escritorio [6]:

- Memoria RAM: 4GB DDR3L SDRAM 1600MHz
- Disco Duro: 500Gb.
- Procesador: Intel® Celeron® J3060 2M Ca che hasta 2.48 GHz
- Sistema Operativo: Windows 10 home.

Como estamos evaluando este trabajo en que los ingresos no se ven afectados, y sólo existen alternativas de diferente costo e inversión se utiliza el CAUE (*Costo Anual Uniforme Equivalente*), que es lo mismo pero considerando sólo los flujos de costo.

$$CAUE = VPN_{\text{costos}} \frac{(1+r)^n r}{(1+r)^n - 1}$$

r= tasa mínima de rendimiento

n= número total de períodos

VPN o VAN: valor presente neto

Entonces tendremos una inversión inicial de \$219.700, esto se llevará a cabo por un periodo de 4 años con una La tasa mínima de rendimiento (TREMA) del 10% y al cabo del último año vender el equipo asociado a la inversión inicial en \$100.000. En la tabla 16 se realiza el cálculo del flujo de costos:

Año	0	1	2	3	4
Inversión inicial	\$219.000				
Mano de obra		\$8.400.000	\$8.400.000	\$8.400.000	\$8.400.000
Costo de materiales		\$74.000	\$74.000	\$74.000	\$74.000
Costo de transporte		\$2.160.000	\$2.160.000	\$2.160.000	\$2.160.000
Costo almuerzo		\$648.000	\$648.000	\$648.000	\$648.000
Venta de equipo					-\$100.000
Total	\$219.000	\$11.282.000	\$11.282.000	\$11.282.000	\$11.182.000

Tabla 16: Flujo de costos

Luego se procede a obtener el VAN O VPN:

$$VAN = +219.000 + \frac{11.282.000}{(1 + 0,1)^1} + \frac{11.282.000}{(1 + 0,1)^2} + \frac{11.282.000}{(1 + 0,1)^3} + \frac{11.182.000}{(1 + 0,1)^4}$$

$$VAN = +219.000 + 10.256.363 + 9323967 + 8476334 + 7637456$$

$$VAN = \$35.913.120$$

$$CAUE = 35.913.120 * \frac{(1 + 0,1)^4 * 0,1}{(1 + 0,1)^4 - 1}$$

$$CAUE = \$11.329.540$$

Entonces como costo anual será de \$11.329.540 si se considera tan solo a ese trabajador. Esto significa que ese valor tendrá al contratar una persona más para que realice esa actividad, sin embargo, se debe dejar claro que esta inversión no busca aumentar los ingresos, sino controlar los costos y en lo posible reducirlos, ya que ellos ya disponían de un modelo de gestión de mantenimiento pero no se estaba utilizando al 100%.

6.2.- Costos asociados a la propuesta del Código QR

Este sistema figura de dos partes, una aplicación Web y una aplicación móvil. La aplicación Web será utilizada preferentemente por el administrador del sistema, el cual podrá gestionar (agregar, eliminar, modificar, buscar, listar) empleados, activos y las tareas a realizar, también tendrá la opción de realizar las tareas, pero preferentemente esta opción debería ser ejecutada a través de un dispositivo móvil, ya que esa es la principal funcionalidad de esta propuesta.

Para agilizar la realización de tareas, se ha decidido incorporar Smartphone y con sistema operativo Android 6.0 o superior, en donde el personal de trabajo podrá ver a través de la aplicación móvil las tareas a realizar o leer información. También se especificará como realizar las tareas y los implementos necesarios para su ejecución.

Factibilidad Técnica

Para el óptimo funcionamiento del sistema, se necesita los siguientes productos con sus respectivas especificaciones técnicas.

Computador De Escritorio [6]:

- Memoria RAM: 4GB DDR3L SDRAM 1600MHz
- Disco Duro: 500Gb.
- Procesador: Intel® Celeron® J3060 2M Cache hasta 2.48 GHz
- Sistema Operativo: Windows 10 home.

Servidor Web [7]:

- Memoria RAM: 8 GB de DDR4 ECC UDIMM (1 x 8 GB) a 2400 MT/s
- Disco Duro: cableado SATA de 1TB 7200 RPM 6Gbps de 3.5 Memoria Cache: 500 Mb.
- Procesador: Intel® Xeon® E3-1220 v5; 3.0 GHz; memoria caché de 8M; 4C/4T; turbo (80 W)
- Sistema Operativo: Sin sistema

Dispositivo Móvil [8]:

- Cámara Integrada 8 MP.
- Memoria: 8 Gb.
- Procesador: 1.1 GHz.
- Wifi.
- Sistema Operativo: Android 6.0

No es necesario tener estos productos con las mismas especificaciones descritas, son solo recomendaciones, no significa que el sistema no funcionará, simplemente son para que funcione sin contratiempos el proceso.

Factibilidad económica

Como se observa en la tabla 17, los productos necesarios descritos anteriormente para un correcto funcionamiento del proceso, en este caso, se cuenta 6 dispositivos 3 para el personal de mantención y otras 3 operaciones.

Producto	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Computador	1	\$219.700	\$219.700
Servidor	1	\$1.666.925	\$1.666.925
Smartphone	6	\$79.760	\$478.560

total productos			\$2.365.185
-----------------	--	--	-------------

Tabla 17: Costos asociados a los productos

Inversión	Valor
Productos	\$2.365.185
Software y mantención (Estimación) [9]	\$1.680.000

Total inversión	\$4.045.185
-----------------	-------------

Tabla 18: Costos de la inversión

Para la tabla 18 se estima el software más mantención mensual en \$1.680.000, luego de invertir en el sistema e implementarlo en la planta se estima un crecimiento en sus ingresos de producción por año en \$1.500.000. La tasa mínima de rendimiento (TREMA) es de 10% para una vida útil de 4 años.

Se aplica la fórmula del VAN O VPN:
$$VPN = F_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F}{(1+r)^t}$$

F= flujo de fondos del período t

r= tasa mínima de rendimiento

n= número total de períodos

Fo= inversión inicial

$$VAN = -4045185 + \frac{1500000}{(1+0,1)^1} + \frac{1500000}{(1+0,1)^2} + \frac{1500000}{(1+0,1)^3} + \frac{1500000}{(1+0,1)^4}$$

$$VAN = -4045185 + 1363636,36 + 1239669,42 + 1126972,2 + 1024520,18$$

$$VAN = 709.613$$

$$TIR = \{ TIR / VPN (TIR) = 0 \}$$

$$0 = -4045185 + \frac{1500000}{(1+TIR)^1} + \frac{1500000}{(1+TIR)^2} + \frac{1500000}{(1+TIR)^3} + \frac{1500000}{(1+TIR)^4}$$

$$2,69679 = + \frac{1}{(1+TIR)^1} + \frac{1}{(1+TIR)^2} + \frac{1}{(1+TIR)^3} + \frac{1}{(1+TIR)^4}$$

$$TIR = 17,87\%$$

Al realizar los cálculos correspondientes para identificar el Valor Actual Neto (VAN) es mayor que cero y la Tasa Interna de Retorno del proyecto (TIR) es mayor que TREMA, se concluye que es válido o rentable este proyecto.

VI.- Conclusión

Se diseñó un nuevo modelo gestión de mantenimiento para ser Implementado en la planta de árido Las Garzas. Junto con eso, este modelo se implementó pudiéndose apreciar ciertos resultados y mejorías que se comentan más abajo.

Para esta memoria se utilizó gran parte del personal de mantenimiento y operación, además de la ayuda de supervisión. Sin embargo esto se desarrolló en un periodo bastante escaso y sin ningún historial de registro de actividades de años anteriores, por ende, no se puede obtener resultados notorios al implementar las herramientas creadas, métodos y actualización de protocolos sobre un modelo de mantenimiento.

Entonces al introducir estos métodos o herramientas, durante los 5 meses, la confiabilidad aumentó entre 1-4% y se redujo los costos por no producir. Para esto se busca que en un año más se comience a reducir los costos.

Mediante un análisis FODA se detectó que la planta tiene 6 debilidades y se determinó atacar los 3 más críticos.

Se determinó el costo de lo que conlleva contratar a una persona para realizar y utilizar todo el trabajo propuesto e implementado.


Se sugiere también en la propuesta la implementación de un sistema de acompañamiento para la ejecución de rutas basado en los códigos QR buscando mejorar la eficiencia del sistema y de la información que genera.

Se recomienda utilizar las planillas entregadas para tener historial de registro, para lograr una planificación más eficiente, un análisis más profundo y así evitar futuras fallas.

VIII.- Anexos

8.1.- Formulario de catalogación de materiales

Este documento es utilizado para realizar la codificación de materiales, es necesario ser llenado por el usuario para enviárselo al ingeniero en materiales y crear el código correspondiente al repuesto.

		PLANILLA DE CATALOGACION DE MATERIALES DE STOCK																											
DESCRIPCION MATERIAL ▼		CODIGO <input type="text"/>																											
GRUPO CLASE	CLASIFICACION (*)	UNIDAD	REGLA COSTO	CRITICIDAD	MANIP. ITEM																								
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																								
TIPO PROVEED.	ALMACEN	BODEGA	ROP ROQ	USA PLANO	AREA SOLIC.																								
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																								
(*) Repuestos Críticos (Garantía Operacional): Ingresar en observaciones fundamentos para otorgar dicha clasificación, Indicar el impacto en el proceso productivo (Disminución toneladas de producción, pérdidas de eficiencia del equipo, tiempo de paralización del equipo, etc)																													
<input type="text"/> Datos Obligatorios Solicitante		<input type="text"/> Ing. Materiales																											
PROVEEDOR SUGERIDO	<input type="text"/>																												
FABRICANTE SUGERIDO	<input type="text"/>																												
DATOS EQUIPO ASOCIADO			NUMERO DE PARTE ▼	PREF.																									
EQUIPO	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>																									
CANT. x EQUIPO	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>																									
COD. EQUIPO	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>																									
AREA	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>																									
COLOQUIALES ▼	PRONOSTICO DE CONSUMOS 12 MESES ▼ <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 10px;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td> </tr> </table>				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	TOTAL ANUAL
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																		
<input type="text"/>		Precio Estimado Compra <input type="text"/>		<input type="text"/> pesos chilenos																									
COMENTARIO U OBSERVACIONES																													
<input type="text"/>																													
<input type="text"/>																													
<input type="text"/>																													
SOLICITADO POR	<input type="text"/>			FECHA	<input type="text"/>																								
REVISADO POR	<input type="text"/>			FECHA	<input type="text"/>																								
CATALOGADO POR	<input type="text"/>			FECHA	<input type="text"/>																								
Preparado por:	Revisado por:		Aprobado por:																										
<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>																										
Firma:	Firma:		Firma:																										

8.2.- Planilla sistema gestión de paro

Esta herramienta se utiliza para dejar registro de las paradas o fallas que se producen en la planta con sus respectivas duraciones, fecha, equipos, etc...

Fecha	Hora Inicio	Hora Término	Duración	HORAS	Tipo	Sub-Tipo	Equipo	Modo de Falla
12-abr	7:39	8:00	0,015	0,35	Incidente	Producción	TA01- TOLVA ALIMENTACION PRIMARIA	sin alimentación por camion en panne
12-abr	13:10	13:50	0,028	0,67	Incidente	Mecánico	CT03- CINTA TRANS. CARGA TC02	se detiene cinta y debe ser desocupada
13-abr	7:15	7:25	0,007	0,17	Programado	Producción	TC02- TRITURADOR DE CONO	Revisión y limpieza camara de trituración
13-abr	7:25	7:35	0,007	0,17	Programado	Producción	CT02- CINTA TRANS. DE CARGA HV01	Se limpia electroimán y chute descarga
16-abr	22:30	22:40	0,007	0,17	Programado	Producción	TC02- TRITURADOR DE CONO	Ajuste de charcador de cono
17-abr	7:00	7:35	0,024	0,58	Incidente	Producción	TA01- TOLVA ALIMENTACION PRIMARIA	Sin Alimentación
17-abr	11:24	11:30	0,004	0,10	Incidente	Mecánico	CT03- CINTA TRANS. CARGA TC02	Se tensan correas
17-abr	2:55	3:01	0,004	0,10	Incidente	Producción	TA01- TOLVA ALIMENTACION PRIMARIA	Sin Alimentación
18-abr	7:00	7:35	0,024	0,58	Programado	Producción	General- General Planta	Revisión equipos
20-abr	7:00	7:30	0,021	0,50	Programado	Producción	General- General Planta	Revisión equipos
20-abr	7:30	7:45	0,010	0,25	Incidente	Producción	TA01- TOLVA ALIMENTACION PRIMARIA	Sin Alimentación
20-abr	15:15	16:10	0,038	0,92	Incidente	Producción	TA01- TOLVA ALIMENTACION PRIMARIA	Sin Alimentación (camion en panne)
20-abr	4:30	4:40	0,007	0,17	Incidente	Producción	CT02- CINTA TRANS. DE CARGA HV01	Se retira neumatico
21-abr	8:05	8:48	0,030	0,72	Incidente	Producción	TA01- TOLVA ALIMENTACION PRIMARIA	Sin Alimentación (escavadora en panne)
21-abr	9:16	11:50	0,107	2,57	Incidente	Producción	TA01- TOLVA ALIMENTACION PRIMARIA	Se retira tronco de chute salida primariognizz

8.3 Cartilla original

Antes de desarrollar este trabajo se utilizaban 10 cartillas de inspección, cada cartilla representa a 1 equipo en específico, actualmente en la planta se ocupan 14 cartillas ya que se agregaron 4 y otras 4 fueron modificadas.



Planta Las Garzas
Lista de chequeo de equipos

Chancador de cono Norberg HP300
Inspección general con equipo detenido

Realizado por: _____ Fecha: _____
Operador Planta: _____ Hora: _____

1. Pasarelas y accesos	Bien	Mal	Acción
Asegúrese de que pasarelas y accesos se encuentren despejados, reporte cualquier condición insegura			

2. Revisión Mecánica y estructural	Bien	Mal	Acción
Medir tiempo de parada del equipo			
Medir setting y registrar valor			
Revise alineación poleas, tensión y estado correas			
Inspeccione estructura carreta, no deben haber fisuras			
Revise cámara de trituración, retire basuras, raíces, etc			
Revise fugas en sistema alivio (cil. hidráulicos y acumulado)			
Revise fugas en cilindros clamping			
Revise filtro del contraeje del chancador			
Mida distancia entre guardapolvo del bowl y corona de manera de verificar desgaste de corazas			
Mida distancia entre prismático y el cuerpo principal de manera de evaluar el desgaste del set liner			
Revise estado del cono distribuidor			
Revise el estado del acorazado del contrapeso			
Revise el estado del acorazado del cuerpo			
Revise estado de los monturines del equipo			
Revise que no hayan fugas de aceite por sellos T y U			

3. Observaciones, tareas realizadas, oportunidades de mejora

Acción			
Reparar	R	Apretar/Ajustar/Tensar	A
Limpiar	L	Cambiar	C
Engrasar	E	Detener, daño en equipo	D

8.4 Planilla de estado de pago

Extracto de la planilla de estado de pago, se utiliza para proyectar los costos del departamento de mantenimiento mensualmente. Los Costos de mantenimiento se subdividen en 3, piezas de desgaste (PD), Gestión de mantenimiento (GM) y Arriendo a terceros (AET).

COSTOS MANTENIMIENTO																	
IG	Budget	Pago Julio	Por Gastar														
PD	\$ 13.300.000	\$ 13.503.572	-\$ 203.572	Acción	Estado	OT	OR	OP	Planta	Equipo	Empresa	Descripción trabajo	Fecha	NºCOT	Valor	GM	CC
GM	\$ 11.790.000	\$ 13.096.610	-\$ 1.306.610	R	Realizado		17001362		LG	CT	Bodega	Correas B-112, 4 unidades	12-jul		\$ 72.220	PD	664016
AET	\$ 2.800.000	\$ 2.653.320	\$ 146.680	R	Realizado		17001362		LG	TC02	Bodega	Correas 8VX1500, 2 u	12-jul		\$ 183.600	PD	664016
Total V	\$ 27.890.000	\$ 29.253.502	-\$ 1.363.502	R	Realizado		17001362		LG	CT	Bodega	Correa B-110, 1 u	12-jul		\$ 10.690	PD	664016
				R	Realizado		17001363		LG	HV01	Bodega	Correas C-106, 4 u	12-jul		\$ 75.200	PD	664016
				R	Realizado		17001363		LG	HV03	Bodega	Correas C-111, 2 u	12-jul		\$ 31.866	PD	664016
				R	Realizado		17001363		LG	AV01	Bodega	Correas C-94, 4 u	12-jul		\$ 71.640	PD	664016
				R	Realizado		17001363		LG	TM01	Bodega	Correa D-285, 1 u	12-jul		\$ 69.000	PD	664016
				R	Realizado		17001363		LG	General	Bodega	Disco de desbaste 7", 1 u	12-jul		\$ 1.674	GM	664004
				R	Realizado		17001364		LG	HV02	Bodega	Mallas Autolimpiante, 2 u	12-jul		\$ 584.228	PD	622002
				R	Realizado		17001364		LG	HV03	Bodega	Mallas 1830x1220x8x2", 2 u	12-jul		\$ 237.388	PD	622002

8.5 Ficha técnica

Se realizaron para todos los equipos fichas técnicas, se muestra en la siguiente figura 42 sus características y componentes de una cinta transportadora.



																																				
CÓDIGO: CT21 PLANTA LAS GARZAS																																				
DATOS DE EQUIPO																																				
MOTOR	MARCA																																			
	MODELO	No aplica																																		
	POTENCIA HP (kW)	15 HP																																		
	VELOCIDAD RPM	1450																																		
	DIAMETRO POLEA mm (pulg)	7"																																		
REDUCTOR	MARCA	Bonfiglioli																																		
	MODELO	pendular																																		
	DIAMETRO EJE REDUCTOR mm (pulg)	55 mm																																		
	DIAMETRO DE ALOJAMIENTO TAMBOR																																			
	RAZON DE REDUCCION	15																																		
	DIAMETRO POLEA mm (pulg)	6 1/2"																																		
	LUBRICANTE	EP-220																																		
CORREA	TIPO	B105																																		
	COD JDE	812258																																		
	CANTIDAD	2																																		
CINTA	LARGO ENTRE CENTROS m	24																																		
	ANCHO mm (pulg)	30"																																		
	N° telas	3																																		
	INCLINACIÓN	15°																																		
TAMBOR	MOTRIZ	DIAMETRO mm (pulg)	16"																																	
		DIAMETRO EJE mm (pulg)	65 mm																																	
		DESCANSO	UCP213																																	
		MANGUITO																																		
		RODAMIENTO																																		
		ANCHO mm (pulg)	32"																																	
		CONDUCIDO	DIAMETRO mm (pulg)	16"																																
	DIAMETRO EJE mm (pulg)		65 mm																																	
	DESCANSO		UCP213																																	
	MANGUITO																																			
	RODAMIENTO																																			
	ANCHO mm (pulg)		32"																																	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #003366; color: white;">POLIN</th> </tr> <tr> <th></th> <th>CARGA</th> <th>IMPACTO</th> <th>RETORNO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CANTIDAD</td> <td>68</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>MANTO (DIAMETRO) plg</td> <td>4 1/2</td> <td>4 1/2</td> <td>4 1/2</td> </tr> <tr> <td>MANTO (LARGO) plg</td> <td>11</td> <td>11</td> <td>32"</td> </tr> <tr> <td>EJE</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CALCE CUADRADO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">COD JDE</td> <td style="background-color: yellow;">262535</td> <td style="background-color: yellow;">262618</td> <td style="background-color: yellow;">817531</td> </tr> </tbody> </table>				POLIN					CARGA	IMPACTO	RETORNO	CANTIDAD	68	7	7	MANTO (DIAMETRO) plg	4 1/2	4 1/2	4 1/2	MANTO (LARGO) plg	11	11	32"	EJE				CALCE CUADRADO				COD JDE	262535	262618	817531
	POLIN																																			
	CARGA	IMPACTO	RETORNO																																	
CANTIDAD	68	7	7																																	
MANTO (DIAMETRO) plg	4 1/2	4 1/2	4 1/2																																	
MANTO (LARGO) plg	11	11	32"																																	
EJE																																				
CALCE CUADRADO																																				
COD JDE	262535	262618	817531																																	

Fig. 42: Ficha técnica de la cinta transportadora

8.7 Planilla “plan maestro”

Herramienta completa implementada.

Plan Maestro de Mantenimiento
Planta ARIDOS Las Garzas - V región

Actualizar	
ULTIMA ACTUALIZACIÓN	27-nov

Actualizar horómetros		Ingresar Parámetro	
Triturador de Cono Norberg HP300	28690,8	Fecha último cambio horómetro	Factor de Utilización proyectado
Triturador de Impacto VSI Barnac 7100	27827,91	23/09/2017	75%
Triturador Primario PE900x600 Shan Bao	28690,8		
Alimentador Vibratorio Grizzly	28690,8		
Alimentador VSI	27827,91		
Alimentador Duna	27827,91		
CP01			
HV-01	28690,8		
HV-02	28690,8		
HV-03	27827,91		
Cintas Primario (CT1-2)	28690,8		
Cintas Secundario (CT3-5)	28690,8		
Cintas Terciarias (CT6-21-PS)	27827,91		
Tornillo lavador simple	27827,91		

PROYECCIÓN MECÁNICA

6. Proyecciones

Semáforo

TAG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA [hrs]	FECHA ÚLTIMO CAMBIO	HORÓMETRO ÚLTIMO CAMBIO	Horas Detencion	COSTO	PROYECCIÓN	OT		
6.1	TC-02	Cambio de Bowl Liner y Mantle, cambio de Torch Ring	650	31/08/2017	28431,45	12	\$ 4.241.300	18/12/2017	1080	27/11/2017
6.2	TC-02	Cambio de aceite (limpieza o cambio filtro de aceite)	650	12/07/2017	27805,64	3		13/11/2017	725	27/11/2017
6.3	TC-02	Medición de los acumuladores de las presiones	2400	18/08/2017	28297,88			18/03/2018	1004	27/11/2017
6.4	TC-02	Cambio de aceite hidráulico	2000	03/01/2017	25586,83			26/09/2017		27/11/2017
6.5	TC-02	Mantenición Preventiva o destape chancador	2400	31/08/2017	28431,45	12		25/03/2018	1080	27/11/2017
6.6	TC-02	Cambio de buje outhter y inner	5000			96		20/04/2014		27/11/2017
6.7	TC-02	Cambio set Liner	4000					24/02/2014		27/11/2017
6.8	TC-02	Cambio de socket liner	4800	03/01/2017	25586,83	96		01/03/2018		27/11/2017
6.9	TC-02	Metrología (Incluye Backlash, revisión de sello contraeje)	2400	16/05/2017	27125,4	24		12/01/2018	317	27/11/2017
6.10	TC-02	Cambio de buje de la excéntrica	8000	03/01/2017	25586,83	96		26/08/2018		27/11/2017
6.11	TC-02	Mantenición Semanal revision correas ajuste cuñas limpieza camara de trituracion Ajuste setting reaprete pernos general	Semanal	31/08/2017	semanal	10		semanal	999	27/11/2017
6.12	TM-01	Cambio de muela fija	2000	06/06/2017	27392,04	12	\$ 2.211.451	04/01/2018	455	27/11/2017
6.13	TM-01	Giro de muela fija	1000	22/08/2017	28336,3	8		01/01/2018	1030	27/11/2017
6.14	TM-01	Cambio de muela móvil	2000	20/07/2017	27572,58	12		14/01/2018		27/11/2017
6.15	TM-01	Giro de muela móvil	1000	20/07/2017	27572,58	8		20/11/2017	243	27/11/2017
6.16	TM-01	Metrología y/o reemplazo de placas laterales	4000	24/02/2017	25894,28			01/02/2018		27/11/2017
6.17	TM-01	Mantenición,Reaprete Pernos revisar correas y tensor ajuste setting revision Motor	Semanal	17/08/2017	semanal	4		semanal	1000	27/11/2017
6.18	TI-03	Cambio de rotor completo	600	04/09/2017	27615,14	8	\$ 4.951.114	18/12/2017	1110	27/11/2017
	TI-03	Cambio de tubo alimentación	300	12/09/2017	27719,71	4		07/12/2017	1140	27/11/2017
6.19	TI-03	Cambio de rotor tips, placas de respaldo y tip carrier	200	04/09/2017	27615,14	3		26/11/2017	1110	27/11/2017
6.20	TI-03	Cambio de bearing catridge	4000	17/05/2017	26334,33	12		15/04/2018	323	27/11/2017
6.21	TI-03	Metrología (Informe de reparación de bearing catridge)	4000					13/04/2014		27/11/2017
6.22	TI-03	Mantenición Semanal revision rotor sistema engrase piezas de desgastes correas (Implementar cartilla de medición de desgastes rotor tips)	Semanal	12/09/2017	semanal	10		semanal		27/11/2017

6.23	AV-01	Cambio Rodamiento	8000	03/01/2017	25586,83	24	26/08/2018		27/11/2017
6.24	AV-01	Cambio de resortes	8000	03/01/2017	25586,83	24	26/08/2018		27/11/2017
6.25	AV-01	Cambio de correas de transmisión	600	14/07/2017	27841,29	4	13/11/2017	774	27/11/2017
6.26	AV-01	Cambio de aceite Lubricante(EP220)	1200	03/01/2017	25586,83		13/08/2017		27/11/2017
6.27	AV-01	Mantenión Semanal	Semanal	14/08/2017	semanal	10	semanal	991	27/11/2017
6.28	HV-01	Cambio de resortes	8000	03/01/2017	25586,83	10	26/08/2018		27/11/2017
6.29	HV-01	Cambio de Lubricante(grasa)	1000	09/02/2017	26049,73		27/08/2017	83	27/11/2017
6.30	HV-01	Cambio de rodamientos	8000	09/02/2017	26049,73	36	20/09/2018	83	27/11/2017
6.31	HV-02	Cambio de resortes	5000	03/01/2017	24774,55	10	26/01/2018		27/11/2017
6.32	HV-02	Mantenión modulos, guarderas, resortes ,estructura ,correas motor	350	27/06/2017	26818,2	10	03/09/2017	627	27/11/2017
6.33	HV-02	Cambio de Lubricante(grasa)	1000	03/01/2017	24774,55		17/06/2017		27/11/2017
6.34	HV-02	Cambio de rodamientos	10000	08/04/2016	22370,03	36	19/06/2018		27/11/2017
6.35	HV-03	Cambio de resortes	5000	10/04/2017	25962,6	10	20/05/2018	205	27/11/2017
6.36	HV-03	Mantenión modulos, guarderas, resortes estructura ,correas motor	350	07/06/2017	26601,62	10	09/10/2017	488	27/11/2017
6.37	HV-03	Cambio de aceite de lubricación	1600	14/03/2017	26313,97		01/12/2017	S.P	27/11/2017
6.38	HV-03	Cambio de rodamientos	10000	14/03/2017	26313,97	36	13/03/2019	S.P	27/11/2017
6.39	TL-01	Cambio Aceite Reductor	1500	30/06/2017	26858,9	5	26/12/2017	640	27/11/2017
6.40	TL-01	Cambio Zapatas	1000	12/09/2017	27719,71	8	15/01/2018	1148	27/11/2017
6.41	TL-01	Metrología	5000	21/06/2017	26759,81	4	03/07/2018		27/11/2017
6.42	TL-01	Cambio Rodamiento	5000	31/08/2017	27582,99	48	18/08/2018	1086	27/11/2017
6.43	General	Engrace Planta Semanal cintas y Equipos	Semanal		semanal	10	semanal		27/11/2017
6.44	General	Revisión Romana	1200	03/01/2017	25586,83		30/09/2017		27/11/2017
6.45	General	Seguimiento de inspección	Semanal		semanal		semanal		27/11/2017
6.46	CT-01	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	28431,45		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.47	CT-02	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	28431,45		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.48	CT-03	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	28431,45		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.49	CT-04	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	28431,45		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.50	CT-05	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	28431,45		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.51	CT-06	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	27582,99		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.52	CT-07	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	27582,99		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.53	CT-08	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	27582,99		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.54	CT-09	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	27582,99		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.55	CT-10	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	27582,99		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.56	CT-11	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	27582,99		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.57	CT-12	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	27582,99		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.58	CT-13	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	27582,99		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.59	CT-14	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	30/08/2017	27582,99		27/12/2017	1099	27/11/2017
6.60	CT-15	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	03/05/2017	26222,68		13/10/2017	266	27/11/2017
6.61	CT-16	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	03/05/2017	26222,68		13/10/2017	266	27/11/2017
6.62	CT-17	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	03/05/2017	26222,68		13/10/2017	266	27/11/2017
6.63	CT-AL.VSI	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	03/05/2017	26222,68		13/10/2017	266	27/11/2017
6.64	CT-19	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	03/05/2017	26222,68		13/10/2017	266	27/11/2017
6.65	CT-20 (DUNA)	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	03/05/2017	26222,68		13/10/2017	266	27/11/2017
6.66	CT-21	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	03/05/2017	26222,68		13/10/2017	266	27/11/2017
6.67	CT-PS	Revisión Reductor y Cambio de aceite	800	03/05/2017	26222,68		13/10/2017	266	27/11/2017

8.8 Análisis de Pareto

Para realizar el gráfico 3 se tomó los datos del mes de agosto de la planilla sistema gestión de paro, donde se procedió a ordenar y calcular los porcentajes pertinentes de cada casilla.

Equipo	Suma de HORAS	cantidad	Acumulado horas	Acumulado cantidad
TA01- TOLVA ALIMENTACION PRIMARIA	9,5	24	27%	50%
HV02- HARNERO VIBRATORIO 02	10,3	3	57%	56%
AV01- ALIMENTADOR VIBRATORIO	1,6	3	61%	63%
TM01- TRITURADOR DE MANDÍBULA	0,9	3	64%	69%
TC02- TRITURADOR DE CONO	0,7	3	66%	75%
General- General Planta	4,8	2	79%	79%
CT21- CINTA TRANS. ARENA PRODUCTO	2,0	2	85%	83%
TI03- TRITURADOR DE IMPACTO VERTICAL	1,2	2	89%	88%
CT14- CINTA TRANS. DESCARGA CT18 A TC03	0,9	2	91%	92%
CT18- CINTA TRANS. CARGA TA03	2,1	1	97%	94%
BBAA01- BOMBA PISCINA AGUA LIMPIA 01	0,4	1	98%	96%
CT01-CINTA TRANS. DESCARGA TM01	0,4	1	99%	98%
CT11- CINTA TRANS. DESCARGA HV02 A CARGA TA03	0,2	1	100%	100%
Total General	34,9	48		

Tabla 19: Datos de la planilla sistema gestión de paro para calcular un Pareto

8.9 Calculo de la Confiabilidad, Disponibilidad y mantenibilidad.

 REPORTE DE GESTIÓN PLANTA LAS GARZAS - V REGIÓN							
SELECCIONAR FECHA	PLANTA	UNIDAD	DÍA	MTD MES	PPTO MES	YTD AÑO	PPTO AÑO
30-ago	PLANTA LAS GARZAS		30	agosto	agosto	2017	2017
PLANTA LAS GARZAS KPI'S OPERACIÓN	ALIMENTACION Total	Ton	-	63.010	65.430	482.454	792.696
	ALIMENTACION Terciaria	Ton	1.428	61.660	-	482.454	
	ALIMENTACION S/Secundaria	Ton	-	2.778	-		
	Reproceso Power Screen	Ton	1.428	1.428	-		
	OPERACIÓN Terciaria	h	16,62	360,54	387,90	2822,08	4612,05
	OPERACIÓN Secundaria	h	0,00	360,95	387,90	2847,00	4612,05
	DETENCION	h	0,1	25,8	43,10	230,16	512,45
	PROGRAMA	h	16,7	386	431,00	3052,24	5124,50
	DISPONIBLE	h	24	720	744,00	5784,00	8760,00
	PAROS	u	0	47		375,00	
	CONFIABILIDAD Terciaria	%	● 99,52%	● 93,33%	● 90,00%	● 92,46%	● 90,00%
	UTILIZACION Terciaria	%	● 69,3%	● 50,1%	● 52,1%	● 48,8%	● 52,6%
	MTBF	h	SIN PAROS	7,67	-	7,53	
	VELOCIDAD	Ton/h _{op}	● 86	● 171	● 148	● 171	● 188(76)
CORRECTORA	%-Volumen	14,0%	6,7%	9,0%	9%	9%	
KPI Energía vs Alimentación	kWh/Ton	1,76	1,35	-	1,41	-	

Fig. 43: Reporte de producción planta Las Garzas

Como ejemplo se toma el mes de agosto y para el cálculo de la confiabilidad se utilizaron los parámetros mostrados en la Figura 43, de estos se utilizó:

Operación terciaria: 360,64 (hr)

Detención: 25,8 (hr)

Número de paros: 47

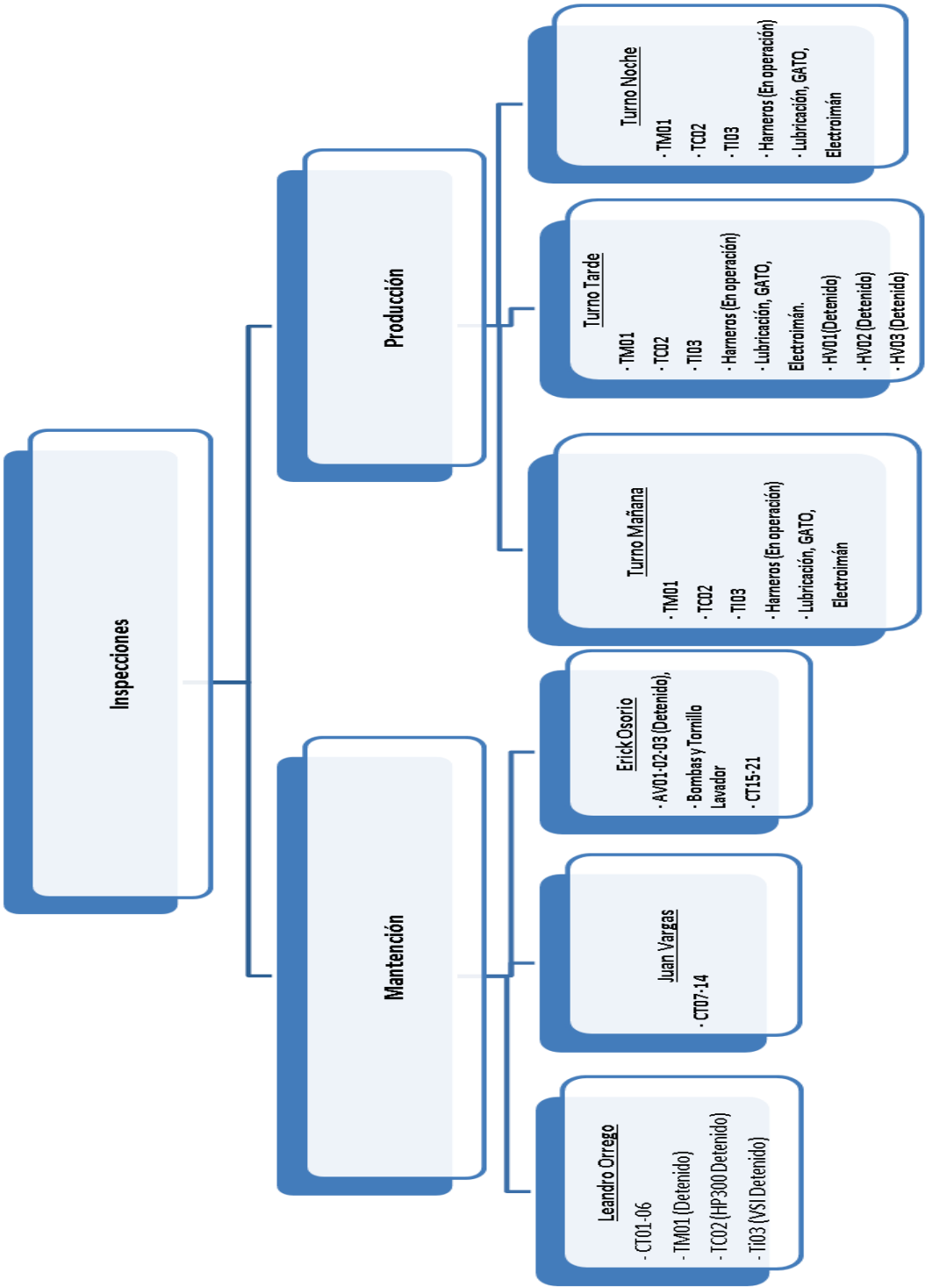
$$\left(\frac{360,64}{47}\right) \times 100 = MTBF$$

$$\left(\frac{25,8}{47}\right) \times 100 = MTTR$$

$$\left(\frac{MTBF}{MTTR + MTBF}\right) \times 100 = R = 93,3\%$$

8.10 Organigrama de las inspecciones

Consta de 6 operarios en total, 2 por cada turno y 3 personas en el departamento de mantención, en la siguiente imagen muestra la responsabilidad de cada inspección.



8.11 Curva de la bañera

La curva de la bañera representa los fallos durante el período de vida útil de un sistema o máquina. En ella se pueden apreciar tres etapas. (Ver figura 44)

Fallos iniciales: se caracteriza por una alta tasa de fallos que desciende con el tiempo. Estos fallos pueden deberse a diferentes razones, pero la significativa para este trabajo es el desconocimiento del procedimiento adecuado.

Fallos normales: en esta sección su tasa de errores menor y constante. Los fallos no se producen debido a causas inherentes al equipo, sino por causas aleatorias externas. Estas causas pueden ser accidentes fortuitos, mala operación, condiciones inadecuadas u otros.

Fallos de desgaste: etapa caracterizada por una tasa de errores rápidamente creciente. Los fallos se producen por desgaste natural del equipo debido al transcurso del tiempo.

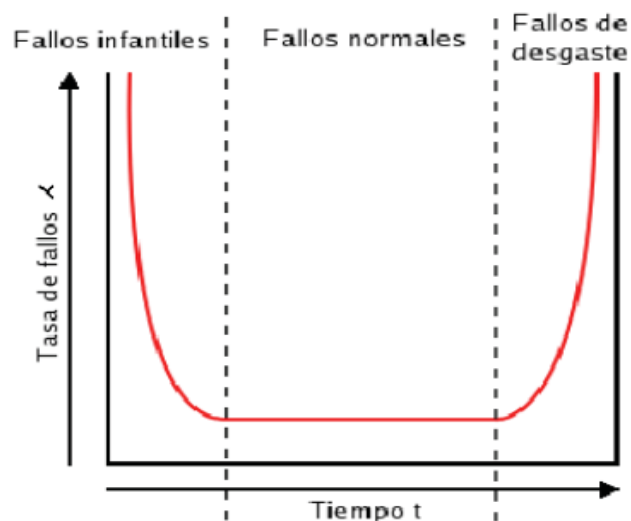


Fig. 44: Apuntes de mantención, curva la bañera.

8.12 Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad

La confiabilidad es la probabilidad de que un sistema, activo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un período bajo condiciones operacionales previamente definidas y constantes. [4]

$MTTR = \left[\frac{h_p}{P} \right] \times 100$ Esto significa que si no hay fallas el equipo es 100% confiable, por lo tanto en temas de producción se entiende que una maquinaria es o no confiable cuando su frecuencia de fallas es alta o baja. Este concepto está relacionado con la calidad del material chancado, es decir, si aparece un material mal chancado, la máquina no es confiable al 100%, ya que la confiabilidad es el tiempo en que el producto está en continuo funcionamiento.

Para esta planta se utiliza las siguientes fórmulas:

hT: Horas trabajadas o de marcha.

P: Número de paros.

MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas): Tiempo medio que un sistema funciona entre fallas. El tiempo medio entre fallas se expresa generalmente en horas.

La mantenibilidad se entiende como la capacidad o la expectativa que se tiene de que un equipo o sistema permanezca bajo condiciones dadas de operación dentro

$MTBF = \left[\frac{h_T}{P} \right] \times 100$ de un periodo de tiempo establecido, cuando la acción de mantenimiento es ejecutada de acuerdo a procedimientos prescritos.

Se utiliza la siguiente fórmula:

P: Número de paros.

hP: Horas de paro.

MTTR (tiempo medio de reparación): es el tiempo necesario para reparar un elemento o equipo que ha fallado.

La disponibilidad se define como la probabilidad de que la máquina funcione apropiadamente en cualquier momento que sea requerido, cuando se utiliza en condiciones normales. En la práctica se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente.

Se demuestra en la siguiente ecuación y como se relaciona con la confiabilidad y mantenibilidad:

$$R = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

R: Disponibilidad.

MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas.

MTTR: Tiempo Medio Para Reparación

IX.-Bibliografía

- 1.- Tesis, “Modelo gestión de mantenimiento para incrementar la calidad en el servicio en el departamento de alta tensión de STC metro de la ciudad de México” 2015
- 2.-Tesis, “Plan de mantenimiento para Áridos Boco” Cristian Salazar 2014 PUCV.
- 3.- Manual de operación Barmac VSI series B.
- 4.- Página WEB, <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-calculo-de-la-confiabilidad>.
- 5.- Sistema de gestión de activos utilizando QR, power point.
- 6.- <http://www.cintegral.cl/ficha-producto.php?idProducto=CAILE10K4002WCL>
- 7.-http://www.dell.com/cl/empresas/p/poweredge-t130/pd?oc=ent_pet130_1022_q4&model_id=poweredge-t130
- 8.- <https://tienda.movistar.cl/smartphone-liberados/k4-2017.html?color=brown>
- 9.- <https://jumpseller.cl/sign-up/>