

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electromecánica
Ingeniería en Mantenimiento Industrial



Constructora Meco S.A.
Unidad Estratégica De Negocios Agregados



**Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para
equipos críticos de la unidad estratégica de negocios (UEN)
agregados de Constructora Meco S. A.**

INFORME DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA
EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

GRADO LICENCIATURA

Milagro Geovanna Elizondo Chacón

Cartago, Costa Rica

II Semestre 2016



Escuela Acreditada por
Engineers Canada Accreditation Board (ECAB)

Profesor Guía

Ingeniero Luis Antonio Gómez Gutiérrez

Asesor Industrial

Ingeniero Ricardo Esteban Solano Duarte

Jurado

Ingeniero Juan Pablo Arias Cartin

Ingeniero Gilbert Bonilla Castillo

Información del Estudiante, Proyecto y Empresa

Información del Estudiante	
Nombre:	Milagro Geovanna Elizondo Chacón
Carné ITCR:	201233474
Dirección de residencia en época lectiva:	150 m sur del Colegio Miravalle, Agua Caliente, Cartago
Dirección de residencia en época no lectiva:	25 m norte del Sansi Bar, La Virgen, Sarapiquí, Heredia
Teléfono en época lectiva:	8507-4344
Teléfono en época no lectiva:	2761-1392
Email:	elizondo.mili@gmail.com
Información del Proyecto	
Nombre del Proyecto:	Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para equipos críticos de la unidad estratégica de negocios (UEN) agregados de Constructora Meco S. A.
Profesor Asesor:	Luis Antonio Gómez Gutiérrez
Horario de Trabajo:	Lunes a Viernes de 7:30 a.m. a 5:00 p.m.
Información de la Empresa	
Nombre:	Constructora Meco, S.A.
Zona:	La Uruca, San José
Dirección:	50 m Norte del Hotel San José Palacio
Teléfono:	2519-7000
Fax:	2519-8400
Actividad Principal:	Construcción vertical

Dedicatoria

A Dios en primer lugar, por darme la fuerza y el valor para llegar al final sin desfallecer.

A mi mamá, mi principal pilar y motivación, por el apoyo incondicional y porque todos mis logros realmente son tuyos mita.

A mis dos papás, al que me dio la vida, que me enseñó a ser fuerte y tener coraje para enfrentar todo sin importa lo difícil que se vea. Y a Eduardo, quién me ha demostrado que la humildad y el amor son los que realmente describen a una persona.

A mis hermanos, Esteban por enseñarme a pelear y tener ambición, y Rudy por hacerme competitiva y enseñarme una forma de amor diferente, y porque hoy hablamos el mismo "idioma".

A Paula Alfaro, porque se convirtió en mi hermana cuando más lo necesite, y porque me ha enseñado más de lo que ella se imagina.

A Andrea Cordero por esa amistad verdadera y darme ese consejo que siempre ocupé, parte de esto lo construimos juntas.

Y todas las personas, que fueron parte del camino, que de una u otra forma aportaron para lograr mi sueño.

Contenido

I.	INTRODUCCIÓN	1
A.	Identificación de la Empresa	2
1.	Generalidades	2
2.	Antecedentes Históricos	5
3.	Organigrama General	6
4.	Organigrama de UEN Agregados	7
5.	Política de Calidad	8
6.	Proceso Productivo	9
7.	Mercado en Costa Rica	17
B.	Justificación del Proyecto	19
C.	Objetivos	29
1.	Objetivo General	29
2.	Objetivos Específicos	29
D.	Alcances y Limitaciones	30
1.	Alcances	30
2.	Limitaciones	30
E.	Metodología de Trabajo	31
II.	MARCO TEÓRICO	33

A.	Mantenimiento Industrial	34
1.	Tipos de Mantenimientos	35
2.	Análisis de las Tareas de Mantenimiento	38
B.	Industria de Trituración.....	39
1.	Tipos de trituradoras	40
2.	Cribas.....	42
3.	Planta de trituración.....	42
III.	METODOLOGÍA DEL MTA	43
A.	Fase 1. Preparación del MTA.....	45
B.	Fase 2. Análisis de las Tareas de Mantenimiento	45
C.	Fase 3. Finalización del MTA	46
IV.	SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PLANTAS DE TRITURACIÓN	47
A.	Quebradores de Constructora Meco.....	48
B.	Selección de la Familia de Equipos a Estudiar	50
C.	Conclusiones de la Situación Actual de las Plantas de Trituración	51
V.	DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	53
A.	Equipos Seleccionados	54
B.	Aplicación de la Metodología MTA	55
C.	Manual de Mantenimiento Preventivo	56
1.	Lista de Chequeo.....	56

2.	Planes de Mantenimiento Preventivo	58
3.	Lista de Chequeo de Triturador de Cono marca Metso	61
4.	PMP de Triturador de Cono marca Metso	63
5.	Lista de Chequeo de Triturador de Cono marca Terex	68
6.	PMP de Triturador de Cono marca Terex.....	70
7.	Lista de Chequeo de Criba.....	75
8.	PMP de Criba	77
9.	Lista de Chequeo de Banda Transportadora	80
10.	PMP de Banda Transportadora	82
D.	Costos de Implementación del PMP	85
1.	Mano de Obra.....	85
2.	Repuestos Necesarios.....	87
3.	Servicios Externos	88
4.	Resumen de Costos	88
VI.	ESTRATEGIAS DE VENTA DEL PROYECTO	90
A.	Venta del Proyecto a Nivel Gerencial	91
B.	Estrategia de Cambio Cultural	94
1.	Nivel Administrativo	95
2.	Nivel Gerencial y Jefaturas	96
3.	Nivel Técnico y Operacional	96

VII.	INDICADORES DE MANTENIMIENTO	97
VIII.	RESUMEN DE LA ESTRATEGIA DE MEJORA	100
IX.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
A.	Conclusiones	104
B.	Recomendaciones	105
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	106
XI.	APÉNDICE	109
A.	Glosario.....	110
B.	Gantt del Proyecto	111
C.	Codificación de los Equipos	113
D.	Análisis de Criticidad	118
E.	Ficha Técnica del Triturador de Cono y Criba 54-06	120
1.	Ficha Técnica de la Trituradora de Cono	120
2.	Ficha Técnica de la Criba.....	121
3.	Fichas Técnicas de las Bandas Transportadoras	122
F.	Cotizaciones de los Servicios Externos.....	125
1.	Mantenimiento de Elementos de Desgaste.....	125
2.	Mantenimiento de un Motor de 300 HP	126
3.	Mantenimiento de Caja Reductora	127
4.	Mantenimiento de Motor de 15 HP	128

5.	Mantenimiento de Motor de 40 HP	129
G.	Cotización del Juego de Resortes para Criba	130
H.	Tarifas de los Equipos	131
1.	Triturador de Cono TR56	131
2.	Triturador de Cono y Criba TR54	132
3.	Criba TR50	133
4.	Bandas Transportadoras TR44	134

Índice de Figuras

Figura I-1 Distribución de las plantas de agregados.....	3
Figura I-2 Breve reseña histórica de la compañía.....	5
Figura I-3 Organigrama general de la empresa.....	6
Figura I-4 Organigrama de la UEN Agregados Regional.....	7
Figura I-5 Organigrama UEN Agregados Costa Rica.....	8
Figura I-6 Fotografía del Tajo Santa Ana.....	9
Figura I-7 Fotografía del Pulmón de Planta Guápiles.....	10
Figura I-8 Diagrama del proceso productivo.....	11
Figura I-9 Fotografía de malla 200.....	15
Figura I-10 Fotografía de la trituración secundaria y terciaria.....	15
Figura I-11 Diagrama de flujo de Planta Guápiles.....	16
Figura I-12 Gráfico de metros cúbicos vendidos por Centros de Ventas.....	18
Figura I-13 Comportamiento de los ingresos versus costos en siete meses.....	20
Figura I-14 Porcentaje de paros de los primeros siete meses del 2016.....	22
Figura I-15 Diagrama de Pareto de horas de paro.....	24
Figura I-16 Horas de paro por mantenimiento de enero a julio.....	25
Figura I-17 Partes de un Triturador de Mandíbulas marca Metso.....	26
Figura I-18 Comportamiento mensual de los pocos vitales de paros.....	27
Figura II-1 Triturador de mandíbulas.....	40

Figura II-2 Triturador de impacto	41
Figura II-3 Trituradora de cono	41
Figura II-4 Criba	42
Figura III-1 Diagrama de flujo del proceso MTA	44
Figura IV-1 Fotografía de protecciones eléctricas de algunos motores de Planta Guápiles.....	49
Figura IV-2 Diagrama de Pareto de costos de mantenimiento por categorías.....	51
Figura V-1 Encabezado de una lista de chequeo	56
Figura V-2 Actividades de una lista de chequeo	57
Figura V-3 Pie de página de una lista de chequeo	58
Figura V-4 Encabezado de los planes de mantenimiento	58
Figura V-5 Actividades de los planes de mantenimiento	59
Figura V-6 Pie de página de un plan de mantenimiento	60
Figura VI-1 Costos por mantenimientos correctivos	91
Figura VI-2 Comparación de ingresos y costos de mantenimientos por 16 meses	92
Figura VI-3 Beneficios de la implementación del PMP	93
Figura VI-4 Niveles de intervención para el cambio de cultura organizacional	95
Figura VIII-1 Aportes de la estrategia de mejora de la gestión de mantenimiento	102
Figura XI-1 Cronograma de actividades (Parte I).....	111

Figura XI-2 Cronograma de actividades (Parte II)	112
Figura XI-3 Foto del cono criba 54-05	113
Figura XI-4 Trituradora de cono MVP 380, 56-05	114
Figura XI-5 Tarifa de la categoría TR56	131
Figura XI-6 Tarifa de categoría TR54	132
Figura XI-7 Tarifa de categoría TR50	133
Figura XI-8 Tarifa de categoría TR44	134

Índice de tablas

Tabla I-1 Costos de mantenimiento de Enero a Julio de 2016	19
Tabla I-2 Tipos de paros de planta	23
Tabla I-3 Etapas de la metodología del proyecto	31
Tabla I-4 Etapas de la metodología del proyecto (continuación)	32
Tabla IV-1 Costos de mantenimiento por categoría	50
Tabla V-1 Equipos seleccionados para el plan de mantenimiento preventivo	54
Tabla V-2 Cantidad de minutos por especialidad para cada frecuencia de los Trituradores de Cono marca Metso	85
Tabla V-3 Cantidad de minutos por especialidad para cada frecuencia de los Trituradores de Cono marca Terex.....	85
Tabla V-4 Cantidad de minutos por especialidad para cada frecuencia de las Cribas	86
Tabla V-5 Cantidad de minutos por especialidad para cada frecuencia de las Bandas Transportadoras	86
Tabla V-6 Costo de mano de obra por especialidad.....	86
Tabla V-7 Costo por repuestos necesarios	87
Tabla V-8 Costos por servicios externos	88
Tabla V-9 Costo total del PMP por 4000 horas	88
Tabla V-10 Ingreso de mantenimiento por 4000 horas	89
Tabla VII-1 Indicadores de mantenimiento basado en Balanced Scorecard.	99

Tabla XI-1 Codificación de los sub-equipos	114
Tabla XI-2 Categorías de los equipos	115
Tabla XI-3 Descripción de los sub-equipos.....	116
Tabla XI-4 Significado del consecutivo de los sub-equipos.....	116
Tabla XI-5 Clases y características para equipo y sub-equipos.....	117
Tabla XI-6 Tabla de factores para la criticidad.	118
Tabla XI-7 Escala de calificación de la criticidad.....	119
Tabla XI-8 Evaluación de las categorías.....	119

Resumen

El presente proyecto fue desarrollado en la UEN Agregados de Constructora Meco S.A., la cual se encarga de producir y comercializar agregados de calidad. El objetivo principal del estudio es realizar la propuesta de una estrategia de mejora en la gestión de mantenimiento de la UEN Agregados Costa Rica mediante el diseño de un plan de mantenimiento para familias de equipos críticos en el proceso de trituración.

El análisis de la situación actual demuestra que un 32% del tiempo total de paros es debido al mantenimiento y se reportan costos por acciones correctivas de alrededor de mil millones de colones desde enero hasta julio, representando las categorías TR56 y TR54 un 62% de esos costos, este último se compone de una trituradora de cono, una criba y entre 3 ó 4 bandas transportadoras, estos componen los equipos más importantes para el proceso de trituración. Conociendo los equipos a intervenir se realiza un estudio detallado de las necesidades de producción basados en la metodología del MTA para establecer las actividades preventivas.

Las estrategias de venta del proyecto se hacen con base en un estudio detallado del costo de implementación del proyecto y los beneficios que este aportará a la compañía. Para la medición del rendimiento de dicho proyecto se establece los indicadores técnicos que arrojen la información relevante para el departamento de mantenimiento y ayude en el proceso de mejora continua.

Con la propuesta presentada se espera que se logre implementar el plan de mantenimiento preventivo y promover una cultura organizacional inclinada a la prevención, con la meta de reducir el porcentaje de tiempo de paro por mantenimiento en un 7%.

Palabras claves: Mantenimiento Preventivo, Análisis de las Tareas de Mantenimiento, Manual de Mantenimiento Preventivo, Trituración, Agregados.

Abstract

This project was developed in the UEN Agregados Constructora Mecco S.A., which is responsible for producing and marketing quality aggregates. The main objective of the study is to make the strategy proposal for improvement of the maintenance management of UEN Agregados Costa Rica, by designing a maintenance plan for families of critical equipment in the crushing process.

The analysis of the current situation shows that 32% of the total time of downtime is because of maintenance and costs are reported for corrective actions around billion colones since January to Julie, representing the categories TR56 and TR54 a 62% of those costs, the last one consists of a cone crusher, a screen and between 3 or 4 conveyor belts, these comprise the most important equipment for the crushing process. Knowing the equipment involved, a detailed study of the production needs based on the MTA methodology is performed to define the preventive activities.

Sales strategies of the project are made based on a detailed study of the cost of implementing the project and the benefits it will bring to the company. To measure the performance of the project it defines technical indicators that show relevant information to the maintenance department and help in the process of continuous improvement.

The proposal is expected to achieve the preventive maintenance implementation plan and promote an organizational culture inclined to prevention, with the goal of reducing the percentage of downtime for maintenance by 7%.

Keywords: Preventive Maintenance, Task Analysis Maintenance, Preventive Maintenance Manual, Crushing, Aggregates.

I. INTRODUCCIÓN

A. Identificación de la Empresa

1. Generalidades

Constructora Meco S.A., es una de las contratistas más consolidadas en el país y a nivel Centroamericano. Dedicada a la construcción vertical (carreteras en su mayor parte), la compañía ha crecido considerablemente en los últimos años, siendo reconocida en la mayoría de los países centroamericanos, Panamá y Colombia.

Meco se constituye de unidades estrategias de servicio (UES) y de negocio (UEN), Agregados es una de estas últimas, la cual se encarga de suplir de los mejores materiales a todos los proyectos que ejecuta la compañía, y a la vez, a la mayoría de ferreterías importantes del país.

La UEN Agregados es una división con dos objetivos principales:

1. Abastecer a las plantas de concreto asfáltico y a los proyectos con los agregados que requieren para su correcto funcionamiento en los países que se desarrollan, convirtiendo la división como la primera línea de producción.
2. Apoyar a los clientes externos, al proveerles agregados de primera calidad, contribuyendo de esta forma al desarrollo de cada país.

Para poder suplir estos objetivos, la división posee 17 plantas de trituración, 5 de ellas en Costa Rica: Escobal, Cañas, Guápiles, Santa Ana y San Rafael.



Figura I-1 Distribución de las plantas de agregados

Fuente: Constructora Meco S.A.

Entre los materiales que se ofrecen son:

- Arena corriente de tajo.
- Arena fina de tajo.
- Piedra cuartilla comercial.
- Base de 38 mm (1-1/2 in) de tajo y río.
- Lastre o sub base de 76 mm (3 in) de tajo y río.
- Arena lavada de río.
- Polvo de piedra de tajo y río.
- Piedra de cuartilla de primera.
- Piedra de quintilla de primera.
- Piedra gavión

Misión

“Construimos, gestionamos y diseñamos infraestructura para el progreso y bienestar humano; con pasión, servicio y calidad”.

Visión

“Corporación multinacional con las mejores prácticas de clase mundial”.

Valores

- **Pasión:** Disfrutamos intensamente nuestro trabajo. Nuestra pasión se manifiesta en nuestro compromiso personal con la calidad en todo lo que hacemos, y se refleja en la actitud con que nos relacionamos con nuestros públicos de interés.
- **Servicio al Cliente:** Analizamos las tendencias de la industria para conocer y entender las necesidades de nuestros clientes. Enfocamos nuestros recursos y habilidades en satisfacerlas plenamente.
- **Nuestra Gente:** Tratamos a nuestros compañeros con respeto; buscando el desarrollo integral, seguridad y bienestar de nuestros colaboradores sin importar posición, condición, género, raza, creencias y preferencias. Tratamos a los demás como deseamos ser tratados.
- **Trabajo en Equipo:** Trabajamos en equipo para lograr el crecimiento y eficiencia de la empresa. La colaboración y el respeto son fundamentales para el aprendizaje y crecimiento personal y organizacional.
- **Excelencia Operacional:** Planificamos y ejecutamos todos nuestros procesos con disciplina, excelencia, innovación y prontitud para lograr eficiencia dentro de las mejores prácticas de la industria; en cumplimiento de nuestro Código de Conducta.
- **Responsabilidad Social y Ambiental:** Gestionamos nuestras operaciones de forma sostenible y responsable junto a trabajadores, proveedores y clientes en beneficio de la sociedad, el ambiente y el crecimiento del negocio; logrando así un balance entre ser humano y naturaleza para el bienestar en el largo plazo.

2. Antecedentes Históricos

Fundada en 1977 cuando el señor Ángel Américo Cerdas y su visión de crecimiento, en asociación con su hijo, Carlos Cerdas, consolidan lo que hoy se conoce como la constructora más importante en el país.

En 1984 ya se reconocía el nombre de la empresa gracias a la ejecución de proyectos de gran envergadura como la presa de enrocamiento del Proyecto Sandillal del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Dos años más tarde, MECO logra los primeros grandes contratos de carreteras y con esto el gran paso que hace de la empresa, hoy la más importante, la toma de la presidencia por parte de Carlos Cerdas, quién es el pionero de la construcción en Costa Rica y ha guiado la compañía a altos niveles de calidad y servicio.

Constructora Mecoc toma la decisión de competir en mercados internacionales en 1993, momento en el que la idea generaba ciertas dudas, hoy es la causante de gran parte del éxito de la empresa. Desde entonces se han ejecutado exitosamente proyectos importantes en países como Nicaragua, Honduras, Belice, Guatemala, El Salvador, Panamá y Colombia. Esto además del éxito en nuestro país.



Figura I-2 Breve reseña histórica de la compañía

Fuente: Constructora Mecoc S.A.

Se puede decir con gran firmeza que, en estos 39 años, Constructora Mecoc se ha desarrollado y consolidado en el mercado de la construcción hasta ser el líder del mercado Centroamericano.

Actualmente, Meco presta diferentes servicios que van desde la venta y alquiler de equipo, proyectos residenciales y no residenciales, concretos, mezcla asfáltica, construcción pesada y agregados.

3. Organigrama General

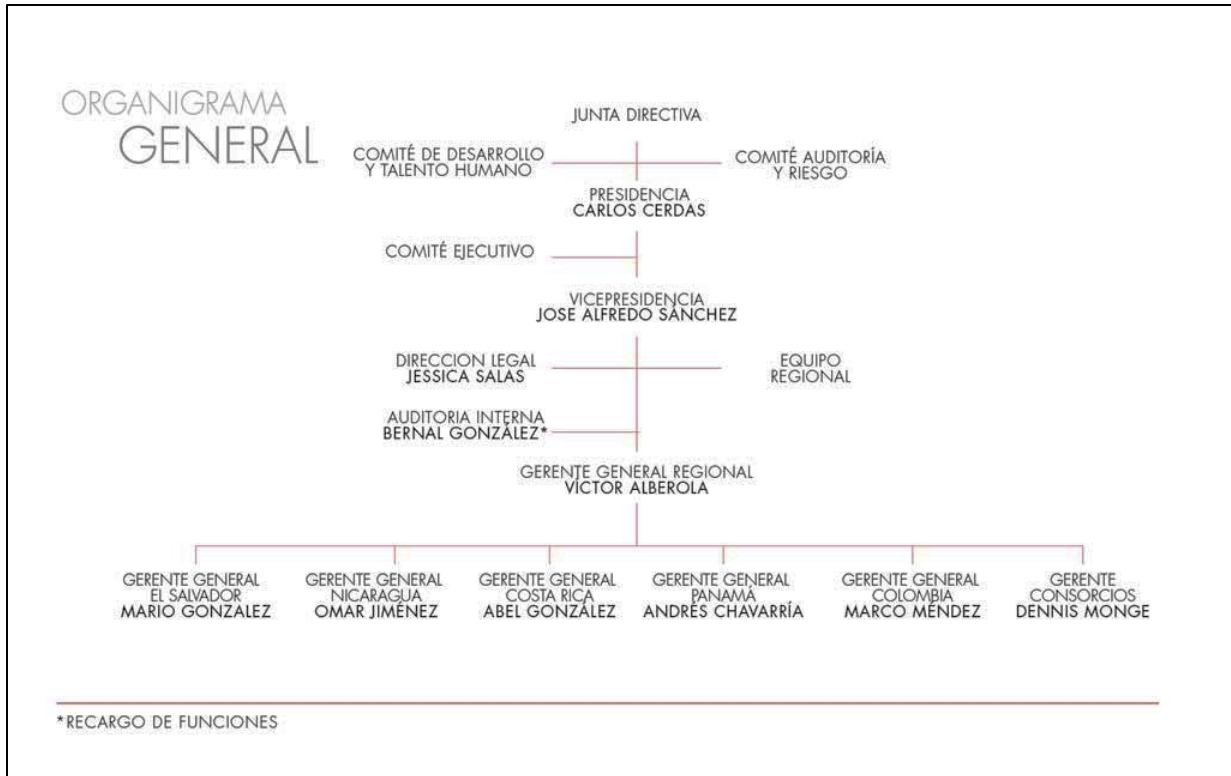


Figura I-3 Organigrama general de la empresa

Fuente: Constructora Meco S.A.

4. Organigrama de UEN Agregados

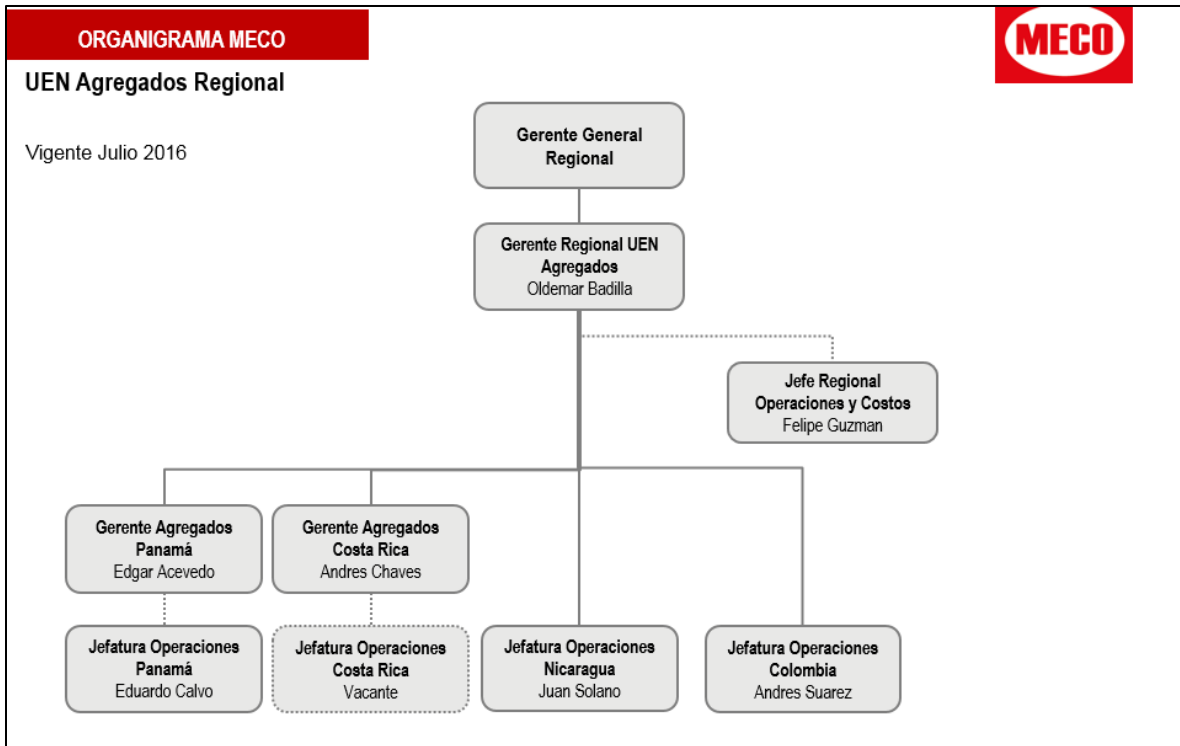


Figura I-4 Organigrama de la UEN Agregados Regional

Fuente: Constructora Meco S. A.

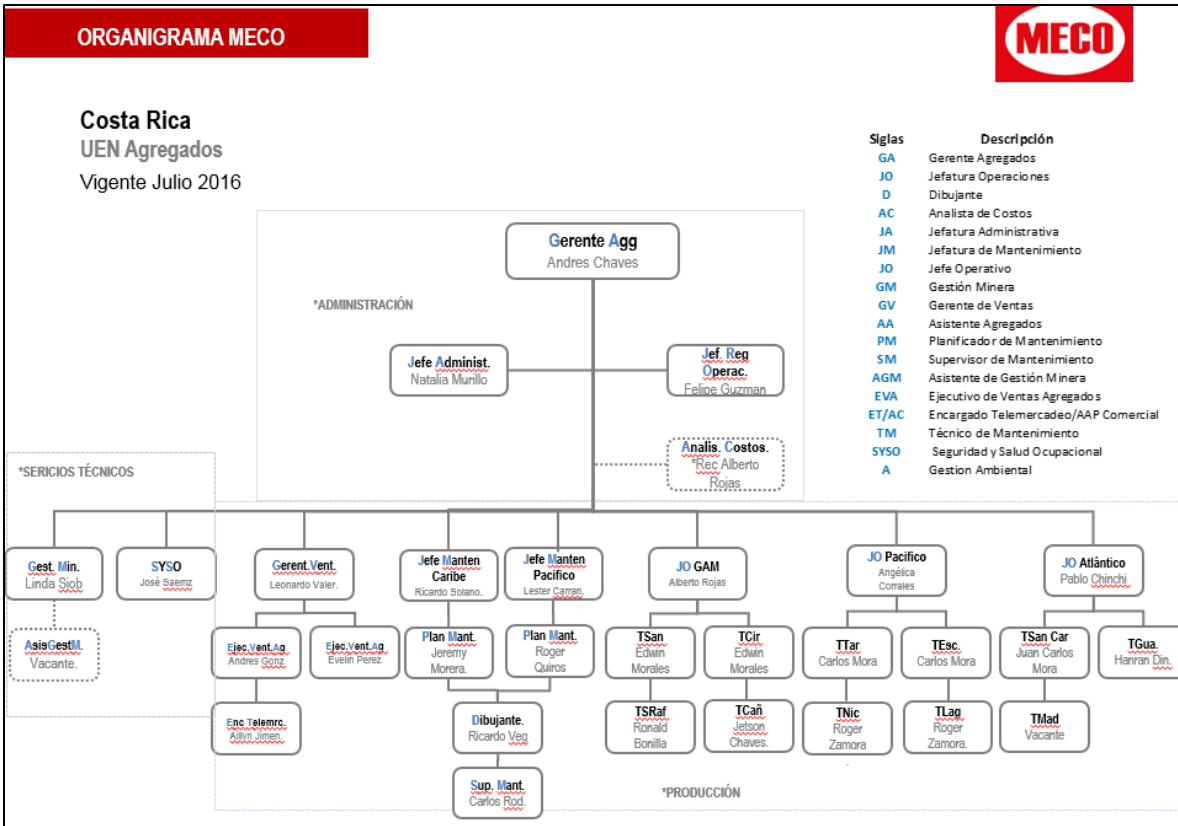


Figura I-5 Organigrama UEN Agregados Costa Rica

Fuente: Constructora Meco S. A.

5. Política de Calidad

Constructora Meco es una compañía dedicada a la construcción de progreso mediante proyectos de construcción vertical que busca crear o facilitar accesos a la población. Siempre con responsabilidad social y ambiental, y aportando la mejor calidad en los productos y servicios.

Gracias a la gran meta de ofrecer al cliente el mejor producto o servicio que pueda encontrar en el mercado, nos encontramos en mejora continua. Por lo tanto, Meco hoy cuenta con certificaciones intencionales que aseguran un modelo de gestión con la mayor calidad (Certificación ISO 9001-2015).

6. Proceso Productivo

El proceso general de obtención de agregados comienza por la extracción del material, ya sea de una cantera (o Tajo) o de un río, en el primer caso se da por medio de voladuras, y por lo general la planta se encuentra instalada en el mismo lugar. Cuando el material es obtenido de una cantera se tiene la característica de rocas muy dóciles pero la calidad del material no es comparable con la que se obtiene de ríos, aunque esto depende de la aplicación en la que se requiera el agregado. Esto hace que los equipos se desgasten con menor frecuencia y que el proceso sea más estable. Actualmente, en Meco se tiene 3 plantas que extraen el material de cantera (Santa Ana, Escobal y San Rafael), y el proceso es bastante similar al que se observa en la Figura I-8, con la distinción de que no poseen trituración terciaria.



Figura I-6 Fotografía del Tajo Santa Ana

Fuente: Elaboración propia.

Cuando la piedra es obtenida de río, se tiene elementos más abrasivos y difíciles de triturar pero con productos de excelente calidad, principalmente para mezclas asfálticas. En este caso, se tiene la planta a una distancia considerable del o los ríos, por lo que se suele tener mucho patio de stock, sin necesidad de mencionar la variable del transporte del material.

Una vez obtenida la materia prima, se procede a la trituración primaria. Algunas plantas poseen un alimentador criba, por lo que se extrae sub-productos tales como arena de río.

Por lo general, después de la trituración primaria se procede a cribar para extraer algún sub-producto (base por lo general). En algunos casos (planta Guápiles específicamente) se alimenta un pulmón (un patio de material triturado), el cual separa e independiza la trituración secundaria y terciaria, aunque esto sólo es viable en quebradores de gran tamaño.



Figura I-7 Fotografía del Pulmón de Planta Guápiles

Fuente: Elaboración propia.

El paso siguiente es la trituración secundaria, en esta se obtienen la mayoría de productos, a excepción de las plantas que poseen la terciaria. En la planta de Guápiles, la cual es la más grande, además de trituración terciaria se tiene un separador de dinámico, el cual tiene como objetivo separar el polvo de lo que se conoce como malla 200.

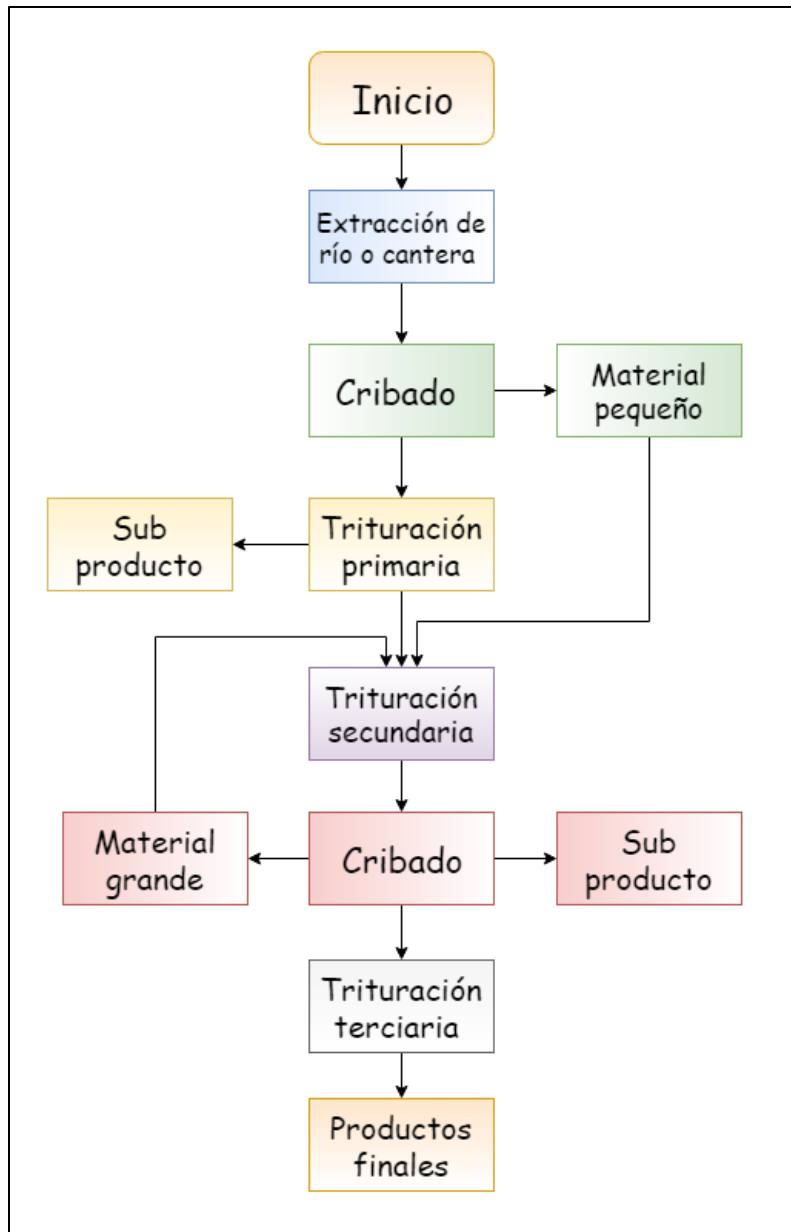


Figura I-8 Diagrama del proceso productivo

Fuente: Elaboración propia (Draw.io).



Extracción del río.
Río Toro Amarillo



Cribado
Planta Guápiles









Figura I-9 Fotografía de malla 200

Fuente: Elaboración propia.



Figura I-10 Fotografía de la trituración secundaria y terciaria

Fuente: Elaboración propia.

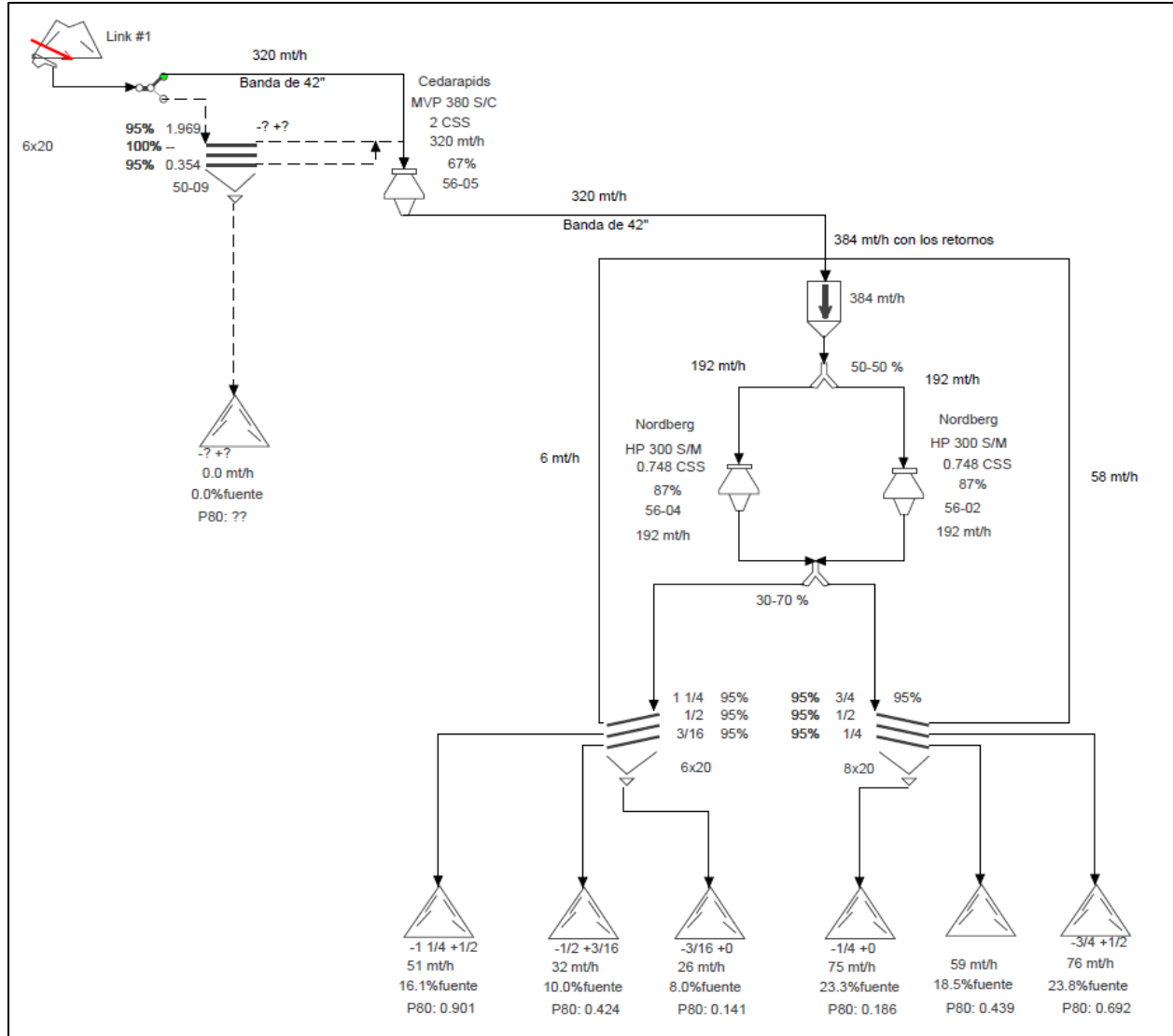


Figura I-11 Diagrama de flujo de Planta Guápiles

Fuente: UEN Agregados

7. Mercado en Costa Rica

Como ya se ha mencionado, Meco no está sólo en nuestro país, en los últimos años se ha expandido por Centroamérica y algunos países del Sur del continente, donde está tomando cada vez más fuerza.

Dado que este proyecto se centra en Costa Rica, se va hablar de la dinámica de mercado nacional. La mayoría del material que se vende es interno, es decir, UEN Agregados se encarga de abastecer todo Meco desde Concretos, Asfálticos hasta nuestra mayor prioridad, Proyectos, la unidad encargada de gestionar, diseñar y construir la infraestructura para el progreso y bienestar humano.

Es decir, Agregados es la primera línea de producción para cualquier proyecto que desarrolle Constructora Meco, y esto no se limita sólo a nivel nacional, algunas de las plantas de Costa Rica proveen el material para proyectos en otros lugares, ya sea porque en ese país no exista un quebrador o por cercanías, un ejemplo es la Planta de Guápiles, la cual abastece actualmente todo el proyecto de la ampliación del aeropuerto de la Isla San Andrés, Colombia.

Dicha situación no sólo la convierte en una de las UEN más importante, además ofrece el peso suficiente para garantizar que los productos cuenten con la mayor calidad.

Adicional al material que debe abastecer a nivel interno, Agregados vende a mercado externo, se encarga de proveer a muchas de las grandes ferreterías como EPA, cementeras como CEMEX y muchas de las Municipalidades del país.

En la Figura I-12 se observa la diferencia de metros cúbicos vendidos a nivel interno contra las ventas a externos de los primeros seis meses de este año, además se puede notar la diferencia de producción de cada centro, resaltando por muchas toneladas la Planta de Guápiles.

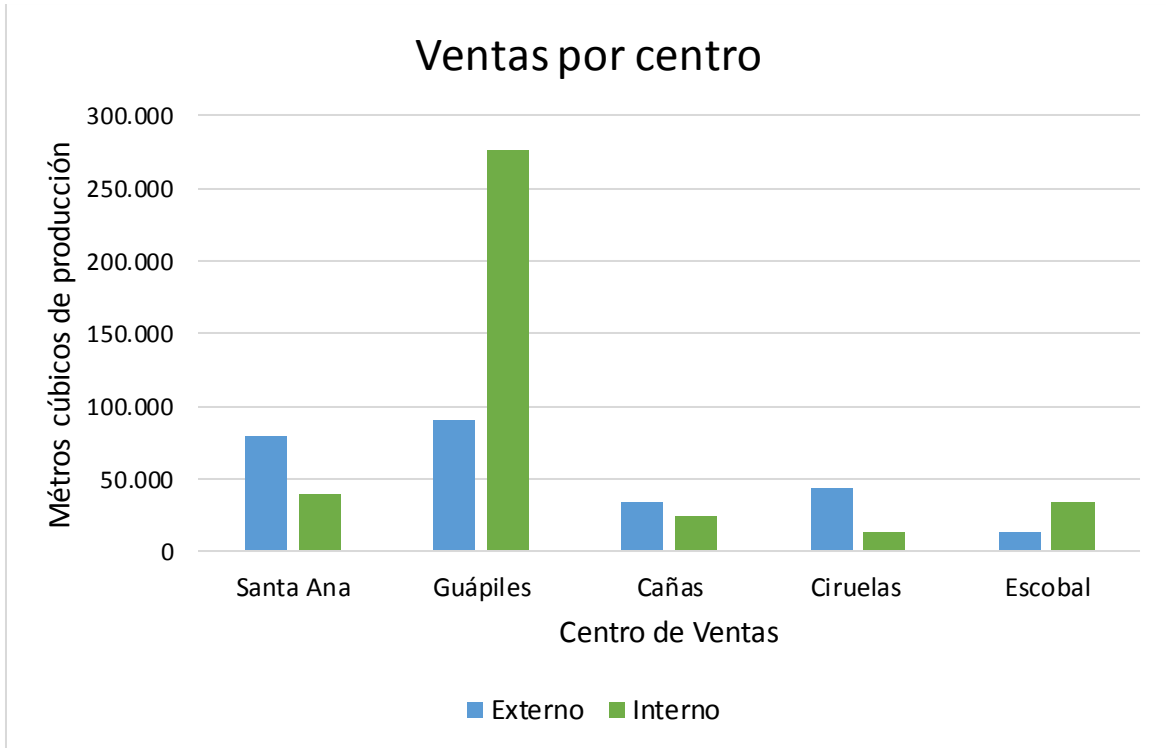


Figura I-12 Gráfico de metros cúbicos vendidos por Centros de Ventas

Fuente: UEN Agregados

B. Justificación del Proyecto

Parte de las políticas de calidad de Meco, incluye tener una alta disponibilidad de los equipos y producción del mejor material. Dentro de las acciones tomadas para mejorar la gestión de la empresa se tiene la implementación de SAP, un software de manejo y ordenamiento de información.

Dentro de los módulos que se compraron para la empresa se incluye el paquete de mantenimiento preventivo. SAP está en la empresa desde hace aproximadamente dos años y algunas de las unidades estratégicas ya los han desarrollado casi en un 100%, ejemplo de esto es la Unidad Estratégica de Servicio (UES) Maquinaria que ha desarrollado todo el mantenimiento preventivo y empiezan a probar en predictivo. Unidad Estratégica de Negocio (UEN) Agregados, tanto nacional como regional, lo ha desarrollado de manera parcial, le falta expandirse más en el área del mantenimiento, comenzar un preventivo he ir evolucionando a filosofías de primer mundo.

Algunas de las razones de esta situación es la falta de un planificador de mantenimiento, pero principalmente ha sido la cultura “apaga incendios” que siempre se ha estado desarrollado en la empresa.

La situación es tal que el departamento a nivel de Costa Rica se encuentra en números rojos en el primer semestre de este año, como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla I-1 Costos de mantenimiento de Enero a Julio de 2016

Ingresos del Departamento de Mantenimiento	Costos por Mantenimiento
₡ 822 308 686	₡ 1 044 605 058
Diferencia	
-₡222 296 372	

Fuente: UEN Agregados

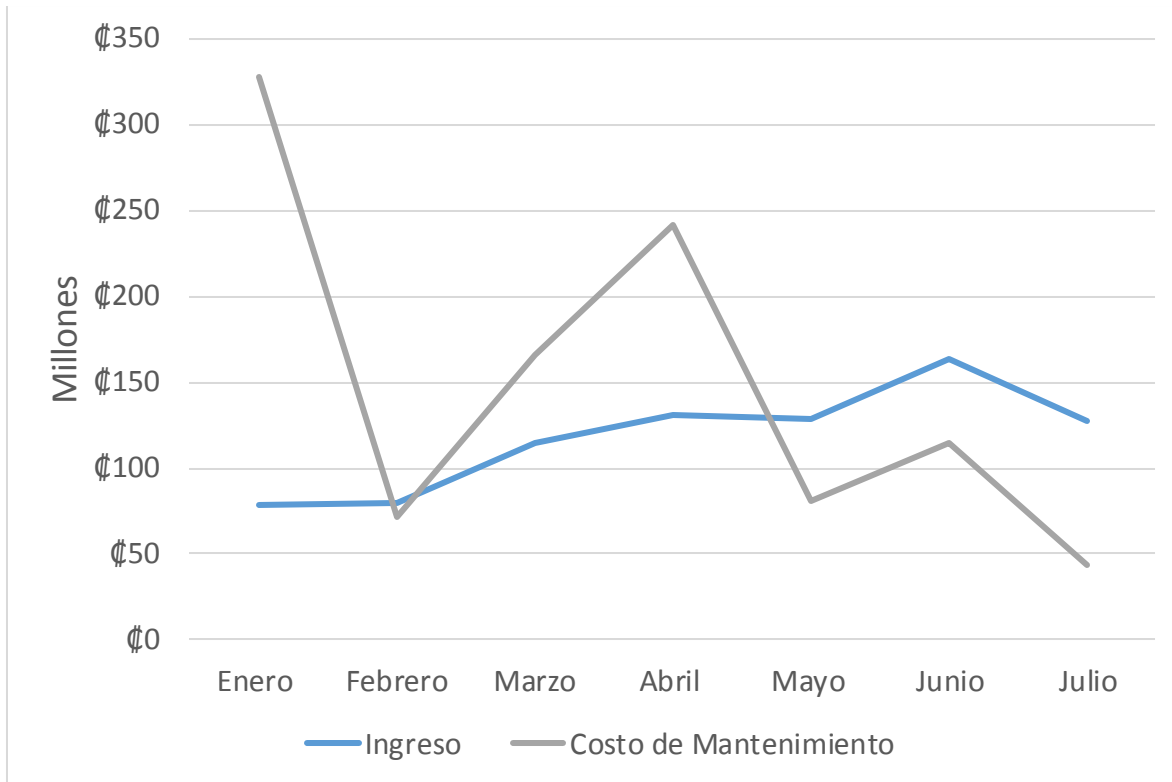


Figura I-13 Comportamiento de los ingresos versus costos en siete meses.

Fuente: UEN Agregados

Para muchas empresas, y principalmente las que son de firma costarricense, manejar ingresos o costos de más de 100 millones de colones se convierte en utopía; caso contrario sucede en Constructora Meco (ver Tabla I-1), por lo que una diferencia entre los egresos y las ganancias de unos pocos millones no supondrán un riesgo para las operaciones. Mantenimiento siempre es representado como un gasto, y en agregados, este departamento se encarga de mantener la disponibilidad de las plantas y de los montajes de nuevas concesiones. Sin embargo, dichas actividades están provocando una brecha cada vez más grande entre los presupuestos para mantenimiento y los costos del mismo (Figura I-13), diferencias de más de 200 millones de colones. El monto manejado en los primeros siete meses de 2016 incluye únicamente acciones correctivas, contemplando repuestos, mano de obra, cargas sociales y demás rubros relaciones y necesarios para cada uno de los trabajos realizados para garantizar el funcionamiento de los diferentes equipos.

Algunos de los factores que influyen en la cultura implantada de que mantenimiento es un costo y no una inversión, es una mala planificación. Por ejemplo, en la Figura I-13 resalta el mes de enero por su elevado monto en egresos, dato influyente en un análisis anual, pero si se estudia la situación de ese mes resalta la constante de que muchas ordenes de mantenimiento que fueron abiertas, ejecutadas y finalizadas en meses anteriores al analizado, no se cerraron cuando se debió hacer y por ende son cargadas en el primer mes del año, sinónimo de una mala o faltante planificación de los trabajos.

Como se ha mencionado anteriormente, las piedras y arenas de Meco tienen certificación de calidad y para poder mantener ese estándar se miden algunos indicadores que para el departamento de producción son claves, los mismos son contabilizados y analizados desde la parte operativa y se consideran indicadores de la UEN, esto significa que los diferentes departamentos no tienen establecidos parámetros propios. La disponibilidad para Agregados se analiza por planta, esto implica que se haga un conteo de las horas trabajadas y las de paro del quebrador, la razón es que desde una visión operativa sólo se requiere saber cuánto tiempo se está perdiendo de producción, pero existe la constante de que cuando un equipo para por algún fallo mecánico o eléctrico sea reemplazado, reportando al indicador sólo las horas que se necesitan para el cambio de equipo.

La meta de la disponibilidad es un 90%, y se cumple todos los meses, por ejemplo, el promedio de disponibilidad de todas las plantas de trituración en los primeros siete meses de este año, se tuvo un pico de 95% (en el mes de junio) y un mínimo de 90% (en febrero). La razón de este comportamiento está relacionada con la forma de contabilizar las horas y la manera en que trabajan las plantas.

Dentro del análisis de disponibilidad se clasifican las razones de paro en tres tipos: por mantenimiento, por producción o por fuentes externas. Cuando un paro es ocasionado por alguna razón diferente a mantenimiento, los operadores y mecánicos aprovechan el tiempo para sacar alguna tarea, hacer un cambio de muñoneras, por ejemplo. Pero esta actividad es planeada y ejecutada en el

momento y muchas veces se hace sin siquiera existir una orden de mantenimiento correctivo.

Esta situación revela que para el departamento de mantenimiento el indicador de disponibilidad que se contabiliza actualmente no es muy revelador, pero tiene algunos datos que pueden arrojar valiosa información si se estudian desde otro punto de vista.

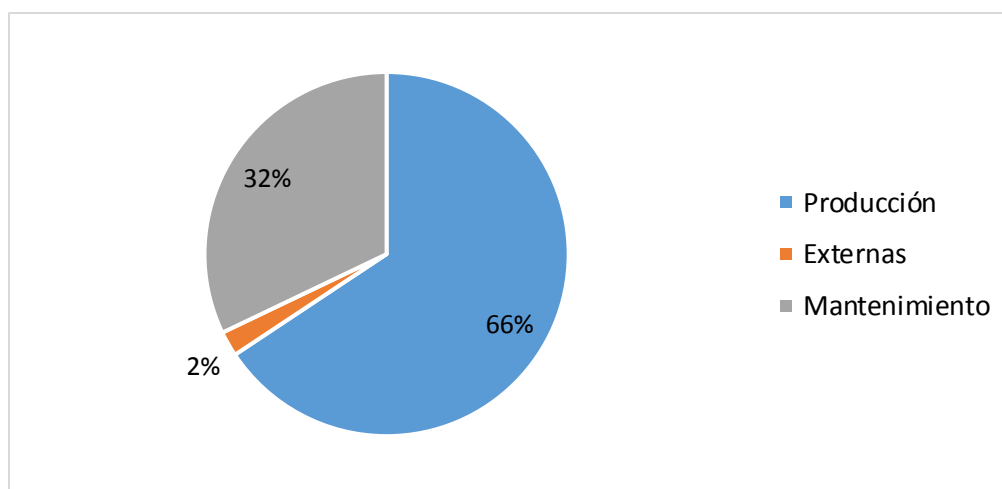


Figura I-14 Porcentaje de paros de los primeros siete meses del 2016

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

Los paros relacionados con producción son en muchas ocasiones por razones inevitables y bastantes comunes, como por ejemplo, detener la planta en las horas de demanda máxima, por lo que es justificable que producción tenga un porcentaje elevado en el total de horas de paro. Sin embargo, mantenimiento implica un 32% de las causas de detención de los quebradores desde enero hasta julio.

Uno de cada tres paros es ocasionado por alguna falla mecánica o eléctrica que requiere un mantenimiento correctivo, y sumando lo explicado anteriormente de que las horas detenidas por razones externas o de producción son aprovechadas para actividades correctivas sobre los equipos, se resalta la importancia de la disminución de mantenimientos no planificados.

Tabla I-2 Tipos de paros de planta

Tipo	Código	Descripción
Mantenimiento	E01	Falla en sistema de arranque y control
	E02	Falla en sistema de control
	E03	Corto circuito
	E04	Falla en protección
	E05	Falla en transformador
	M01	Temperatura anormal en algún equipo
	M02	Alineación incorrecta de algún elemento
	M03	Mala lubricación
	M04	Falla en rodamiento
	M05	Problemas de presión hidráulica en equipo
	M06	Quebradura de algún componente
	M07	Fallo en sujeción
	M08	Componente llega a fin de vida útil
Externo	X01	Problemas con suministro de energía
	X02	Huelgas
	X03	Lluvias, inundaciones, terremotos, con impacto
	X04	No hay suficiente demanda para producir
	X05	Vecindario impide laborar fuera de horas normales
	X06	Lluvias, inundaciones, terremotos, sin impacto
Productivo	P01	Paro por demanda máxima
	P02	No hay material para procesar
	P03	Atascamiento de material
	P04	Rocas de sobre tamaño en alimentación
	P05	Almuerzo y café
	P06	Presencia de un NO triturable
	P07	Insuficiente agua para lavar
	P08	Ajuste de cierre de trituradora
	P09	Paro por mantenimiento preventivo
	P10	Equipo se queda sin combustible
	P11	Equipo anterior o posterior no disponible
	P12	Se detiene proceso para hacer voladura
	P13	Calidad de material NO aceptable
	P14	Cambio de tipo de material / Cambio de mallas
	P15	Parada para reuniones, actividades especiales
	P16	Accidente laboral
	P17	Limpieza de planta
	P18	Cambio de configuración de planta

Fuente: UEN Agregados

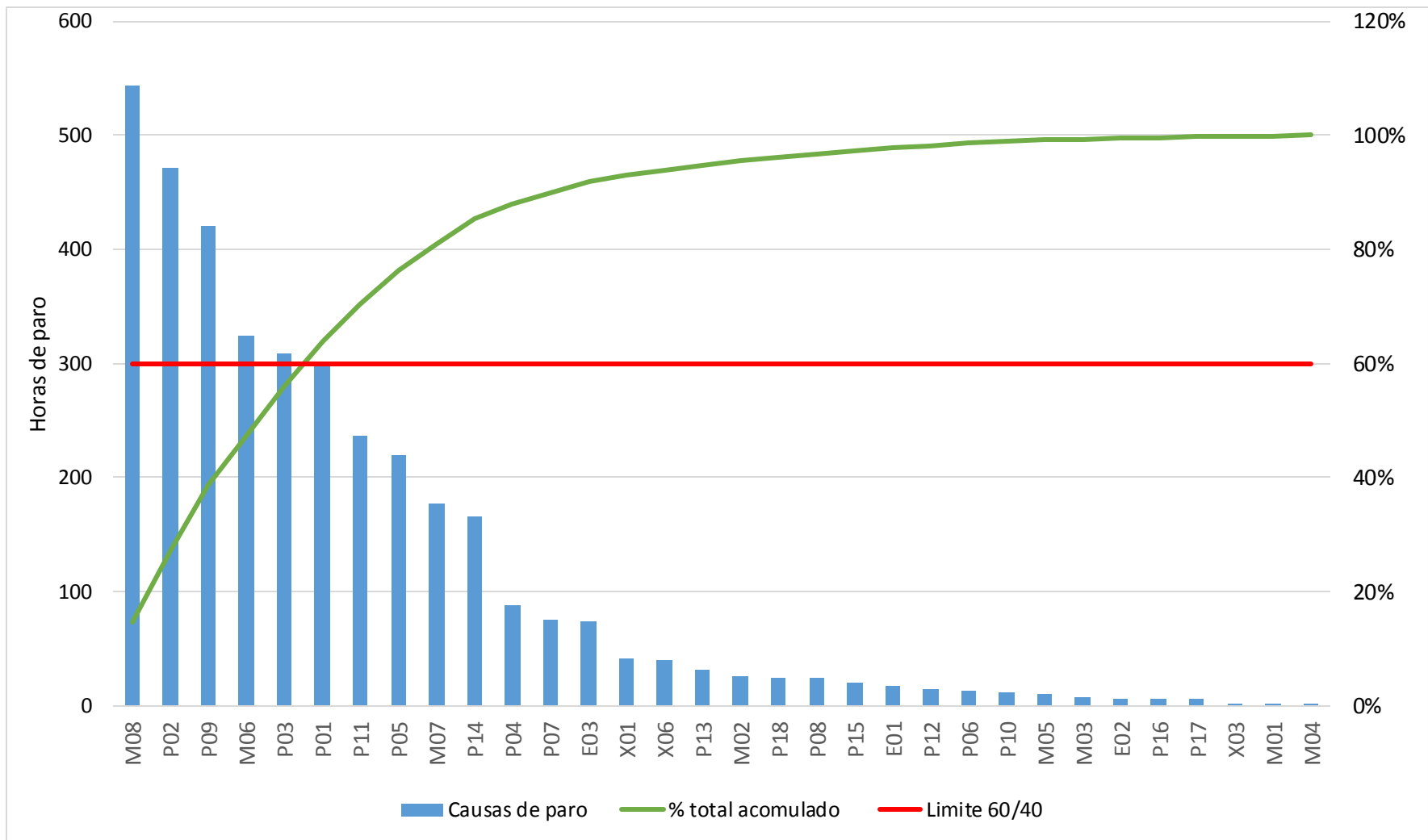


Figura I-15 Diagrama de Pareto de horas de paro.

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

La clasificación de las causas de los paros permite discriminar aquellos que no son tan influyentes o importantes. Un análisis de Pareto permite determinar cuáles son los factores que provocan el mayor tiempo de paro y que se deben corregir de carácter prioritario. A pesar de que los paros por producción representan un 66% del total, es un factor de mantenimiento el que representa el mayor peso (Figura I-14).

Cuando un equipo no recibe el mantenimiento adecuado, su vida útil se reduce como se ha analizado durante años, y es justamente esta la causa que ocasiona que los quebradores se detengan por más horas. Otro de los factores que están dentro de la clasificación de mantenimiento es la quebradura de algún componente. Los equipos de trituración son en su mayoría mecánicos y bastantes robustos, por lo que un fallo que implique una fractura de una pieza indica una falta de mantenimiento o mala aplicación de las rutinas.

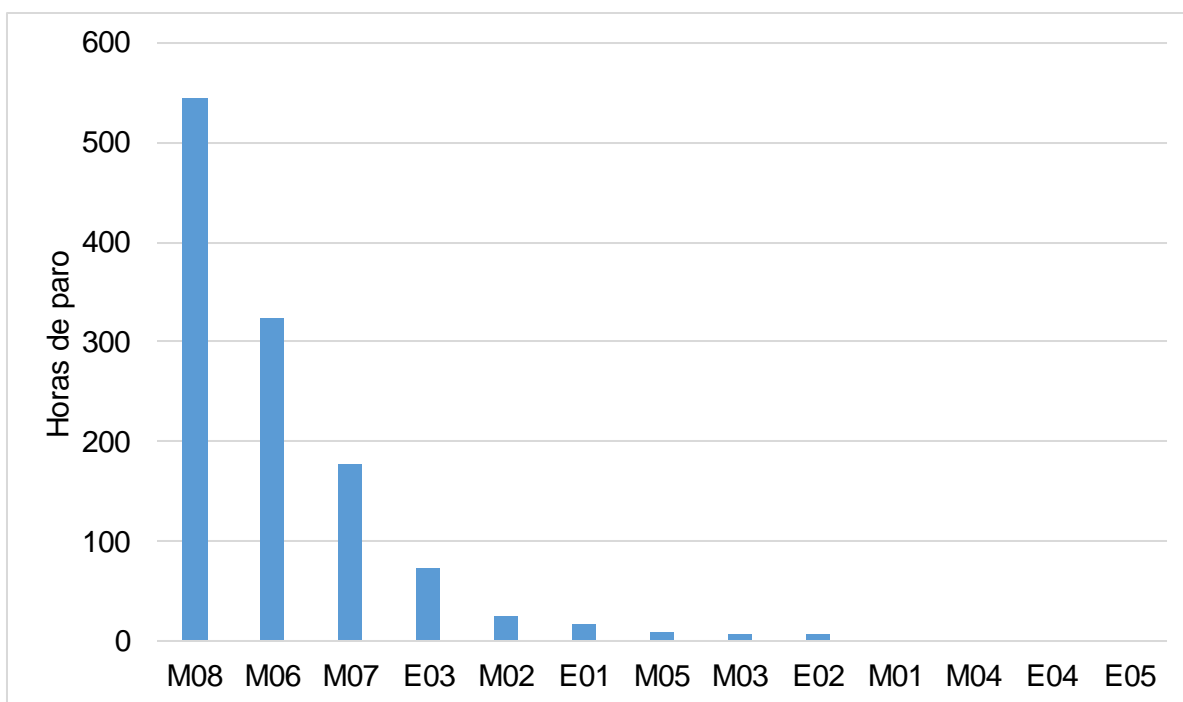


Figura I-16 Horas de paro por mantenimiento de enero a julio

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

El interés de este proyecto se centra en el departamento de mantenimiento, con proyecciones a mejora de las demás áreas. Intervenir factores referentes a producción o externos queda fuera del alcance de los objetivos, pero se propone una reducción de paros referentes a mantenimiento, que en concordancia con la experiencia del asesor industrial Ing. Ricardo Solano, se puede proyectar a una disminución de un 7%. Como se mencionó en el párrafo anterior, los equipos encargados de triturar tienen un principio de funcionamiento muy mecánico, por lo que las fallas asociadas a electricidad son menos comunes e implica reparaciones más rápidas que las relacionadas con la parte mecánica.

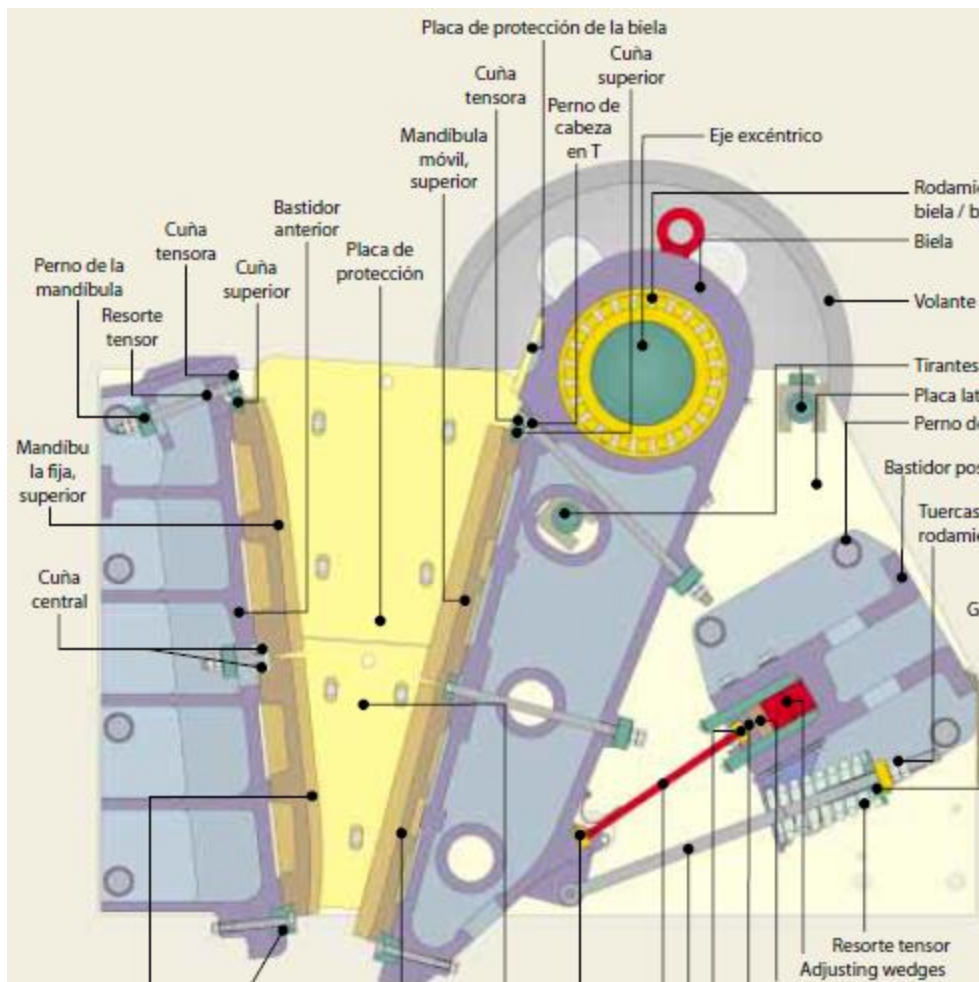


Figura I-17 Partes de un Tritrador de Mandíbulas marca Metso

Fuente: Metso Expect Results (2008).

Por ejemplo, la quebradura del perno de la mandíbula de un triturador primario puede significar al menos 4 horas de paro, mientras que un paro por un corto circuito (lo cual es común ya que los cables van en canales adheridos a los equipos, los cuales vibran mucho y ese movimiento provocan que los cables en algunas ocasiones pierdan el aislante y ocurra un corto), se repara en 30 minutos.

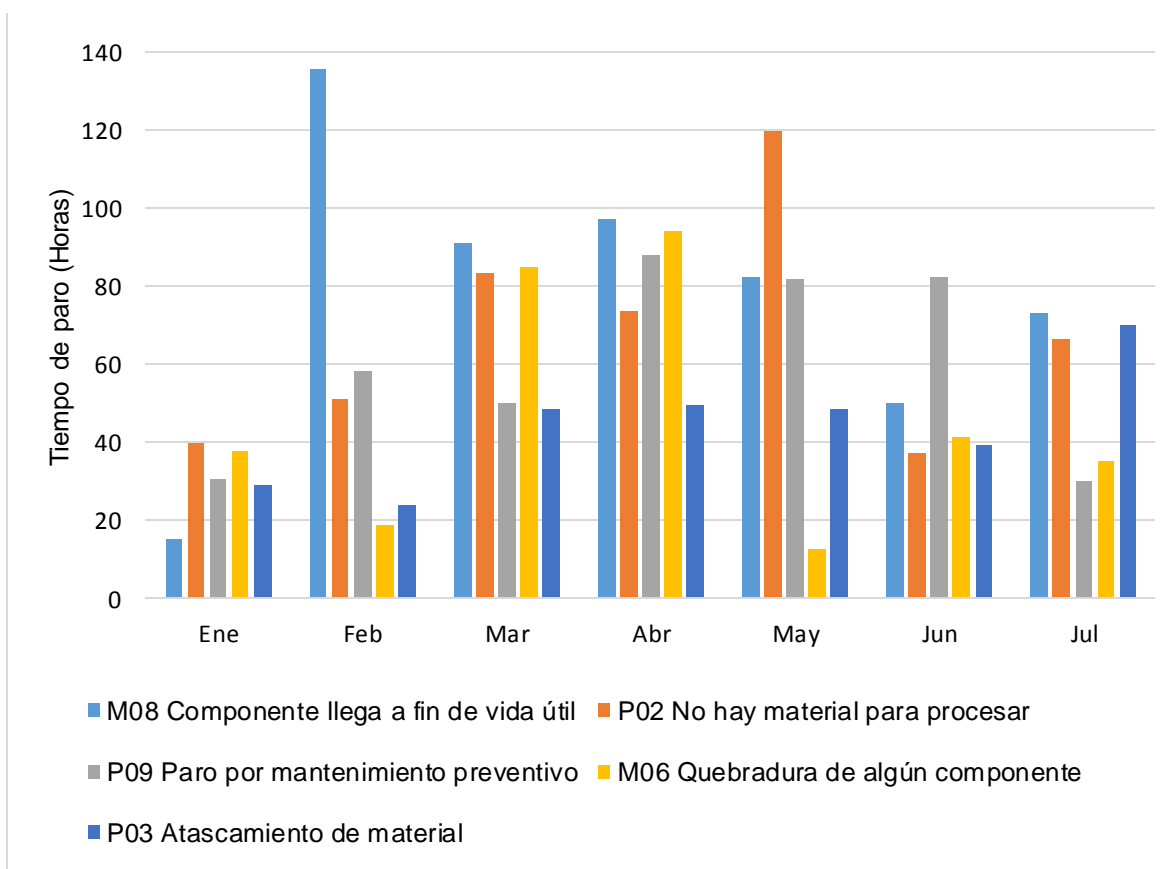


Figura I-18 Comportamiento mensual de los pocos vitales de paros.

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

Todos los datos estudiados son generales, contemplan todas las plantas de trituración y son de los primeros siete meses del 2016. Las fallas varían dependiendo del mantenimiento y la forma de operación que reciba la máquina, por lo que es importante analizar la tendencia de los paros en el transcurso del tiempo (Figura I-18) de las causas más críticas según el análisis de Pareto.

Con la llegada del software SAP y las nuevas tendencias de calidad en el mercado, el mantenimiento se empieza a convertir en un tema de interés común y es por eso que a nivel de Gerencia General de la UEN Agregados de Constructora Mecó se decide declarar proyecto prioridad empresa la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en SAP.

Todo nuevo proyecto tiene un plan piloto, una prueba que permita comprobar que el desarrollo de todo lo planeado funcionará según lo requerido. Un plan de mantenimiento preventivo permitirá planear las actividades preventivas en coordinación con producción, disminuyendo los paros por correctivos. Además se empieza a introducir una nueva cultura donde se motiva a las personas a prevenir las fallas y no esperar hasta que el equipo de pare.

Basado en lo anterior, los requerimientos de la empresa y la necesidad de explotar el módulo de mantenimiento preventivo de SAP, se decide diseñar un programa de mantenimiento preventivo (PMP) para los equipos más críticos que sirva como puente para la implementación de un proyecto más ambicioso y ayude a disminuir los tiempos de paro debidos a mantenimiento.

La razón de que se desarrolle un preventivo es porque actualmente se tiene un alto porcentaje de correctivos (casi un 90% de los trabajos son de este tipo según el jefe de mantenimiento de UEN Agregados) que afectan las horas de paro de las plantas y mantienen costos elevados en reparaciones, que se buscan disminuir. Al ser una empresa en la que no se ha implementado ninguna filosofía de mantenimiento, se propone iniciar con un programa de mantenimiento preventivo que vaya evolucionando con el tiempo hasta llegar a tener una gestión de primer mundo.

Los alcances de este proyecto limitan en la parte de diseño, la implementación, seguimiento y evolución de mejora continua quedan fuera de los objetivos. Sin embargo, la parte del diseño es la más importante porque establece las bases para que la implementación tenga éxito.

Si este proyecto no se elabora, la empresa seguirá en constantes números rojos en relación al mantenimiento, pero adicionalmente, se mantendrán las constantes paradas por mantenimiento que implica disminución en producción que puede llegar a ser tan significativa como más de 100 metros cúbicos no producidos diarios, equivalente a un millón de colones, no vendidos o retrasados, afectando la calidad del servicio al cliente (retrasando un pedido o no entregando la cantidad solicitada), que no sólo incluye el hecho de perder un cliente sino llegar a perder la certificación ISO 9001.

La importancia del proyecto radica en que se debe comprobar la funcionalidad de un plan de mantenimiento preventivo, vender una idea ajena y desconocida para la compañía y generar un beneficio económico a la misma, mejorando los procesos productivos, disminuyendo horas de paro.

C. Objetivos

1. Objetivo General

1. Desarrollar una propuesta de estrategia de mejora en la gestión de mantenimiento de la Unidad Estratégica de Negocios Agregados Costa Rica mediante el diseño de un plan de mantenimiento para familias de equipos críticos en el proceso de trituración.

2. Objetivos Específicos

1. Reconocer la relevancia de cada equipo en el proceso productivo y las similitudes entre las diferentes técnicas de trituración mediante la aplicación de análisis de criticidad.
2. Disminuir los tiempos de paro debidos a mantenimiento en un 7% mediante la creación de frecuencias y hojas de rutas basadas en la metodología de The Maintenance Task Analysis (MTA).
3. Establecer indicadores técnicos que permitan evaluar el comportamiento y desempeño del programa de mantenimiento preventivo.
4. Demostrar la viabilidad y beneficio del proyecto para UEN con un análisis económico del plan de mantenimiento preventivo.

D. Alcances y Limitaciones

1. Alcances

El presente proyecto es una parte de un proyecto más ambicioso, por tal razón es de suma importancia establecer los límites del mismo. Como se ha mencionado anteriormente, el proyecto sólo se desarrollará para los equipos que representen un impacto en la compañía y que sea justificado mediante un análisis de criticidad.

Se desarrollará el diseño de plan de mantenimiento preventivo para dicho conjunto de equipos y se establecerá los indicadores que permitirán medir la efectividad del plan, dar a conocer la propuesta y vender la idea, sin embargo, la implementación del mismo no queda dentro de los objetivos por causa de tiempo.

Por lo tanto, al final del proceso se entregará el plan de mantenimiento preventivo (rutinas, recursos, frecuencias) y el establecimiento de los indicadores a evaluar.

2. Limitaciones

La principal limitante en este proyecto es el tiempo de traslado entre una planta y otra, pero se planea optimizar el mismo de manera que se puede hacer todo lo que se necesita de una planta en una sola visita. Además de que dichas visitas son cubiertas por la empresa, la misma se encarga de facilitar el transporte y viáticos.

Otra de las posibles limitantes es el acceso a los manuales originales de las máquinas, por lo que se solicitarán a los fabricantes desde los primeros días del proyecto para prever el tiempo de respuesta de los mismos.

E. Metodología de Trabajo

Para la realización del proyecto se hará uso de los conocimientos técnicos e ingenieriles adquiridos, recurso humano, manuales e historiales. En la siguiente tabla se detalla cada una de las etapas que permitirán el desarrollo del proyecto.

Tabla I-3 Etapas de la metodología del proyecto

Etapa	Actividad
Reconocimiento de la relevancia de cada equipo en el proceso productivo y las similitudes entre las diferentes técnicas de trituración	Inicio del proyecto
	Levantamiento de equipos
	Establecer el formato para el levantamiento de equipos en las plantas
	Levantamiento de los equipos en Planta Santa Ana
	Levantamiento de equipos Planta Escobal
	Levantamiento de equipos Planta San Rafael
	Levantamiento de equipos Planta Guápiles
	Levantamiento de equipos Planta Cañas
	Estudio de los equipos
	Análisis de criticidad de los equipos y selección de la o las familias más críticas.
	División de los equipos en sub equipos o sistemas.
	Estudio de fallas comunes y manuales de fabricantes
	Definición de la situación actual.

Tabla I-4 Etapas de la metodología del proyecto (continuación)

Etapas	Actividad
<p>Disminuir los tiempos de paro debidos a mantenimiento en un 7% mediante la creación de frecuencias y hojas de rutas basadas en The Maintenance Task Analysis (MTA).</p>	Establecimiento de las rutinas de mantenimiento preventivo
	Estudio de fallas comunes y manuales de fabricantes
	Seguimiento a las órdenes de trabajo
	Determinar las tareas viables de mantenimiento
	Asignación de recursos
	Determinación de las frecuencias y duración de cada rutina
	Asignación de recursos necesarios (repuestos, personal, etc.)
<p>Establecer indicadores técnicos que permitan evaluar el comportamiento y desempeño del programa de mantenimiento preventivo.</p>	Determinación de los indicadores a estudiar para evaluar el plan de mantenimiento.
	Estudio de los indicadores actuales en el departamento de mantenimiento
	Definir los indicadores técnicos que arroge resultados que puedan ser analizados con el fin de conocer el comportamiento y desempeño del programa de mantenimiento preventivo.
<p>Demostrar la viabilidad y beneficio del proyecto para UEN con un análisis económico del plan de mantenimiento preventivo.</p>	Estudio de costos e ingresos de mantenimiento y proyecciones de mantenimiento preventivo.

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

II. MARCO TEÓRICO

A. Mantenimiento Industrial

Según Duffaa (2008) el mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen en, o se restablece, un estado en el que puede realizar las funciones designadas.

Cuidar y restaurar todos los equipos involucrados en los procesos productivos de una compañía es la principal labor del mantenimiento industrial. Debido a las nuevas tendencias de calidad y la demanda productiva se ha tenido que implementar estrategias para asegurar estas condiciones, formando un conjunto de actividades que ayuden a disminuir los tiempos de paros y garantizar la disponibilidad de los equipos sin comprometer la seguridad. De este proceso es que se nace la gestión de mantenimiento.

La importancia del mantenimiento radica en mantener funcionando los equipos con el mínimo gasto de inversión sin arriesgar la calidad o seguridad, por lo que la existencia del mismo es indispensable en un innumerable tipo de industrias.

A pesar de lo anterior, esta importancia del mantenimiento no siempre fue tan clara. Las actividades de reparación o cuidado de las maquinas no se veía como parte del proceso productivo, sino más bien como un retraso y costo adicional para conseguir el producto o servicio que se comercializaba.

Es así como empieza la historia del mantenimiento, el cual tuvo que pasar por muchas etapas y acoplarse a las necesidades de cada generación, evolucionar con las máquinas y tendencias de mercado.

En su libro “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”, John Moubray identifica tres generaciones para describir la evolución del mantenimiento.

- La primera generación abarca el período de la Primera Guerra Mundial y se extiende antes de la Segunda Guerra Mundial, donde se utilizó la filosofía “Reparar cuando se rompe”.

- La segunda generación se desarrolla en la Segunda Guerra Mundial donde llega la idea de que las fallas en los equipos podían ser prevenidas, dando origen al concepto de mantenimiento preventivo.
- En la tercera generación de la evolución del mantenimiento, se da en las décadas de los 70's, donde se dio lugar al nacimiento de la automatización como herramienta para mejorar el rendimiento, confiabilidad y disponibilidad de los activos llevando a las compañías implementar "programas justo a tiempo." (JIT)

Gracias a los nuevos conceptos y técnicas de mantenimiento, y el constante avance de las tecnologías en máquinas y equipos, aumenta el nivel de complejidad y aporta metodologías que garantizan la disponibilidad y apunta a mantenimientos de clase mundial tales como RCM, TPM o MTA. El fin principal es cumplir con la misión y objetivos de la empresa con el fin de provocar el menor impacto económico, productivo, humano y ambiental.

1. Tipos de Mantenimientos

a) Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo o de reparación inmediata es el mantenimiento menos deseable ya que implica un alto costo para la empresa. Aun así, es aplicado muchas veces cuando el costo adicional de otros tipos de mantenimientos no puede justificarse.

Este tipo de mantenimiento "Consiste en tomar medidas necesarias para restablecer las funciones originales que se perdieron como consecuencia de un evento inesperado." (Pistarelli, 2010, p.59) Una de las características del mantenimiento correctivo es que no tiene planeación previa, pero si en el momento para poder registrar las fallas y reparaciones. Este mantenimiento es muy difícil de eliminar, pero se puede reducir al mínimo. Un porcentaje alto de correctivo indica que las otras técnicas están mal.

b) Mantenimiento Preventivo

Con el objetivo de reducir el tiempo medio entre fallas y la cantidad de paros de las máquinas es que nace el mantenimiento preventivo. Este requiere de una alta planificación y se puede hacer basándose en el uso del equipo (tiempos de operación) o en condiciones anteriores (indicadores de mantenimiento). Para ambos casos se requiere el registro de fallas de la máquina o la implementación del mismo.

La práctica de este tipo de mantenimiento se basa en el concepto de inspección, donde puede ser con máquina en marcha o máquina en paro. Debido a lo anterior, la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo requiere de una serie de etapas que conllevan una planificación oportuna del mismo.

Entre las ventajas de esta filosofía están la reducción de costos por paros y un mejor aprovechamiento de recursos (repuestos, mano de obra, etc.). Un buen programa de mantenimiento debe de tener al menos un plan de mantenimiento preventivo.

De acuerdo como afirma el autor (Gómez Gutiérrez, 2013), en su presentación denominada “Estrategias de Mantenimiento”, existen una serie de elementos claves para la implementación de un programa de mantenimiento preventivo los cuales cita a continuación.

- **Tener un responsable a cargo del programa:** Debe ser una persona comprometida que venda la necesidad a la empresa. Debe contar con competencias técnicas y profesionales.
- **Acciones eficientes antes y después de la inspección:** La organización de las actividades de mantenimiento preventivo que sean de forma clara y sencilla de entender por parte del técnico con una secuencia lógica.
- **Flexibilidad:** La coordinación con el departamento de producción, para disponer de los equipos objeto del mantenimiento.

- **Aplicación del mantenimiento preventivo con criterio:** A partir del análisis técnico de los especialistas, debe evaluarse la decisión de sustituir o reparar (acción proactiva) considerando riesgos, costos de no producción y otras implicaciones para el departamento de mantenimiento y producción.
- **Concepto de mentalidad preventiva:** Tiene mucho que ver con la cultura organizacional, las inspecciones deben realizarse a conciencia siguiendo las instrucciones del programa, de manera que se puedan obtener buenos resultados, esto implica capacitación y concientización de personal.
- **Seguimiento del PMP:** su control y seguimiento, permiten retroalimentarlo y fortalecerlo para hacerlo mejor, más funcional y que tenga mayor impacto, esto le permite más credibilidad.

c) Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo es basado en condición, es decir, se debe de tener una medición constante, periódica y controlada de las condiciones necesarias del equipo para que cumpla el objetivo que posee en el proceso productivo, que permita detectar una falla mucho antes de que se presente.

Este tipo de mantenimiento requiere de equipo y personal especializado, por lo que su implementación implica un alto costo de implementación. Entre las técnicas predictivas comunes se encuentran:

- Análisis de vibraciones
- Termo-grafías
- Análisis de aceite
- Ultrasonido

d) Mantenimiento Autónomo

Este tipo de mantenimiento consiste en capacitar al personal operativo en labores de mantenimiento simples como inspecciones, limpieza, revisión de componentes, entre otras. El mantenimiento autónomo nace del TPM (Mantenimiento Productivo Total), y busca generar una gestión integral que asegure la disponibilidad de los equipos.

2. Análisis de las Tareas de Mantenimiento

Una gestión activa de mantenimiento requiere de un proceso iterativo del estudio de la mantenibilidad de los equipos. Las tareas de análisis de mantenimiento (MTA, por sus siglas en inglés: Maintenance Task Analysis) consiste en la identificación de las tareas de mantenimiento a ejecutar en los equipos, tomando en cuenta los requerimientos del proceso productivo y considerando la configuración descrita desde el departamento de mantenimiento.

Esta metodología contempla todas las áreas involucradas y procedimientos, tareas de mantenimiento ya descritas y diseños de funcionamiento que facilitan el cumplimiento del objetivo o función principal del activo. El MTA permite:

Identificar los recursos necesarios para el soporte sostenible del producto/sistema durante el ciclo de vida planificado. Cada uno de estos recursos deben incluir la identificación de funciones, tareas para cada categoría de mantenimiento, capacitación del personal, pruebas, equipo técnico, repuestos, logística e información técnica.

El MTA se aplica cuando se trata de “realizar un análisis de las tareas del mantenimiento en el que se requiere que estén completamente detallados todos los recursos necesarios para aplicar las tareas eficazmente en los sistemas”. (Amendola, 2013, p. 449)

a) Diferencias entre el MTA y RCM

El MTA es una metodología de identificación de trabajo alternativo, que utiliza menos tiempo y recursos para lograr su cumplimiento. A diferencia con el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), este análisis puede partir tanto de la parte de diseño, desde cero en una nueva filosofía (preventivo, predictivo, autónomo, etc.) o desde el programa actual de mantenimiento, mejorando la efectividad del mismo.

Cuando una compañía quiere empezar a incursionar en mejores prácticas de mantenimiento sin arriesgar o invertir mucho, el MTA cumple con los requerimientos suficientes, ya que su implementación es sumamente sencilla y de pocos recursos. Sin embargo, el MTA puede arrogar la información necesaria para saber si la gestión de mantenimiento va por el camino proyectado. A pesar las enormes ventajas que presenta esta metodología, nunca será tan completa como el RCM.

b) Beneficios de la Utilización de MTA

- Aporta pro-actividad en las actividades de mantenimiento, principalmente en donde los fallos potenciales son emitentes.
- Recolección de información y experiencias e información relevante al activo implicado en las tareas de mantenimiento y operaciones.
- Optimización del entendimiento de las tareas de mantenimiento, facilitando la monitorización y actualización de la efectividad de las futuras tareas.
- Eliminar rutinas que no tienen valor añadido.

B. Industria de Trituración

El proceso de trituración de rocas no presenta mucha complejidad, pero sí es una industria muy robusta. La mayoría de los equipos son de gran tamaño debido a la función que cumplen, y todos poseen la característica común que están conformados por piezas des-gastables, las cuales son las encargadas de tener contacto directo con los materiales triturables.

Existe una gran variedad de diferencias de las piedras, cuando son extraídas de ríos son más abrasivas, suelen ser más difíciles de triturar y desgastan más a los equipos. Las que salen de la tierra (de una cantera o tajo) el material es más dócil y el equipo dura más.

El proceso de trituración lleva varias etapas para poder obtener el producto que se requiere, y para cada una de ellas se tiene una gran gama de tipos de trituradoras.

1. Tipos de trituradoras

a) *Triturador de Mandíbulas*



Figura II-1 Triturador de mandíbulas

Fuente: Metso Expect Results

Este tipo de trituradora posee un tipo mandíbula fija y otro móvil, el cual utiliza la fuerza de inercia para golpear las piedras contra la parte fija y tiene un ángulo para granular el proceso de triturado. Se usa principalmente en la etapa primaria.

b) *Triturador de impactos*

El principio de funcionamiento de este se basa en un rotor con mazos que reciben el material y lo impulsan contra mamparas fijas y se trituran por el impacto, la cantidad de mazos define el fino del material de salida. Es usado normalmente en trituración primaria pero se puede encontrar en secundaria o terciaria.

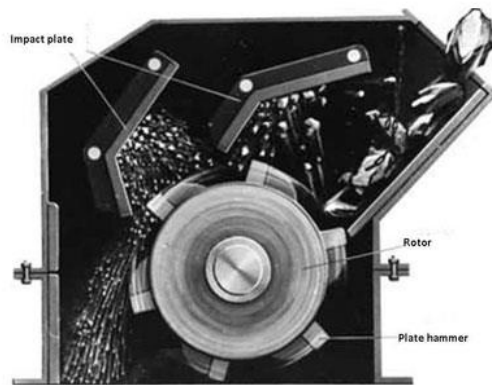


Figura II-2 Tritrador de impacto

Fuente: Metso Expect Results

c) Trituradoras de cono

Este tipo de trituradoras es de las más utilizadas en trituración secundaria y terciaria gracias a su calidad de trituración y flexibilidad para diferentes tamaños de productos. Su principio de funcionamiento se basa en una excéntrica que posee un cono, el cual gira y hace al material chocar contra la parte fija. Al ser el giro irregular, existe un lado más abierto que otro.

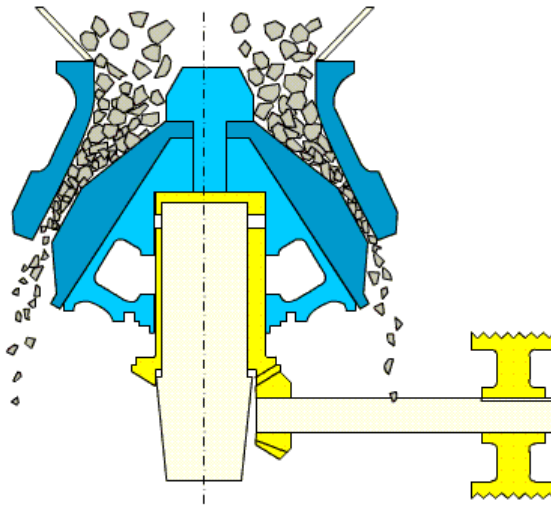


Figura II-3 Trituradora de cono

Fuente: Metso Expect Results

2. Cribas

Además de la trituración, el cribado es otro proceso de importancia y tiene un principio bastante conocido, ya que se asimila a una “zaranda”. Las cribas son utilizadas para separar el material en diferentes tamaños, los cuales se establecen por medio de las mallas, y la cantidad de separaciones depende de los niveles de la criba. Las cribas más comunes son de tipo vibratorio.

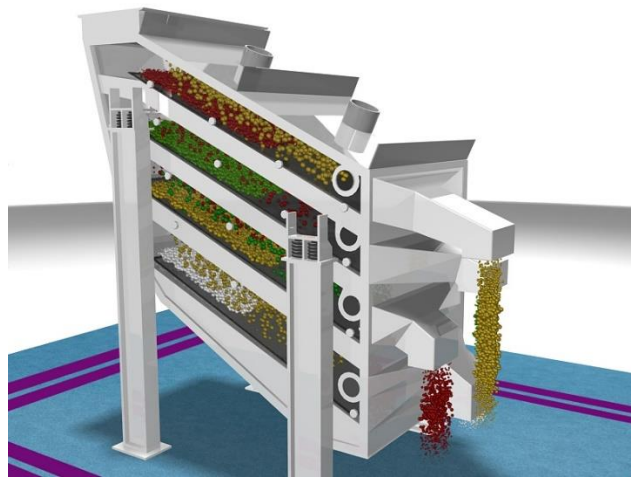


Figura II-4 Criba

Fuente: Metso Expect Results

3. Planta de trituración

La industria de la trituración es más amplia de lo que parece, por lo existen muchos fabricantes que han tratado de innovar en el mercado. De este avance se crea las plantas de trituración, las cuales son conjuntos de equipos bajo un mismo chasis o estructura y que ya vienen programados para trabajar juntos, por lo general son móviles.

Un ejemplo de una planta de trituración son los cono-criba, una estructura que se compone de una trituradora de cono, una criba y una serie de bandas que cierran el circuito. Son muy utilizados por su versatilidad, comúnmente en trituración secundaria o terciaria.

III.METODOLOGÍA DEL MTA

En este capítulo se explica detalladamente la metodología del MTA, la cuál será aplicada para el diseño del programa de mantenimiento preventivo. El MTA comprende un proceso que busca identificar las tareas detalladas de mantenimiento a ejecutar sobre los activos a través de un análisis de los requerimientos de los sistemas productivos. Dicho proceso esta extenso de estándares, pero utiliza principios de identificación de trabajo FMEA. (Failure Mode and Effects Analysis)

A diferencia con otras metodologías, el MTA posee pocos pasos y la mayoría se pueden unificar. “El MTA se realiza a través de una evaluación de los diseños y/o la capacidad operativa existente de los activos” (Amendola, 2013, p. 446) por lo tanto, la principal herramienta para desarrollar un plan de mantenimiento basado en esta metodología es conocer las necesidades y la importancia de cada activo para el departamento de producción.

El proceso MTA se divide en tres fases:

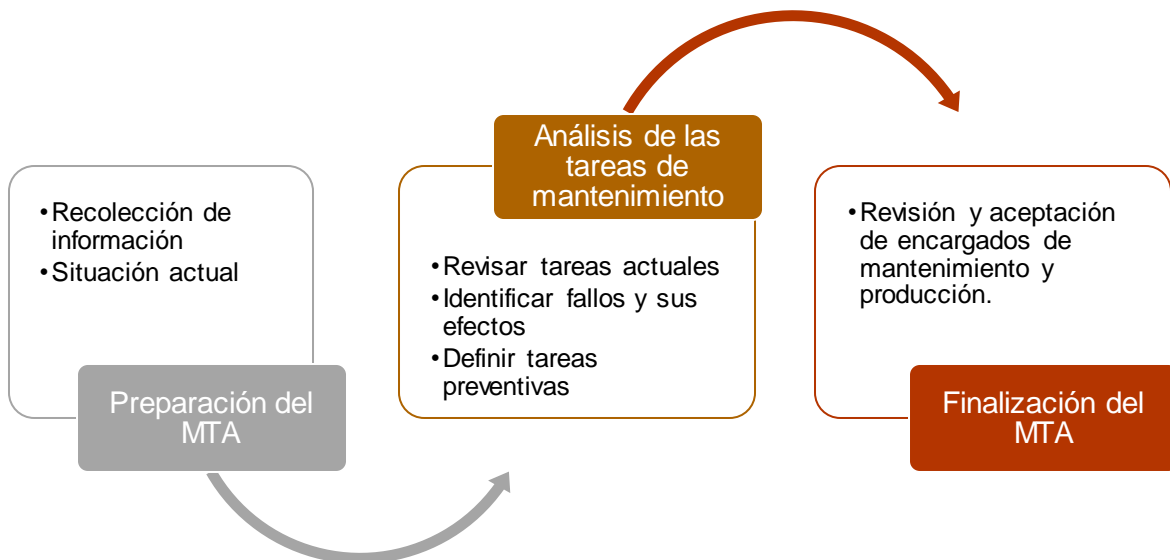


Figura III-1 Diagrama de flujo del proceso MTA

Fuente: Elaboración propia (Word, 2016).

A. Fase 1. Preparación del MTA

En esta etapa se busca establecer una base de conocimiento, un punto de partida para el desarrollo del MTA, por lo que se desglosa en tres pasos:

1. Conocer el funcionamiento y datos técnicos es prioridad, por lo que se debe iniciar una recolección de información de cada activo: fichas técnicas, manuales de operación, mantenimiento y partes, diagramas de flujo, historiales de fallos y diagramas de funcionamiento.
2. Establecer la situación de cada equipo, donde se incluya la función principal del activo, sus partes y las funciones secundarias de cada parte o conjunto.
3. Desarrollar el estado de las operaciones, describir el proceso productivo, las variables medibles para dicho proceso y la importancia de cada etapa.

B. Fase 2. Análisis de las Tareas de Mantenimiento

Una vez obtenida toda la información técnica de los equipos, su función principal y las necesidades del departamento de producción, se comienza con el análisis de las tareas de mantenimiento que satisfagan los requerimientos de la empresa. Se sigue los siguientes pasos:

1. Revisar las tareas e intervalos de las actividades de mantenimiento existentes.
2. Identificar la modalidad de fallo en relación con cada actividad y describir el efecto para el proceso productivo.
3. Definir la tarea preventiva para cada modalidad de fallo y su viabilidad en las operaciones de la empresa.

4. Establecer cualquier tipo de fallo que pueda presentarse, describir sus efectos y definir la tarea de mantenimiento relacionada.
5. Las tareas preventivas o acciones correctivas recomendadas deben incluir las necesidades de recurso y las medidas de seguridad requeridas.

C. Fase 3. Finalización del MTA

Esta etapa comprende un análisis y revisión final de lo establecido en la fase anterior, además de la búsqueda de aprobación por parte de los departamentos encargados.

1. Asegurar que todas las tareas establecidas respondan a las necesidades de mantenimiento de los equipos para que estos puedan cumplir su función principal en el proceso productivo.
2. Revisión y aceptación por parte de las personas encargadas del mantenimiento y la producción, con la finalidad de que todos los supuestos sobre los activos se cumplan.

IV. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PLANTAS DE TRITURACIÓN

A. Quebradores de Constructora Meco

Cada una de las Plantas de Agregados de Meco es instalada con el objetivo de suplir las necesidades de las otras UEN de la empresa, por lo que está directamente relacionado con cada uno de los proyectos adjudicados a la constructora, el dinamismo de los quebradores está regido por los requerimientos de cada concesión. En los últimos meses la empresa ha tenido un movimiento más dinámico que de costumbre, por lo que el traslado e instalación de quebradores se ha vuelto común.

Para finales del año se proyecta instalar 5 nuevos quebradores, ya sea con equipo nuevo o trasladado de las diferentes plantas a nivel nacional y fuera del país. En algunos casos se mueve los quebradores completos de un sitio a otro por razones estratégicas. Todo este movimiento ocasiona que mucha información se pierda (como manuales, piezas pequeñas y prácticas de mantenimiento).

La carencia de algún plan de mantenimiento preventivo es evidente con sólo caminar por algún quebrador, ya que se puede ver como los operarios son los que realizan las actividades correctivas como cambios de fajas, sustitución de algún elemento que llegó a su vida útil, entre otras, sin llenar una orden de mantenimiento ni algo similar. Las órdenes de mantenimiento que se manejan en SAP son únicamente para hacer solicitudes de materiales, repuestos o servicio. No se lleva un control real sobre las mismas, muchas de estas son abiertas cuando los trabajos ya se han realizado, únicamente para poder hacer el cobro del mismo. La principal causa de este problema de administración y planificación es la falta de personal capacitado.

Este tipo de industria trabaja con equipos robustos y dispone de muy poco tiempo, por lo que los montajes se suelen hacer de manera apresurada, saltando detalles. Ese es el motivo de que cuando se realizó el levantamiento de información de los equipos, se dio a conocer que todas las instalaciones eléctricas de los 5 quebradores están desordenadas, sobre dimensionadas y que no existe ningún plano o diagrama de la misma.



Figura IV-1 Fotografía de protecciones eléctricas de algunos motores de Planta Guápiles

Fuente: Elaboración propia.

El departamento de mantenimiento cuenta con poco personal técnico (3 técnicos mecánicos, 4 soldadores y 3 ayudantes para 5 quebradores actuales y 5 nuevas plantas que se proyecta el montaje para el mes de Noviembre de 2016), utilizado principalmente en los montajes, por lo que la mayoría de las actividades correctivas son realizadas por los operarios. Hasta aquí no hay ningún problema con eso, pero estas actividades muchas veces no son reportadas, estudiadas o se les da seguimiento para poder conocer la causa de la falla. En muchas ocasiones, el Jefe de Mantenimiento no se entera de las fallas ni la solución que se implementó, y esto tiene una razón de ser, los operarios siguen las órdenes del encargado de la planta, los cuales (en su gran mayoría) son personas de muchos años, con creencias y cultura muy arraigada, y el principal objetivo de ellos es producir, por lo que ven a mantenimiento como un “enemigo”, ya que provoca paros de producción. Dejar hasta que falle es la filosofía de la mayoría de encargados.

En síntesis, los principales problemas que presentan las plantas de trituración son la falta planificación e ineficiente administración de mantenimiento, carencia de personal técnico y desorden en cada montaje.

B. Selección de la Familia de Equipos a Estudiar

El departamento de mantenimiento se encuentra en un déficit económico (Tabla I-1), los costos de las actividades que son únicamente correctivas superan los ingresos que recibe el departamento, y este es uno de los problemas más graves a los que se enfrenta el departamento. En conjunto con las jefaturas regionales de producción y la de mantenimiento se decide dividir e intervenir los equipos por familias o categorías, apegados a la codificación de activos presente en la empresa, como se puede observar en el apéndice XI.C. Codificación de los Equipos.

La selección de las familias a intervenir será basada en primera instancia por el peso en los costos de mantenimiento en el periodo desde enero hasta julio, utilizando el análisis de Pareto para conocer cuáles son las que generan el mayor porcentaje de costos.

Tabla IV-1 Costos de mantenimiento por categoría

Categoría	Descripción	Costo de Mto por equipo (millones)	% total	% total acumulado
TR56	Triturador de Cono	¢44	36%	36%
TR54	Triturador de Cono y Criba	¢32	26%	62%
TR43	Triturador de Mandíbulas	¢23	19%	81%
TR50	Cribas	¢9	7%	88%
Otros Mto	Equipos menores	¢7	6%	94%
TR53	Tolvas receptoras	¢5	4%	98%
TR44	Bandas Transportadoras	¢2	2%	100%

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

Las familias de Trituradoras de Cono (TR56) y las de Cono-Criba (TR54) acumulan el 62% de los costos, y que sean las que ocasionan el mayor costo de mantenimiento no es una coincidencia, ya que este tipo de trituradores son los más importantes en la producción, su valor adquisitivo es de los más elevados que se pueden encontrar en la rama de equipos de trituración, y su funcionamiento es un poco más complejo que los demás (Ver apéndice XI.D. Análisis de Criticidad)

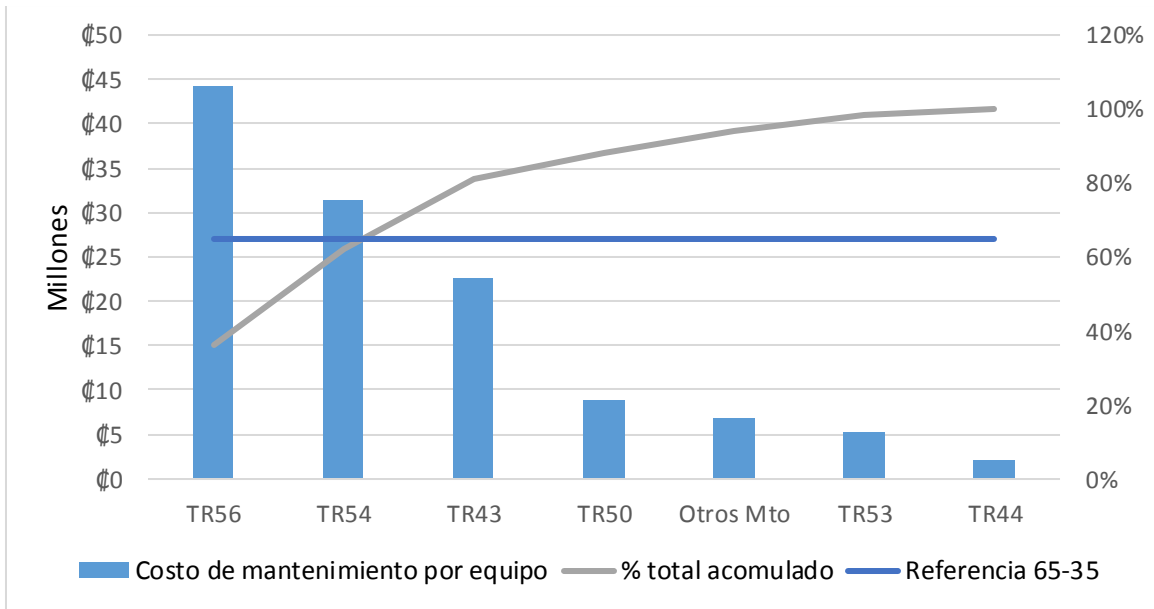


Figura IV-2 Diagrama de Pareto de costos de mantenimiento por categorías

Fuente: Elaboración propia (Excel 2016).

Un aspecto de relevancia es que ambas categorías abarcan equipos muy similares, los TR54 son un conjunto de equipos que incluyen una trituradora de cono, una criba y de 3 a 4 bandas transportadoras. Por esta razón, se decide con la jefatura de mantenimiento realizar el plan de mantenimiento sobre los trituradores de cono, cribas y bandas para de esta manera abarcar las dos categorías más importantes para la empresa.

C. Conclusiones de la Situación Actual de las Plantas de Trituración

Los constantes montajes y desmontajes de plantas no se pueden evitar, ya que dependen de las necesidades de mercado, pero los problemas tales como pérdida de documentos o piezas pequeñas pueden mejorarse. Se recomienda la estandarización de los procesos de montaje y desarme de quebradores y la

actualización constante de los planos de las mismas. En el departamento se cuenta con un solo dibujante que se encarga de realizar proyectos en todos los países en los que está Meco, por lo que no le alcanza el tiempo para mantener al día los planos de todas las plantas.

Esto se suma al problema de falta de personal en el departamento. Además, debido a la falta de técnicos eléctricos propios (todos los trabajos de este tipo se subcontratan actualmente) y de la planeación a la hora de montar una planta nueva, también se presenta el problema de que las instalaciones no tienen ni siquiera un diagrama unifilar, por lo que se recomienda la contratación de un técnico eléctrico para el departamento de mantenimiento.

Con respecto al cambio de cultura, se proyecta que con la implementación del plan de mantenimiento se comience establecer un pensamiento preventivo, que los operarios, técnicos y encargados entiendan la importancia de prevenir las fallas antes de que provoque un paro inesperado. Se lleva más control de las causas de los paros, quizás un análisis de causa raíz.

Sin embargo, todo eso queda fuera de este proyecto, tan la implementación del preventivo como estudio de fallas. El plan de mantenimiento está dirigido principalmente a la reducción de actividades correctivas y costos del mantenimiento actual.

**V. DESARROLLO DEL
PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Un plan de mantenimiento preventivo (PMP) debe de proveer al personal de mantenimiento las herramientas para la programación de las rutinas de inspección, lubricación o calibración para las máquinas, diagnosticar ciclos de mantenimiento que definen partes a reparar, revisar o sustituir con el fin de garantizar el funcionamiento del equipo.

El establecimiento de fichas técnicas de los equipos y un análisis de las necesidades de producción que las máquinas deben cumplir, son las herramientas fundamentales para el diseño de un manual de mantenimiento preventivo.

A. Equipos Seleccionados

En el apartado anterior se hizo la selección de las categorías a las cuales se les realizará el plan de mantenimiento preventivo con base a un análisis de criticidad y un Pareto de costos, además de la importancia que representa cada equipo a la hora de cubrir las necesidades de producción. En la Tabla V-1 se muestran las máquinas a las que se les va a realizar el programa de mantenimiento preventivo.

Tabla V-1 Equipos seleccionados para el plan de mantenimiento preventivo

Cat.	Activo	Equipo	Función
TR50	50-04	Criba	Cribado intermedio
	50-05	Criba	Cribado secundario
	50-06	Criba	Cribado intermedio
	50-08	Criba	Cribado intermedio
	50-10	Criba	Cribado secundario
	50-14	Criba	Cribado intermedio
	50-17	Criba	Cribado inicial
	50-22	Criba	Cribado y lavado
	50-27	Criba	Cribado Terciaria
TR54	54-06	Triturador de Cono y Criba	Trituración secundaria.
	54-07	Triturador de Cono y Criba	Trituración secundaria.
TR56	56-01	Triturador de Cono	Trituración secundaria.
	56-04	Triturador de cono	Trituración secundaria.
	56-05	Triturador de Cono	Trituración secundaria.
	56-06	Triturador de Cono	Trituración terciaria.
	56-08	Triturador de Cono	Trituración terciaria.

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016)

En el caso de la categoría TR44 (bandas transportadoras) se tiene un total de 70 equipos, los cuales tienen mucho dinamismo entre plantas, por lo que se toma la decisión en conjunto los departamentos de mantenimiento y producción de realizar una sola hoja de ruta para todas las bandas y se tomará que cada una de ellas trabaja 8 horas días.

B. Aplicación de la Metodología MTA

Las tareas preventivas para cada familia de equipos críticos se establecen mediante la metodología del Análisis de las Tareas de Mantenimiento (MTA) explicada anteriormente.

Debido al tipo de industria y la forma de trabajo, se decide establecer las frecuencias en horas. Con base en lo anterior se crea una lista de chequeo por categoría (familia) de equipos críticos con actividades preventivas, pero para frecuencias menores a 250 horas (rutinas diarias y semanales). El objetivo de realizar esta división es porque se decide no ingresar en SAP hojas de ruta con frecuencias altas para facilitar el manejo de información dentro del sistema. Por lo tanto, se crea las listas de chequeo para frecuencias menores de 250 horas y el PMP para las frecuencias mayores.

Es importante mencionar que las categorías consideradas en el plan son Trituradoras de Cono (TR56), Trituradoras de Cono y Criba (TR54), Criba (TR50) y Bandas Transportadoras (TR44), para esto se elabora el plan para bandas, cribas y las dos marcas de conos que se tiene en la UEN, con estos se satisface el mantenimiento de las cuatro familias. Por ejemplo, el plan de mantenimiento de un TR54 contempla tres hojas de ruta (plan para el cono con la marca que corresponda, para la criba y para la banda), mientras que para un TR50 sólo se aplica el plan de la criba.

C. Manual de Mantenimiento Preventivo

El presente manual de mantenimiento preventivo incluye las fichas técnicas de los 87 equipos intervenidos, recordando que hay equipos como los TR54 que se dividen en al menos 5 equipos (en el apéndice XI.E se muestra un ejemplo de ficha técnica para el activo 54-06), un manual de codificación de equipos en SAP (apéndice XI.C), lista de chequeo para frecuencias menores a 250 horas y las rutinas de inspección para frecuencias mayores.

1. Lista de Chequeo

a) Encabezado


PAIA.P3F2 Lista de chequeo		Planta:		
Equipo:	Criba Vibratoria	Operador:		
Activo:		Semana:		

Figura V-1 Encabezado de una lista de chequeo

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

Se compone de:

- El código utilizado en el procedimiento de auditorías por ISO 9001 (PAIA.P3F2 Lista de chequeo).
- El nombre del equipo, el cual puede ser el equipo principal o un sub-equipo.
- Un espacio para que el encargado de realizar la lista complete el número del activo (por ejemplo: 56-06).
- Un campo para llenar el nombre de la planta en la que se encuentra el activo
- Cada planta posee al menos un operador, quién será el responsable de realizar la inspección, por lo que debe de llenar el nombre del mismo para tener registro de los responsables.
- Por último, se debe de llevar un registro en el tiempo, por lo que se debe de escribir el número de semana en la que se está realizando la inspección.

b) Lista de Actividades

No	Actividad	Estado	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Diario (cada 10 horas)									
1	Revisar el estado de las mallas, los canales o tensores que la sujetan y el hule canal para determinar desgastes y necesidades de cambio antes de que se dañen.	Parado							
2	Revisar la estructura de la máquina, que no hayan fisuras en esquinas, láminas desgastadas o golpes.	Parado							
3	Verificar que la criba no presente ruidos anormales o que existe algún elemento suelto o flojo. Reportar cualquier daño.	Marcha							
4	Verificar que no existan fugas en ninguna parte de la estructura.	Marcha							
5	Revisar que los resortes se encuentren en buen estado, que no estén quebrados o fisurados, y que estén libres de material.	Parado							
Semanal (cada 50 horas)									
6	Revisar la fajas o correas de transmisión, que no estén flojas, gastadas o quemadas.	Parado							
7	Revisar el nivel de aceite en el depósito, rellenar si es necesario.	Parado							
8	Realizar engrase de los rodamientos. Usar _____ y aplicar ____ bombazos a cada uno.	Parado							
9	Verificar estado de sistema de tensión (pivot de motor o tensora)	Parado							
10	Medir temperatura de los rodamientos, reportar si sobrepasa los 65°C	Marcha							
11	Medir la temperatura del motor. Reportar si sobrepasa 65°C	Marcha							
12	Revisar nivel de aceite de la caja del vibrador. Rellenar si es necesario.	Parado							
13	Verificar que la distribución del material dentro del equipo sea uniforme.	Marcha							
14	Revisar la mesa del motor, que los resortes o muñoneras (si las tiene) no estén quebradas, reportar cualquier daño.	Parado							

Figura V-2 Actividades de una lista de chequeo

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

La idea de estas listas es que sean aplicadas y proporcionen información importante para prevenir las fallas. Por lo tanto, deben de ser los más claras posibles para que el personal pueda desarrollarlas sin ningún problema. En esta sección de la hoja se divide en actividades diarias (cada 10 horas) y actividades semanales (cada 50 horas). Además, se tiene un número de secuencia y el estado en que debe de estar la máquina para realizar cada una de las actividades. Por último, se tiene un espacio en blanco por cada día de la semana para que sea completado con una equis (X).

En el encabezado se compone de:

- **Número de páginas:** la mayoría de los planes de mantenimiento constan de muchas actividades por lo que se dividen en varias hojas, para poder ordenarlas y llevar un control, se establece un espacio donde se lleva la numeración.
- **Equipo:** el nombre de los equipos ya está completado en el plan con el fin de facilitar la labor del personal, estos equipos pueden ser principales o sub-equipos.
- **Activo:** al igual que en las listas de chequeo, el responsable debe de llenar el número de activo.
- **Planta:** en este espacio se escribe el nombre de la planta donde se está realizando el PMP.

b) Lista de Actividades

Act.	Descripción	Frecuencia (Horas)	Duración (min)	Responsable	Estado de la máquina	Medidas de seguridad
Estructura						
1	Revisar los bajantes de las bandas, que no estén sueltos o con fracturas. Asegurarse que el material este cayendo de la manera correcta (en el centro de la banda). Reportar cualquier desgaste o daño que encuentre.	250	15	1 Operador	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Hacer uso del arnés si se tiene que trabajar en altura.
2	Engrasar los tornillos tensores del tambor de cola (Usar grasa GAUSS 220). Revisar el desgaste de la rosca, que no esté quebrada. Reportar cualquier daño.	250	15	1 Operador	Parado	
3	Revisar el estado de la estructura del conveyer, buscar puntos de corrosión, piezas desgastadas, elementos sueltos o cualquier daño evidente. Reportar cualquier daño.	500	30	1 Operador	Parado	

Figura V-5 Actividades de los planes de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

En la lista de las actividades preventivas se divide por sistemas los equipos (por ejemplo: estructura, sistema hidráulico, sistema de lubricación, motor principal, etc.).

En esta sección se tiene:

- **Act.:** es el consecutivo de la actividad por sistema.

- **Descripción:** en este espacio se hace una descripción detallada de la actividad, qué se debe hacer, cómo se hace, con qué y la acción proactiva.
- **Frecuencia:** está se da en horas. Es importante recalcar que la manera en que se desarrolla el plan indica que las actividades son acumulativas. Es decir, a las 1000 horas de trabajo de las máquinas (este control se lleva por medio de los horímetros instalados en los equipos y el ingreso de esos valores a SAP por parte del planificador de mantenimiento) se realiza las actividades que corresponden a esa frecuencia y las de 500 y 250 horas.
- **Duración:** este es el tiempo estimado que se va a invertir en el equipo en minutos. Este valor está basado en la experiencia, pero es importante estudiar cómo se comporta durante la implementación del PMP (proceso de mejora continua).
- **Responsable:** se indica la especialidad operativa necesaria y la cantidad de personas por la misma.
- **Estado de la máquina:** en este espacio se indica si la máquina debe de estar en marcha o parada cuando se realice la operación.
- **Medidas de seguridad:** se indica las medidas de seguridad básicas que se deben de tomar por actividad.

c) Pie de Página

Observaciones:

Firma del Encargado: _____
 Firma del Jefe Operativo: _____
 Firma del Planificador de Mto: _____

Figura V-6 Pie de página de un plan de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

Al igual que en la lista de chequeo, se tiene un espacio para hacer observaciones sobre los equipos o actividades. El PMP es responsabilidad del planificador de mantenimiento (PM) vigilar que se cumpla, porque además de las firmas del encargado de planta y Jefe Operativo, debe de tener la firma del PM.

3. Lista de Chequeo de Triturador de Cono marca Metso

PAIA.P3F2 Lista de chequeo		Planta:	
Equipo:	Triturador de Cono, marca Metso	Operador:	
Activo:		Semana:	



No	Actividad	Estado	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Diario (cada 10 horas)									
1	Revisar nivel de aceite de lubricación e hidráulico. Rellenar si es necesario.	Parado							
2	Revisar que no exista ninguna obstrucción en la descarga.	Parado							
3	Revisar y limpiar el cobertor y revestimiento del contrapeso, que no presente ningún daño.	Parado							
4	Revisar la malla del tanque de aceite, si hay limaduras o virutas hay que reportar inmediatamente.	Marcha							
5	Medir la temperatura del motor, que no sobre pase los 65 °C. Verificar que el motor se encuentre bien sujeto.	Parado							
6	Verificar presión del sistema de levante del cono (2700 psi)	Marcha							
7	Verificar presión de sujeción (2400 psi)	Marcha							
8	Verificar temperatura de salida de la aceite de lubricación (38-55°C)	Marcha							
9	Verificar presión de aceite en la caja del contraeje, que este entre _____ y _____	Marcha							
10	Verificar presión diferencial del filtro de aceite.	Parado							
11	Verificar distribución de la alimentación, que caiga en el centro. Reportar si es diferente.	Marcha							
12	Verifique del tiempo de parada del contraeje (menor a 45 segundos). Reportar si sobre pasa el tiempo.	Marcha							
13	Verifique no exista ruidos inusuales. Reportar en caso contrario	Marcha							
14	Revisar si hay movimiento en el anillo de ajuste, si hay se tiene que ajustar hasta eliminar el movimiento.	Marcha							
Semanal (Cada 50 horas)									
17	Revisar el estado de las correas, que no estén flojas, gastadas o quemadas.	Parado							
18	Verificar las poleas por grietas, sujeción al eje y acumulación de polvo, reportar si encuentra cualquier daño.	Parado							
19	Revisar la estructura de la máquina, que no hayan fisuras en esquinas, láminas desgastadas o golpes.	Parado							
20	Inspeccionar brazos del bastidor, mangas y tornillos de la estructura.	Parado							
21	Verificar desgaste de tazón, manto y plato de alimentación.	Parado							
22	Revisar el perno de sujeción del plato de alimentación, que no esté quebrado o flojo.	Parado							
23	Verificar estado de los respiraderos del contraeje y tanque.	Marcha							
24	Verificar todas las alarmas y luces de advertencia, que todas funcionen.	Marcha							

Observaciones

Firma Operador	Firma Encargado	Firma Jefe Operativo

4. PMP de Triturador de Cono marca Metso

Página 1 de 4	Plan de Mantenimiento Preventivo				AGREGADOS		PIEDRAS & ARENAS
Equipo:	Trituradora de Cono HP 300	Activo:			Planta:		
Act.	Descripción	Frecuencia (Horas)	Duración (min)	Responsable	Estado de la máquina	Medidas de seguridad	
Estructura							
1	Revisar las superficies de asiento del revestimiento del tazón (manto fijo) y de la cabeza en busca de reventaduras, fisuras y remaquinar cualquier rebaba que se encuentre. Reportar cualquier daño.	250	20	2 Mecánico	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Avisar al operador del área para que se ajusten las operaciones de los equipos.	
2	Inspeccionar el anclaje del motor y del cono. Revisar que todos los tornillos no estén sueltos o quebrados. Reportar cualquier daño.	250	15	1 Operador	Parado		
3	Revisar las cuñas y tornillos de sujeción del revestimiento del tazón (manto fijo), que no estén sueltos o quebrados. Reportar cualquier daño o faltante de algún elemento.	250	10	1 Operador	Parado		
4	Girar el tazón hacia un lado y hacia el otro, y verificar que el mecanismo funcione correctamente, que no se quede atascado. Reportar cualquier daño.	250	10	1 Operador	Parado		
5	Inspeccionar el cubre polvo del cono, buscar fisuras o golpes. Reportar cualquier daño.	1000	20	1 Mecánico	Parado		
6	Revisar con el nivel la posición de la máquina, que se encuentre nivelada (que la burbuja del nivel este en el centro del visor). Nivelar si es necesario.	2000	60	1 Operador 1 Mecánico	Parado		
7	Realizar el cambio del plato de alimentación. Medir desgaste con un pie de rey o equivalente, para determinar que la frecuencia de cambio es correcta. Reportar cualquier daño.	2000	180	2 Mecánico 1 Operador	Parado		
8	Realizar revisión de todos los elementos de desgaste, medir los espesores y reportar cualquier daño del eje principal, buje y bola de la cabeza, quicionera, buje de la excéntrica, platos de bronce, anillo de ajuste y contrapesos. Reportar las mediciones para programar los cambios necesarios.	4000	720	Servicio externo	Parado	No aplica	



Plan de Mantenimiento Preventivo


AGREGADOS



**PIEDRAS
& ARENAS**

Equipo:	Trituradora de Cono HP 300	Activo:		Planta:		
Act.	Descripción	Frecuencia (Horas)	Duración (min)	Responsable	Estado de la máquina	Medidas de seguridad
Caja del contra eje						
1	Verificar engrane correcto del piñón y anillo impulsor en apertura del cono, que los dientes de ambos coincidan. Reportar cualquier daño.	250	15	1 Mecánico	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades.
2	Realizar el cambio de aceite de la caja de contra eje (usar aceite OMALA S2 G150, 19 000 cm ³ o 5 galones). Realizar análisis del aceite para verificar que la frecuencia de cambio este correcta.	1000	30	1 Operador	Parado	
3	Realizar medición del juego axial de la caja del contra eje. Tolerancia máxima entre (0,8 mm y 1,5 mm). Reportar cualquier daño.	4000	120	2 Mecánico	Parado	
4	Revisar ajuste del piñón-corona en busca de desgastes en los dientes. Comparar medidas según catálogo y reportar.	4000	120	2 Mecánico	Parado	
Sistema de transmisión						
1	Inspeccionar el desgaste de las ranuras de las poleas del motor y del cono, la fajas o correas no deben de tocar el fondo del canal. Reportar cualquier daño.	1000	15	1 Operador	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades.
Motor principal						
1	Engrasar los tornillos tensores del motor principal (usar grasa GAUSS 220, 5 bombazos), revisar el estado de la rosca, que no esté quebrada. Reportar cualquier daño.	250	15	1 Operador	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Avisar al operador del área para que se ajusten las operaciones de los equipos.
2	Revisar el estado de las protecciones del motor (protección térmica, contactor y breaker). Que los cables no se encuentren pelados ni sueltos, o que la protección esté disparada. Reparar si es necesario.	250	30	1 Eléctrico	Parado	
3	Revisar los cables de conexión en el motor, que estén en buen estado, que tengan aislamiento, y que no se encuentren sueltos. Inspeccionar el estado del abanico del motor, que no tenga golpes o fisuras. Reportar cualquier daño.	250	30	1 Eléctrico	Parado	

Página 3 de 4	Plan de Mantenimiento Preventivo				AGREGADOS		
Equipo:	Trituradora de Cono HP 300	Activo:			Planta:		
Act.	Descripción	Frecuencia (Horas)	Duración (min)	Responsable	Estado de la máquina	Medidas de seguridad	
Motor principal							
4	Verificar que el motor no presente ruidos anormales, como el sonido de metales pegando. Reportar si se presenta algo fuera de lo común.	250	15	1 Eléctrico	Marcha	Utilizar el equipo de protección personal.	
5	Revisar el estado del bobinado, que no existan alambres sueltos o quemados. Hacer medición de aislamiento, reportar resultado.	2500	60	Servicio externo	Parado	No aplica	
6	Revisar el estado del rotor, que no existan roces o problemas en el eje y los asientos de los rodamientos. Reparar si es necesario.	2500	60	Servicio externo	Parado		
7	Reemplazar rodamientos del motor (delantero y trasero).	2500	60	Servicio externo	Parado		
Sistema hidráulico							
1	Inspeccionar el sistema hidráulico, revisar la presión de operación, si hay presencia de ruidos o temperaturas anormales. Buscar fugas de aceite hidráulico en bombas, mangueras y electroválvulas. Reparar si es necesario.	250	20	1 Operador	Marcha	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Avisar al operador del área para que se ajusten las operaciones de los equipos. Seguir los procedimientos necesarios para las actividades que involucran el uso de sustancias.	
2	Cambiar aceite y filtro del soplador (Usar aceite OMALA S2 G150, 15 000 cm ³ o 4 galones).	250	20	1 Mecánico	Parado		
3	Revisar soplador y tuberías de aire, verificar que el sello de polvo esté funcionando en la máquina. Reparar si es necesario.	250	20	1 Operador	Parado		
4	Verificar la presión de Nitrógeno en los acumuladores (8,3 MPa o 1200 psi). Rellenar si es necesario.	250	30	1 Operador	Parado		
5	Cambiar el filtro del aceite hidráulico.	500	30	1 Mecánico	Parado		
6	Realizar cambio del aceite hidráulico (Usar aceite OMALA S2 G150, 0,2 m ³ o 55 galones). Realizar análisis del aceite para verificar que la frecuencia de cambio este correcta.	1000	60	1 Mecánico 1 Operador	Parado		
7	Realizar limpieza del sello de polvo. Revisar el juego del sello en busca de desgastes. Reportar cualquier daño.	1500	20	1 Operador	Parado		

Página 4 de 4	Plan de Mantenimiento Preventivo				AGREGADOS		
Equipo:	Trituradora de Cono HP 300	Activo:			Planta:		
Act.	Descripción	Frecuencia (Horas)	Duración (min)	Responsable	Estado de la máquina	Medidas de seguridad	
Sistema hidráulico							
8	Hacer cambio de aceite de la caja reductora del sistema hidráulico (Usar aceite OMALA S2 G150, 15 000 cm ³ o 4 galones). Realizar análisis del aceite para verificar que la frecuencia de cambio este correcta.	1500	30	1 Mecánico	Parado	Utilizar el equipo de protección personal.	
Sistema de lubricación							
1	Revisar la correcta operación de los medidores de temperatura del sistema de lubricación con termómetros de mercurio (la variación de datos no debe ser más de 2 grados). Reparar si la variación es mayor.	250	15	1 Operador	Marcha	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Avisar al operador del área para que se ajusten las operaciones de los equipos. Seguir los procedimientos necesarios para las actividades que involucran el uso de sustancias.	
2	Revisar el estado del ventilador de enfriamiento del sistema, que no tenga aspas reventadas o dobladas. Limpiar si es necesario. Reportar cualquier daño visible.	500	20	1 Operador	Parado		
3	Cambiar filtros del aceite de lubricación.	500	30	1 Mecánico	Parado		
4	Realizar cambio del aceite de lubricación (Usar aceite OMALA S2 G220, 0,2 m ³ o 55 galones). Realizar análisis del aceite para verificar que la frecuencia de cambio este correcta.	1500	60	1 Mecánico 1 Operador	Parado		
5	Hacer cambio de aceite de la caja reductora del sistema de lubricación (Usar aceite OMALA S2 G150, 15 000 cm ³ o 4 galones). Realizar análisis del aceite para verificar que la frecuencia de cambio este correcta.	1500	30	1 Mecánico	Parado		

Observaciones:

Firma del Encargado: _____

Firma del Jefe Operativo: _____

Firma del Planificador de Mto: _____

5. Lista de Chequeo de Triturador de Cono marca Terex

PAIA.P3F2 Lista de chequeo		Planta:								
Equipo:	Triturador de Cono, marca Terex			Operador:						
Activo:				Semana:						
No	Actividad	Estado	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Diario (cada 10 horas)										
1	Revisar nivel de aceite de lubricación e hidráulico. Rellenar si es necesario.	Parado								
2	Revisar que no exista ninguna obstrucción en la descarga debajo del cono.	Parado								
3	Medir la temperatura del motor y el rol externo del contra eje, que no sobre pase los 65 °C. Verificar que el motor se encuentre bien sujeto.	Parado								
4	Verificar presión del sistema de levante del cono (MVP: 3000 psi, RC60 y RC45: 2600 psi)	Marcha								
5	Verificar presión de sujeción (MVP: 2600 psi, RC60 y RC45: 2100 psi)	Marcha								
6	Verifique que no existan ruidos inusuales. Reportar en caso contrario.	Marcha								
7	Revisar si hay movimiento en el anillo de ajuste, si hay se tiene que ajustar hasta eliminar el movimiento.	Marcha								
8	Revisar fugas en motores, acumuladores, acoples y mangueras. Reparar si es necesario.	Parado								
9	Revisar el estado del flujo-metro y que el rango de GPM este entre: RC45: 3.8 GPM, RC60: 10.5 GPM, MVP380: 6 GPM MVP450: 6 GPM	Parado								
10	Revisar indicador de filtro de aceite en busca de caudal restringido.	Marcha								
Semanal (cada 50 horas)										
11	Revisar poleas de transmisión en busca de acumulación de material o desgaste, limpiar cualquier acumulación de material que posean.	Parado								
12	Verificar distribución de la alimentación, que caiga en el centro. Reportar si es diferente.	Marcha								
13	Revisar el estado de las correas, que no estén flojas, gastadas o quemadas.	Parado								
14	Inspeccionar brazos del bastidor, lana de bastidores (main frame la iner), mangas y tornillos de la estructura.	Parado								
15	Verificar desgaste de tazón, manto y plato de alimentación.	Parado								
16	Revisar el perno de sujeción del plato de alimentación, que no esté quebrado o flojo.	Parado								
17	Revisar que se encuentren todas las contrapesas. Inspeccionar que no tengan desgaste o algún daño.	Parado								
18	Verificar todas las alarmas y luces de advertencia, que todas funcionen.	Marcha								
19	Revisar filtro higroscópico (en el tanque hidráulico), que se encuentre en buenas condiciones o saturado. Reemplazar si es necesario.	Parado								
20	Revisar anclajes del triturador y del motor, que no estén quebrados o fisurados.	Parado								



Observaciones

Firma Operador	Firma Encargado	Firma Jefe Operativo

Actualización: 12 de setiembre de 2016 M. ELIZONDO

6. PMP de Triturador de Cono marca Terex

Página 1 de 4	Plan de Mantenimiento Preventivo			AGREGADOS	MECO	PIEDRAS & ARENAS
Equipo:	Trituradora de Cono marca Terex	Activo:		Planta:		
Act.	Descripción	Frecuencia (Horas)	Duración (min)	Responsable	Estado de la máquina	Medidas de seguridad
Estructura						
1	Revisar las superficies de asiento del revestimiento del tazón (manto fijo) y de la cabeza en busca de reventaduras, fisuras y re-maquinar cualquier rebaba que se encuentre. Reportar cualquier daño.	250	20	2 Mecánico	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Avisar al operador del área para que se ajusten las operaciones de los equipos.
2	Inspeccionar el anclaje del motor y del cono. Revisar que todos los tornillos no estén sueltos o quebrados. Reportar cualquier daño.	250	15	1 Operador	Parado	
3	Revisar las cuñas y tornillos de sujeción del revestimiento del tazón (manto fijo), que no estén sueltos o quebrados. Reportar cualquier daño o faltante de algún elemento.	250	10	1 Operador	Parado	
4	Girar el tazón hacia un lado y hacia el otro, y verificar que el mecanismo funcione correctamente, que no se quede atascado. Reportar cualquier daño.	250	10	1 Operador	Parado	
5	Inspeccionar el cubre polvo del cono, buscar fisuras o golpes. Reportar cualquier daño.	1000	20	1 Mecánico	Parado	
6	Revisar con el nivel la posición de la máquina, que se encuentre nivelada (que la burbuja del nivel este en el centro del visor). Nivelar si es necesario.	2000	60	1 Operador 1 Mecánico	Parado	
7	Realizar el cambio del plato de alimentación. Medir desgaste con un pie de rey o equivalente, para determinar que la frecuencia de cambio es correcta. Reportar cualquier daño.	2000	180	2 Mecánico 1 Operador	Parado	
8	Realizar revisión de todos los elementos de desgaste, medir los espesores y reportar cualquier daño del eje principal, buje y bola de la cabeza, quicionera, buje de la excéntrica, platos de bronce, anillo de ajuste y contrapesos. Reportar las mediciones para programar los cambios necesarios.	4000	720	Servicio externo	Parado	No aplica

Plan de Mantenimiento Preventivo

AGREGADOS



**PIEDRAS
& ARENAS**

Equipo:	Trituradora de Cono marca Terex	Activo:		Planta:		
Act.	Descripción	Frecuencia (Horas)	Duración (min)	Responsable	Estado de la máquina	Medidas de seguridad
Caja del contra eje						
1	Verificar engrane correcto del piñón y anillo impulsor en apertura del cono, que los dientes de ambos coincidan. Reportar cualquier daño.	250	15	1 Mecánico	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades.
2	Realizar el cambio de aceite de la caja de contra eje (usar aceite OMALA S2 G150, 19 000 cm ³ o 5 galones). Realizar análisis del aceite para verificar que la frecuencia de cambio este correcta.	1000	30	1 Operador	Parado	
3	Realizar medición del juego axial de la caja del contra eje. Tolerancia máxima entre (0,8 mm y 1,5 mm). Reportar cualquier daño.	4000	120	2 Mecánico	Parado	
4	Revisar ajuste del piñón-corona en busca de desgastes en los dientes. Comparar medidas según catálogo y reportar.	4000	120	2 Mecánico	Parado	
Sistema de transmisión						
1	Inspeccionar el desgaste de las ranuras de las poleas del motor y del cono, la fajas o correas no deben de tocar el fondo del canal. Reportar cualquier daño.	1000	15	1 Operador	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades.
Motor principal						
1	Engrasar los tornillos tensores del motor principal (usar grasa GAUSS 220, 5 bombazos), revisar el estado de la rosca, que no esté quebrada. Reportar cualquier daño.	250	15	1 Operador	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Avisar al operador del área para que se ajusten las operaciones de los equipos.
2	Revisar el estado de las protecciones del motor (protección térmica, contactor y breaker). Que los cables no se encuentren pelados ni sueltos, o que la protección esté disparada. Reparar si es necesario.	250	30	1 Eléctrico	Parado	

Plan de Mantenimiento Preventivo

AGREGADOS



**PIEDRAS
& ARENAS**

Equipo:	Trituradora de Cono marca Terex	Activo:		Planta:		
Act.	Descripción	Frecuencia (Horas)	Duración (min)	Responsable	Estado de la máquina	Medidas de seguridad
Motor principal						
3	Revisar los cables de conexión en el motor, que estén en buen estado, que tengan aislamiento, y que no se encuentren sueltos. Inspeccionar el estado del abanico del motor, que no tenga golpes o fisuras. Reportar cualquier daño.	250	30	1 Eléctrico	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Avisar al operador del área para que se ajusten las operaciones de los equipos.
4	Verificar que el motor no presente ruidos anormales, como el sonido de metales pegando. Reportar si se presenta algo fuera de lo común.	250	15	1 Eléctrico	Marcha	
5	Revisar el estado del bobinado, que no existan alambres sueltos o quemados. Hacer medición de aislamiento y reportar el resultado.	2500	60	Servicio externo	Parado	No aplica
6	Revisar el estado del rotor, que no existan roces o problemas en el eje y los asientos de los rodamientos. Reparar si es necesario.	2500	60	Servicio externo	Parado	
7	Reemplazar rodamientos del motor (delantero y trasero).	2500	60	Servicio externo	Parado	
Sistema hidráulico						
1	Inspeccionar el sistema hidráulico, revisar la presión de operación, si hay presencia de ruidos o temperaturas anormales. Buscar fugas de aceite hidráulico en bombas, mangueras y electroválvulas. Reparar si es necesario.	250	20	1 Operador	Marcha	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Avisar al operador del área para que se ajusten las operaciones de los equipos. Seguir los procedimientos necesarios para las actividades que involucren el uso de sustancias.
2	Verificar la presión de Nitrógeno en los acumuladores (15,85 MPa o 2300 psi). Rellenar si es necesario.	250	30	1 Operador	Parado	
3	Cambiar el filtro del aceite hidráulico.	500	30	1 Mecánico	Parado	
4	Realizar cambio del aceite hidráulico (Usar aceite OMALA S2 G150, 0,2 m ³ o 55 galones). Realizar análisis del aceite para verificar que la frecuencia de cambio este correcta.	1000	60	1 Mecánico 1 Operador	Parado	

Plan de Mantenimiento Preventivo

AGREGADOS




**PIEDRAS
& ARENAS**

Equipo:	Trituradora de Cono marca Terex	Activo:		Planta:		
Act.	Descripción	Frecuencia (Horas)	Duración (min)	Responsable	Estado de la máquina	Medidas de seguridad
Sistema hidráulico						
5	Realizar limpieza del sello de polvo. Revisar el juego del sello en busca de desgastes. Reportar cualquier daño.	1500	20	1 Operador	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades.
6	Hacer cambio de aceite de la caja reductora del sistema hidráulico (Usar aceite OMALA S2 G150, 15 000 m ³ o 4 galones). Realizar análisis del aceite para verificar que la frecuencia de cambio este correcta.	1500	30	1 Mecánico	Parado	
Sistema de lubricación						
1	Revisar la correcta operación de los medidores de temperatura del sistema de lubricación con termómetros de mercurio (la variación de datos no debe ser más de 2 grados). Reparar si la variación es mayor.	250	15	1 Operador	Marcha	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Avisar al operador del área para que se ajusten las operaciones de los equipos. Seguir los procedimientos necesarios para las actividades que involucran el uso de sustancias.
2	Revisar el estado del ventilador de enfriamiento del sistema, que no tenga aspas reventadas o dobladas. Limpiar si es necesario. Reportar cualquier daño visible.	500	20	1 Operador	Parado	
3	Cambiar filtros del aceite de lubricación.	500	30	1 Mecánico	Parado	
4	Realizar cambio del aceite de lubricación (Usar aceite OMALA S2 G220, 0,2 m ³ o 55 galones). Realizar análisis del aceite para verificar que la frecuencia de cambio este correcta.	1500	60	1 Mecánico 1 Operador	Parado	
5	Hacer cambio de aceite de la caja reductora del sistema de lubricación (Usar aceite OMALA S2 G150, 15 000 m ³ o 4 galones)	1500	30	1 Mecánico	Parado	

Observaciones:

Firma del Encargado: _____
 Firma del Jefe Operativo: _____
 Firma del Planificador de Mto: _____

7. Lista de Chequeo de Criba

PAIA.P3F2 Lista de chequeo		Planta:		
Equipo:	Criba Vibratoria	Operador:		
Activo:		Semana:		

No	Actividad	Estado	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Diario (cada 10 horas)									
1	Revisar el estado de las mallas, los canales o tensores que la sujetan y el hule canal para determinar desgastes y necesidades de cambio antes de que se dañen.	Parado							
2	Revisar la estructura de la máquina, que no hayan fisuras en esquinas, láminas desgastadas o golpes.	Parado							
3	Verificar que la criba no presente ruidos a normales o que existe algún elemento suelto o flojo. Reportar cualquier daño.	Marcha							
4	Verificar que no existan fugas en ninguna parte de la estructura.	Marcha							
5	Revisar que los resortes se encuentren en buen estado, que no estén quebrados o fisurados, y que estén libres de material.	Parado							
Semanal (cada 50 horas)									
6	Revisar la fajas o correas de transmisión, que no estén flojas, gastadas o quemada.	Parado							
7	Revisar el nivel de aceite en el depósito, rellenar si es necesario.	Parado							
8	Realizar engrase de los rodamientos. Usar _____ y aplicar ___ bombazos a cada uno.	Parado							
9	Verificar estado de sistema de tensión (pivot de motor o tensora)	Parado							
10	Medir temperatura de los rodamientos, reportar si sobrepasa los 65°C	Marcha							
11	Medir la temperatura del motor. Reportar si sobrepasa 65°C	Marcha							
12	Revisar nivel de aceite de la caja del vibrador. Rellenar si es necesario.	Parado							
13	Verificar que la distribución del material dentro del equipo sea uniforme.	Marcha							
14	Revisar la mesa del motor, que los resortes o muñoneras (si las tiene) no estén quebradas, reportar cualquier daño.	Parado							

Observaciones

Firma Operador	Firma Encargado	Firma Jefe Operativo

Actualización: 12 de setiembre de 2016 M. ELIZONDO

8. PMP de Criba

Página 1 de 2	Plan de Mantenimiento Preventivo					
Equipo:	Criba vibratoria	Activo:		Planta:		
Act.	Descripción	Frecuencia (Horas)	Duración (min)	Responsable	Estado de la máquina	Medidas de seguridad
Estructura						
1	Revisar el estado de la estructura, que no tenga fisuras, láminas desgastadas o golpes en el cuerpo, soportes de los resortes y laterales. Reportar cualquier daño.	250	20	1 Operador	Marcha	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Avisar al operador del área para que se ajusten las operaciones de los equipos.
2	Medir con la criba vacía, la altura de los resortes, todos deben de medir igual. Reportar si los resortes están dañados o quebrados.	250	30	2 Operador	Parado	
3	Cambiar todos los resortes con la criba vacía.	1500	120	2 Mecánico	Parado	
Mecanismo vibratorio						
1	Realizar el cambio de aceite (si la criba funciona con aceite) (Usar aceite OMALA S2 G150, 38 000 m ³ o 10 galones). Mandar analizar el aceite extraído para determinar que se esta haciendo el cambio en la frecuencia correcta.	500	40	2 Operador	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades.
2	Verificar que el sistema de contra pesas no este flojo, quitando los cobertores. Revisar que la posición sea la adecuada y limpiar si es necesario. Reportar cualquier daño.	500	20	1 Operador	Parado	
Sistema de transmisión						
1	Inspeccionar el estado de la unión cardán girándola. Reportar cualquier daño.	250	15	1 Mecánico	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Hacer uso del arnés si se tiene que trabajar en altura.
2	Revisar el estado del pivot del motor o tensora, resortes o muñoneras (si las tiene) de la mesa del motor. Que no se encuentre golpeado, dañado o quebrado. Reportar cualquier daño.	250	30	1 Mecánico	Parado	
3	Inspeccionar el desgaste de las ranuras de las poleas del motor y la criba, la fajas o correas no deben de tocar el fondo del canal. Reportar cualquier daño.	1000	15	1 Operador	Parado	

Plan de Mantenimiento Preventivo

AGREGADOS



**PIEDRAS
& ARENAS**

Equipo:	Criba vibratoria	Activo:		Planta:			
Act.	Descripción	Frecuencia (Horas)	Duración (min)	Responsable	Estado de la máquina	Medidas de seguridad	
Motor principal							
1	Engrasar los tornillos tensores del motor principal (usar grasa GAUSS 220, 5 bombazos), revisar el estado de la rosca, que no esté quebrada. Reportar cualquier daño.	250	15	1 Operador	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Avisar al operador del área para que se ajusten las operaciones de los equipos.	
2	Revisar el estado de las protecciones del motor (protección térmica, contactor y breaker). Que los cables no se encuentren pelados ni sueltos, o que la protección esté disparada. Reparar si es necesario.	250	30	1 Eléctrico	Parado		
3	Revisar los cables de conexión en el motor, que estén en buen estado, que tengan aislamiento, y que no se encuentren sueltos. Inspeccionar el estado del abanico del motor, que no tenga golpes o fisuras. Reportar cualquier daño.	250	30	1 Eléctrico	Parado		
4	Verificar que el motor no presente ruidos anormales, como el sonido de metales pegando. Reportar si se presenta algo fuera de lo común.	250	15	1 Eléctrico	Marcha		
5	Revisar el estado del bobinado, que no existan alambres sueltos o quemados. Hacer medición de aislamiento, reportar resultado.	2500	60	Servicio externo	Parado	No aplica	
6	Revisar el estado del rotor, que no existan roces o problemas en el eje y los asientos de los rodamientos. Reparar si es necesario.	2500	60	Servicio externo	Parado		
7	Reemplazar rodamientos del motor (delantero y trasero).	2500	60	Servicio externo	Parado		

Observaciones:

Firma del Encargado: _____

Firma del Jefe Operativo: _____

Firma del Planificador de Mto: _____

9. Lista de Chequeo de Banda Transportadora

PAIA.P3F2 Lista de chequeo		Planta:	
Equipo:	Banda transportadora	Operador:	
Activo:		Semana:	



No	Actividad	Estado	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Diario (cada 10 horas)									
1	Verificar que los rodillos no estén trabados, gastados o muy flojo.	Parado							
2	Revisar el estado de la pega de la banda por arriba y por debajo, que no esté levantada, abierta o zafada.	Parado							
3	Revisar el estado los limpiadores (si los tiene) de la banda y ajustar si es necesario.	Parado							
4	Revisar que la banda este correctamente alineada.	Parado							
5	Revisar el estado general de la banda, que no tenga huecos, desgarras o atascamientos. Reportar cualquier daño.	Parado							
Semanal (cada 50 horas)									
6	Revisar estado de los tambores de tracción y de cola, que el recauche no esté suelto o dañado, o que no tenga piedras atascadas en las aletas.	Parado							
7	Verificar las poleas por grietas, sujeción al eje y acumulación de polvo, reportar si encuentra cualquier daño.	Parado							
8	Revisar el nivel de aceite de los reductores e inspeccionar si hay presencia de fugas. Rellenar si es necesario.	Marcha							
9	Revisar el estado de las correas, que no estén flojas, gastadas o quemadas.	Parado							
10	Revisar y ajustar los sellos de la tolva de transferencia.	Parado							
11	Realizar engrase de las muñoneras de tambores conductores y conducidos. Usar _____ y aplicar hasta que bote por los sellos.	Parado							

Observaciones

Firma Operador	Firma Encargado	Firma Jefe Operativo

Actualización: 12 de setiembre de 2016 M. ELIZONDO

10. PMP de Banda Transportadora

Página 1 de 2	Plan de Mantenimiento Preventivo			  		
Equipo:	Banda transportadora	Activo:		Planta:		
Act.	Descripción	Frecuencia (Horas)	Duración (min)	Responsable	Estado de la máquina	Medidas de seguridad
Estructura						
1	Revisar los bajantes de las bandas, que no estén sueltos o con fracturas. Asegurarse que el material este cayendo de la manera correcta (en el centro de la banda). Reportar cualquier desgaste o daño que encuentre.	250	15	1 Operador	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Hacer uso del arnés si se tiene que trabajar en altura.
2	Engrasar los tornillos tensores del tambor de cola (Usar grasa GAUSS 220, 5 bombazos). Revisar el desgaste de la rosca, que no esté quebrada. Reportar cualquier daño.	250	15	1 Operador	Parado	
3	Revisar el estado de la estructura del conveyer, buscar puntos de corrosión, piezas desgastadas, elementos sueltos o cualquier daño evidente. Reportar cualquier daño.	500	30	1 Operador	Parado	
Sistema de transmisión						
1	Inspeccionar el desgaste de las ranuras de las poleas del motor y la caja reductora, la fajas o correas no deben de tocar el fondo del canal. Reportar cualquier daño.	1000	15	1 Operador	Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Hacer uso del arnés si se tiene que trabajar en altura.
2	Revisar rodamientos bipartidos de las muñoneras de tracción. Se debe realizar un lavado de los rodamientos y reportar cualquier partícula o elemento extraño (metálico) o exceso de suciedad.	1000	120	2 Mecánico	Parado	
3	Realizar cambio de aceite de la caja reductora (Usar aceite OMALA S2 G150, 15 000 cm ³ o 4 galones). Mandar analizar el aceite extraído para determinar que se esta haciendo el cambio en la frecuencia correcta.	2000	40	1 Mecánico	Parado	
4	Revisar engranajes y rodamientos de la caja reductora de velocidad para determinar desgastes. Reportar si algún elemento requiere cambio.	4000	60	Servicio externo	Parado	No aplica

Equipo:	Banda transportadora	Activo:	Duración (min)	Responsable	Planta:	Estado de la máquina	Medidas de seguridad
Act.	Descripción	Frecuencia (Horas)	Duración (min)	Responsable	Planta:	Estado de la máquina	Medidas de seguridad
Motor principal							
1	Engrasar los tornillos tensores del motor principal (usar grasa GAUSS 220, 5 bombazos), revisar el estado de la rosca, que no esté quebrada. Reportar cualquier daño.	250	15	1 Operador		Parado	Utilizar el equipo de protección personal necesario para las actividades. Avisar al operador del área para que se ajusten las operaciones de los equipos.
2	Revisar el estado de las protecciones del motor (protección térmica, contactor y breaker). Que los cables no se encuentren pelados ni sueltos, o que la protección esté disparada. Reparar si es necesario.	250	30	1 Eléctrico		Parado	
3	Revisar los cables de conexión en el motor, que estén en buen estado, que tengan aislamiento, y que no se encuentren sueltos. Inspeccionar el estado del abanico del motor, que no tenga golpes o fisuras. Reportar cualquier daño.	250	30	1 Eléctrico		Parado	
4	Verificar que el motor no presente ruidos anormales, como el sonido de metales pegando. Reportar si se presenta algo fuera de lo común.	250	15	1 Eléctrico		Marcha	
5	Revisar el estado del rotor, que no existan roces o problemas en el eje y los asientos de los rodamientos. Reparar si es necesario.	2500	60	Servicio externo		Parado	
6	Reemplazar rodamientos del motor (delantero y trasero).	2500	60	Servicio externo		Parado	

Observaciones:

Firma del Encargado: _____

Firma del Jefe Operativo: _____

Firma del Planificador de Mto: _____

D. Costos de Implementación del PMP

Un programa de mantenimiento preventivo debe de ser económicamente viable para justificar su implementación y por lo tanto se debe evaluar el costo del mismo. Existen tres principales rubros que se deben considerar para conocer el costo real de la implementación.

1. Mano de Obra

A pesar de que en la empresa se cuenta con el personal requerido, se debe de considerar el costo por mano de obra ya que se utiliza tiempo en actividades preventivas que no se toman en cuenta actualmente.

Para poder conocer el costo por especialidad (operador, mecánico o eléctrico) se establece en las siguientes tablas los minutos requeridos en cada una de las frecuencias de mantenimiento por categoría de equipos. La razón de hacerlo por equipos se debe a que cada uno de los activos presenta características y complejidades distintas, por lo que las rutinas varían considerablemente.

Tabla V-2 Cantidad de minutos por especialidad para cada frecuencia de los Trituradores de Cono marca Metso

Especialidad	Frecuencia (Horas)							
	10	50	250	500	1000	1500	2000	4000
Operador	40	20	135	20	105	80	240	0
Mecánico	0	0	75	60	80	120	420	480
Eléctrico	0	0	75	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

Tabla V-3 Cantidad de minutos por especialidad para cada frecuencia de los Trituradores de Cono marca Terex

Especialidad	Frecuencia (Horas)							
	10	50	250	500	1000	1500	2000	4000
Operador	30	40	115	20	105	80	240	0
Mecánico	0	0	55	60	80	120	420	480
Eléctrico	0	0	75	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

Tabla V-4 Cantidad de minutos por especialidad para cada frecuencia de las Cribas

Especialidad	Frecuencia (Horas)							
	10	50	250	500	1000	1500	2000	4000
Operador	20	30	95	100	15	0	0	0
Mecánico	0	0	45	0	0	240	0	0
Eléctrico	0	0	75	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

Tabla V-5 Cantidad de minutos por especialidad para cada frecuencia de las Bandas Transportadoras

Especialidad	Frecuencia (Horas)							
	10	50	250	500	1000	1500	2000	4000
Operador	20	30	45	30	15	0	0	0
Mecánico	0	0	0	0	280	0	0	0
Eléctrico	0	0	75	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

Conociendo los minutos que se requieren en cada una de las frecuencias y tomando como período de evaluación 4000 horas, se obtiene la cantidad de horas necesarias por especialidad. Posteriormente se multiplica por el salario promedio que tiene cada uno de los colaboradores con esta especialidad. Es importante mencionar que la cantidad de horas necesarias por especialidad contempla el detalle de que en algunas de las actividades preventivas se necesita más de una persona, por lo que se multiplica la cantidad de minutos en dichas operaciones.

Otro aspecto relevante es conocer que se intervendrán cinco Trituradores de Cono marca Metso, cuatro Trituradores de Cono marca Terex (los cuales se reparten en cuatro equipos TR56 y cinco TR54), ocho Cribas y setenta Bandas Transportadoras.

Tabla V-6 Costo de mano de obra por especialidad

Especialidad	Cantidad horas	Salario (€/h)	Costo total (€)
Operador	18 001	2263	40 735 831
Mecánico	2013	3053	6 143 816
Eléctrico	1740	3595	6 255 744
Total			53 135 391

Nota: Los salarios ya contemplan el porcentaje por cargas sociales que todo patrono debe pagar.

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016)

2. Repuestos Necesarios

Otro aspecto de importancia que se debe de considerar para conocer el costo real del PMP son los repuestos necesarios para cada una de las actividades, la mayoría de los cuales se basan en aceites que siempre se tienen disponibles por medio de una consignación que existe en las bodegas de Mecos, al igual que los filtros. El repuesto más relevante que se incluye en las actividades preventivas son los resortes de las cribas, los cuales se cotizaron (ver apéndice XI.G. Cotización del Juego de Resortes para Criba) y se contemplan en la siguiente tabla.

Los quebradores se encuentran muy distancias unos de los otros, y no todos tienen una bodega Mecos cerca, dando paso a que se considere un rubro de otros gastos donde se incluye un aspecto por logística, además de otras herramientas, soldaduras o imprevistos. Este rubro se calcula como un 15% adicional al costo de los repuestos.

Tabla V-7 Costo por repuestos necesarios

Equipo	Repuesto	Cantidad por equipo	Costo unitario	Costo total
Trituradoras de Cono marca Metso	Aceite OMALA S2 G150	1,21 m ³ (320 gal)	€6 364	€10 181 818
	Aceite OMALA S2 G220	0,42 m ³ (110 gal)	€20 000	€11 000 000
	Grasa GAUSS 220	0,21 m ³ (55 gal)	€2 727	€750 000
	Filtros	24 unidades	€15 000	€1 800 000
Trituradoras de Cono marca Terex	Aceite OMALA S2 G150	0,97 m ³ (256 gal)	€6 364	€6 516 364
	Aceite OMALA S2 G220	0,42 m ³ (110 gal)	€20 000	€8 800 000
	Grasa GAUSS 220	0,21 m ³ (55 gal)	€2 727	€600 000
	Filtros	16 unidades	€10 000	€640 000
Banda Transportadora	Aceite OMALA S2 G150	0,07 m ³ (20 gal)	€6 364	€8 909 091
	Aceite OMALA S2 G220	0,07 m ³ (20 gal)	€2 727	€3 818 182
Criba	Aceite OMALA S2 G150	0,30 m ³ (80 gal)	€6 364	€4 072 727
	Juego de resortes	2 unidades	€3 040 000	€48 640 000
Otros gastos	Soldadura, herramientas, logística, etc.			€15 859 227
			Total	€121 587 409

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

3. Servicios Externos

Algunas de las actividades preventivas serán realizadas por medio de servicios externos, esto se debe principalmente porque son rutinas muy específicas, que requiere de mayor personal y/o técnicos especializados y su frecuencia es baja como para tener la posibilidad de realizar dichas operaciones con personal Meco. Todas estas actividades se hacen una vez en el periodo de 4000 horas.

En la siguiente tabla se muestra el costo de cada servicio externo requerido por equipo, la mayoría de los mismos son referidos al sistema eléctrico. En el apartado de apéndice se pueden encontrar las cotizaciones de dichos servicios.

Tabla V-8 Costos por servicios externos

Equipo	Servicios de mantenimiento	Costo del servicio	Cantidad de equipos	Costo total
Trituradoras de Cono	Elementos de desgastes	¢1 380 000	9	¢12 420 000
	Motor principal 300 HP	¢1 792 229		¢16 130 064
Banda Transportadora	Caja reductora	¢502 889	70	¢35 202 268
	Motor principal 15 HP	¢121 061		¢8 474 279
Criba	Motor principal 40 HP	¢586 057	8	¢4 688 460
Total				¢76 915 073

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

4. Resumen de Costos

Tabla V-9 Costo total del PMP por 4000 horas

Concepto	Costo
Mano de obra	¢53 135 391
Repuestos	¢121 587 409
Servicios externos	¢76 915 074
Subtotal	¢251 637 874
Posibles aumentos de mano de obra, repuestos o servicios externos	¢25 163 787
Total	¢276 801 661

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

La evaluación de los costos se hace en base a la rutina con periodo más extenso (4000 horas) para poder determinar la inversión real del PMP en un ciclo completo. En la Tabla V-9 se resumen todos los costos para conocer el valor total de implementación, pero debido a que es un período de tiempo muy amplio (catorce meses aproximadamente) se aplica un 10% al monto total para cubrir posibles aumentos en los repuestos, mano de obra o servicios externos.

Este monto puede parecer alto para cualquier industria, pero en Agregados no, principalmente si se compara con los costos por mantenimientos correctivos del primer periodo del año 2016 (Tabla I-1). Los ingresos al departamento de mantenimiento funcionan con base en un “alquiler” de los equipos, por lo que existe una tarifa por hora y se recibe una liquidación de gastos cada final de mes.

En la Tabla V-10 se muestra la tarifa por categoría y el ingreso esperado para un periodo de 4000 horas de los equipos a los cuales se les va aplicar el PMP. Sin embargo, esto es una aproximación porque en ese periodo pueden existir modificaciones de las tarifas o depreciaciones.

Tabla V-10 Ingreso de mantenimiento por 4000 horas

Cat.	Cantidad	Tarifa por equipo				Ingreso total
		Reparaciones mayores	Lubricantes	Llantas	Filtros	
TR56	4	¢8 727,60	¢1 870,20	¢0,00	¢3 740,40	¢229 411 200
TR54	5	¢10 057,12	¢2 186,33	¢437,27	¢3 935,38	¢332 322 000
TR44	70	¢198,4	¢132,51	¢0,00	¢0,00	¢92 750 000
TR50	8	¢3 037,56	¢399,68	¢0,00	¢462,30	¢124 785 280
Total						¢779 268 480

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

Como se puede notar, el costo del PMP representaría aproximadamente un 36% del ingreso al departamento de mantenimiento por los equipos intervenidos. Si se compara con el costo de mantenimiento correctivo de los primeros siete meses del año actual (ver Figura IV-2), donde se tuvo un costo aproximado para los mismos equipos del PMP de 550 millones de colones, casi el doble de lo que cuesta el PMP en un periodo de 16 meses. Por lo tanto, se demuestra la viabilidad económica del mismo.

VI. ESTRATEGIAS DE VENTA DEL PROYECTO

A. Venta del Proyecto a Nivel Gerencial

El departamento de mantenimiento es el encargado de garantizar la disponibilidad de los equipos y realizar el montaje y desmontajes de las plantas de trituración. En ambos objetivos se generan costos elevados en la actualidad y en el segundo se tiene como principal causa el tiempo que se pierde en detalles (falta de estandarización, pérdida de piezas o repuestos, manuales, etc.).

En el análisis de los primeros siete meses del 2016 se tiene un costo directo por mantenimientos correctivos de ₡1 044 605 058. A este monto se le debe de sumar los gastos indirectos, es decir, el costo que generó el equipo por estar detenido (pérdida de producción). Del tiempo total que estuvo detenido los equipos en el primer periodo del año, el 32% fue por culpa de mantenimiento.

La presente propuesta tiene como objetivo disminuir los tiempos de paro por mantenimiento en un 7% y consecuentemente rebajar los costos indirectos. El estándar se ha definido con base en la experiencia de los ingenieros y las tendencias operativas, de igual manera esta reducción puede ser mayor.

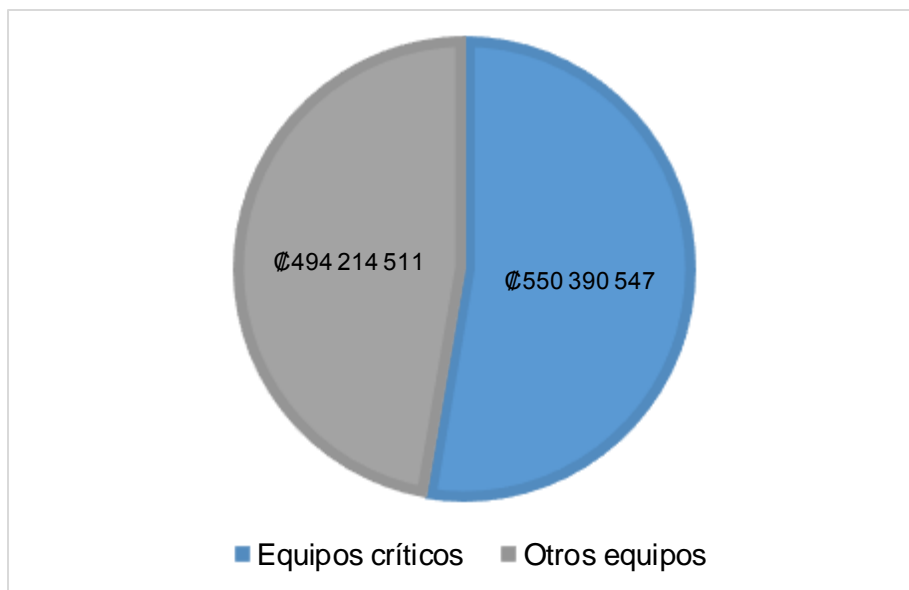


Figura VI-1 Costos por mantenimientos correctivos

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

Esta es la razón principal de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo (PMP), sin embargo, existe una serie de beneficios extra. Por ejemplo, actualmente el mantenimiento a los equipos que se les propone aplicar el PMP representan poco más del 50% del costo total de mantenimiento.

Al aplicarse el PMP, los mantenimientos no planificados disminuirán ya que se van a prevenir mucha de las fallas comunes, se empieza a instaurar una cultura preventiva, haciendo que las intervenciones a los equipos sean planificadas y programadas, provocando una reducción y distribución en los costos. Esto implica una ayuda, porque como se ve en la Figura I-13, los costos tienen picos por debidas razones (nuevos montajes, la mayoría de los elementos llegan a la vida útil, rediseños, entre otros), con el PMP los egresos serán distribuidos en el transcurso de los meses, equiparándose con los ingresos.

En una proyección a futuro y basados en los datos de enero a julio, se puede predecir que el costo de mantenimientos correctivos para 16 meses es el doble al valor que se tiene en los primeros meses de este año. Con respecto al preventivo, basado en un análisis económico detallado, se tiene la propuesta de un costo de ₡276 801 661 en un período de 4000 (aproximadamente 16 meses). En el siguiente gráfico se expone el ingreso esperado para el mismo rango de tiempo según las tarifas establecidas, y se compara con lo que costaría el PMP y el correctivo tal como se tiene en la actualidad.

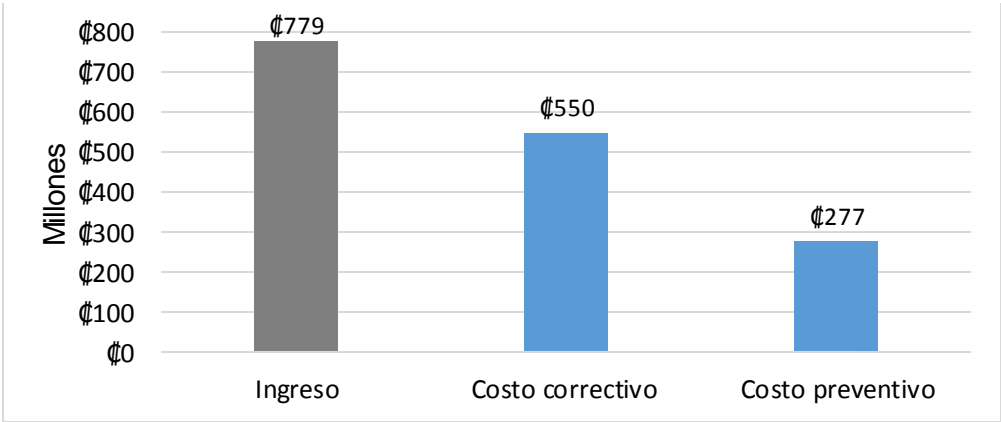


Figura VI-2 Comparación de ingresos y costos de mantenimientos por 16 meses

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016).

Otro de los beneficios del PMP que es importante recalcar es que proporciona organización al departamento, atributo que puede ser determinante en el momento de montar o desmontar una planta, implicando una reducción en los tiempos.

Con respecto a los equipos intervenidos, un plan de mantenimiento preventivo también proporciona otras ventajas tales como la prolongación de la vida útil de los elementos que lo componen, mejora en la disponibilidad y optimización del servicio de mantenimiento. Además de una reducción de pérdidas y desechos.

En resumen, con la implementación del PMP la UEN Agregados obtendrán:

- 1 •Una reducción del **7%** del tiempo total de paros por razones de mantenimiento.
- 2 •Disminución de los costos indirectos de mantenimiento por las horas de paro (perdida de producción).
- 3 •Reducción de las actividades correctivas, provocando disminución de los costos directos del mantenimiento.
- 4 •Implementación de una cultura preventiva en el personal.
- 5 •Prolongación de la vida útil de los equipo, mejora en la disponibilidad y optimización del servicio de mantenimiento.

Figura VI-3 Beneficios de la implementación del PMP

Fuente: Elaboración propia (Word, 2016).

B. Estrategia de Cambio Cultural

La clave para que un proyecto de este tipo funcione se basa en que toda la empresa esté comprometida, que cada uno de los colaboradores esté enterado y forme parte del plan. Para lograr el compromiso, esta estrategia se basa en la comunicación. Es decir, para lograr el cambio en la cultura organizacional que se quiere (una cultura más preventiva), se va hacer uso de las herramientas de comunicación e integración que ya posee la compañía para hacer que cada uno de los colaboradores se sientan realmente comprometidos y adopten la cultura preventiva como suya.

En el libro Administración de Proyectos de Rivera & Hernández (2010), se detalla que el éxito de cualquier estrategia que promueva o busque el cambio de la cultura organizacional, dependerá de la planeación. Se habla de 5 importantes pasos que buscan guiar a los promotores de cambio por el mejor camino para conseguir el mayor desempeño de sus colaboradores:

1. **Diagnóstico:** tener claro el estado de la cultura organizacional actual es el primer paso para poder determinar un punto de partida. Hacer una foto de lo que prevalece en la empresa no es fácil, aunque así parezca, se debe de cuidar los detalles. Una encuesta a los trabajadores es un buen inicio.
2. **Planeación estratégica organizacional:** el promotor de cambio debe de hacer un plan de intervención a partir del estado actual de la situación. Los objetivos del cambio se deben plantear, determinar la meta a la que se quiere llegar.
3. **Liderazgo:** uno de los trabajos más difíciles es poner todos los líderes de la compañía una misma línea de acción. Es aquí donde el trabajo se vuelve más intenso, ya que se debe de lograr el compromiso de toda la compañía.
4. **Planeación estratégica de cultura:** en este paso se crea la metodología de trabajo para lograr el cambio cultural que se busca en colaboración con todos los líderes de la compañía.

5. **Celebración y seguimiento:** después de la puesta en marcha se debe de celebrar cada uno de los logros obtenidos, con el fin de motivar. El seguimiento es uno de los puntos más relevantes para lograr la meta.

Utilizando los pasos descritos, se crea el plan de intervención, incluyendo los recursos que se utilizan e involucrando toda la compañía. A continuación, se detalla los niveles a intervenir y los medios.



Figura VI-4 Niveles de intervención para el cambio de cultura organizacional

Fuente: Elaboración propia (Word, 2016).

1. Nivel Administrativo

Para involucrar al personal administrativo se utilizará como medio de comunicación el correo electrónico, se usarán boletines informativos tanto sobre lo que se trata del proyecto, como los beneficios de implementación y los avances. Estos boletines serán diseñados acorde con los que se utilizan actualmente y será responsabilidad del departamento de mantenimiento su confección y divulgación.

2. Nivel Gerencial y Jefaturas

El cambio cultura se debe de dar en todos los niveles jerárquicos, y las gerencias, tanto regionales como país, deben de conocer la importancia del proyecto y formar parte del mismo. Para lograr una completa comunicación, se expondrán todos los avances, logros y retos en las reuniones de indicadores, involucran a la vez todas las jefaturas de la empresa. Dicha exposición debe de ser preparada por todo el departamento de mantenimiento en conjunto, su exposición queda a cargo del encargado de planificar y llevar control del PMP.

3. Nivel Técnico y Operacional

El personal que ejecuta el plan son quienes más deben de estar comprometidos con una cultura preventiva, pero su cambio hacia la misma es más difícil, por lo tanto, es a este grupo al que más tiempo y dedicación se le brindará. El paso más importante con los técnicos y operarios es enseñarles el porqué del PMP, para qué sirve, qué va a cambiar y, lo más relevante, qué beneficio tendrán ellos con realizar actividades preventivas.

Motivación, es el principal componente con este grupo, por lo tanto, se darán charlas y capacitaciones continuas. Se incentivará a los proveedores de proporcionar capacitaciones, cursos o charlas que mejoren las técnicas del personal y que a la vez motive a la aplicación de actividades preventivas.

La comunicación en este nivel se hace personal, por lo que se efectuarán reuniones donde se exponga los avances y retos del proyecto, y se resalte la labor del personal técnico y operario. Dichas exposiciones y giras a las plantas de trituración quedan bajo las labores del encargado de planificar el PMP.

VII. INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Los indicadores son valores cuantitativos que, mediante un nivel de referencia, permiten evaluar el desempeño de un proceso. Para cualquier departamento establecer estos parámetros es vital para el proceso de mejora continua. Con los indicadores se establece una meta y se trabaja e invierte lo suficiente para llegar a ella, esa meta puede mejorar continuamente hasta llegar al nivel de especialización deseado.

El departamento de mantenimiento no se escapa de esta situación, y debido a que en la actualidad no se cuenta con ningún indicador propio, registrado ni estudiado, se establece a continuación algunos indicadores basados en las necesidades del departamento. Es decir, se parte de la premisa de que el presente proyecto será implementado, y se analizó que medidas cuantificables eran de interés para la poder evaluar la función principal del departamento y del PMP (disminuir paros y costos), esto debido a la falta de misión, visión y objetivos propios de mantenimiento.

Utilizando la metodología del Balanced Scorecard y la norma VDI-2893 (Selección y formación de indicadores para mantenimiento) se analizan, en conjunto con las Jefaturas de Mantenimiento y Operativas, los posibles pasos a seguir con el PMP y la mejora propia de la gestión de mantenimiento y se establecen 4 indicadores que permitirán conocer el desempeño del plan. Estos indicadores son una base, pero los mismos pueden cambiar según los objetivos del departamento.

La meta de cada indicador se establece con base en la experiencia de los Jefes de Mantenimiento, sin embargo, se recomienda hacer un primer análisis de los mismos, y teniendo un historial, se puede modificar las metas.

Tabla VII-1 Indicadores de mantenimiento basado en Balanced Scorecard.

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Fórmula	Descripción	Fuente de información	Frecuencia	Meta		
							Alto	Medio	Bajo
Financiera	Reducir los costos por tercerización en un 5% con la implementación del PMP, para disminuir los gastos del departamento de mantenimiento de la UEN Agregados.	Tercerización del mantenimiento	$\frac{\text{Servicio externo} \times 100}{\text{Costo total del Mto}}$	Indica cuanto porcentaje del costo de mantenimiento de debido a trabajos externos.	Órdenes de compra y registros de costos de SAP.	Semestral	< 40%	>40% y ≤45%	> 45%
Procesos	Disminuir los mantenimientos correctivos mediante un aumento de actividades preventivas en un 3% por medio del PMP y el cambio cultural, para disminuir costos por mantenimientos.	Grado de planeación	$\frac{\text{Costo PMP} \times 100}{\text{Costo total del Mto}}$	Permite conocer el porcentaje de órdenes de mantenimiento planificados. Cuanto preventivo se está aplicando en la gestión de mantenimiento.	Ordenes de mantenimiento en SAP.	Semestral	> 15%	<15% y ≥12%	< 12%
Cliente	Garantizar al menos un 90% de disponibilidad de los equipos de trituración en las plantas de agregados con la implementación de actividades preventivas.	Disponibilidad	$\frac{(T_{op} - T_{np}) \times 100}{T_{op}}$	Revela el porcentaje de tiempo real que el equipo se encuentra disponible para satisfacer las necesidades de producción.	Horímetros y ordenes de mantenimiento	Mensual	> 90%	<90% y ≥85%	< 85%
Personal	Promover la cultura preventiva en el personal técnico y operacional mediante capacitaciones y herramientas de aprendizaje que motiven y desarrolle un sentido de pertenencia.	Formación personal	Registro de horas de capacitación.	Este indicador arroja la información sobre la preparación profesional que recibe el personal.	Registro de capacitaciones	Anual	> 40 h	40 - 30 h	< 30 h

Fuente: Elaboración propia (Excel,201)

VIII. RESUMEN DE LA ESTRATEGIA DE MEJORA

El objetivo general del presente proyecto busca desarrollar una estrategia de mejora en la gestión de mantenimiento de la UEN Agregados mediante el diseño de un plan de mantenimiento preventivo. Dentro de dicha estrategia se incluye más que rutinas preventivas y análisis de costos.

El primer aporte de la estrategia es un levantamiento de información de los equipos que se tienen en todas las plantas de trituración, conociendo el proceso, la función de cada activo, el principio de funcionamiento y la situación actual del mantenimiento, incluyendo la relación con los demás departamentos. Con esta información, se aporta a la compañía la ficha técnica de cada activo (que incluye fotos de los mismos), una división de los equipos en sub-equipos, clases y categorías para el ingreso a SAP, y una manual de codificación. Se puede encontrar los aportes en la sección de apéndice (XI.C Codificación de los Equipos)

Tanto para la empresa como para el proyecto, jerarquizar los equipos es de importancia. Un estudio que justifique según ciertos parámetros, la importancia real de cada equipo en el proceso productivo, aporta valor agregado a las decisiones que se elaboren sobre cada equipo. Por lo tanto, el segundo aporte del presente proyecto es un análisis de criticidad donde la empresa pueda reconocer cuales de los activos son de mayor importancia, por ejemplo: para decisiones financieras. (Ver apéndice XI.D Análisis de Criticidad) Con estas dos contribuciones se cumple el primer objetivo específico del estudio.

Con la aplicación de la metodología del MTA se elaboran las Listas de chequeo para frecuencias menores a 250 horas y el plan de mantenimiento preventivo para frecuencias mayores (esto basado en las necesidades y facilidades para la planeación en SAP) para 87 activos (cuatro categorías, cuatro tipos de equipos diferentes) críticos para el proceso productivo. En el capítulo V se demuestra la viabilidad económica del presente proyecto.

A pesar que el mayor peso de la propuesta son los planes de mantenimiento preventivo, se realizan dos aportes adicionales que permiten establecer bases de éxito para el proyecto. Como se ha mencionado anteriormente, el PMP desarrollado

en este estudio es el puente para un proyecto de mayor envergadura a nivel de empresa, por lo que su éxito es vital. Demostrar que el plan es importante a nivel de gerencia determina la implementación del mismo. Por lo tanto, se diseñó una estrategia de venta, donde se resaltan los puntos relevantes para un gerente, como lo es el costo y los beneficios, esta herramienta busca que el encargado de mantenimiento pueda convencer a los gerentes de la necesidad de implementación del proyecto.

Pero los resultados de la puesta en marcha del PMP también depende de los colaboradores y el cambio de cultura que se pueda generar, por lo que se aporta una estrategia de cambio cultural basada en la administración de proyectos, y utilizando los recursos ya existentes en la compañía. (Ver capítulo VI)

Por último, se establecen indicadores técnicos que midan el rendimiento del PMP según las necesidades de la empresa, en particular los requerimientos de producción y las obligaciones de mantenimiento. Dichos indicadores se establecen con la metodología del Balanced Scorecard y basados en la norma VDI-2893.

En síntesis, la estrategia de mejora en la gestión de mantenimiento incluye:

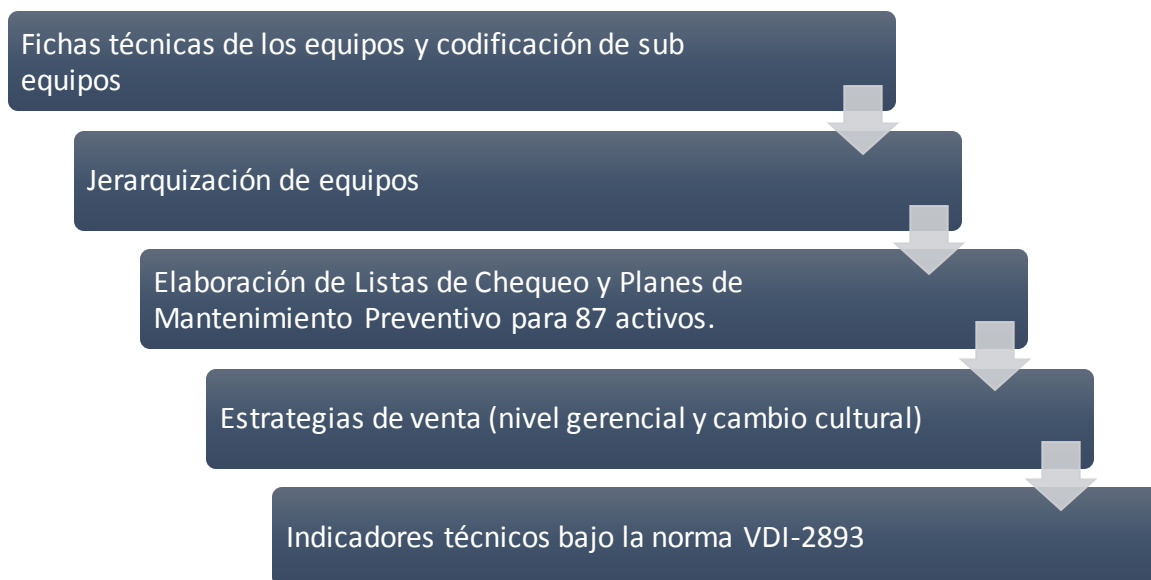


Figura VIII-1 Aportes de la estrategia de mejora de la gestión de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia (Word, 2016).

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

- Se jerarquizó los equipos según su relevancia basado en un análisis de criticidad, funciones en el proceso productivo y costos de mantenimiento. Además, se actualiza la biblioteca digital de la UEN Agregados con la confección de las fichas técnicas de los equipos.
- Con la aplicación de la metodología de The Maintenance Task Analysis se identifican las necesidades de mantenimiento requeridas por el departamento de producción y se diseña el plan de mantenimiento preventivo con una proyección a disminuir el tiempo de paros debido a mantenimiento en un 7%
- Se establecen indicadores técnicos que permiten medir el desempeño del proyecto y su mejora continua.
- La implementación del plan de mantenimiento aportaría una mejora en la gestión de mantenimiento y disminución de los costos, además se demuestra la viabilidad económica del mismo basado en un estudio de costos.

B. Recomendaciones

- Se recomienda la contratación de mayor personal técnico que se encarguen de las labores de mantenimiento, principalmente en el área eléctrica. El diseño de diagramas unifilares o planos eléctricos en las plantas, ya que la mayoría de las instalaciones están sobre-dimensionadas.
- Se recomienda el establecimiento de una misión, visión y objetivos propios del departamento de mantenimiento, establecer las bases de una buena gestión proyectada a filosofías mundiales.
- Para la implementación del presente plan de mantenimiento y toda la gestión preventiva, se recomienda contar con una persona con encargada de llevar el control y mejora continua del mismo. Además de contabilizar los indicadores propuestos.
- Actualizar la información técnica de los equipos en SAP y motivar a los planificadores de mantenimiento para renovar la información constantemente.
- Establecer procedimientos de instalación de nuevas plantas y desmontajes de las mismas para evitar los detalles de último momento.
- Debido a la cantidad de equipos similares que se tienen y la robustez de la industria, se recomienda la estandarización de los repuestos, establecer códigos en SAP y actualizar la lista de los mismos.
- Se recomienda extender el proyecto a los demás equipos de la UEN y las plantas de los demás países para mejorar la gestión de mantenimiento.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Amendola, L. (2013). *Gestión de activos físicos*. (3ra ed.) Editorial PMM-Business School.
- Duffuaa, R. D. (2002). *Sistemas de mantenimiento. Planeación y control*. México: Limusa S.A.
- Gómez Gutiérrez, L. (2013). Presentación de clase "Índices de Mantenimiento". Cartago.
- Gómez Gutiérrez, L. (2013). Presentación de clase: "Estrategias de Mantenimiento". Cartago.
- Hernández, R. (2010). *Metodología de la investigación*. (5ta ed.). México, Distrito Federal: McGraw-Hill
- Metso Expect Results (2008). *Manual de Trituración y Cribado*. (3ra ed.) Lokomonkatu, Finlandia: Metso's Construction Business Line
- Metso minerals, (2008). *Instruction manual NORDBERG HP100, 200, 300, 400, 500 CONE CRUSHERS*. Brasil: Metso's Construction Business Line.
- Metso minerals, (2008). *Portable Plant Manual NW300HPS-CC Cone Screen Plant*. Brasil: Metso's Construction Business Line.
- Mora, L. (2009). *Mantenimiento: Planeación, ejecución y control*. (1ra ed.) México: Alfaomega Grupo Editor.
- Moubray, J. (1997). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II*. Aladon LLC.
- Moubray, J. (2000). *Mantenimiento centrado en confiabilidad*. (1ra ed.) Buenos Aires, Argentina. Traducido por Ellmann Sueiro y asociados.
- Pistarelli, A. (2010). *Manual de mantenimiento: Ingeniería, gestión y organización*. Buenos Aires, Argentina: Gráficos RyC.

Rivera, F. & Hernández, G. (2010). *Administración de proyectos*. (1ra ed). México: Pearson Educación.

Terex Company. (2005). *Instruction manual Cedarapids Vibrating Flat Screen*. USA: Terex Company.

Terex Company. (2007). *Instruction manual Cedarapids Rollercone Crusher model MVP380*. USA: Terex Company.

Terex Company. (2008). *Instruction manual Cedarapids Rollercone RC and RCII Crushers*. USA: Terex Company.

XI.APÉNDICE

A. Glosario

- **Base:** piedra triturada de 38 mm (1-1/2) in de diámetro promedio, usualmente se usa para rellenar caminos antes del proceso asfáltico.
- **Gavión:** piedra de diámetros grandes que se usan para conformar los gaviones, lo cual consiste en una malla rellena de piedras que se usa en muros de contención.
- **Huevillo:** esta es la piedra no triturada de río que varía en diámetros promedios de 25 mm (1 in) o menos.
- **Polvo de piedra:** es el polvo obtenido de la trituración de las piedras, usado principalmente para la fabricación de concretos.
- **Quebrador:** quebrador o planta de trituración son usados como sinónimo e implica un proceso de trituración completo, desde extracción hasta producto terminado.
- **Sub-Base:** piedra triturada de 76 mm (3 in) de diámetro promedio, se usa para caminos rurales.
- **Voladura:** acción de fracturar o fragmentar rocas, suelo, hormigón o equivalentes mediante el uso de explosivos.

B. Gantt del Proyecto

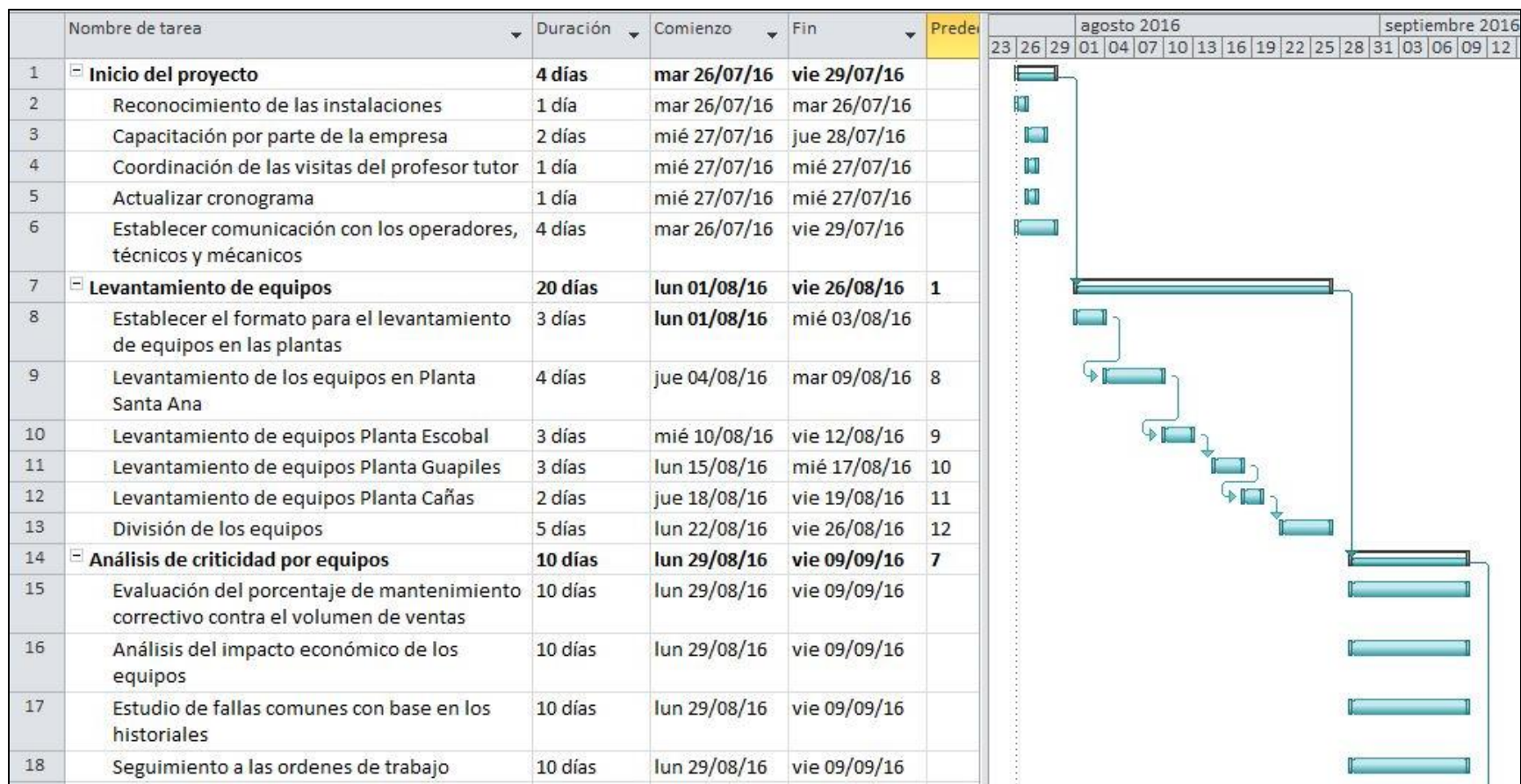


Figura XI-1 Cronograma de actividades (Parte I).

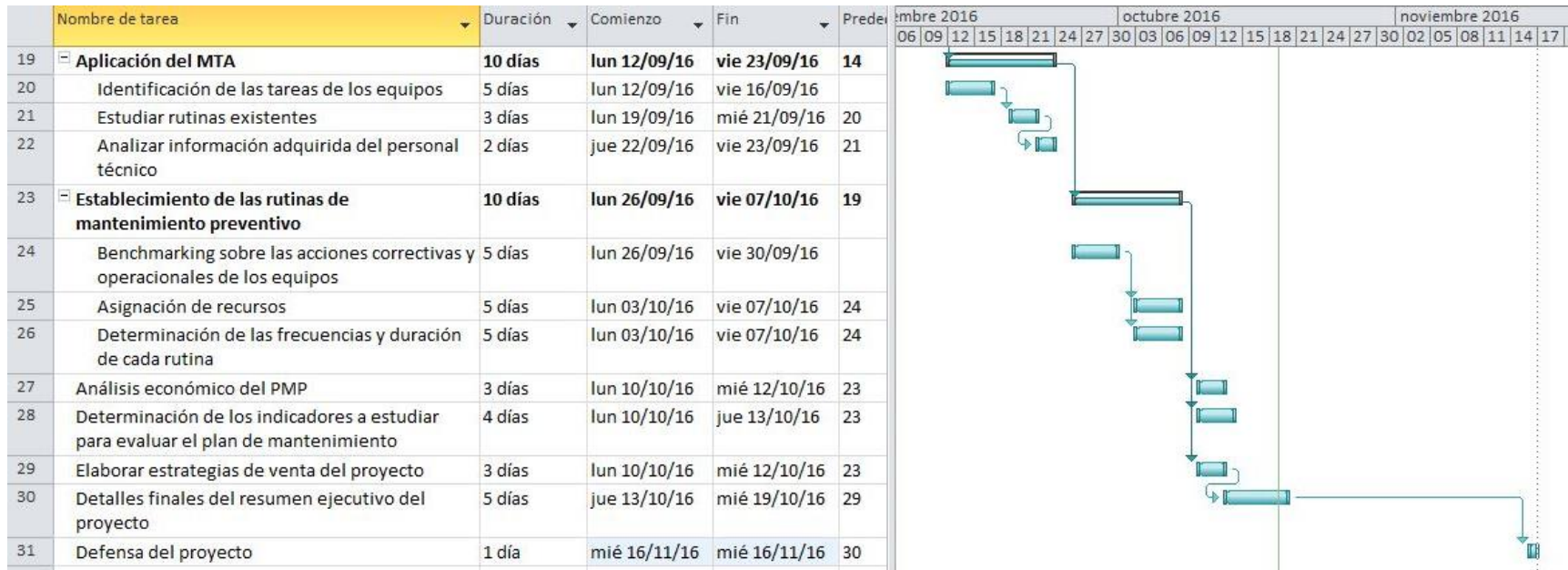


Figura XI-2 Cronograma de actividades (Parte II)

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Project, 2010).

C. Codificación de los Equipos

Como parte de la recolección de información y levantamiento de equipos, se decide dividir los equipos para el ingreso de la información a SAP, con esto se crea un manual de codificación para todos los planificadores de mantenimiento.

La mayoría de los equipos que se encuentran en los Quebradores son un conjunto de unidades que se pueden hallar por separado, por ejemplo, la categoría 54 (conos criba), estos se componen de mínimo un cono (ver Figura XI-3, flecha a), una criba (flecha b) y de 3 a 4 bandas (flecha c). Cada una de estas unidades, además tienen componentes importantes tales como motor, sistemas de transmisión, sistema hidráulico, entre otros. A estos componentes se les llamará clases en SAP y tendrán dentro características que permitan recopilar información importante.

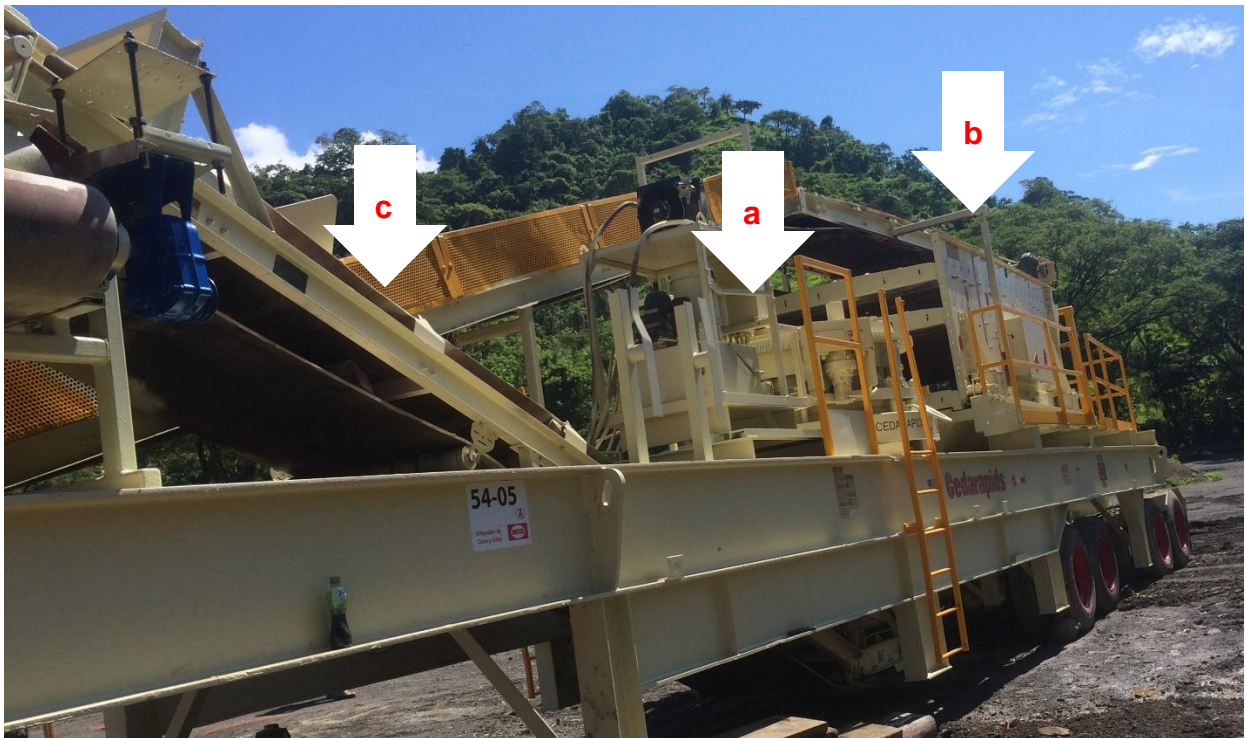


Figura XI-3 Foto del cono criba 54-05

Fuente: UEN Agregados



Figura XI-4 Trituradora de cono MVP 380, 56-05

Fuente: UEN Agregados

Para la codificación se seguirá el mismo principio de los números de activo que tienen los equipos, pero se agregará la distinción para cada sub-equipo. Si en un eventual caso, se desarma un equipo principal y sus unidades pasan a ser principales, se incluirán en las categorías correspondiente, por ejemplo, si un 54 se divide, el cono del mismo pasará a ser un 56.

Por lo tanto, se tiene el siguiente sistema de codificación

Tabla XI-1 Codificación de los sub-equipos

5	4	-	0	1	-	C	1
Categoría			Consecutivo del equipo			Sub-equipo	Consecutivo del sub-equipo

Fuente: Elaboración propia (Word, 2016).

Las categorías de los equipos ya están definidas según las características de los equipos y se han establecido conforme se adquieren los activos para toda la UEN agregados. En la Tabla XI-2 se presentan las categorías y su descripción que se tienen hasta el momento, estas incluyen los equipos de todos los países donde esta meco agregados.

Tabla XI-2 Categorías de los equipos

Categoría	Descripción
43	Triturador de mandíbula
44	Bandas
50	Criba
51	Lavadora
52	Criba móvil
53	Tolva de alimentación o alimentador
54	Triturador de cono y criba
55	Triturador de HSI sobre oruga
56	Triturador de cono
57	Triturador VSI
58	Triturador de mandíbulas sobre oruga
59	Triturador HSI
60	Triturador de cono sobre oruga
61	Criba móvil sobre oruga
62	Triturador de mandíbula
63	Cilindro lavador
64	Básculas
68	Triturador VSI con criba
69	Cañón de agua

Fuente: Elaboración propia (Word, 2016).

Para el caso de los sub-equipos, se hará uso de una letra que referencie a la unidad con la ayuda de la Tabla XI-3, donde se encuentran las posibles letras y su descripción.

Tabla XI-3 Descripción de los sub-equipos.

Sub-equipo	Descripción
C	Triturador de cono
S	Criba
B	Banda
T	Tolva
A	Alimentador
M	Triturador de mandíbulas
L	Lavadora
H	Triturador impactor horizontal
V	Triturador impactor vertical
E	Chasis

Fuente: Elaboración propia (Word, 2016).

En el caso de bandas, se puede presentar que el equipo tenga entre 3 y 4, por lo tanto, se establece un orden para facilitar el entendimiento de la codificación.

Tabla XI-4 Significado del consecutivo de los sub-equipos

Consecutivo del sub-equipo	Significado
1	Alimentación
2	Salida
3	Bajo equipo
4	Rechazo
5	Adicional

Fuente: Elaboración propia (Word, 2016).

Para el manejo de la información se tendrá un conjunto de clases con características por sub-equipo, a continuación, se presenta una tabla donde se tiene las clases disponibles.

Tabla XI-5 Clases y características para equipo y sub-equipos.

Clase	Características	Clase	Características
Datos generales	<ul style="list-style-type: none"> • Marca • Modelo • Serie • Año de fabricación • País de fabricación • Peso • Dimensiones (alto, largo, ancho) 	Sistema transmisión primaria	<ul style="list-style-type: none"> • Rodamiento delantero del motor • Rodamiento trasero del motor • Diámetro de la polea conductor • Diámetro de la polea conducida • Diámetro del eje del motor • Tipo de faja • Número de canales • Dato adicional (configuración de cono, cantidad de mazos, etc.)
Sistema motor principal	<ul style="list-style-type: none"> • Marca • Serie • Potencia • Frame • Factor de servicio • Velocidad • Consumo • Voltaje • Conexión 	Sistema eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • Breaker • Contactor • Marca del arrancador • Modelo del arrancador • Capacidad del arrancador
Sistema hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de filtros • Cantidad de filtros • Tipo de aceite • Volumen de aceite • Tipo de grasa • Volumen de grasa • Tipo de sistema de lubricación 	Mallas	<ul style="list-style-type: none"> • Largo • Ancho • Tipo de material • Forma • Cantidad de rieles tensores • Cantidad de paños • Cantidad de mallas por paño • Auto-limpiante • Distancias entre hules • Tamices
Banda	<ul style="list-style-type: none"> • Largo • Ancho • Número de capas • Capacidad de carga • Capacidad de arrastre 	Sistema conveyer	<ul style="list-style-type: none"> • Staker • Cama de impactos • Bota piedras • Diámetro del tambor conductor • Diámetro del tambor conducido • Limpiador primario • Limpiador secundario • Cantidad de estaciones de carga a 35° • Cantidad de estaciones de carga a 20° • Cantidad de estaciones de impacto • Cantidad de estaciones de retorno
Sistema transmisión secundaria	<ul style="list-style-type: none"> • Marca • Modelo • Relación • Diámetro del manguito • Diámetro del eje 		

Fuente: Elaboración propia (Word, 2016).

D. Análisis de Criticidad

Se decide abordar el tema de criticidad directamente sobre las familias o categorías (como se le conoce en administración de activos) ya que cada una posee una cantidad pequeña de equipos con características iguales.

Para la evaluación se utilizará la metodología expuesta por el profesor Ingeniero Carlos Piedra del Tecnológico de Costa Rica. Para cada categoría se usará la Tabla XI-6, donde se describe cada uno de los factores con los que se valora la criticidad. Cada equipo posee un valor, y según la escala presentada, se determina que tan crítico es para la empresa cada categoría.

Tabla XI-6 Tabla de factores para la criticidad.

Factor		Descripción
A	Impacto en la seguridad	Medida en que una falla provoca la exposición a riesgos en la salud e higiene ocupacional, tanto a los colaboradores como a la comunidad
B	Impacto en el medio ambiente	Medida en que una falla produce emanaciones de gases, partículas en suspensión, derrames químicos, contaminación de todo tipo de aguas y a la tierra.
C	Impacto en la producción total	Medida en que su falla provoca el riesgo de un paro total de la planta de producción.
D	Impacto en la producción de línea	Medida en que su falla provoca el riesgo de un paro total a la línea específica de producción donde se encuentra este equipo o instalación.
E	Impacto en la integridad de otros equipos	Medida en que, por su inadecuada operación repercute en daños a otros equipos.
F	Impacto en la calidad	Provoca una alteración directa en la calidad de los procesos productivos, no cumpliéndose los parámetros de calidad establecidos.
G	Valor económico	Precio de la máquina.
H	Dificultad de adquisición	Su disponibilidad de repuestos no es inmediata y la importación del equipo o instalación requiere de un tiempo prolongado.

Fuente: Ing. Carlos Piedra, 2015

Tabla XI-7 Escala de calificación de la criticidad

Escala de calificación	
0	Nada importante
1	Poco importante
2	Importante
3	Muy importante
Crítico	Mayor o igual a 15
No crítico	Menor que 15

Fuente: Ing. Carlos Piedra, 2015

Tabla XI-8 Evaluación de las categorías

Cat.	A	B	C	D	E	F	G	H	Total
TR43	0	0	2	3	1	2	3	3	14
TR44	1	0	2	3	0	0	0	1	7
TR50	2	1	2	3	1	3	2	1	15
TR51	1	1	1	1	0	3	1	1	9
TR53	1	0	0	3	0	0	0	0	4
TR54	2	1	2	3	2	3	3	3	19
TR56	2	1	2	3	2	3	3	3	19
TR59	0	0	2	3	1	2	3	3	14
TR61	1	1	0	1	1	2	2	2	10
TR62	0	0	2	3	1	2	3	3	14

Fuente: Elaboración propia (Word, 2016)

Nota: (1) TR significa trituración, lo cual se usa en MECO para diferenciar los equipos de cualquier otra unidad estratégica.

(2) No se incluyen los equipos que no se encuentran en Costa Rica.

Con base en la Tabla XI-8 se determina que tanto la categoría TR54, el cual corresponde a un chasis completo que incluye un cono, una criba y al menos 3 o 4 bandas transportadoras, y la categoría TR56, la cual corresponde a una trituradora de cono. Ambos equipos poseen muchas similitudes y se suelen encontrar en trituración secundaria y/o terciaria. Debido a lo anterior, se decide realizar el diseño del plan de mantenimiento para trituradores de cono, cribas y bandas, con el fin de abarcar todos los equipos críticos y lograr un impacto realmente importante para la empresa.

E. Ficha Técnica del Triturador de Cono y Criba 54-06

1. Ficha Técnica de la Trituradora de Cono

Código Equipo	Ubicación	Descripción	
54-06-C1	Escobal	Cono RC45	
Datos generales			
Marca:	<u>Cedarapids</u>	Peso:	-
Modelo:	<u>RC45-II</u>	Dimensiones	
Serie:	<u>51669</u>	Alto:	<u>174 in</u>
Año Fab.:	-	Largo:	<u>721 in</u>
País Fab.:	-	Ancho:	<u>144 in</u>
Config.:	<u>Stadar Fine</u>		
Motor Principal			
Marca:	-	Consumo (A):	<u>234</u>
Serie:	<u>02006FLF4BM0</u>	Conexión:	<u>Delta</u>
Pot. (hp):	<u>200</u>	Voltaje (V):	<u>460</u>
Frame:	<u>505UZ</u>	Arrancador	
F.S.:	<u>1.15</u>	Marca:	<u>EMOTRON</u>
Breaker:	<u>N/A</u>	Modelo:	<u>MSF 260</u>
RPM:	<u>1180</u>	Capacidad:	<u>260 A</u>
Contactora:	<u>N/A</u>	Diámetro poleas	
Rodamientos		Conductora:	<u>15 in</u>
Trasero:	<u>6348C3</u>	Conducida:	<u>24 in</u>
Delantero:	<u>NU322C3</u>	Dia. Eje:	<u>3.4 in</u>
Tipo faja:	<u>D106</u>	# Canales:	<u>6</u>
Sistema Hidráulico			
<u>Tipo Filtro</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Tipo Aceite</u>	<u>Vol. Aceite</u>
<u>CP-1282-10-50</u>	<u>1</u>	<u>220</u>	<u>15 gal</u>
Observaciones			
Fecha de levantamiento:			
<u>04/08/2016</u>			
Responsable:			
M. ELIZONDO			

2. Ficha Técnica de la Criba

Datos generales				Código Equipo <u>54-06-S1</u>			
Marca:	<u>Cedarapids</u>	Dimensiones				Descripción <u>Criba de cono</u>	
Modelo:	<u>RC45-II</u>	Alto:	<u>174 in</u>				
Serie:	<u>51669</u>	Largo:	<u>721 in</u>				
Año Fab.:	-	Ancho:	<u>144 in</u>				
País Fab.:	-	# Ejes					
Peso:	-	Excéntrico:	<u>X</u>				
		Eje cardan:	<u>N/A</u>	Ubicación <u>Escobal</u>			
Mallas							
Largo:	<u>48 in</u>	Auto-limpiante		Observaciones _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____			
Ancho:	<u>74.5 in</u>	No: <u>x</u> / Si: _____	Dis. Hules: _____				
Tipo mat.:	<u>Acero 1060</u>	Tamises	Estándar				
Forma:	<u>Cuadrada</u>	<u>1/4 in</u>	Si / No				
#Riel							
Tenores.:	<u>10</u>	<u>3/4 in</u>	Si / No				
Cant. Paños:	<u>3</u>	<u>5/8 in</u>	Si / No				
#Malla/paños:	<u>5</u>						
Motor Principal							
Marca:	<u>TOSHIBA</u>	Consumo (A):	<u>100/50</u>			Fecha de levantamiento: <u>04/08/2016</u> Responsable: <u>M. ELIZONDO</u>	
Serie:	<u>21005674</u>	Conexión:	<u>Estrella-delta</u>				
Pot. (hp):	<u>40</u>	Voltaje (V):	<u>230/460</u>				
Frame:	<u>364T</u>	Arrancador					
F.S.:	-	Marca:	<u>N/A</u>				
Breaker:	<u>100 A</u>	Modelo:	<u>N/A</u>				
RPM:	<u>1170</u>	HP:	<u>N/A</u>				
Contactora:	<u>NEMA 3</u>	Diámetro poleas					
Rodamientos		Conductora:	<u>15 in</u>				
Trasero:	<u>6312C3</u>	Conducida:	<u>19.5 in</u>				
Delantero:	<u>6314C3</u>	Dia. Eje:	<u>3.82 in</u>				
Tipo de faja:	<u>8V1320</u>	# Canales:	<u>1</u>				
Sistema hidráulico							
<u>Tipo filtro</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Tipo aceite</u>	<u>Vol. Aceite</u>	<u>Tipo grasa</u>	<u>Vol. Grasa</u>		
N/A	N/A	N/A	N/A	V220C2	-		

3. Fichas Técnicas de las Bandas Transportadoras

a) Banda de Alimentación

Código Equipo	Ubicación	Descripción	
54-06-B1	Escobal	Alimentación de Criba	
Datos generales			
Marca:	<u>Cedarapids</u>	Peso:	-
Modelo:	<u>RC45-II</u>	Año Fab.:	<u>2002</u>
Serie:	<u>51669</u>	País Fab.:	-
Banda			
Largo:	<u>42 m</u>	Diámetros tambor	
Ancho:	<u>36 in</u>	Conductor:	<u>14 in Liso</u>
#Capas:	<u>3</u>	Conducido:	<u>12 in Paletas</u>
Cap. Carga:	<u>1/4 in</u>	Paletas: / - /	
Cap. Arras.:	<u>1/8 in</u>	Liso: / - /	
Dia. Manguito:	-	Diámetros Polea	
Dia. Eje:	-	Conductor:	<u>5.5 in</u>
Staker:	Si ___ / No <u>X</u>	Conducido:	<u>6.5 in</u>
Cama impact.:	Si ___ / No <u>X</u>	Limpiadores	
Bota piedras:	Si ___ / No <u>X</u>	Prim.: / - /	Secund.: / - /
Cantidad de estaciones			
Carga 20°	Carga 35°	Impacto	Retorno
<u>N/A</u>	<u>16</u>	<u>5</u>	<u>7</u>
Reductora			
Marca:	<u>DODGE</u>	Relación:	-
Modelo:	-		
Motor			
Marca:	-	Voltaje (V):	-
Serie:	-	Contactora:	<u>M12</u>
Pot. (hp):	<u>15</u>	Conexión:	-
Frame:	-	Arrancador	
F.S.:	-	Marca:	N/A
Breaker:	<u>30 A</u>	Modelo:	N/A
Consumo (A):	-	Capacidad:	N/A
RPM:	<u>1765</u>		
Tipo faja:	<u>B100</u>	Cantidad:	<u>2</u>
Fecha de levantamiento: <u>04/08/2016</u>			
Responsable: M. ELIZONDO			

b) Banda de Salida


Código Equipo	Ubicación	Descripción	
54-06	Escobal	Salida	
Datos generales			
Marca:	<u>Cedarapids</u>	Peso:	-
Modelo:	<u>RC45-II</u>	Año Fab.:	<u>2002</u>
Serie:	<u>51669</u>	País Fab.:	-
Banda			
Largo:	<u>26 m</u>	Diámetros tambor	
Ancho:	<u>36 in</u>	Conductor:	<u>12 in Liso</u>
#Capas:	<u>3</u>	Conducido:	<u>12 in Paletas</u>
Cap. Carga:	<u>1/4 in</u>	Paletas: / - /	
Cap. Arras.:	<u>1/16 in</u>	Liso: / - /	
Dia. Manguito:	-	Diámetros Polea	
Dia. Eje:	-	Conductor:	-
Staker:	Si___/No_X	Conducido:	-
Cama impact.:	Si_X/No___	Limpiadores	
Bota piedras:	Si_X/No___	Prim.:/___/	Secund.:/___/
<u>Cantidad de estaciones</u>			
Carga 20°	Carga 35°	Impacto	Retorno
<u>N/A</u>	<u>9</u>	<u>N/A</u>	<u>6</u>
<u>Reductora</u>			
Marca:	-	Relación:	-
Modelo:	-		
<u>Motor</u>			
Marca:	-	Voltaje (V):	-
Serie:	-	Contactora:	<u>M12</u>
Pot. (hp):	<u>15</u>	Conexión:	-
Frame:	-	Arrancador	
F.S.:	-	Marca:	<u>N/A</u>
Breaker:	<u>30 A</u>	Modelo:	<u>N/A</u>
Consumo (A):	-	Capacidad:	<u>N/A</u>
RPM:	-		
Tipo faja:	-	Cantidad:	<u>2</u>
Observaciones			
Protección térmica OL12			
Fecha de levantamiento: <u>04/08/2016</u>			
Responsable: <u>M. ELIZONDO</u>			

c) **Banda Bajo Equipo**

Código Equipo	Ubicación	Descripción	
54-06-B3	Escobal	Bajo criba	
Datos generales			
Marca:	<u>Cedarapids</u>	Peso:	-
Modelo:	<u>RC45-II</u>	Año Fab.:	<u>2002</u>
Serie:	<u>51669</u>	País Fab.:	-
Banda			
Largo:	<u>18 m</u>	Diámetros tambor	
Ancho:	<u>60 in</u>	Conductor:	<u>14 in Liso</u>
#Capas:	<u>3</u>	Conducido:	<u>14 in Paletas</u>
Cap. Carga:	<u>1/4 in</u>	Paletas: / - /	
Cap. Arras.:	<u>1/16 in</u>	Liso: / - /	
Dia. Manguito:	-	Diámetros Polea	
Dia. Eje:	-	Conductor:	<u>5 in</u>
Staker:	Si ___/No <u>X</u>	Conducido:	<u>6.5 in</u>
Cama impact.:	Si ___/No <u>X</u>	Limpiadores	
Bota piedras:	Si ___/No <u>X</u>	Prim.: / - /	Secund.: / - /
Cantidad de estaciones			
Carga 20°	Carga 35°	Impacto	Retorno
<u>N/A</u>	<u>6</u>	<u>N/A</u>	<u>4</u>
Reductora			
Marca:	<u>DODGE</u>	Relación:	-
Modelo:	-		
Motor			
Marca:	WEG	Voltaje (V):	<u>208-230/460</u>
Serie:	NBR 7094	Contactora:	<u>M12</u>
Pot. (hp):	<u>15</u>	Conexión:	<u>Delta</u>
Frame:	-	Arrancador	
F.S.:	<u>1,15</u>	Marca:	<u>N/A</u>
Breaker:	<u>30 A</u>	Modelo:	<u>N/A</u>
Consumo (A):	<u>41,6-37,6/18,8</u>	Capacidad:	<u>N/A</u>
RPM:	<u>1765</u>		
Tipo faja:	<u>B76</u>	Cantidad:	<u>2</u>
Fecha de levantamiento: <u>04/08/2016</u>			
Responsable: <u>M. ELIZONDO</u>			

F. Cotizaciones de los Servicios Externos

1. Mantenimiento de Elementos de Desgaste



30 de julio de 2016
2016-6839

Señores: Constructora Meco S.A.
Atención: Ingeniero Ricardo Solano.

Estimados señores:

Con gusto damos respuesta formal a su solicitud de cotización:

Reparación de CONO HP 300 Panamá.

1. Características de la oferta:

- a- Verificación de medidas de cabeza, pulido para ajuste para meter bronce con hielo seco.
- b- Rectificado a medida original del anillo y verificación de la quíñonera.
- c- Extracción del plato esférico y colocación del nuevo plato.

2. Condiciones especiales a incluir en nuestra oferta de servicios:

- 1- La ejecución de los trabajos se realizará en:
 - e) 1. En instalaciones de TIASSA .
- 2- El cliente asignará por su cuenta un vocero o representante que será el encargado de la supervisión de los trabajos realizados.
- 3- El plazo estimado de entrega será de 15 días hábiles

Exclusiones de la oferta

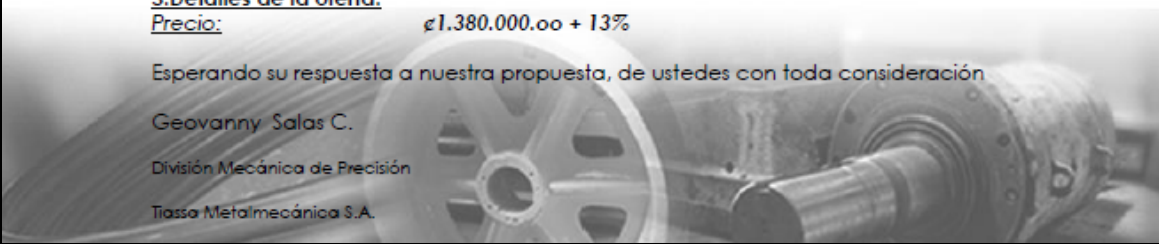
- No incluye instalación y puesta en marcha del equipo en su sitio de trabajo.
- No comprende análisis técnicos y pruebas de ultrasonido para las piezas que se deben reparar.
- Armado en sitio de las piezas y puesta en marcha corresponden al cliente.

3. Detalles de la oferta:

Precio: €1.380.000.00 + 13%

Esperando su respuesta a nuestra propuesta, de ustedes con toda consideración

Geovanny Salas C.
División Mecánica de Precisión
Tiassa Metalmecánica S.A.



2. Mantenimiento de un Motor de 300 HP



Lunes, 18 de Julio del 2016

PROFORMA 5093

Atención: CONSTRUCTORA MECO S.A.
 Contacto: Lester Carranza
 Teléfono: 80551899
 Email: lester.carranza@constructorameco.com
 Dirección: La Uruca



Observaciones:
 activo 54-05

Estimado (a):
 Tenemos el agrado de presentarle la siguiente oferta de servicios:

ITEM	DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Mantenimiento de Motor Trifasico 1800 RPM- 300HP	1	980,000.00	980,000.00
2	RODAMIENTO NU-322 C3	1	437,800.00	437,800.00
3	Grasa para alta temperatura SKF	2	9,500.00	19,000.00
4	Rodamiento C3-6319	1	149,243.75	149,243.75

	SUBTOTAL	¢	1,586,043.75
Proforma preparada por:	DESCUENTO 0.00%	¢	0.00
Administrator	IMP.V 13%	¢	206,185.69
info@jptecnicascr.com	TRANSPORTE	¢	0.00
	TOTAL	¢	1,792,229.44

Condiciones comerciales.

- Este es un precio de lista basado en promedios del peso de cobre requerido para cada equipo. Si un equipo previa inspección tiene un peso superior al establecido para esa potencia y velocidad, se deberá realizar el ajuste para su recotización.
- Garantía de 6 meses por el servicio de bobinado y de 3 meses por el servicio de mantenimiento.
- El precio del bobinado no contempla trabajos mecánicos en ejes o tapas, rodamientos nuevos, sellos u otro componente que se deba agregar los cuales serán cobrados por aparte.
- Transporte incluido, en el área metropolitana.
- Validez de la oferta: 15 días a partir de esta fecha.
- Forma de Pago: Crédito 0 días.
- Para iniciar con el trabajo solicitado se debe enviar la orden de compra respectiva.
- En caso de ser exonerados favor indicarlo en la orden de compra.
- Enviar orden de Compra al correo electrónico info@jptecnicascr.com, dirigida a TALLER JPT S.A; Cédula: 3-101-892648.
- Cuenta Bancaria donde se pueden realizar los depósitos: Banco Nacional ; BN: 200-01-040-027155-0 ; Cuenta cliente BN: 15104020010271551.

Agradecemos la confianza en nuestra empresa y el interés brindado a esta oferta.

3. Mantenimiento de Caja Reductora

Taller SEMAC s.a.		<i>Cedula jurídica: 3-101-618370.</i> San Rafael de Alajuela E-mail: semac.alberto@hotmail.com carlos.semac@hotmail.com
		8 de Octubre del 2016. COTIZACION #0049-16.
Señores: Constructora MECO s.a. Atención: Roger Quiroz. Estimados señores:		
Por este medio presentamos la cotización formal para lo siguiente:		
❖ <u>Reparación de caja reductora DODGE TA420 7H-Tajo Limón.</u>		
Características de la oferta:		
a- Desarmar partes para valoración de roles, retenedores, piñones y ajustes.		
b- Relleno y rectificando de asientos de roles del núcleo.		
c- Cambio de retenedores y roles dañados.		
d- Armado y empacado de caja reductora.		
e- Cambio de aceite y pintura.		
Notas importantes:		
1- Producto entregado en nuestras instalaciones.		
2- No incluye instalación en sitio.		
Detalles de la oferta:		
Por mantenimiento de caja		€ 130 000
Rectificado de asiento de retenedores de 2 lados del núcleo		€ 110 000
Roles:		
1 Rol 25877/21		€ 18 000
2 Rol 2788/20		€ 27 800
2 rol 42381/584		€ 87 000
1 rol 25880/21		€ 24 000
2 Retenedor 95-120-12		€ 11 000
1 Retenedor 2 1/- 1 7/16		€ 12 785
2 Seguro externo 95 MM		€ 24 450
	Sub -Total	€ 445 035
	13%	€ 57 854,55
	Total	€ 502 889.55
Forma de pago: 30 días de crédito. Validez de la oferta: 8 días.		
Cordialmente. Arnoldo Alberto Salas Calvo. Coordinador del proyecto.		
Taller SEMAC s.a. Metalmecánica y precisión. Tel: 2439-2557. Cel: 8341-2846 / 8990-3850.		

4. Mantenimiento de Motor de 15 HP



Lunes, 18 de Julio del 2016

PROFORMA 5094

Atención: CONSTRUCTORA MECO S.A
 Contacto: Lester Carranza
 Teléfono: 60551899
 Email: lester.carranza@constructorameco.com
 Dirección: La Uruca



Observaciones:
activo 54-05

Estimado (a):
Tenemos el agrado de presentarle la siguiente oferta de servicios:

ITEM	DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Mantenimiento de Motor Trifasico 1800 RPM- 15HP	1	75,000.00	75,000.00
2	Rodamiento C3-6208	1	7,327.50	7,327.50
3	Rodamiento C3-6309	1	24,806.25	24,806.25

	SUBTOTAL	¢	107,133.75
Proforma preparada por:	DESCUENTO 0.00%	¢	0.00
Administrator	IMP.V 13%	¢	13,927.39
info@jptecnicascr.com	TRANSPORTE	¢	0.00
	TOTAL	¢	121,061.14

Condiciones comerciales.

- Este es un precio de lista basado en promedios del peso de cobre requerido para cada equipo. Si un equipo previa inspección tiene un peso superior al establecido para esa potencia y velocidad, se deberá realizar el ajuste para su recotización.
- Garantía de 6 meses por el servicio de bobinado y de 3 meses por el servicio de mantenimiento.
- El precio del bobinado no contempla trabajos mecánicos en ejes o tapas, rodamientos nuevos, sellos u otro componente que se deba agregar los cuales serán cobrados por aparte.
- Transporte incluido, en el área metropolitana.
- Validez de la oferta: 15 días a partir de esta fecha.
- Forma de Pago: Crédito 0 días.
- Para iniciar con el trabajo solicitado se debe enviar la orden de compra respectiva.
- En caso de ser exonerados favor indicarlo en la orden de compra.
- Enviar orden de Compra al correo electrónico info@jptecnicascr.com, dirigida a TALLER JPT S.A; Cédula: 3-101-692648.
- Cuenta Bancaria donde se pueden realizar los depósitos: Banco Nacinal ; BN: 200-01-040-027155-0 ; Cuenta cliente BN: 15104020010271551.

Agradecemos la confianza en nuestra empresa y el interés brindado a esta oferta.

5. Mantenimiento de Motor de 40 HP



Lunes, 18 de Julio del 2016

PROFORMA 5098

Atención: CONSTRUCTORA MECO S.A
 Contacto: Lester Carranza
 Teléfono: 60551899
 Email: lester.carranza@constructorameco.com
 Dirección: La Uruca



Observaciones:
 activo 54-05

Estimado (a):
 Tenemos el agrado de presentarle la siguiente oferta de servicios:

ITEM	DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	RECTIFICAR TAPA DELANTERA	1	126,500.00	126,500.00
2	RECTIFICAR TAPA TRASERA	1	149,500.00	149,500.00
3	Mantenimiento de Motor Trifasico 1200 RPM- 40HP	1	172,500.00	172,500.00
4	Rodamiento C3-6212	1	19,090.00	19,090.00
5	Rodamiento C3-6314	1	51,045.00	51,045.00


	SUBTOTAL	¢	518,635.00
Proforma preparada por:	DESCUENTO 0.00%	¢	0.00
Administrator	IMP.V 13%	¢	67,422.55
info@jptecnicascr.com	TRANSPORTE	¢	0.00
	TOTAL	¢	586,057.55

Condiciones comerciales.

- Este es un precio de lista basado en promedios del peso de cobre requerido para cada equipo. Si un equipo previa inspección tiene un peso superior al establecido para esa potencia y velocidad, se deberá realizar el ajuste para su recotización.
- Garantía de 6 meses por el servicio de bobinado y de 3 meses por el servicio de mantenimiento.
- El precio del bobinado no contempla trabajos mecánicos en ejes o tapas, rodamientos nuevos, sellos u otro componente que se deba agregar los cuales serán cobrados por aparte.
- Transporte incluido, en el área metropolitana.
- Valides de la oferta: 15 días a partir de esta fecha.
- Forma de Pago: Credito 0 días.
- Para iniciar con el trabajo solicitado se debe enviar la orden de compra respectiva.
- En caso de ser exonerados favor indicarlo en la orden de compra.
- Enviar orden de Compra al correo electrónico info@jptecnicascr.com, dirigida a TALLER JPT S.A; Cédula: 3-101-892648.
- Cuenta Bancaria donde se pueden realizar los depósitos: Banco Nacinal ; BN: 200-01-040-027155-0 ; Cuenta cliente BN: 15104020010271551.

Agradecemos la confianza en nuestra empresa y el interés brindado a esta oferta.

G. Cotización del Juego de Resortes para Criba

 <p> GRUPO Realtec RESORTES Céd. Jur.: 3-101-308851 SERVICIO, RAPIDEZ Y CALIDAD FABRICANDO RESORTES DESDE 1969 Tels: 2222-1318 // 2258/7051 // Tel/Fax: 2256-9506 ventas@resortesrealtec.com </p>																						
COTIZACION No.: 778 Fecha.: 15/02/2016			Cotización No.: 778 Fecha.: 15/02/2016																			
Ciente.: CONSTRUCTORA MECO																						
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	PRECIO	MONTO TL																		
020-200	RESORTE COMPRESION PARA CRIBA VIBRATORIA	8.00	380,000.00	3,040,000.00																		
*** Ultima línea ***																						
RESORTES PARA FABRICACION. TIEMPO DE ENTREGA 22 DIAS Atte.: ROY BRAVO C			<table border="1"> <tr> <td>Subtotal</td> <td>¢</td> <td>3,040,000.00</td> </tr> <tr> <td>%Desc</td> <td>0.00 ¢</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>I.V.</td> <td>¢</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>¢</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>¢</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>¢</td> <td>3,040,000.00</td> </tr> </table>		Subtotal	¢	3,040,000.00	%Desc	0.00 ¢	0.00	I.V.	¢	0.00		¢	0.00		¢	0.00	Total	¢	3,040,000.00
Subtotal	¢	3,040,000.00																				
%Desc	0.00 ¢	0.00																				
I.V.	¢	0.00																				
	¢	0.00																				
	¢	0.00																				
Total	¢	3,040,000.00																				
*****BAJO REGIMEN SIMPLIFICADO***** BCR: 001-0227033-1 C/CORRIENTE COLONES 15201001022703319 C/ SINPE B.N: 100-01-077-000301-0 C/CORRIENTE COLONES																						

H. Tarifas de los Equipos

1. Triturador de Cono TR56

Objeto

Equipo 56-06 Triturador de Cono METSO HP300

Categoría clase 600 Catálogo

Asignaciones

Clase	Denominación	Cla...	S..	I...	Pos
CAT_ETM	Clase para horas Costa Rica	<input type="checkbox"/>	1	<input checked="" type="checkbox"/>	10

Entrada 1 / 1

Val.de Clase CAT_ETM - Objeto 56-06

General

Denom.característica	Valor
Costos de posesión	5.610,60 CRC
Reparaciones mayores	8.727,60 CRC
Costos de operación	11.221,20 CRC
Combustible	0,00 CRC
Lubricantes	1.870,20 CRC
Llantas – Rodaje	0,00 CRC
Filtros	3.740,40 CRC

Inconsistencia


Figura XI-5 Tarifa de la categoría TR56

Fuente: SAP

2. Triturador de Cono y Criba TR54

Objeto

Equipo 54-07 Triturador Cono y Criba

Categoría clase 600  Catálogo

Asignaciones

Clase	Denominación	Cla...	S...	I...	Pos
CAT_ETM	<input type="checkbox"/> se para horas Costa Rica	<input type="checkbox"/>	1	<input checked="" type="checkbox"/>	10

Entrada 1 / 1

Val.de Clase CAT_ETM - Objeto 54-07

General

Denom.característica	Valor
Costos de posesión	11.368,92 CRC
Reparaciones mayores	10.057,12 CRC
Costos de operación	15.741,58 CRC
Combustible	0,00 CRC
Lubricantes	2.186,33 CRC
Llantas – Rodaje	437,27 CRC
Filtros	3.935,38 CRC

Inconsistencia

Figura XI-6 Tarifa de categoría TR54

Fuente: SAP

3. Criba TR50

The screenshot displays the SAP Tarifa de categoría TR50 interface. It is divided into three main sections: 'Objeto', 'Asignaciones', and 'Val.de Clase CAT_ETM - Objeto 50-06'.

Objeto: Shows 'Equipo' as '50-06' and 'Criba'. 'Categoría clase' is '600' with a lock icon. 'Catálogo' is empty.

Asignaciones: A table with columns: Clase, Denominación, Cla..., S..., I..., Pos. The first row shows 'CAT_ETM' for 'se para horas Costa Rica' with 'Cla...' as a checkbox, 'S...' as '1', 'I...' as a green checkmark, and 'Pos' as '10'.

Val.de Clase CAT_ETM - Objeto 50-06: A 'General' tab with a table of cost characteristics:

Denom.característica	Valor
Costos de posesión	1.039,17 CRC
Reparaciones mayores	3.037,56 CRC
Costos de operación	3.517,19 CRC
Combustible	0,00 CRC
Lubricantes	399,68 CRC
Llantas – Rodaje	0,00 CRC
Filtros	462,30 CRC

At the bottom of the 'Val.de Clase' section, there is a toolbar with various icons and a yellow button labeled 'Inconsistencia'.


Figura XI-7 Tarifa de categoría TR50

Fuente: SAP

4. Bandas Transportadoras TR44

Objeto

Equipo 44-94 Banda Transportadora

Categoría clase 600  Catálogo

Asignaciones

Clase	Denominación	Cla...	S..	I...	Pos
CAT_ETM	<input type="checkbox"/> se para horas Costa Rica	<input type="checkbox"/>	1	<input checked="" type="checkbox"/>	20

Entrada 1 / 1

Val.de Clase CAT_ETM - Objeto 44-94

General

Denom.característica	Valor
Costos de posesión	331,25 CRC
Reparaciones mayores	198,74 CRC
Costos de operación	1.545,80 CRC
Combustible	0,00 CRC
Lubricantes	132,51 CRC
Llantas – Rodaje	0,00 CRC
Filtros	0,00 CRC

Inconsistencia

Figura XI-8 Tarifa de categoría TR44

Fuente: SAP