

# **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA  
DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA MINA  
DE CALIZA DE LA PLANTA OTAVALO”**

---

Trabajo de Titulación bajo la modalidad Estudio Técnico,  
previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**AUTOR:**

José Adolfo Martínez Zapata

**TUTOR:**

Ing. Edwin Leonardo Sánchez Almeida; Mg.

**AMBATO – ECUADOR**

**2017**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de tutor del trabajo de grado: **“ESTUDIO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA MINA DE CALIZA DE LA PLANTA OTAVALO”**, presentado por el ciudadano José Adolfo Martínez Zapata, CERTIFICO, que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

Ambato, agosto del 2017.

---

**Ing. Edwin Leonardo Sánchez Almeida; Mg.**  
**TUTOR**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO**

El presente trabajo de investigación: “**ESTUDIO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA MINA DE CALIZA DE LA PLANTA OTAVALO**”, es absolutamente original, auténtico y personal; en tal virtud el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, agosto del 2017

---

*José Adolfo Martínez Zapata*

C.I. 0913569604

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, José Adolfo Martínez Zapata, declaro ser autor del Estudio Técnico, titulado “**ESTUDIO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA MINA DE CALIZA DE LA PLANTA OTAVALO**”, como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 15 días del mes de agosto de 2017, firmo conforme:

**Autor:** José Adolfo Martínez Zapata

**Firma:**

**Número de Cédula:** 0913569604

**Dirección:** Panamericana Norte K. 4.5 Condominio Cascada de Chorlavi casa 63 (Ibarra)

**Correo Electrónico:** jo.martinez.za@gmail.com

**Teléfono:** 062632358 - 0992076324

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

El Informe de Investigación Científico, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previa la obtención del Título de Ingeniero Industrial por lo tanto autorizamos al postulante a la presentación a efectos de su sustentación pública.

Ambato, agosto del 2017

---

**Ing. Pedro Segundo Muzo Villacís; Msc.**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. María Belén Ruales Martínez; MGcp.**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. Isabel Marina Quinde Cuenca; Mg.**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**DEDICATORIA**

A Dios

*José Adolfo*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer en primer lugar a Dios y a su Espíritu Santo que me han acompañado para lograr esta meta a través de mi intercesor Jesucristo.

En segundo lugar, a mi esposa e hijos por ser mi motivación y apoyo.

A mi madre y mi tío Aurelio por su comprensión, motivación y apoyo para lograr todos y cada uno de mis objetivos.

De igual manera mi más sincero agradecimiento al Ing. Leonardo Sánchez, Director del Proyecto por su paciencia, guía e invaluable ayuda.

**Gracias**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría del trabajo de grado.....	iii
Autorización Repositorio Digital.....	iv
Aprobación del tribunal de grado.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice general de contenidos.....	viii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xii
Resumen ejecutivo.....	xiii
Summary.....	xiv

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Tema.....	1
Introducción.....	1
Situación Problémica.....	4
Antecedentes.....	6
Justificación.....	9
Objetivos.....	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11

### CAPÍTULO II METODOLOGÍA

Área de estudio.....	12
Enfoque de la investigación.....	12
Metodología de investigación.....	13



Metodología de desarrollo.....	13
Metodología para el diagnóstico y evaluación de resultados.....	15
Justificación de la metodología.....	16
Población y muestra.....	17
Diseño del trabajo.....	19
Procedimiento para la obtención y análisis de datos.....	22
Hipótesis.....	22

**CAPÍTULO III**  
**DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

Análisis de la situación actual.....	24
Proceso de producción.....	25
Evaluación de la gestión de mantenimiento.....	25
Fichas de datos.....	31
Hojas de control de componentes.....	31

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Interpretación de resultados.....	39
Contraste con otras investigaciones.....	48
Verificación de hipótesis.....	49
Decisión.....	53

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones.....	54
Recomendaciones.....	55
Bibliografía.....	56
Anexos	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Equipos cantera caliza.....	17
Tabla 2: Personal de cantera.....	18
Tabla 3: Operacionalización variable independiente.....	19
Tabla 4: Operacionalización variable dependiente.....	20
Tabla 5: Plan de recolección de la información.....	21
Tabla 6: Procedimiento para obtención y análisis de datos.....	22
Tabla 7: Evaluación de la Gestión de Mantenimiento (Planificación).....	26
Tabla 8: Evaluación de la Gestión de Mantenimiento (Organización).....	27
Tabla 9: Evaluación de la Gestión de Mantenimiento (Dirección).....	28
Tabla 10: Evaluación de la Gestión de Mantenimiento (Control).....	29
Tabla 11: Evaluación de la Gestión de Mantenimiento (Resumen).....	30
Tabla 12: Control Estadístico de fallos.....	32
Tabla 13: Control Estadístico de mantenimiento.....	35
Tabla 14: Datos para la comprobación de hipótesis VI.....	49
Tabla 15: Datos para la comprobación de hipótesis VD.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Árbol de problemas.....	4
Figura 2: Componentes de gestión.....	24
Figura 3: Proceso de extracción de caliza.....	25
Figura 4: Duración de fallas incidentales de trituración de caliza.....	34
Figura 5: Duración de fallos proceso de trituración.....	35
Figura 6: Distribución de fallas por departamento.....	35
Figura 7: Fallas por subproceso.....	36
Figura 8: Disponibilidad.....	37
Figura 9: Tiempo real vs tiempo planificado de producción.....	38
Figura 10: Distribución de tiempo por tipo de paros.....	38
Figura 11: Distribución de datos normales.....	42
Figura 12: Análisis de la capacidad del proceso de trituración.....	43
Figura 13: Disponibilidad neta.....	44
Figura 14: Fiabilidad.....	45
Figura 15: Curva normal.....	46
Figura 16: Curva T-student.....	52

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO 1:** ANÁLISIS MODAL DE FALLOS NORMA NTP 679

**ANEXO 2:** GRAVEDAD Y CRITERIO DE FALLOS

**ANEXO 3:** FRECUENCIA Y CRITERIO DE FALLOS

**ANEXO 4:** FRECUENCIA Y CRITERIO DE DEFECTOS

**ANEXO 5:** FRECUENCIA, IMPACTO, FLEXIBILIDAD Y COSTO DE  
MANTENIMIENTO

**ANEXO 6:** ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

**ANEXO 7:** UBICACIÓN MINA CALIZA PLANTA OTAVALO

**ANEXO 8:** PROCESO TRITURACIÓN CALIZA

**ANEXO 9:** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPOS Y MÁQUINAS

**ANEXO 10:** HISTORIAL DE PARAS

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA: “ESTUDIO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA MINA DE CALIZA DE LA PLANTA OTAVALO”**

**Autor:** José Adolfo Martínez Zapata

**Tutor:** Ing. Edwin Leonardo Sánchez Almeida; Mg.

**RESUMEN**

En este estudio técnico, se investigó la gestión de mantenimiento, para entender su impacto en la variabilidad del stock de caliza a lo largo del tiempo. Además, se busca la causa raíz de la baja disponibilidad. Por lo que la investigación consideró a la norma COVENIN 2500-98 como elemento auditor y a la fiabilidad como su indicador de gestión de mantenimiento de clase mundial. Adicionalmente se utilizó la norma NPT 679 para identificar los fallos potenciales, a la vez que aporta información para el cálculo de la disponibilidad. Finalmente se determinó que la disponibilidad promedio es aproximadamente del 74% y la fiabilidad del 82%. Asimismo, el análisis de Pareto muestra que el subproceso de mayor influencia a la disponibilidad está en la zona de explotación, causada por fallas recurrentes en el equipo móvil, lo que genera pérdidas al stock de caliza. En conclusión, la gestión de mantenimiento afecta directamente a la eficiencia (74%) y eficacia (308 ton/h de 400 ton/h) de una planta.

**DESCRIPTORES:** Caliza, disponibilidad, fiabilidad, gestión, fallas, Pareto.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**THEME: “STUDY OF THE MANAGEMENT OF PREVENTIVE MAINTENANCE AND ITS IMPACT ON THE AVAILABILITY OF THE EQUIPMENT IN THE QUARRY OF LIMESTONE OF THE OTAVALO PLANT”**

**Author:** José Adolfo Martínez Zapata

**Tutor:** Eng. Edwin Leonardo Sánchez Almeida; Mg.

**ABSTRACT**

This technical study, investigated the management of maintenance, to understand its impact on the variability of the stock of limestone over time. In addition, find the root cause of the low availability. So the research considered standard COVENIN 2500-98 as auditor and reliability as its indicator of world class maintenance management. In addition, we used standard NPT 679 to identify potential failures, at the same time that provides information for the calculation of availability. Finally, it was determined that the average availability is approximately 74% and 82% reliability. Pareto analysis also shows that the greater influence the availability thread is in the area of exploitation, caused by recurrent failures in mobile equipment, resulting in losses to the stock of limestone. In conclusion the management of maintenance directly affects the efficiency (74%) and effectiveness (308 tons/h of 400 tons/h) of a plant.  
plant.

**DESCRIPTORS:** Limestone, availability, reliability, management, troubleshooting, Pareto.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**Tema:**

“ESTUDIO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU  
INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA MINA DE  
CALIZA DE LA PLANTA OTAVALO”

**Introducción**

(Santamaria Castro, 2012). Debido a la crisis económica en Europa y la falta de efectivo para que las empresas puedan gestionar sus procesos, desde el 2005 las mismas se han enfocado en buscar cuales son los cuellos de botella que afectan la operación sostenida a largo plazo de las plantas de cemento. Lo que condujo a investigar la gestión de mantenimiento y producción de las plantas cementeras en el grupo europeo. Esta investigación concluyó que las plantas que no han mantenido los indicadores industriales y financieros, comparadas con las que, si lo lograron, tenían en común el principal problema de baja disponibilidad de la maquinaria, que es afectada por las fallas incidentales cuyas causas principales se enfocan en tres ejes. El primer eje es la gestión del mantenimiento & producción, el segundo eje es el trabajo en equipo y el tercer eje es el desarrollo de habilidades de mantenibilidad & operación de la maquinaria.

El documento presentado involucró cerca de cien plantas cementeras europeas de las cuales noventa y una no tenían sus indicadores industriales y financieros sostenidos durante treinta y seis meses consecutivos. Los indicadores diferenciadores fueron la fiabilidad de su proceso principal que debe ser del 96% y el tiempo medio entre fallas superior a 250 horas en el mismo proceso. Al no poder cumplir con los indicadores del proceso principal debido al incremento de paros incidentales, la disponibilidad presupuestada se vería afectada, impactando directamente a los resultados financieros.

Un estudio del Ministerio de Industrias y Productividad, y el instituto Nacional de Pre-inversión presentó en el informe del 2013, que la brecha de cemento proyectada en el Ecuador hasta el 2020, que existe entre la demanda actual y la instalada se va reduciendo vertiginosamente, basado en un incremento de la demanda del 5%, obligando a la industria cementera a tomar acciones encaminadas a mejorar la gestión del mantenimiento & producción, con el objetivo de mantener disponibilidades altas de la maquinaria instalada, lo que permitiría que la planta produzca a su máxima capacidad, cumpliendo con los requerimientos del mercado. Para lograr los resultados la empresa cementera en Ecuador debe tener planes que gestionen el mantenimiento preventivo de las maquinas instaladas en la planta de acuerdo a estándares internacionales que eviten arranques fallidos, logrando incrementar la disponibilidad de la maquinaria y obtener el máximo rendimiento sostenido en el tiempo de las instalaciones para producir la tonelada de cemento al menor costo posible.

El incremento de la disponibilidad da la oportunidad a las empresas de reaccionar rápidamente de acuerdo a los requerimientos del mercado del cemento, ya que pueden producir más con la maquinaria instalada y sus costos de mantenimiento & producción se reducen.

El desempeño de la mina ubicada en la provincia de Imbabura, con su planta industrial en la ciudad de Otavalo, tiene sus indicadores industriales por debajo del 96% en fiabilidad y el tiempo medio entre fallas incidentales por debajo de las 250



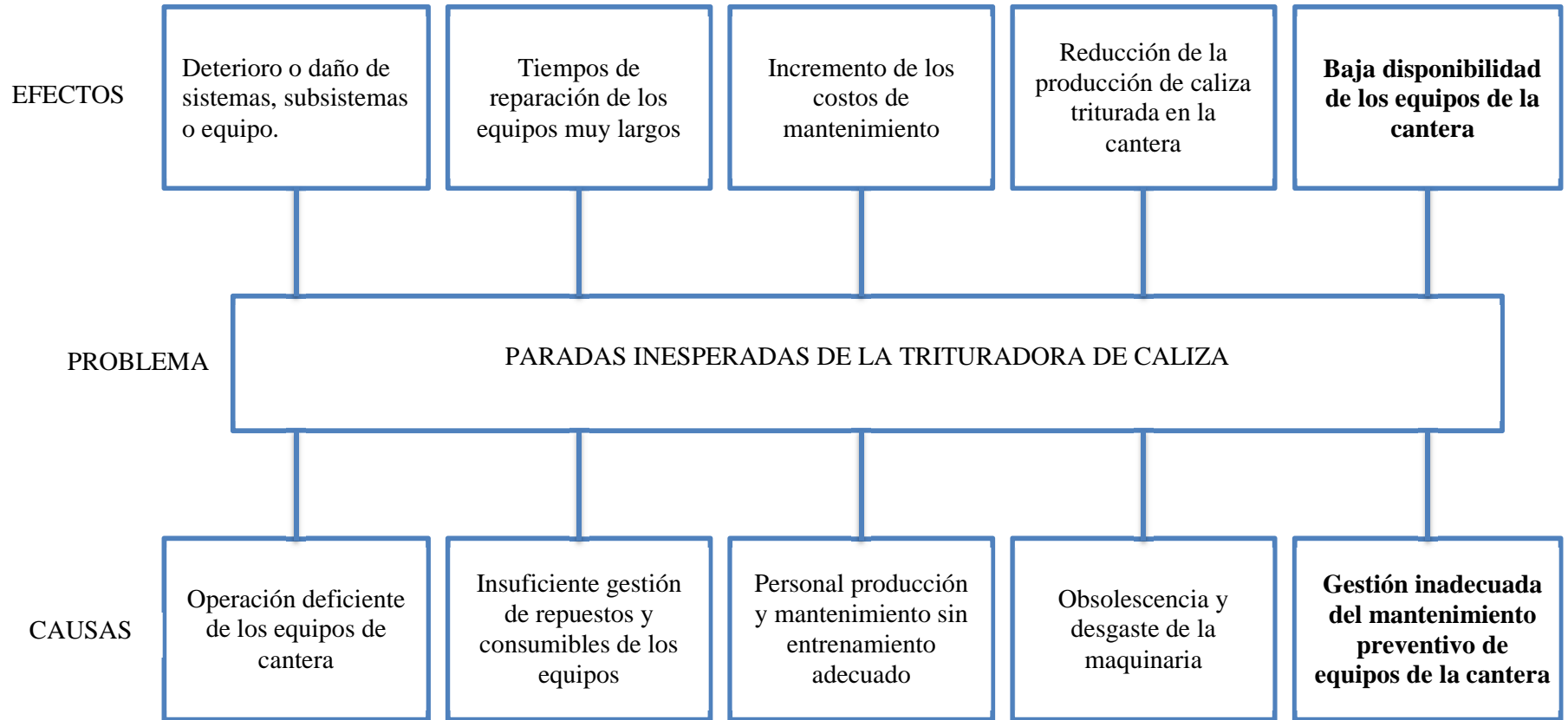
horas, con estos datos de los indicadores, la trituración de caliza cae en las causas de la investigación del grupo europeo debido a paros incidentales en los diferentes subprocesos de explotación, trituración y despacho a planta Otavalo. Con estos resultados el proceso de trituración de caliza no logrará suplir de la materia prima necesaria proyectada en un cinco por ciento de incremento anual hasta el 2020, de acuerdo al estudio del Ministerio de Industrias y Productividad, y del Instituto Nacional de Pre-inversión.

Bajo este contexto, el trabajo de investigación busca analizar la actual gestión del mantenimiento preventivo, comparándolo con un modelo de gestión de mantenimiento que permita identificar la causa raíz del estado actual.

El presente estudio de investigación está enmarcado en el sector de la industria cementera y se enfoca en la gestión del mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de los equipos en la mina, que pertenecen al proceso de trituración de caliza. La mina en donde se encuentra la trituradora de caliza, está ubicada a 67 kilómetros de la Planta Otavalo, en el sector Selva Alegre de la ciudad de Otavalo, donde se llevará a cabo la investigación.

El desempeño de la mina de caliza, luego de ser concesionada a un tercero para su explotación, y basado en la disponibilidad de los equipos, registra valores por debajo del 80%, debido a paros frecuentes de los equipos en los diferentes subprocesos de explotación, trituración y despacho, lo que ha ocasionado que el stock llegue a niveles críticos, afectando a planta Otavalo en su stock de seguridad.

**Situación Problemática**



**Figura 1:** Árbol del problema  
**Elaborado por:** José Martínez

La gestión inadecuada del mantenimiento preventivo de los equipos de la mina, está generando fallas prematuras que no son observados a tiempo y terminan en paros incidentales de la trituradora de caliza; que es el equipo principal del proceso, y por lo tanto está afectando a la disponibilidad de los equipos e incidiendo directamente en el stock de caliza triturada en planta Otavalo. Lo que afecta a los indicadores industriales y financieros de la planta.

La maquinaria tiene más de treinta años, y está llegando a su estado de obsolescencia y desgaste debido al incremento de la producción de la planta Otavalo; y al arranque de su nueva línea de producción de cemento, lo que ha obligado a la maquinaria, a trabajar a su máxima capacidad de producción nominal. Esta obsolescencia sumada el desgaste de la maquinaria no permite sostener la capacidad nominal de la producción, ya que debido a estas dos condiciones el equipo se para inesperadamente por falla de sus componentes.

Al no existir personal dedicado al mantenimiento preventivo en la cantera, debido a que es contratado cada cierto tiempo, no es un personal calificado para efectuar esta tarea. Este personal no tiene el entrenamiento y habilidades adecuadas para efectuar las inspecciones primarias y su respectiva acción de corrección, limitándose solo a acciones correctivas. Esto está produciendo incremento en los costos de mantenimiento y operación del proceso debido a fallas sucesivas que terminan en paradas inesperadas de la trituradora de caliza.

La insipiente gestión de repuestos y partes de desgaste, está afectan los tiempos de reparación de la trituradora de caliza cuando ocurren los paros inesperados, por lo tanto, esto está afectando el stock de seguridad de caliza de 100 000 toneladas de forma sostenida en la Planta Otavalo.

La operación deficiente de los equipos está generando paradas incidentales de la trituradora de caliza, debido a continuas sobrecargas, por lo que se están produciendo daños a los sistemas, subsistemas y al equipo, que normalmente no debería fallar.

## **Antecedentes investigativos**

El objetivo de este apartado es presentar un marco general de referencia de las tesis con ciertos criterios que sustentan el presente estudio técnico.

De acuerdo a esto, se puede citar las siguientes tesis y revistas técnicas.

(Besabe, y otros, 2009). “Estudio del impacto generado sobre la cadena de valor a partir del diseño de una propuesta para la gestión del mantenimiento preventivo en la Cantera Salitre Blanco de Aguilar Construcciones S.A.” de la Universidad Javeriana

Sin duda alguna la implementación de una estrategia de mantenimiento preventivo para la Cantera va a contribuir en el aumento de la productividad no solo a nivel de los procesos internos de la cantera, sino también en los procesos de Grupo Aguilar como un todo (cadena de valor de Grupo Aguilar). La producción de 1.891 m<sup>3</sup> más de los actuales, es decir una variación de la producción de un 4.2% implica que puede cumplirse con mayor facilidad las necesidades que tiene el sector de la construcción e infraestructura en Colombia, especialmente pensando en el importante papel que puede cumplir Grupo Aguilar en el desarrollo del proyecto la Ruta al Sol.

Las políticas de mantenimiento constituyen un conjunto de “actitudes” que debe adoptar todo el personal de la organización para que se garantice la adecuada implementación del plan propuesto de mantenimiento preventivo. Por esto la importancia de que sea divulgado y aprehendido por toda la organización, de manera que no solo los mecánicos y operarios que tienen que ver directamente con la manipulación de la maquinaria asuman estas responsabilidades, sino que también aquellos que no lo están tanto puedan ser parte activa del proceso.

La identificación de las máquinas prioritarias en el proceso, permite recomendar cambios e implementar nuevas actividades que van a impactar de manera

significativa y positiva la situación actual de la Cantera Salitre Blanco. Los pocos vitales, que en este caso son La trituradoras (Hart, estacionaria, línea de conos), retroexcavadora Caterpillar, Volquetas Dumper (3217 y 3218) y la planta eléctrica, generan alrededor del 80% de las paradas en el proceso por fallas y demás actividades de manteniendo correctivo, y aunque son un porcentaje pequeño del total de máquinas de la cantera podrán serenar mejoras en la misma proporción de falla 80%.

(Quinga, 2014). “La gestión de mantenimiento y su incidencia en la disponibilidad de máquinas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A. ubicada en el parque industrial de la ciudad de Ambato.” De la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica.

La aplicación de rutinas de mantenimiento preventivo permitirá mantener los equipos en condiciones óptimas de operación mediante la oportuna intervención en fallas evitando que la maquinaria se deteriore prematuramente.

Con la implementación de indicadores de mantenimiento, la empresa y específicamente el departamento de mantenimiento podrán tener un mejor control de todas las actividades desarrolladas dentro del mismo.

(Mejorando el desempeño en la organización de mantenimiento de una planta de alimentos, 2011).

El autor concluye que el desempeño de una organización de mantenimiento simplemente se encuentra en una situación tal que el día a día no le permite dar un solo paso de avance, y en donde el mantenimiento de emergencia es el límite de este círculo sin dejar ver más allá a quienes lideran el mantenimiento, la decisión de cambiar debe ser un hecho, y su proceso de cambio debe estar siempre alineado con el plan de negocio formulado por quienes dirigen la empresa completa.

El apoyo de la Gerencia de producción tanto en el proceso de cambio como en la mantención del sistema de gestión en el tiempo, es fundamental; los esfuerzos aislados con motivación personal a veces provocan solo desgaste y desmotivación sin lograr conseguir los resultados que se han propuesto. Si se pretende cambiar el Mantenimiento, pero el proceso no es apoyado por la Gerencia y dirección de la empresa el éxito es incierto.

Se escoge la implementación de una gestión de mantenimiento basada en las estrategias IRAN y predictiva que permite adelantarse a las fallas evitando las consecuencias que generen sobrecostos, demoras en los procesos, productos no conformes y accidentes laborales para la cantera Salitre Blanco debido a los posibles fallos. La implementación de estas estrategias brinda la posibilidad de tomar decisiones acertadas fundamentadas en información histórica de cada máquina lo que permite llegar a las causas raíces y no solucionar las consecuencias de los fallos.

Se opta por la implementación de mantenimiento preventivo teniendo en cuenta que las actividades de mantenimiento correctivo se reducirán, pero no se eliminarán, de esta forma, se plantea el mantenimiento preventivo no como la solución absoluta a los fallos inesperados sino como una herramienta que posibilite mediante los planes de mantenimiento actuar de forma proactiva en la mayoría de los casos.

(González, 2014). “Mejora de metodología RCM a partir del AMFEC e implantación de mantenimiento preventivo y predictivo en plantas de procesos” de la Universidad Politécnica de Valencia.

El autor manifiesta que a la metodología RCM, con sus secciones criticidad, AMFEC y NPR; al Mantenimiento Preventivo y Predictivo; y a los indicadores de gestión se les ha encontrado necesidades de desarrollo de algunas de sus partes, para facilitar la implantación de la gestión de activos en industrias de procesos.

De los tres métodos para calcular la criticidad, el más idóneo es el de ponderación de características de equipos; ya que permite más flexibilidad en la precisión de los resultados según se tome una u otra población de variables puestas en juego. Los otros dos métodos son más pragmáticos y necesitan menos recursos para llegar a unos resultados; son válidos para utilizarlos en entornos industriales donde hay una elevada presencia de características singulares de gran impacto. Se ha aportado un gran valor con esta parte de la tesis doctoral, ya que se ha desarrollado una herramienta rigurosa y potente para definir la criticidad y con ello la prioridad de activos industriales.

El Plan Estratégico de Mantenimiento, es muy útil para organizar las actividades de las diferentes tipologías de Mantenimiento Preventivo, desarrolladas en la hoja matriz de decisiones de los activos de estudio. Gracias a la confección de rutas de mantenimiento y a la valoración económica de cada actividad, se pueden comparar los costes de la implantación del Mantenimiento Preventivo con los presupuestos asignados.

El presente estudio, ha reflejado el desarrollo de aportaciones a la metodología RCM, Mantenimiento Preventivo e indicadores de gestión; basándose en la estructura de dichos métodos y no reestructurándolos para poder encajar las aportaciones. Es por ello, que la línea de investigación futura es la continuación del desarrollo de estudios de criticidad, ampliación de bases de datos de modos de fallos, desarrollo del NPR variable en su vertiente macroscópica y definición de indicadores que detecten inoperancias de mantenimiento; tomando decisiones técnico económicas para ajustar las ineficiencias de mantenimiento y conseguir una implantación óptima de la gestión de activos en la industria de procesos.

### **Justificación**

El presente trabajo de Investigación es muy **importante** porque existe la necesidad de que todos los procesos estén enmarcados en un Modelo Operativo de Plantas (POM) de acuerdo a las normativas internas del grupo europeo que deben ser

cumplidas en todas sus plantas. Esta investigación también impacta a los objetivos de la Planta Otavalo afectándolos directa e indirectamente como son:

- Seguridad
- Reducción de Costos
- Desarrollo de las Personas
- Fiabilidad del Horno
- Índice cemento/clinker

El **impacto** que va a tener esta investigación está enfocado a identificar los paros incidentales, el subproceso en donde se encuentran las fallas vitales, y los equipos que son afectados. Por lo tanto, dará a los directivos pistas para mejorar el mantenimiento preventivo de actividades que eviten la degradación de los equipos basados en tres ejes fundamentales:

- Inspecciones Primarias metódicas
- Inspecciones específicas periódicas y eficaces
- Entrenamiento a los operadores sobre la correcta operación de los equipos y la identificación de síntomas para conocer fallas en evolución

Los que se **beneficiarán** de esta tesis de investigación son la Planta Otavalo y el personal de la mina de caliza, porque van a conocer el subproceso donde deben enfocar sus esfuerzos para mejorar su operación de forma autónoma, eficiente y eficaz.

El trabajo de Investigación es **factible** porque se tiene la confirmación e interés de los directivos en la realización de esta investigación, además se cuenta con la información necesaria para efectuar los estudios y el acceso a la información con el tutor asignado por la Planta Otavalo.



## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Estudiar la gestión de mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de los equipos en la mina de caliza de la Planta Otavalo.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar la actual gestión del mantenimiento preventivo en referencia a la NORMA COVENIN 2500-93 y su relación con la fiabilidad.
- Determinar la disponibilidad de los equipos de la cantera de caliza de la planta Otavalo, utilizando el registro de producción del año 2015.
- Identificar las fallas recurrentes de los equipos mediante la norma NTP 659, utilizando el registro histórico de producción del 2015, y además aplicar el principio de Pareto para reconocer las averías vitales.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **Área de estudio**

**Dominio:** Tecnología y Sociedad

**Línea de investigación:** Empresarialidad y Productividad

**Campo:** Ingeniería Industrial

**Área:** Gestión del Mantenimiento preventivo

**Aspecto:** Disponibilidad

**Objeto de estudio:** Gestión de mantenimiento preventivo y disponibilidad

**Periodo de análisis:** enero - diciembre 2015

#### **Enfoque de la investigación**

La presente investigación consiste en identificar y caracterizar estadísticamente los parámetros que gobiernan la gestión de mantenimiento, a fin de predecir su funcionamiento a través de la disponibilidad de la maquinaria del proceso de trituración de caliza. Para ello se emplean conceptos de la estadística y algunos conceptos de probabilidad.

La metodología del trabajo de investigación se compone de tres enfoques complementarios:

El primero la metodología de la investigación

El segundo la metodología de desarrollo

Y el tercero es la metodología para el diagnóstico y evaluación de resultados

### **Metodología de la investigación**

La metodología de la investigación consiste fundamentalmente en las etapas del proceso de investigación y se describen a continuación:

- Concebir la idea a investigar;
- Plantear el problema con sus respectivos objetivos;
- Elaborar el marco teórico;
- Iniciar la investigación como descriptiva, explicativa y predictiva.
- Formular las hipótesis;
- Desarrollo de los resultados a través de la recolección de datos;
- Análisis y su presentación.

### **Metodología de desarrollo**

La variable independiente Gestión de Mantenimiento Preventivo es de tipo cualitativa y su enfoque es holístico, es decir que se encuentra en una situación intermedia entre el significado filosófico y técnico. Al ser la Gestión de Mantenimiento un sistema bajo una estructura de pensamiento se puede concluir que la NORMA COVENIN 2500-93 sea la adecuada para ser utilizada para el desarrollo de la presente investigación.

Esta metodología esta conceptualizada para análisis y diseños de sistemas, que se ayudan de procesos de mejora continua, para lograr realizar los cambios necesarios y entrar en un proceso de mejora para lograr eliminar el problema. Esta tarea de eliminar el problema recae en un proceso de mejora continua y discute la calidad de los cambios propuestos del proceso de pensamiento.

Con esta NORMA se pretende investigar cuales son las mejores prácticas que las empresas están utilizando para gestionar el mantenimiento y aplicarlas a la cantera

de caliza, para lograr un mantenimiento de clase mundial, incrementando la disponibilidad de los equipos.

Se efectuará un análisis de la brecha existente de la gestión de mantenimiento preventivo en la cantera de caliza de acuerdo a la situación actual en relación con estas buenas practicas investigadas con la NORMA COVENIN, utilizando tablas de evaluación. Esta brecha existente en la cantera permitirá identificar la causa raíz de las fallas incidentales y les permitirá definir un plan de acción de mejora que contribuya positivamente en los objetivos básicos del mantenimiento que son la disponibilidad, fiabilidad, vida útil de la instalación y cumplimiento del presupuesto establecido. Con esta investigación se puede crear otro tema de tesis que es la implementación de estrategias de mantenimiento para disminuir la cantidad de paros que están afectando a la disponibilidad de la trituradora de caliza.

Los objetivos básicos de una gestión de mantenimiento preventivo eficiente y eficaz, considera cuatro objetivos primordiales, como son la disponibilidad, la fiabilidad, la vida útil de la instalación, y el cumplimiento de un presupuesto establecido. (García, 2016).

En mutuo acuerdo con la empresa se decide trabajar con la información histórica de producción para la obtención de los datos para el cálculo de la fiabilidad como un indicador de gestión de mantenimiento.

Para futuras investigaciones, se puede hacer una propuesta para mejorar la norma COVENIN 2500, agregando a esta investigación el Risk Management y Lean sigma, buscando aportaciones para crear un modelo completo basadas en las mejores prácticas que aporten valor a la gestión de mantenimiento.

Otra investigación que se puede generar son las barreras internas y externas de la implementación del modelo de gestión de mantenimiento, utilizando las herramientas Structural Equation Modelling y Interpretive structural Modelling, que afectan al éxito de la organización.

Para la variable dependiente que es la Disponibilidad, el enfoque a utilizar es el análisis cuantitativo, porque esta variable es de naturaleza probabilística, tiene como objeto fundamental inferir de manera cuantitativa en los posibles eventos en forma de pronósticos o predicciones. Esta variable es el fundamento para el análisis estadístico de la información histórica disponible de los eventos de paro del proceso de trituración en la cantera de caliza.

Se debe considerar que con herramientas y modelos matemáticos como son los histogramas de frecuencia, las curvas de tendencia y el diagrama de Pareto, se pretende describir y representar la información obtenida, para demostrar el efecto que tiene la gestión de mantenimiento preventivo sobre las fallas de los equipos.

### **Metodología para el diagnóstico y evaluación de resultados**

El problema del diagnóstico consiste en buscar la brecha existente entre las mejores prácticas de la gestión de mantenimiento preventivo y la situación actual de la cantera de la forma más eficiente, para reducir a cero el costo de la investigación y el costo de los errores de un diagnóstico equivocado. Por lo que se selecciona la fiabilidad de los equipos como un indicador de la mantenibilidad de un equipo. (EN 15341:2007)

El diagnóstico determinará si el sistema de gestión de mantenimiento preventivo se encuentra en un estado aceptable o inaceptable, además se cuantifica de forma precisa con el indicador de fiabilidad de los equipos. Los resultados de la investigación, sirven como retroalimentación a la etapa de diagnóstico para determinar con exactitud el subproceso que afecta a la disponibilidad, dando un punto de partida para comenzar una nueva investigación que generará propuestas de mejora.

## **Justificación de la metodología**

La **investigación es de campo**, puesto que la información recopilada sobre la gestión de mantenimiento de los equipos de cantera, es tomada de la fuente primaria, que en este caso es la Planta Otavalo.

**Bibliográfica-documental**, puesto que la información es obtenida de fuentes bibliográficas como: libros, artículos de revistas especializadas, tesis doctorales, entre otros, es un apoyo fundamental en el desarrollo de la misma. Se revisó documentación referente a mantenimiento, gestión del mantenimiento y disponibilidad de equipos de cantera.

Se aplica la **investigación descriptiva** porque al ir revisando el proceso macro, los subprocesos y los procedimientos en la cantera, se describen las actividades, insumos, controles y recursos inmersos en el mismo.

Se aplica la **investigación correlacional** al ir cotejando la gestión de mantenimiento preventivo con el cálculo de la fiabilidad y la disponibilidad de los equipos inmersa en el proceso productivo de la cantera en la Planta Otavalo.

## Población y Muestra

### Población

Para el desarrollo del estudio de la población de equipos se toma la información del proceso de trituración de caliza de la Planta Otavalo, como se detalla en la Tabla 1. En esta tabla se tabulan todos los equipos que intervienen en el proceso productivo de la mina de caliza, además se indican los subprocesos para posterior análisis.

La cantidad de la población de equipos es menor a treinta unidades, y no será necesario efectuar el calcula de tamaño mínimo de la muestra, por lo que se trabajará con el total de la población identificada. (Gutiérrez & de la Vera, 2013)

**Tabla 1.** Equipos cantera caliza

PROCESO	SUBPROCESO	ZONA OPERACIÓN	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	CANTIDAD	
T R I T U R A C I Ó N  D E  C A L I Z A	Explotación	Destape y Trasiego	K-69	Tractor	1	
			K-129		1	
			K-130	Excavadoras	1	
			K-131		1	
			D-16 / D-18	Dúmpers	2	
			L-20 / L-21	Luminarias	2	
			Perforación	EP-09	Perforadora	2
		Transporte y Carguío en Plataforma de Recuperación	K-66 / K-81	Cargadora frontal		2
				K-185		1
			K-108	Excavadora Martillo	1	
	D-15 / D-17		Camiones	2		
	224.A0		Dúmpers	1		
	224.B0			1		
	Trituración	Trituración	214.	Tolva de alimentación	1	
			214.0A	Alimentador hidráulico	1	
			214.00	Trituradora Hazemag	1	
			214.0B	Banda transportadora al apilador	1	
			214.0C	Apilador radial	1	
			214.0D	Generador Eléctrico	1	
			214.0E	Subestacion de transformadores y gabinetes	1	
214.0F			Tanque de combustible	1		
214.0G	Sistema de malla a tierra	1				
Despacho	Despacho	K-88	Cargadora frontal	1		
<b>TOTAL EQUIPOS DE TRITURACION DE CALIZA</b>					<b>28</b>	

Elaborado por: José Martínez

En la tabla 2 se registra el personal que interviene en las operaciones de la cantera, con el objetivo de observar la falta de personal fijo en planta para las labores de mantenimiento, estas labores son subcontratadas a un tercero.

**Tabla 2.** Personal de cantera

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	OPERADORES EQUIPO PESADO	8
2	BODEGUERO	1
3	SUPERVISOR EQUIPO PESADO	1
4	OPERADORES DE TRITURACION	18
5	SUPERVISOR SEGURIDAD	1
6	JEFE CANTERA	1
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>

**Elaborado por:** José Martínez



## Diseño del Trabajo

Operacionalización Variable Independiente: Gestión de mantenimiento preventivo

**Tabla 3.** Operacionalización de la Variable Independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Interrogantes de Investigación	Técnicas e Instrumentos
<p><u>Conjunto de actividades</u> destinadas a mantener o restablecer un bien a un estado o a unas condiciones dadas de seguridad en el funcionamiento, para cumplir la <u>función requerida</u>. Estas actividades suponen una combinación de prácticas técnicas, administrativas y de <u>gestión preventiva</u>.</p>	<p><u>Conjunto de actividades</u></p> <p><u>Función requerida</u></p> <p><u>Gestión Preventiva</u></p>	<p>Número actividades en el plan de mantenimiento.</p> <p>Número de revisiones de mantenimiento preventivo.</p> <p>Número de reposiciones en repuestos</p> <p>Índice de Disponibilidad Índice de Fiabilidad</p> <p>Número de actividades de mantenimiento preventivo anual.</p>	<p>¿La empresa tiene mecanismos de control y evaluación del mantenimiento preventivo?</p> <p>¿Cuenta con un plan de mantenimiento preventivo?</p> <p>¿Considera que el control de mantenimiento aplicado en la cantera es el adecuado?</p> <p>¿Existe un registro de disponibilidad, para no programadas y fiabilidad en la cantera?</p>	<p>T – Observación I – Ficha de evaluación COVENIN 2500-93</p>

Elaborado por: José Martínez

Operacionalización Variable Dependiente: Disponibilidad de la máquina trituradora

**Tabla 4.** Operacionalización de la Variable Dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Interrogantes de Investigación	Técnicas e Instrumentos
Es la relación que existe entre las horas totales del periodo definido para producir, menos las horas totales de paradas de mantenimiento que da el <u>tiempo neto de operación de la trituradora</u> , dividido para la sumatoria de las horas del periodo definido para producir que es el <u>tiempo total disponible para producir</u> .	<p>Tiempos de operación del proceso de trituradora</p> <p>Tiempos técnicos de reparación</p>	<p>MTBF tiempo medio entre fallas (TPF)</p> <p>Tiempo de operación disponible</p> <p>Tiempo de fallas incidentales</p> <p>Tiempo de fallas circunstanciales</p> <p>Tiempo de paros programados</p> <p>MTTR tiempo medio de reparación (TPO)</p>	<p>¿Qué tiempo de disponibilidad tienen anualmente los equipos de la cantera caliza?</p> <p>¿Existen registros de fiabilidad de los equipos de la cantera?</p> <p>¿Cuál es el costo de reparación mensual?</p> <p>¿Cuál es el costo por año en el mantenimiento preventivo?</p> <p>¿Cuál es la tasa de fiabilidad, y disponibilidad que tienen los equipos de la mina de caliza?</p>	<p>T - Observación</p> <p>I – Registros de mantenimiento</p> <p>T – Observación</p> <p>I - Hoja de vida de los equipos</p>

Elaborado por: José Martínez

## Procedimientos para obtención y análisis de datos

Tabla 5. Plan de recolección de información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1.- ¿Para qué?	Para llegar a los objetivos de la investigación.
2.- ¿De qué personas u objetos?	Equipos en la mina de caliza de la Planta Otavalo
3.- ¿Sobre qué aspecto?	Mantenimiento predictivo, preventivo, correctivo, disponibilidad en el proceso de trituración de caliza.
4. ¿Quién, quiénes?	Investigador: José Martínez
5. ¿Cuándo?	Enero – Diciembre (2015)
6. ¿Dónde?	Planta Otavalo
7. ¿Cuántas veces?	Las que sean necesarias
8. ¿Qué técnicas de recolección?	Observación
9. ¿Con qué?	Hoja de vida de los equipos Ficha de evaluación NPT 679, 2008
10. ¿En qué situación?	En situación normal del proceso de trituración de caliza

Elaborado por: José Martínez

Recolectada la información primaria y secundaria mediante la observación directa y la revisión bibliográfica, se procede a clasificar y organizar la misma en matrices comparativas para una fácil interpretación y aplicación.

Es necesario aclarar que para el análisis de la información recolectada se lo hará enfocado a la gestión de mantenimiento; teniendo en cuenta las condiciones óptimas que deben cumplir cada uno de los equipos que intervienen en el proceso de trituración de caliza de la planta Otavalo.

A continuación, se presentan las actividades de recolección y procesamiento de datos, recalando que cada uno de ellos puede sufrir modificaciones en función de las necesidades.

**Tabla 6.** Procedimiento para obtención y análisis de datos

<b>ACTIVIDADES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>1</b>	Recolectar información primaria y secundaria
<b>2</b>	Clasificar y organizar la información recolectada
<b>3</b>	Interpretar hojas de control y reportes diarios
<b>4</b>	Identificar principales fallas y averías
<b>5</b>	Elaborar fichas de calificación del departamento de mantenimiento
<b>6</b>	Desarrollar un inventario de componentes instalados
<b>7</b>	Desarrollar fichas técnicas de los componentes
<b>8</b>	Codificar los componentes
<b>9</b>	Elaborar fichas de tiempo de vida útil
<b>10</b>	Establecer nuevas hojas de control
<b>11</b>	Desarrollar el análisis modal de fallos
<b>12</b>	Elaborar matrices de criticidad
<b>13</b>	Desarrollar la matriz de mantenimiento preventivo

**Elaborado por:** José Martínez

### **Hipótesis**

La gestión actual del mantenimiento preventivo incide en la disponibilidad de los equipos en la mina de caliza de la Planta Otavalo.

### **Formulación de la Hipótesis**

**$H_0$** : La gestión actual del mantenimiento preventivo no incide en la disponibilidad de los equipos en la mina de caliza de la Planta Otavalo.

**$H_1$**  La gestión actual del mantenimiento preventivo si incide en la disponibilidad de los equipos en la mina de caliza de la Planta Otavalo.

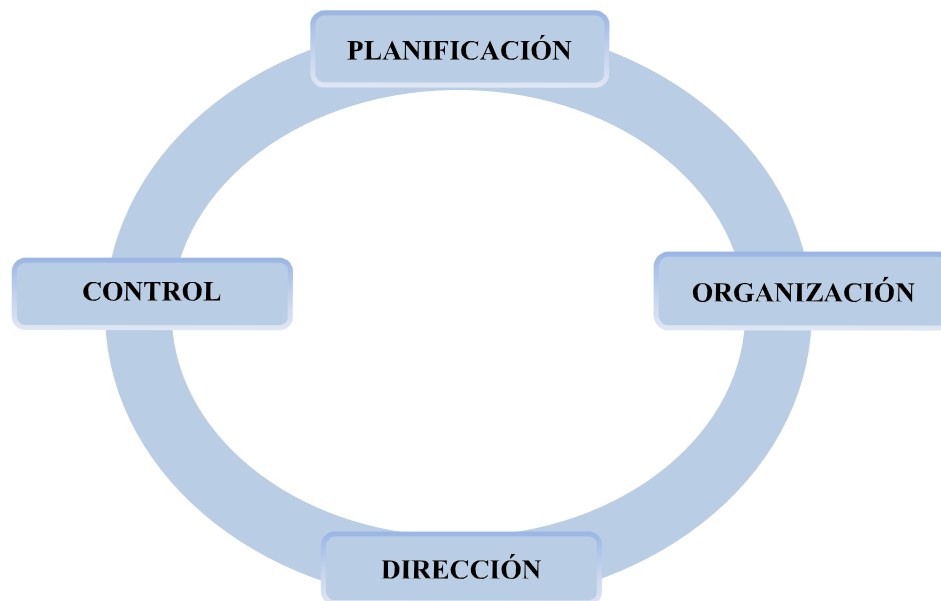
## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Análisis de la situación actual**

#### **Evaluación de la Gestión De Mantenimiento**

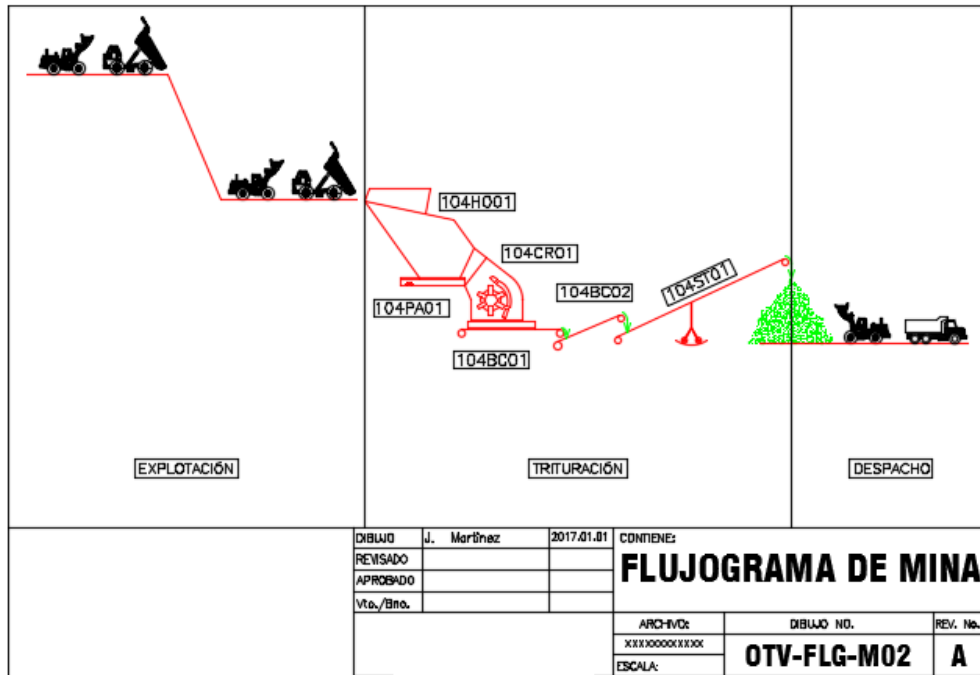
Con el objetivo de comprender la situación en la cual se encuentra el uso y aplicación de la Gestión de Mantenimiento en la mina de caliza de la Planta Otavalo, se elaboró una matriz en base al concepto del ciclo de mejora continua o gestión de calidad (ISO 9000:2000 Planificación, Organización, Dirección, y Control), que es la base de la norma COVENIN 2500-93.



**Figura 2:** Componentes de Gestión  
**Fuente:** ISO 9000:2000

## Proceso de producción

El proceso de trituración de caliza en la mina de la planta Otavalo, se presenta en la figura 3, se puede observar los equipos principales de los subprocesos de explotación, trituración y despacho, con los códigos de los equipos de trituración.



**Figura 3:** Proceso de extracción de caliza

**Fuente:** Planta Otavalo

**Elaborado por:** José Martínez

## Evaluación de la gestión de mantenimiento

Una vez representado el proceso de extracción de caliza en la figura 3, se procede a evaluar la gestión de mantenimiento preventivo, para lo cual se elaboran las fichas técnicas, con las recomendaciones dadas por la norma COVENIN para la gestión del mantenimiento preventivo de la mina de caliza, con el fin de cuantificar las principales características y evaluar las diferentes recomendaciones.

Las tablas de la 7 a la 10 registran las ponderaciones de acuerdo a los criterios de evaluación de la gestión de mantenimiento según la COVENIN 2500-93.

**Tabla 7:** Matriz Evaluación de la Gestión de Mantenimiento (Planificación)

<b>GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>					
	<b>Herramientas</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Criterio de evaluación</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Planificación 30 %</b>	<b>Objetivos y Metas.-</b> Dentro de la función planificación tienen objetivos y metas en cuanto a las necesidades de mantenimiento, para garantizar la disponibilidad de los sistemas, de forma clara y detallada.	10	Los objetivo y metas están claros y detallados en la planta Otavalo para la planificación de actividades que garantizan la disponibilidad de los equipos, pero en la mina de caliza no se encuentra difundida a equipo móvil	8 de 10	
	<b>Políticas para la planificación.-</b> La gerencia de mantenimiento tiene una política general que involucre su campo de acción, su justificación, los medios y objetivos para la ejecución de las acciones de mantenimiento utilizando los recursos disponibles.	10	En la actualidad la mina de caliza no dispone de una política de planificación para el departamento de mantenimiento, ya que no existe personal fijo.	0 de 10	
	<b>Planeación de mantenimiento.-</b> Puede realizarse a corto, mediano y largo plazo, tomando en cuenta los recursos disponibles.	10	Mantenimiento se ejecuta en base a planes de trabajo con paras periódicas trimestrales, pero el equipo móvil pasa a descanso y no hacen el mismo trabajo.	7 de 10	
<b>TOTAL</b>				15 de 30	15 % de 30%

Fuente: COVENIN 2500-93

Elaborado por: José Martínez



**Tabla 8:** Matriz Evaluación de la Gestión de Mantenimiento (Organización)

<b>GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>					
	<b>Herramientas</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Criterio de evaluación</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Organización 25 %</b>	<b>Funciones y Responsabilidades.-</b> La función mantenimiento posee un organigrama para las diferentes funciones y responsabilidades dentro de la función de mantenimiento a fin de que pueda cumplir con los objetivos planteados.	10	Dentro de las funciones del departamento de mantenimiento, no consta un organigrama de responsabilidades, sin embargo hay cumplimiento en el trabajo encargado.	6 de 10	
	<b>Autoridad y autonomía.-</b> El cumplimiento de las funciones y responsabilidades cuenta con el apoyo de la gerencia, poseen autoridad y autonomía para el desarrollo y cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.	10	La mina de caliza cuenta con el apoyo de terceros para solucionar los problemas ya que no posee autonomía directa.	4 de 10	
	<b>Sistema de información.-</b> Posee un sistema que le permita manejar toda la información referente a mantenimiento (registro de fallas, programación de mantenimiento, información sobre equipos, u otros)	5	La mina de caliza tiene registros, pero se manejan de manera aislada el equipo móvil y el fijo. Por lo que el plan de mantenimiento no considera al equipo móvil.	4 de 5	
<b>TOTAL</b>				14 de 25	14 % de 25%

Elaborado por: José Martínez

**Tabla 9:** Matriz Evaluación de la Gestión de Mantenimiento (Dirección)

<b>GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>					
	<b>Herramientas</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Criterio de evaluación</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Dirección 25 %</b>	<b>Cuantificación de las necesidades del personal.</b> - Es tal vez el procedimiento más importante dentro del sistema de información del mantenimiento, pues de él se obtiene los datos necesarios para saber cuánto y que tipo de personal satisface las necesidades de la empresa.	10	El personal de mantenimiento tiene un buen desenvolvimiento dentro de sus funciones asignadas.	7 de 10	
	<b>Selección y formación.</b> - La organización selecciona el personal mediante la descripción escrita de los puestos de trabajo, cuyos referentes tratan de educación, experiencia mínima, responsabilidades, entre otras	10	No se tiene acceso a esta información, pero se puede apreciar que el personal es seleccionado acorde a las situaciones.	7 de 10	
	<b>Motivación e incentivos.</b> - Cuando el personal de la empresa esta consiente del costo de los recursos de mantenimiento tiene menor probabilidad de desperdiciar estos recursos, son conscientes del impacto de su trabajo en el ambiente, esto hace que el trabajo sea más eficiente.	5	Dentro de la planta se puede ver como motivación e incentivos a la puntualidad, horarios extendidos entre otros en el cumplimiento de sus trabajos. Se cumplen con los trabajos de ley.	5 de 5	
<b>TOTAL</b>				19 de 25	19 % de 25%

Fuente: COVENIN 2500-93

Elaborado por: José Martínez

**Tabla 10:** Matriz Evaluación de la Gestión de Mantenimiento (Control)

<b>GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>					
	<b>Herramientas</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Criterio de evaluación</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Control 20 %</b>	<b>Inspección de Mantenimiento.-</b> Debe controlarse la planificación y ejecución del mismo, empieza en el momento en que es recibido el programa o requerimiento de mantenimiento, hasta la verificación del correcto funcionamiento del equipo	5	El jefe de mantenimiento de la Planta Otavalo es el encargado de controlar, monitorear y verificar todo el proceso de ejecución, de reparación de los equipos.	5 de 5	
	<b>Indicadores de Mantenimiento.-</b> Los indicadores de la ejecución de los planes de mantenimiento tienen el objetivo de detectar y prevenir desviaciones para establecer las medidas correctivas necesarias, como (disponibilidad, fiabilidad, mantenibilidad cumplimiento de tareas)	10	La unidad de mantenimiento no tiene un control de los indicadores de fiabilidad y disponibilidad, pero carece de un seguimiento del cumplimiento de tareas. Mientras que el equipo móvil se gestiona de forma independiente	7 de 10	
	<b>Documentos de Control.-</b> Es una acción realizada en forma constante en la organización utilizando mecanismos simples como, orden de trabajo, solicitud de trabajo, compra y servicio externo, historial de mantenimiento	5	El jefe de mantenimiento es el encargado de realizar las solicitudes de trabajo y entrega la orden de trabajo para la ejecución del mismo, no cuentan con más documentos	3 de 5	
<b>TOTAL</b>				15 de 20	15 % de 20%

Fuente: COVENIN 2500-93

Elaborado por: José Martínez

**Tabla 11:** Matriz Evaluación de la Gestión de Mantenimiento (Resumen)

<b>GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>					
	Herramientas	Ponderación	Puntaje	Evaluación	Porcentaje
Planeación 30 %	Objetivos y Metas	10	8	8 de 10	
	Políticas para la planificación	10	0	0 de 10	
	Planes de mantenimiento	10	7	7 de 10	
	<b>TOTAL</b>				
Organización 25 %	Indicadores de Mantenimiento	10	6	6 de 10	
	Indicadores de Mantenimiento	10	4	4 de 10	
	Indicadores de Mantenimiento	5	4	4 de 5	
	<b>TOTAL</b>				
Dirección 25 %	Cuantificación de las necesidades del personal	10	7	7 de 10	
	Selección y formación	10	7	7 de 10	
	Motivación e incentivos	5	5	5 de 5	
	<b>TOTAL</b>				
Control 20 %	Inspección de Mantenimiento	5	5	5 de 5	
	Indicadores de Mantenimiento	10	3	7 de 10	
	Documentos de Control	5	3	3 de 5	
	<b>TOTAL</b>				
<b>TOTAL</b>					63%

Fuente: COVENIN 2500-93

Elaborado por José Martínez

## **Fichas de Datos**

Con el objetivo de obtener información detallada de los equipos de la mina de caliza de la planta Otavalo que toman parte en el proceso de extracción de materia prima; fue necesario elaborar fichas de datos de cada equipo para poder establecer los parámetros de funcionamiento y mantenimiento. Esta información se la puede revisar en el anexo 9

## **Hojas de control de componentes**

Una vez identificados y codificados los equipos de la mina de caliza, se tabulan las hojas de control de componentes, en donde se registran las horas de para, el tipo de falla encontrado, la fiabilidad y la disponibilidad de los mismos.

La información recopilada fue proporcionada por el jefe de mina, con los datos de la operación de la planta del año 2015, la misma que fue completada con los cálculos del tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR). Para el cálculo de la disponibilidad según (García, 2016), se utiliza la siguiente fórmula:

$$Disponibilidad = \frac{HT - PM}{HT} \times 100$$

HT: Horas totales de un periodo

PM: Horas de parada por mantenimiento

Se muestra un ejemplo de cálculo correspondiente al historial de paras de la perforadora ECM-590 EP-09 en el periodo de un día de planificación de producción, los datos tabulados se encuentran en el anexo 10

$$Disponibilidad = \frac{12 - 5}{12} \times 100$$

Disponibilidad = 58,3 %

La disponibilidad cuenta con dos variantes que también son usadas en el presente estudio técnico:

El MTBF (Mid Time Between Failures o Tiempo Medio Entre Fallas)

$$MTBF = \frac{\text{Número de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{Número de averías o fallas}}$$

$$MTBF = \frac{12 - 5}{12} \times 100$$

$$MTBF = 58,3 \text{ [h]}$$

El MTTR (Mid Time To Repair o Tiempo Medio De Reparación)

$$MTTR = \frac{\text{Número de horas de paro por avería o falla}}{\text{Número de averías o fallas}}$$

$$MTTR = \frac{12 - 5}{12} \times 100$$

$$MTTR = 58,3 \text{ [h]}$$

Para el cálculo de la fiabilidad según (García. 2016), se utiliza la siguiente fórmula:

$$Fiabilidad = \frac{HT - HCNP}{HT} \times 100$$

HT: Horas totales de un periodo

HCNP: Horas de parada por mantenimiento

$$Fiabilidad = \frac{12-5}{12} \times 100$$

$$Fiabilidad = 58,3 \%$$

En el anexo 10, se encuentran las hojas de control del equipo móvil.

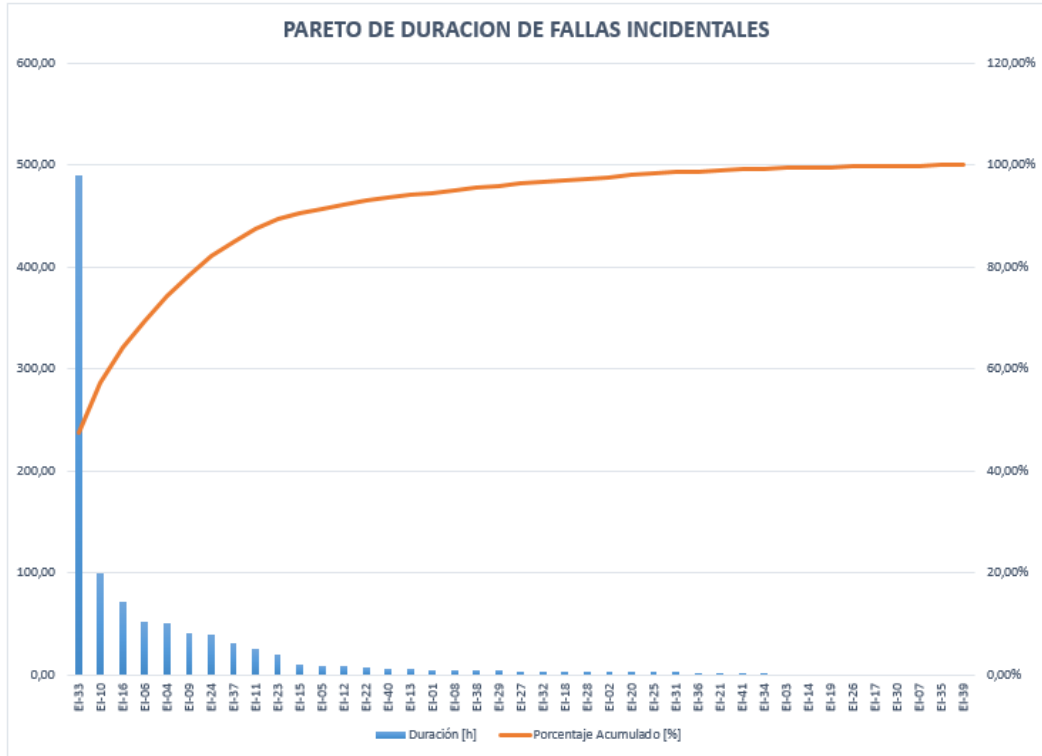
En la tabla 12, se tabulan las fallas encontradas, y se las ordena de mayor a menor duración para poder graficar el diagrama de Pareto y seleccionar las pocas fallas vitales que representan el (20%) de los muchos triviales (80%).

**Tabla 12.** Control Estadístico de fallos

Código falla	Evento incidental (falla)	Duración [h]	Porcentaje Acumulado [%]	Número j	Datos ordenados	Frecuencia acumulada	Puntajes normales estandarizados
El-33	Falta material plataforma recuperación	489,80	47,44%	1	489,80	0,0122	-2,2509
El-10	Avería cargadora CAT 988 K-125	100,25	57,15%	2	100,25	0,0366	-1,7918
El-16	Avería generador	72,50	64,17%	3	72,50	0,0610	-1,5466
El-06	Atasco trituradora	52,85	69,29%	4	52,85	0,0854	-1,3699
El-04	Atasco Carro Hidráulico	51,10	74,24%	5	51,10	0,1098	-1,2278
El-09	Avería cargadora CAT 922 K-81	41,33	78,25%	6	41,33	0,1341	-1,1070
El-24	Daño conexiones eléctricas	39,07	82,03%	7	39,07	0,1585	-1,0005
El-37	Limpeza lodo carro hidráulico	31,42	85,07%	8	31,42	0,1829	-0,9043
El-11	Avería cilindro hidráulico del carro hidráulico	25,00	87,50%	9	25,00	0,2073	-0,8158
El-23	Rotura grapado banda de salida	19,83	89,42%	10	19,83	0,2317	-0,7332
El-15	Avería excavadora Volvo K-108	10,33	90,42%	11	10,33	0,2561	-0,6554
El-05	Atora Tolva con Piedra	9,25	91,31%	12	9,25	0,2805	-0,5814
El-12	Avería dumper D-17	9,00	92,19%	13	9,00	0,3049	-0,5104
El-22	Falta operador trituradora	8,00	92,96%	14	8,00	0,3293	-0,4419
El-40	Rotura banda transmisión trituradora	6,00	93,54%	15	6,00	0,3537	-0,3755
El-13	Avería Dumpers D-15	5,50	94,07%	16	5,50	0,3780	-0,3106
El-01	Abastecimiento CAT 988	5,00	94,56%	17	5,00	0,4024	-0,2470
El-08	Avería cargadora CAT 922 K-66	5,00	95,04%	18	5,00	0,4268	-0,1845
El-38	Metal trituradora	4,63	95,49%	19	4,63	0,4512	-0,1226
El-29	Desgaste barras cambio	4,50	95,93%	20	4,50	0,4756	-0,0612
El-27	Daño separador de piedras	4,00	96,31%	21	4,00	0,5000	0,0000
El-32	Falla sistema hidráulico no levanta carcasa de trituradora	4,00	96,70%	22	4,00	0,5244	0,0612
El-18	Avería luminaria	3,50	97,04%	23	3,50	0,5488	0,1226
El-28	Daño rodillo del carro hidráulico	3,50	97,38%	24	3,50	0,5732	0,1845
El-02	Abastecimiento combustible dumper D-17	3,00	97,67%	25	3,00	0,5976	0,2470
El-20	Cambio base cuadro impacto	3,00	97,96%	26	3,00	0,6220	0,3106
El-25	Daño HandSW	3,00	98,25%	27	3,00	0,6463	0,3755
El-31	Falla sensor de traslación del carro del apilador	3,00	98,54%	28	3,00	0,6707	0,4419
El-36	Limpeza lodo banda salida	2,50	98,78%	29	2,50	0,6951	0,5104
El-21	Calibración Martillos y muelas Obtener material fino	2,00	98,98%	30	2,00	0,7195	0,5814
El-41	Falla sistema de iluminación	2,00	99,17%	31	2,00	0,7439	0,6554
El-34	Invade zona de exclusión alto riesgo	1,50	99,32%	32	1,50	0,7683	0,7332
El-03	Apilador no se mueve	1,00	99,41%	33	1,00	0,7927	0,8158
El-14	Avería dumper D-26	1,00	99,51%	34	1,00	0,8171	0,9043
El-19	Avería surtidor combustible	1,00	99,61%	35	1,00	0,8415	1,0005
El-26	Daño rodillo banda apilador	1,00	99,70%	36	1,00	0,8659	1,1070
El-17	Avería intercambiador enfriamiento sistema hidráulico	0,88	99,79%	37	0,88	0,8902	1,2278
El-30	Falla alimentador agua reducir polución	0,67	99,85%	38	0,67	0,9146	1,3699
El-07	Atasco banda salida	0,50	99,90%	39	0,50	0,9390	1,5466
El-35	Limpeza lodo banda apilador	0,50	99,95%	40	0,50	0,9634	1,7918
El-39	Reproceso reparación mantenimiento	0,50	100,00%	41	0,50	0,9878	2,2509

**Fuente:** Planta Otavalo

**Elaborado por:** José Martínez

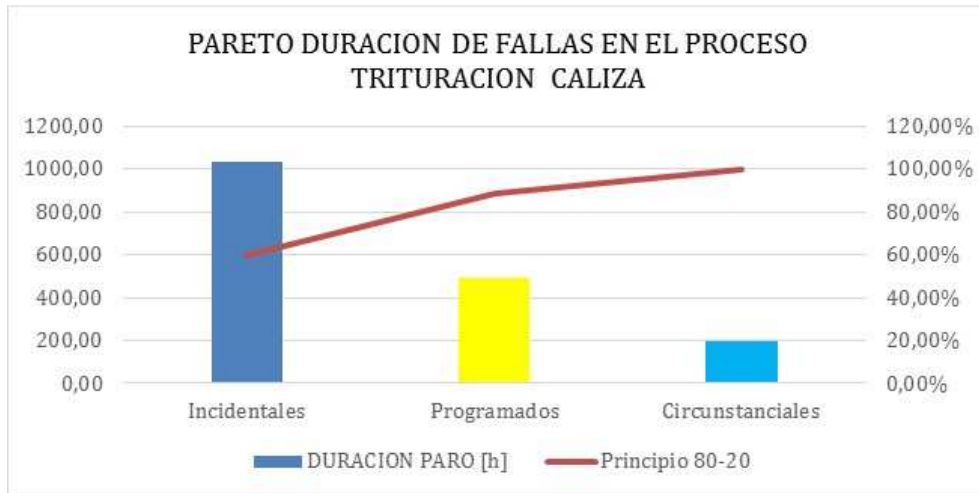


**Figura 4:** Duración de fallas incidentales trituración de caliza

**Fuente:** Planta Otavalo

**Elaborado por:** José Martínez

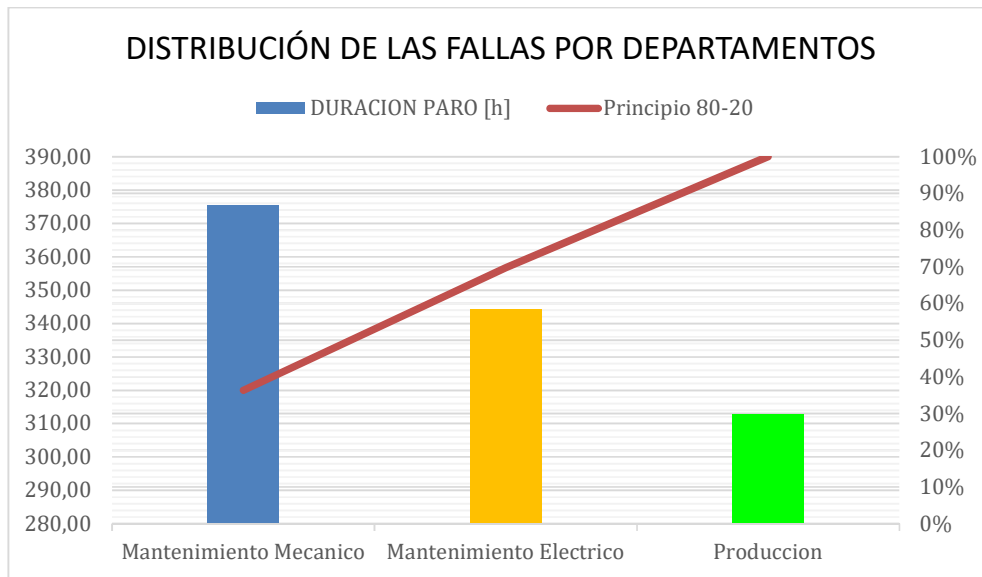




**Figura 5:** Duración de fallas proceso trituración de caliza

**Fuente:** Planta Otavalo

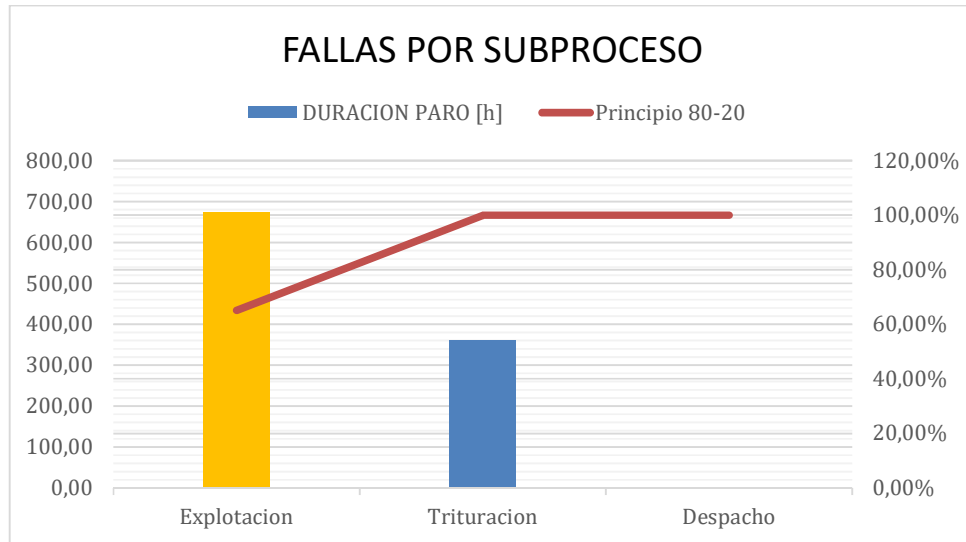
**Elaborado por:** José Martínez



**Figura 6:** Distribución de fallas por departamentos

**Fuente:** Planta Otavalo

**Elaborado por:** José Martínez



**Figura 7:** Fallas por subproceso

**Fuente:** Planta Otavalo

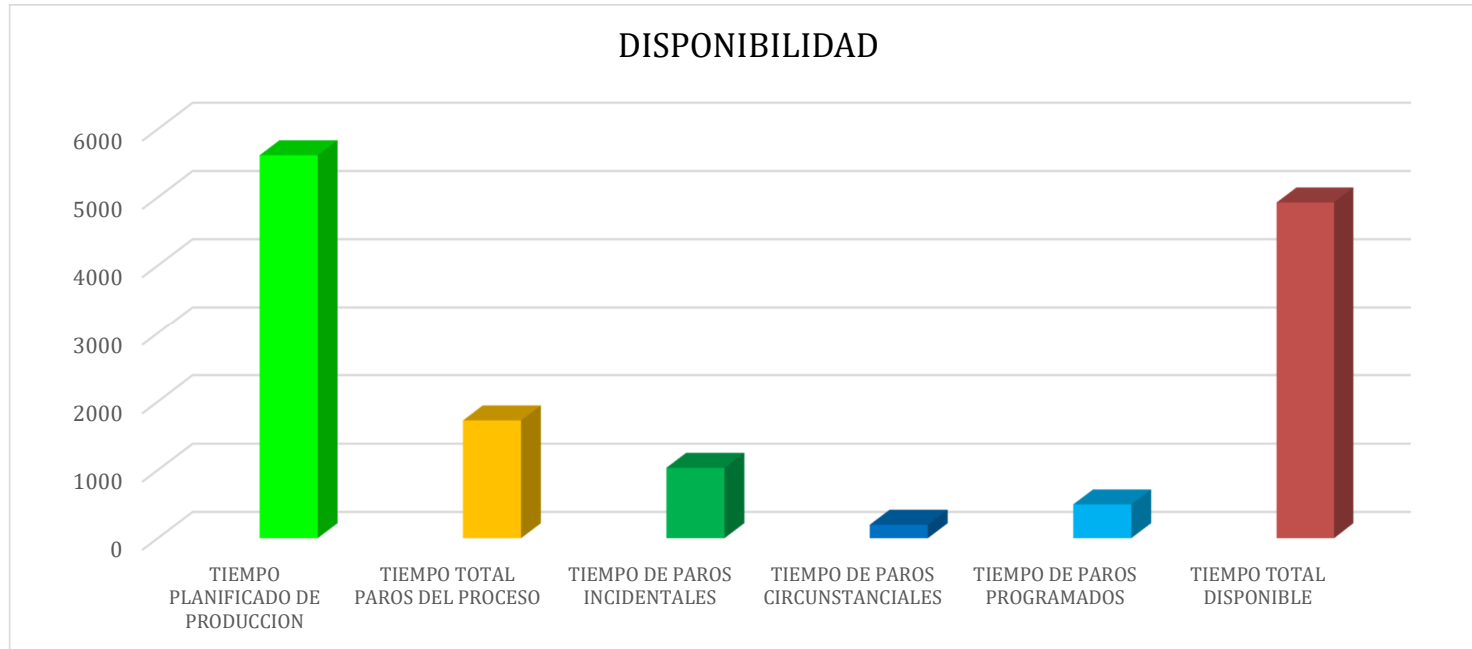
**Elaborado por:** José Martínez

**Tabla 13.** Control Estadístico de mantenimiento

TIEMPO EFECTIVO	4003,88 h
TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCION	5201,38 h
TIEMPO TOTAL	5648,00 h
TIEMPO TOTAL PAROS DEL PROCESO	1644,12 h
TIEMPO DE PAROS INCIDENTALES	1032,42 h
TIEMPO DE PAROS CIRCUNSTANCIALES	165,08 h
TIEMPO DE PAROS PROGRAMADOS	446,62 h
TIEMPO TOTAL DISPONIBLE	5036,30 H
UNIDADES PRODUCIDAS	1.234.947,00 ton
PRODUCTIVIDAD	245,21 ton/h
EFICIENCIA GROSS	50,3%
EFICIENCIA NET	73,8%
EFICACIA	308,44 ton/h
CAPACIDAD INSTALADA	400,00 ton/h

**Fuente:** Sistema de Control Estadístico de Mantenimiento

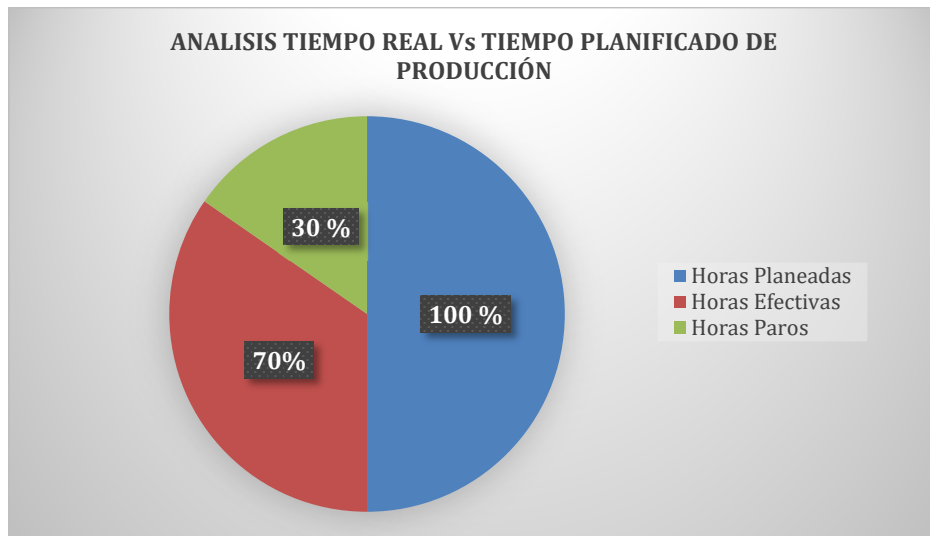
**Elaborado por:** José Martínez



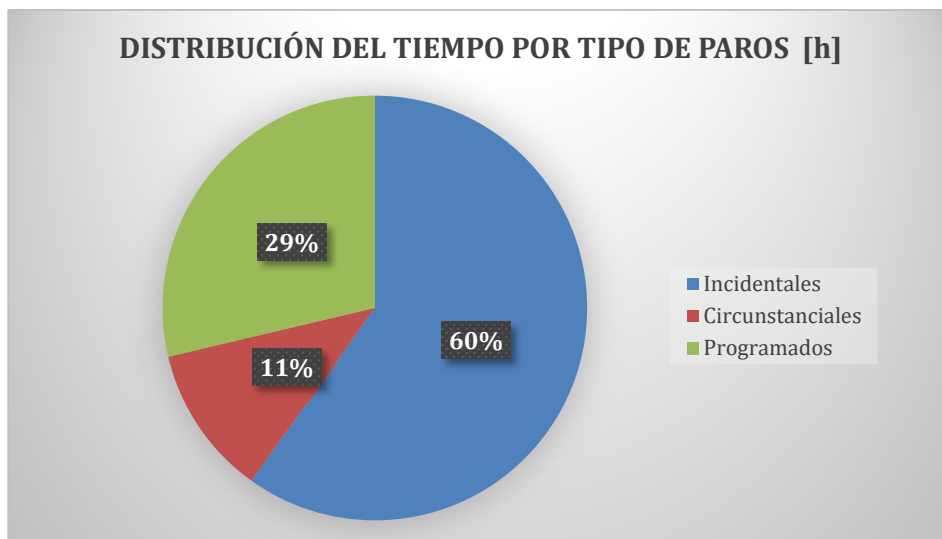
**Figura 8:** Disponibilidad

**Fuente:** Planta Otavalo

**Elaborado por:** José Martínez



**Figura 9:** Tiempo real vs Tiempo planificado de producción  
**Fuente:** Planta Otavalo  
**Elaborado por:** José Martínez



**Figura 10:** Distribución de tiempo por tipo de paros  
**Fuente:** Planta Otavalo  
**Elaborado por:** José Martínez

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **Interpretación de resultados**

##### **Gestión del mantenimiento**

El análisis que se realizó en la cantera de caliza de la planta Otavalo con respecto a la Gestión de Mantenimiento, basado en planeación, organización, dirección y control de acuerdo a la norma COVENIN, permitió elaborar una matriz con criterios de ponderación de acuerdo a los rangos de importancia, resumidos en la tabla 11, los que fueron evaluadas con ayuda de la información que se encuentran en documentos como: bitácoras, manuales, folletos que reposan en la planta.

Basado en un 100% de la ponderación del proceso, se evaluó a la planificación como mayor relevancia y se le asignó el 30%, a la organización y dirección se le ponderó con un 25% y al control con una ponderación de 20%,

Se registra en la Tabla 7 los resultados de la Matriz de evaluación de la planeación de mantenimiento y se obtuvo un valor del 15% de un 30%, debido a que la política de mantenimiento no está difundida con la empresa que efectúa la tarea de explotación. Además, no hay personal fijo de mantenimiento que supervise los equipos diariamente y preparen un plan de mantenimiento que se planifique al mismo tiempo que para el equipo principal de planta. Por lo que se concluye que la planta efectúa sus tareas de mantenimiento independientes de los trabajos mayores del equipo móvil.

Con respecto a la organización de mantenimiento se creó la Tabla 8, en donde la evaluación da como resultado un 14% de 25%, esta evaluación muestra que no hay responsabilidades compartidas entre planta y el contratista de equipo móvil. Además, necesitan el apoyo de terceros para resolver los problemas del equipo móvil afectando su disponibilidad.

En el campo de la dirección, la evaluación registrada en la Tabla 9, muestra el puntaje más alto en la Gestión de Mantenimiento dándole importancia a los aspectos de capacitación y selección idónea de personal, y los incentivos dados por los bonos de producción y seguridad, y se ratifica con la calificación del 25% de cumplimiento logra el 19%.

En la Tabla 10 con respecto al control de mantenimiento tiene como línea base el 20%; del cual se cumple el 15%. Los indicadores de fiabilidad y disponibilidad son llevados por la planta y la empresa contratista desconoce sus valores de rendimiento de su maquinaria, solo presentan un registro básico de mantenimiento. De acuerdo a la norma COVENIN, recomienda el indicador de fiabilidad para un seguimiento de la gestión de control.

Por lo tanto, tomando en consideración los porcentajes asignados en la evaluación de la gestión de mantenimiento, se llegó a determinar que se cumple en un 63%, registrado en la tabla 11. Por consiguiente, la gestión de mantenimiento preventivo del equipo móvil no se está gestionando adecuadamente, debido a que el mayor cumplimiento está en el equipo fijo. Para que este resultado tenga veracidad, se decide tomar a la fiabilidad de los equipos para tener datos representativos del proceso y utilizar los mismos para sustentar a la gestión de mantenimiento, ya que las normas europeas utilizan este indicador para representar la mantenibilidad de los equipos. Tabulando los datos en la tabla 12, de acuerdo al análisis de Pareto hay cuatrocientas noventa horas de falta de material en la plataforma de recuperación, por lo que se concluye que el equipo pesado está generando paros importantes que ratifican las evaluaciones de la norma COVENIN.

## **Análisis de la disponibilidad y fiabilidad**

Como se puede apreciar en las tablas 13 a la 28 se hace una descripción detallada de los equipos que operan en la mina de caliza en donde se registran los paros incidentales, los programados, los circunstanciales, la fiabilidad y la disponibilidad de las máquinas tales como: perforadora, tractor, excavadora, dumpers, pala cargadora y pala de despacho todo en función de las horas laboradas.

También se colecta el control estadístico de fallas que se realiza mediante la aplicación del software de mantenimiento de la planta en el que se puede observar todas las averías que se detectan al dar mantenimiento a los equipos y máquinas con el tiempo de duración, datos que son muy importantes para realizar gráficas de control y de esta manera poder tomar decisiones a tiempo.

En la figura 4 se puede observar el orden de los equipos que registran los fallos incidentales, lo que muestra gráficamente la barra que acumula más horas es del equipo de explotación.

De igual manera en la figura 5 se puede observar el orden de los tipos de mantenimiento siendo los primeros los incidentales, luego los programados y por último los circunstanciales.

En la figura 6 se muestran las distribuciones de las fallas incidentales por departamento y resalta que el de mayor incidencia es el de mantenimiento mecánico, por lo que se va alineando que las principales fallas están en el equipo móvil en el área mecánica.

La figura 7 detalla que en el subproceso de explotación se da el mayor número de fallas y es allí donde se encuentra el centro de trabajo del equipo móvil como se puede apreciar en la figura 3 del proceso de extracción de caliza.

En resumen, de acuerdo a la tabla 13, se tiene un tiempo efectivo de 4003,88 horas, un tiempo planificado de producción de 5616 horas, un tiempo total de paros del proceso 1644,12 horas, un tiempo de paros incidentales de 1032,42 horas, tiempo de paros programados 494,62 horas, un tiempo total disponible de 4924,30 horas. Además, se tienen datos importantes tales como: Las unidades producidas que es de 1 234.947 toneladas, una eficiencia gros del 50%, una eficiencia net del 74%, una eficacia de 317.31 toneladas por hora y una capacidad instalada de 400 toneladas por hora.

Por último, en las figuras 9 y 10 se observan que los paros incidentales ocupan un 60% y que las horas de paros ocupan un 30% del total de tiempo efectivo de producción.

### **Relación entre el proceso de extracción de caliza y la disponibilidad**

La producción de caliza logra un promedio de 66800 ton representada por la línea celeste de la figura 11 y está fuera de las especificaciones inferior y superior definida por el departamento de producción representadas por las líneas verdes, lo que muestra que existe un problema que está afectando a los equipos que no logran cumplir con el objetivo de 100 000 ton mensuales.

El coeficiente de variación es de 30%

La línea de tendencia tiene un 94 % de confiabilidad de los datos, por lo que los resultados obtenidos cumplen con una distribución de datos normales



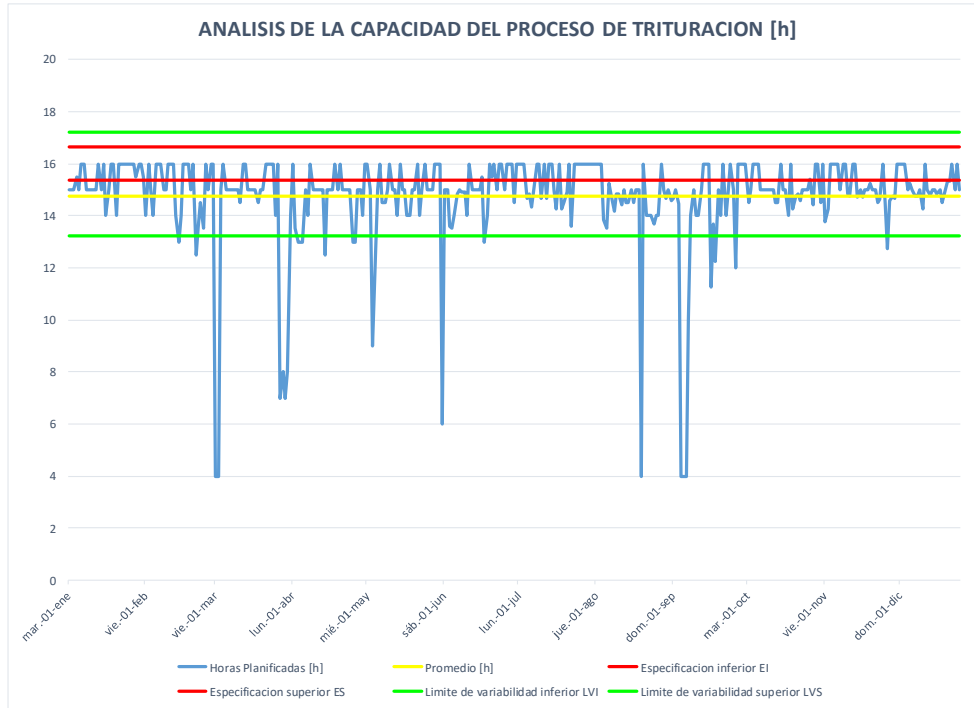


**Figura 11:** Distribución de datos normales

**Fuente:** Planta Otavalo

**Elaborado por:** José Martínez

De acuerdo al análisis anterior se puede tabular las horas de producción y efectuar un análisis para observar la pérdida de tiempo que está afectando a la producción. Los límites superior e inferior se calculan con la media +/- tres desviaciones estándar de la muestra.



**Figura 12:** Análisis de la capacidad del proceso de trituración

**Fuente:** Planta Otavalo

**Elaborado por:** José Martínez

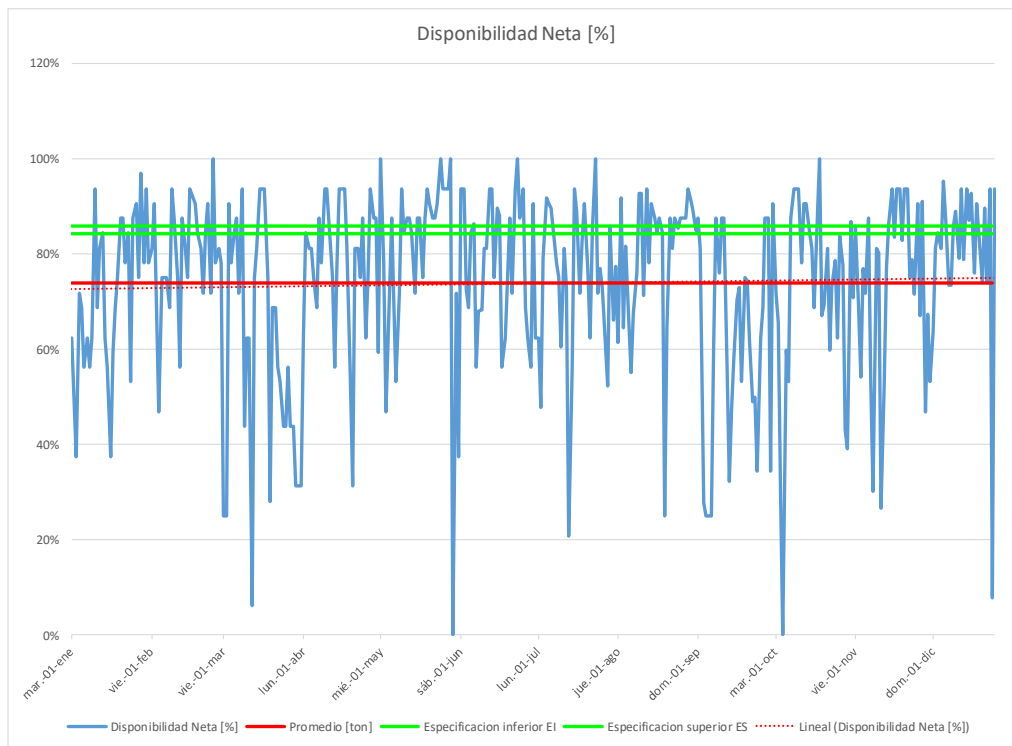
Como se observa en la Figura 12 el valor promedio mensual de las horas de producción no se ubica entre las especificaciones superior e inferior mostrando que el proceso no logra cumplir la cuota de producción.

Luego se procede a efectuar una tabulación detallada de las horas de producción incluida los paros incidentales, circunstanciales, programados hallando que las horas planificadas de producción fueron de 5616 y que solo fueron 4003 horas efectivas.

Encontrando, que el tiempo que pasa parado el equipo es de 1644 horas, de los cuales 1033 horas corresponden a fallas de los equipos. Efectuando los respectivos cálculos obtenemos que la eficiencia neta de la cantera es de 74% que está por debajo del 96% de acuerdo a los objetivos de planta Otavalo, por lo que está ocurriendo una pérdida de recursos.

La eficacia del proceso es baja logrando una producción de 250 ton/h de 400 ton/h disponibles, esto está generando incrementos en la mano de obra de operación de la mina y trabajando a turnos extendidos para lograr cubrir el objetivo mensual de 100000 ton/mes.

Con la información de los paros incidentales se puede calcular la disponibilidad de la mina, con la información obtenida se procede a graficar la disponibilidad en un año de operaciones y se puede observar su variabilidad que de acuerdo cálculos da un valor de 29,7% y su disponibilidad neta promedio de 73,8% que es un valor que esta fuera del objetivo de la planta.

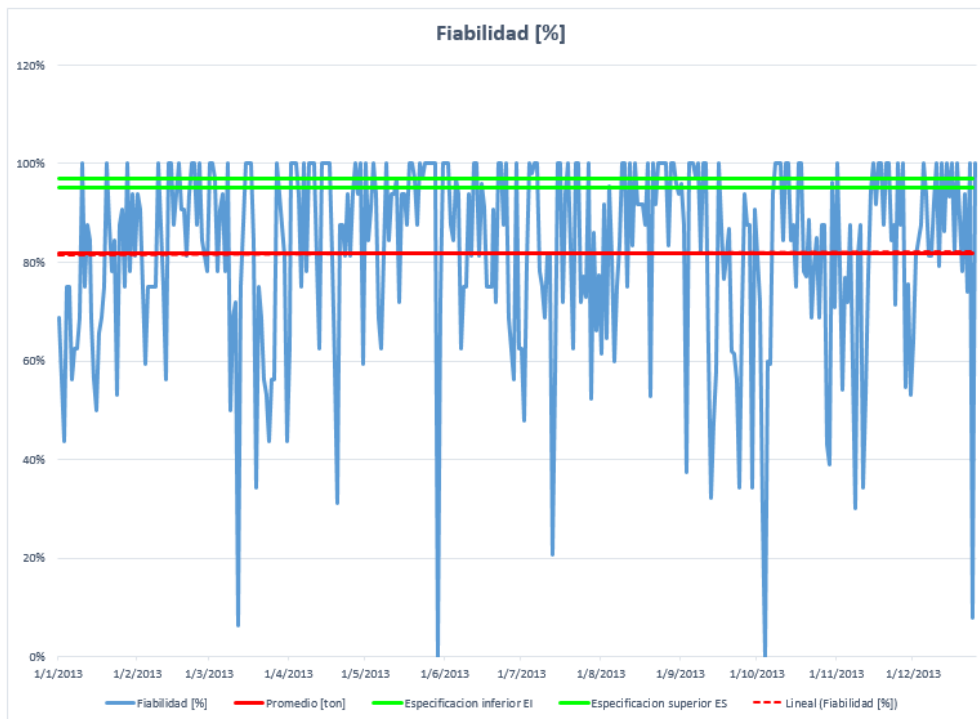


**Figura 13:** Disponibilidad neta  
**Fuente:** Planta Otavalo  
**Elaborado por:** José Martínez

Luego se efectúa un cálculo de la fiabilidad con los datos tabulados, y se encuentra que el sistema está por debajo de las especificaciones para el proceso de trituración. El objetivo es de 96% y la fiabilidad promedio es de 81,7%, por lo tanto, las fallas de los equipos están afectando a la disponibilidad.

Con esta información de la fiabilidad se confirma que la planta de trituración no puede cumplir su plan de producción.

El objetivo de mantenimiento para este indicador es de 96%, por lo que hay que verificar los planes de mantenimiento de los equipos que presentan las fallas incidentales



**Figura 14:** Fiabilidad  
**Fuente:** Planta Otavalo  
**Elaborado por:** José Martínez

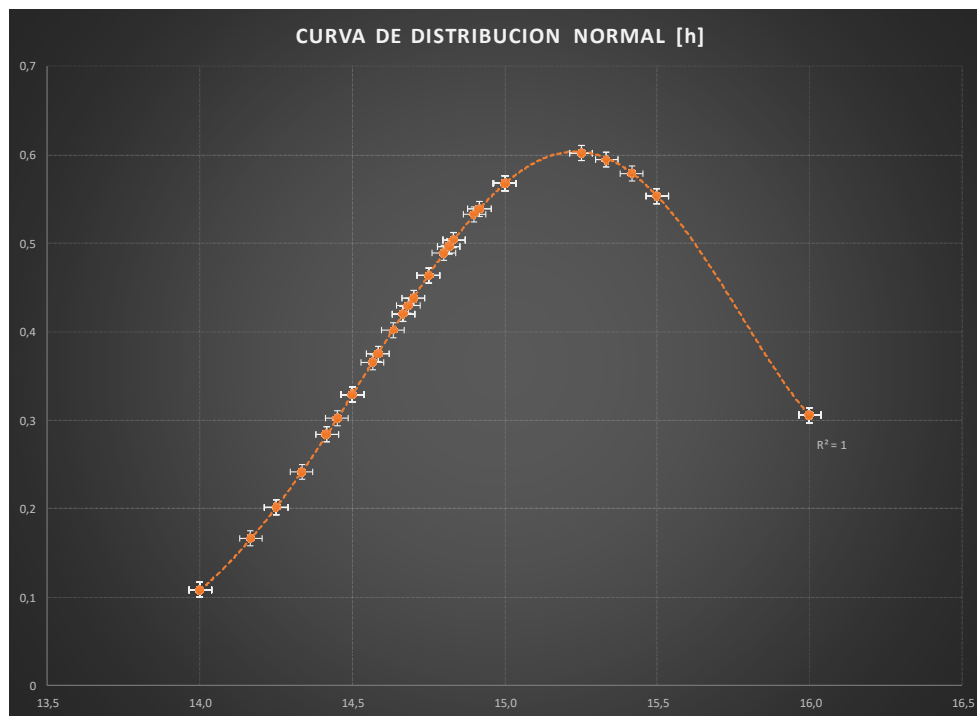
Se efectúa el cálculo del tiempo medio entre fallas MTBF dando como resultado un valor de 14,1 horas, es decir que cada 14 horas hay una falla incidental. También se efectúa el cálculo del tiempo medio de reparación dando como resultado el valor de 2,6 horas, es decir que cada falla incidental se demora en repararla 2,6 horas.

Con lo que se concluye que existe un problema en la gestión mantenimiento de las máquinas de la zona de explotación, específicamente en el equipo móvil, ya que

están generando en un año 397 paros incidentales que afectan a la disponibilidad de los equipos, con una duración de 1032 horas.

Para corroborar la prueba de hipótesis se efectúa la verificación de los datos si se adaptan a una curva normal. (Gutiérrez, de la Vera, 2013)

Se realiza la figura respectiva y se comprueba que los datos son normales, por lo que se puede utilizar la función normal



**Figura 15:** Curva normal  
**Fuente:** Planta Otavalo  
**Elaborado por:** José Martínez

Finalmente se detallan los hallazgos encontrados:

- El equipo móvil solo tiene un plan de mantenimiento preventivo de aceite y filtros.
- El equipo móvil carece de inspecciones tipo VOSOM para detectar fallas tempranas.

- No hay un plan de mantenimiento formal de los equipos.
- No hay mecánicos fijos en la cantera de caliza.
- El mantenimiento es efectuado por un contratista eventual.
- Los equipos de explotación no tienen un plan predictivo basado en tendencias para detectar fallas a tiempo.
- No existe un plan preventivo integral del equipo móvil.
- La maquinaria de trituración es obsoleta y ya no fabrican repuestos.

### **Contraste con otras investigaciones**

Para contrastar los resultados alcanzados en el presente estudio técnico, hubo la necesidad de citar nuevamente los trabajos y artículos técnicos revisados en los antecedentes; los mismos que se detallan a continuación:

(Besabe, y otros, 2009). “Estudio del impacto generado sobre la cadena de valor a partir del diseño de una propuesta para la gestión del mantenimiento preventivo en la Cantera Salitre Blanco de Aguilar Construcciones S.A.” de la Universidad Javeriana, el impacto del mantenimiento en la cadena de valor queda demostrado al calcular costos y tiempos de ahorro que alcanzan reducciones del 30% de los montos actuales en diferentes rubros que se muestran en los estados financieros, adicionalmente estos ahorros se traducen en beneficios intangibles como conocimiento del proceso. Como se puede observar el autor se centra en el ahorro de recursos; mientras que en el estudio los resultados se centran en la disponibilidad de las máquinas lo que conlleva al final al ahorro de recursos.

(Quinga, 2014). “La gestión de mantenimiento y su incidencia en la disponibilidad de máquinas de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A. ubicada en el parque industrial de la ciudad de Ambato.” De la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Indoamérica. La aplicación de rutinas de mantenimiento preventivo permitirá mantener los equipos en condiciones óptimas de operación mediante la oportuna intervención en fallas evitando que la maquinaria se deteriore prematuramente. Se coincide con el autor en que al tener operativas a las máquinas

mediante el mantenimiento preventivo rutinario se incrementa la disponibilidad de las mismas.

(Mejorando el desempeño en la organización de mantenimiento de una planta de alimentos, 2011). El autor concluye que la gestión del mantenimiento se la mide mediante el desempeño; mientras que, en el estudio técnico de la mina de caliza, también la gestión es muy importante, pero atacando principalmente al mantenimiento preventivo para que no existan paras incidentales y circunstanciales.

(González, 2014). “Mejora de metodología RCM a partir del AMFEC e implantación de mantenimiento preventivo y predictivo en plantas de procesos” de la Universidad Politécnica de Valencia. El autor manifiesta que a la metodología RCM, con sus secciones criticidad, AMFEC y NPR; al Mantenimiento Preventivo y Predictivo; igualmente el autor se centra en el proceso de mantenimiento; mientras que en el estudio de la mina de caliza se toma en consideración la gestión de mantenimiento preventivo, la fiabilidad y la disponibilidad de la maquinaria.

### **Verificación de hipótesis**

Para la comprobación de hipótesis en base al tipo de datos que sustentan las variables en estudio, se aplicó T-Student; el mismo que se desarrolla a continuación:

#### **a) Modelo Lógico**

**H<sub>0</sub>** = La gestión actual del mantenimiento preventivo no incide en la disponibilidad de los equipos en la mina de caliza de la Planta Otavalo.

**H<sub>1</sub>** = La gestión actual del mantenimiento preventivo si incide en la disponibilidad de los equipos en la mina de caliza de la Planta Otavalo.

La formulación del problema a través de los datos de la fiabilidad y por la naturaleza del estudio técnico que busca incrementar la producción en la cantera de caliza es

indispensable que las tres disciplinas disponibilidad, fiabilidad y mantenibilidad se relacionen entre sí, de tal manera que si se quiere aumentar la disponibilidad se debe aumentar la fiabilidad. (Mesa, Ortiz y Pinzón, 2006)

**b) Modelo Matemático**

$$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

**c) Nivel de significancia**

$$\alpha = 0.10$$

**d) Cálculo de las desviaciones estándar y de las medias de las muestras**

Se ha tomado en consideración como datos para contrastar en la prueba de hipótesis los porcentajes de fiabilidad que se lo ha relacionado con la gestión de mantenimiento, por cuanto va directamente ligado al personal y a la toma de decisiones y a la disponibilidad en los equipos y máquinas de la mina de caliza de la Planta Otavalo.

**Tabla 141:** Datos para la comprobación de hipótesis

<b>FIABILIDAD (%)</b>		
<b>MÁQUINAS</b>	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>
PERFORADORA ECM-590 EP-09	58,00	3.364,00
TRACTOR K-69 DN9	76,00	5.776,00
EXCAVADORA CAT 365CL K-129	71,00	5.041,00
DUMPER D-18 773 B	87,00	7.569,00
PALA CARGADORA RE K-125 988B	85,00	7.225,00
Total	<b>377,00</b>	<b>28.975,00</b>

Elaborado por: José Martínez



**Tabla 15:** Datos para la comprobación de hipótesis

DISPONIBILIDAD (%)		
MÁQUINAS	X <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>
PERFORADORA ECM-590 EP-09	78,30	6.130,89
TRACTOR K-69 DN9	86,00	7.396,00
EXCAVADORA CAT 365CL K-129	100,00	10.000,00
DUMPER D-18 773 B	95,70	9.158,49
PALA CARGADORA RE K-125 988B	85,20	7.259,04
Total	<b>445,20</b>	<b>39.944,42</b>

Elaborado por: José Martínez

### Varianza muestral

$$S^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}$$

$$S_1^2 = \frac{28.975,00 - \frac{(377)^2}{5}}{5-1}$$

$$S_1^2 = 137,30$$

$$S_1 = 11,72$$

$$\bar{x}_1 = \frac{377,00}{5}$$

$$\bar{x}_1 = 75,40$$

$$S_2^2 = \frac{39.944,42 - \frac{(445,20)^2}{5}}{5-1}$$

$$S_2^2 = 75,95$$

$$S_2 = 8,72$$

$$\bar{x}_2 = \frac{445,20}{5}$$

$$\bar{x}_2 = 89,04$$

e) **Combinación de las varianzas de las muestras**

**Varianza combinada**

$$Sp^2 = \frac{(n_1-1)(S_1)^2 + (n_2-1)(S_2)^2}{(n_1 + n_2) - 2}$$
$$Sp^2 = \frac{(5-1)(11,72)^2 + (5-1)(8,72)^2}{(5+5)-2}$$
$$Sp^2 = 106,69$$

f) **Determinación “t”**

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{Sp^2 \left[ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$
$$t = \frac{75,40 - 89,04}{\sqrt{106,69 \left[ \frac{1}{5} + \frac{1}{5} \right]}}$$
$$t = \frac{-13,64}{\sqrt{42,67}}$$
$$t = \frac{-13,64}{6,53}$$
$$t = -2,08$$

g) **Grados de libertad**

$$gl = (n_1 + n_2) - 2$$

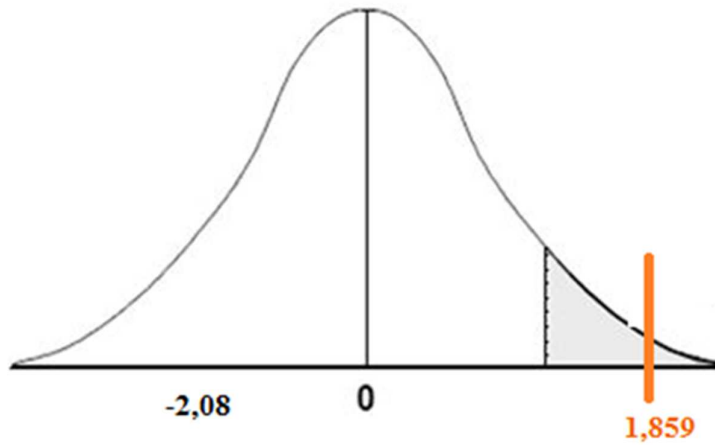
$$gl = (5 + 5) - 2$$

$$gl = 8 \text{ grados de libertad}$$

$$\alpha = \frac{0,10}{2} = 0,05$$

$$t \text{ tabular} = + 1,859$$

Gráfica “t student”



**Figura 16:** Curva T-Student  
**Elaborado por:** José Martínez

Se compara el parámetro muestral estandarizado y los parámetros críticos

**Por lo tanto:**

-2,08 es  $<$  1,859; por lo que, el valor calculado se encuentra en la región de rechazo; entonces la Hipótesis nula se **RECHAZA**, y se concluye que la gestión actual del mantenimiento preventivo sí incide en la disponibilidad de los equipos en la mina de caliza de la Planta Otavalo.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

- La evaluación de la gestión de mantenimiento actual en la mina de caliza de la Planta Otavalo aplicando la norma COVENIN 2500-93, muestra puntos de mejora en cuanto a la estructura, planificación y seguimiento del mantenimiento que se debe realizar al equipo móvil de la zona de explotación de la mina de caliza; debido a esto registra un cumplimiento del 63%.
- Con el cálculo de la fiabilidad y su utilización en la comprobación de hipótesis, se concluye que la fiabilidad es un indicador clave para medir el desempeño de la gestión de mantenimiento. El valor de la fiabilidad calculado es del 85% que está por debajo del objetivo del 96%
- Mediante la revisión del histórico de producción de la mina de caliza de la planta Otavalo, se llega a determinar una disponibilidad promedio de las máquinas de la cantera del 74%, valor que no cumple con las expectativas de planta de por lo menos 90%, de igual manera los paros incidentales con un 60%, son los más relevantes debido especialmente al mantenimiento mecánico del equipo móvil; especialmente en el área de explotación.
- Para lograr un incremento de la disponibilidad es necesario tomar acciones que permitan que la fiabilidad supere el 96% para lograr que la disponibilidad también se incremente, debido a que está directamente influenciada por la gestión de mantenimiento.

## **Recomendaciones**

- Para incrementar el porcentaje de gestión de mantenimiento preventivo se sugiere que se apliquen herramientas de calidad como las seis sigmas, las 5 S, para que de esta manera se pueda optimizar los tiempos de mantenimiento y la eficacia de la unidad de mantenimiento.
- Existen las estadísticas que genera el sistema de control de la mina de caliza de la planta Otavalo; sin embargo, es necesario mantener un stock de repuestos del equipo móvil para acortar los tiempos de las reparaciones.
- En el sistema de trituración, efectuar un análisis de obsolescencia de la maquinaria, especialmente el carro hidráulico, con lo que se lograría incrementar la fiabilidad de la zona de trituración e incrementaría la disponibilidad.
- Se debería establecer un plan de control preventivo de las máquinas en la cantera con su respectivo procedimiento para optimizar tiempos y recursos en el mantenimiento preventivo del equipo móvil.

## Bibliografía

- Cabrera, D. y Montenegro P. (2103). Diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento para incrementar la disponibilidad de máquinas, en la Planta de Producción Inducuerdas CIA.LTDA., para el periodo 2013. Tesis de Ingeniería Industrial, UTI, Ambato, Ecuador.
- Dounce, E. (2003). Mantenimiento Industrial. México. Editorial CECSA.
- Duffuaa, S.O. (2009). Sistemas de mantenimiento: Planeación y control. México: Editorial Limusa S.A. De C.V.
- Garrido, G.S. (2010). Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos editorial.
- Gomes, M.M. (2009). Introducción a la metodología de la investigación científica. Córdoba: Editorial Brujas
- Mesa, Ortiz, Pinzón (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento, ISSN 0122-1701.
- Gutiérrez, de la Vera. (2013). Control estadístico de la calidad y seis sigma. Tercera edición. Editorial McGraw Hill/Interamericana.
- González, J.F. (2010). Auditoria de Mantenimiento e Indicadores de Gestión. Madrid: FC Editorial.
- COVENIN 2500-93, 1993
- Ixcot, H. (2011). Programa De Mantenimiento Correctivo-Preventivo Predictivo, Para El Equipo Experimental, Del Laboratorio De Operaciones Unitarias. Tesis de Ingeniería en Mecánica Industrial, Universidad de San Carlos, Guatemala.
- López, J. (2012). Gestión e implementación de un sistema de mantenimiento planificado autónomo sustentado en la técnica de las 5 “s” en la Empresa Editorial Pedagógica Freire. Tesis de Ingeniería en Mantenimiento, ESPOCH, Riobamba, Ecuador.
- Mora, L. y Plata, G. Gestión de Mantenimiento Orientada por la Terotecnología. Medellín Colombia.
- Troconiz, D. (2007). Ingeniería Industrial. U.S: El Cid Editor - Ingeniería

- Vázquez, W. y Pilatágsig, L. (2012) Diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento en la Empresa Embutidos La Madrileña para incrementar la disponibilidad de la maquinaria durante el periodo 2012. Tesis de Ingeniería Industrial, UTI, Ambato, Ecuador.

# **ANEXOS**



## ANEXO 1

### ANÁLISIS MODAL DE FALLOS NORMA NTP 679

<p>La norma NTP 679 habla sobre el Análisis modal de fallos y efectos (AMFE), la cual establece procedimientos que permiten sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar los puntos de fallo potenciales y elaborar planes de acción para evitar averías inesperadas que provoquen la parada no programada de equipos o máquinas, colaborando con la disponibilidad de los mismos.</p> <p>Este método emplea criterios de clasificación que también son propios de la seguridad en el trabajo, como la posibilidad de acontecimiento de los fallos o hechos inesperados y la severidad o gravedad de sus consecuencias.</p>	
Detectabilidad	Si durante el proceso se produce un fallo, se trata de averiguar cuan probable es que no lo detectemos, pasando a etapas posteriores, generando los consiguientes problemas y llegando en último término a afectar al cliente.
Frecuencia	Mide la repetitividad potencial u ocurrencia de un determinado fallo, llamada también probabilidad de aparición del fallo.
Gravedad	Mide el daño normalmente esperado que provoca el fallo en cuestión, el daño máximo esperado está ligado a la probabilidad de generación.
Índice de Prioridad de riesgo (IPR)	Es el producto de la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad, siendo tales factores traducibles a un código numérico adimensional.

## ANEXO 2

### GRAVEDAD Y CRITERIO DE FALLOS

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente. Probablemente se observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo provoca un deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el cumplimiento de normas reglamentarias.	9-10

**ANEXO 3**  
**FRECUENCIA Y CRITERIO DE FALLOS**

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	9-10

**ANEXO 4**  
**FRECUENCIA Y CRITERIO DE DEFECTOS**

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posterior.	2-3
Mediana	El defecto es detectable. Posiblemente se lo detecte en los últimos estados de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse.	9-10

**ANEXO 5**  
**FRECUENCIA. IMPACTO, FLEXIBILIDAD Y COSTO DE**  
**MANTENIMIENTO**

FRECUENCIA DE FALLAS	VALOR
Parámetro mayor a 4 fallas/año	4
Promedio 2-4 fallas/ año	3
Buena 1-2 fallas/ año	2
Excelente menores de 1 falla/ año	1
IMPACTO OPERACIONAL	VALOR
Parada inmediata total	10
Parada del sistema y tiene repercusión en otros sistemas	6
Impacta en niveles de producción o calidad	4
Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad	2
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	VALOR
No existe opción de producción y no existe función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	VALOR
Mayor o igual a 120 USD	2
Inferior a 120 USD	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE	VALOR
Afecta a la seguridad humana tanto externa como interna	8
Afecta al ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores (accidentes e incidentes) personal propio	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1

## ANEXO 6

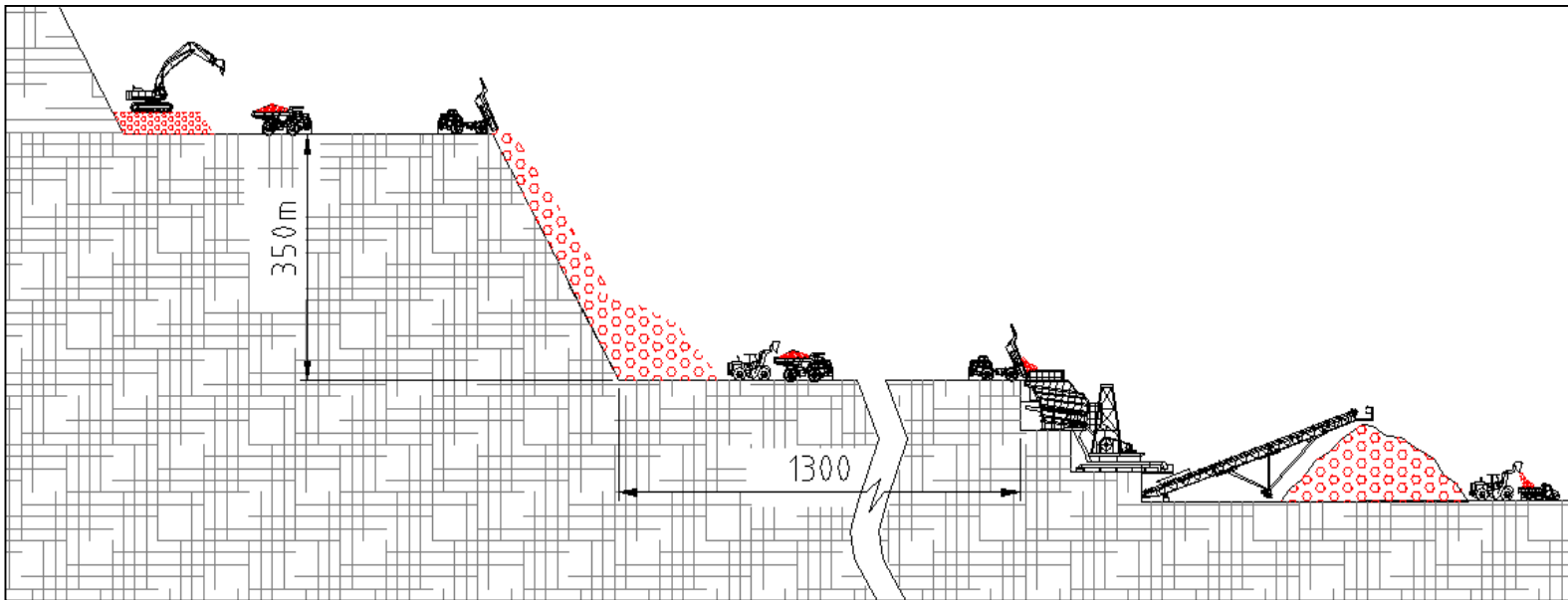
### ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS							HOJA	FECHA	POR		
							1	08/06/2017	Martínez		
							12	09/06/2017			
DE PROCESO			DE DISEÑO				de				
MÁQUINA:	EXCAVADORA CATERPILLAR 320 DL		PROCESO:	OBRAS PÚBLICAS			RESPONSABLE:	José Martínez			
SISTEMA:	HIDRAULICO		OPERACIÓN:	EXCAVACIÓN DE TERRENOS			FECHA:	27/06/2017			
SUBSISTEMA:	GENERAL		ACTUAR SOBRE NPR ≥ 64				REVISADO:	Ing. Leonardo Sánchez			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	EFECTO DE FALLO	5	G	CAUSA DE FALLO	O	CONTROLES ACTUALES		D	NPR
Bomba hidráulica	Transforman la energía mecánica en energía hidráulica	Desgaste - Arrastración	Perdida de presión - Operación errática- Alta temperatura - Erosión de las paredes de la bomba. Ruido anormal	7		Caudal insuficiente - Desgaste Abrasivo-Adaptadores o tuberías de succión floja.	4	Inspección	4	112	
Aceite hidráulico	Transmiten potencia que se genera en el motor mediante la bomba	Contaminación - Recalentamiento	Daños en la bomba y componentes - Degradación y pérdida de propiedades.	4		Cambio de filtro inadecuado - Partículas de desgaste - Sobrecarga de la máquina.	7	Inspección	4	112	
Tanque hidráulico	Almacena el fluido del sistema hidráulico	Taponamiento - Fugas - Defectos	Dificultad de succión - Consumo excesivo de aceite - Falla en elementos internos.	4		Filtros deteriorados - Tapón de drenaje desgastado - Golpes externos	4	Inspección	4	64	
Filtros	Retiene las partículas contaminantes	Desgaste	Contaminación del aceite y desgaste de componentes	4		Cambio de Filtro de forma tardía y mala manipulación	10	Inspección	4	160	
Mangueras	Transportan el aceite hidráulico y absorben las vibraciones	Fugas - Desgaste	Pérdida de potencia - Pérdida de resistencia	7		Excesiva presión de trabajo - Rozamiento contra los componentes - Mala Sujeción	7	Inspección	1	49	
Tuberías	Transportan el líquido por las líneas, son rígidas	Fugas - Desgaste	Pérdida de potencia - Pérdida de resistencia	7		Excesiva presión de trabajo - Rozamiento contra los componentes - Mala Sujeción	4	Inspección	1	28	
Amortiguador de cilindro hidráulico	Amortigua impactos, en el extremo de la varilla de los cilindros de la pluma y brazo.	Juego Excesivo - Ruido Excesivo	Vibración del elemento - Golpe en movimientos del cilindro.	4		Instalación inadecuada - desgaste de amortiguadores.	1	Inspección	7	28	
Sellos hidráulicos	No permiten filtraciones internas y externas en los elementos hidráulicos.	Desgaste	Pérdida de eficiencia en el sellado.	4		Degradación por altas temperaturas y mala instalación.	4	Inspección	1	16	
Válvulas de seguridad	Bloquea todos los movimientos de la máquina	Defecto	Pérdida total del funcionamiento hidráulico	10		Válvula atascada o remordida.	1	Inspección	4	40	
Válvulas de alivio	Protegen las bombas hidráulicas si las presiones superan ciertos niveles	Atascamiento	Dificultad para operar los elementos hidráulicos.	7		Válvula defectuosa o remordida.	1	Inspección	4	28	
Válvulas anti caída	Se cierran automáticamente en caso de rotura de una manguera	Defecto	Caida vertiginosa del brazo, pluma o cucharón.	10		Válvula desgastada o dañada.	1	Inspección	4	40	
Acumuladores	Compensan las variaciones de flujo. Mantienen una presión constante	Defecto	Dificultad para operar los elementos.	4		Resortes rotos o débiles - Demasiada carga o presión.	4	Inspección	4	64	
Cilindros de la pluma	Transmite el movimiento a la Pluma.	Fugas Aceite - Ruido anormal - Juego excesivo	Pérdida de velocidad y potencia, y consumo de aceite - Vibración y deformación del cilindro	7		Fisuras en los elementos, desgaste de sellos, golpes externos, sobre esfuerzos de trabajo y baja lubricación.	1	Inspección	4	28	
Cilindros del brazo	Transmite el movimiento al brazo.	Fugas Aceite - Ruido anormal - Juego excesivo	Pérdida de velocidad y potencia, y consumo de aceite - Vibración y deformación del cilindro	7		Fisuras en los elementos, desgaste de sellos, golpes externos, sobre esfuerzos de trabajo y baja lubricación.	1	Inspección	4	28	
Cilindros del cucharón	Transmite el movimiento al cucharón	Fugas Aceite - Ruido anormal - Juego excesivo	Pérdida de velocidad y potencia, y consumo de aceite - Vibración y deformación del cilindro	7		Fisuras en los elementos, desgaste de sellos, golpes externos, sobre esfuerzos de trabajo y baja lubricación.	1	Inspección	4	28	
Enfriador de aceite	Mantiene la temperatura del aceite hidráulico dentro de los límites adecuados.	Recalentamiento de aceite hidráulico	Degradación del aceite	7		Obstrucción por suciedad en los conductos y fugas de refrigerante.	4	Inspección	7	196	

## ANEXO 7 UBICACIÓN MINA CALIZA PLANTA OTAVALO




ANEXO 8  
PROCESO TRITURACIÓN CALIZA





## ANEXO 9: Especificaciones técnicas equipos y máquinas


### Especificaciones técnicas de la tolva

Tolva					
			Datos Técnicos		
			Marca	Local	
			Capacidad	50	m <sup>3</sup>
			Material	ASTM A-36	
			Material Anti abrasivo	T1A	

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez


### Especificaciones técnicas Alimentador Hidráulico

Alimentador Hidráulico					
			Datos Técnicos		
			Marca	Hazemag	
			Capacidad	250 - 470	ton
			Potencia motor	55	kW
			Sistema Hidráulico		
			Fabricante	RETROTH	
			Plano mecánico	AHAG-8675-0-0	
			Plano eléctrico	HS15 B010-3-0	
			Capacidad aceite	800	l
			Tipo de aceite	Hidráulico	Móvil
Gabinete control					

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez


## Trituradora Hazemag

Trituradora Hazemag					
			Datos Técnicos		
			Marca	Hazemag	
			Modelo	APP-1615	
			Capacidad	400	ton
			Rodamientos	SKF 22248CCK/W33	
			Manguito	H 3148 HG	
			Potencia motor	400	kW
			Sistema Hidráulico		
			Fabricante	SPERRY & VICKERS	
			Válvula hidráulica		
			Modelo	DG4S4	
			Capacidad aceite	50	l
			Tipo de aceite	Hidráulico	Móvil
			Potencia motor hidráulico	4	kW
Gabinete control					

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez


## Banda sólida

Banda salida					
			Datos Técnicos		
			Marca	Hazemag	
			Capacidad	400	ton
			Ancho banda	1000	mm
			Modelo	EP650 6+4	
			Potencia motor	7,5	kW
			Inclinación	Horizontal	
			Longitud transportador	7000	mm

Fuente: Planta Otavalo


Elaborado por: José Martínez

## Banda alimentación apilador

Banda alimentación apilador					
			Datos Técnicos		
			Marca	Hazemag	
			Capacidad	400	ton
			Ancho banda	1000	mm
			Modelo	EP650 6+4	
			Potencia motor	11	kW
			Inclinación	6	grados
			Longitud transportador	32000	mm


Fuente: Planta Otavalo  
Elaborado por: José Martínez

## Generador

Generador					
			Datos Técnicos		
			Marca	Caterpillar	
			Modelo	D-398	
			Combustible	Diésel	
			Capacidad	12 cilindros en V de 48.2 litros	
			Revoluciones	1200 - 1300	
			Tipo de generador	SRCR	
			Frecuencia	60	ciclos
			Revoluciones	1200	RPM
			Potencia salida	600	KW
Voltaje	480	V			
Fases	3				

Fuente: Planta Otavalo  
Elaborado por: José Martínez

## Subestación

Subestación			
	<b>Datos Técnicos</b>		
	<b>Transformador para trituradora</b>		
	<b>Capacidad</b>	630	KVA
	<b>Voltaje</b>	480/4160	V
	<b>Clase de protección</b>	IP 55	
	<b>Transformador para trituradora</b>		
	<b>Motores de bajo voltaje</b>		
	<b>Capacidad</b>	630	KVA
	<b>Voltaje</b>	4160/480	V
	<b>Clase de protección</b>	IP 55	
Gabinete eléctrico	<b>Dimensiones</b>		
Operación de carga de la trituradora	Alto	2200	mm
Interiores	Largo	2400	mm
	Profundidad	600	mm
	Clase de protección	IP 40	
Gabinete eléctrico	<b>Dimensiones</b>		
Interruptor sistema de interconectado	Alto	2200	mm
Exteriores	Largo	2700	mm
	Profundidad	900	mm
Gabinete eléctrico	<b>Dimensiones</b>		
Motores baja tensión	Alto	2200	mm
Exteriores	Largo	1800	mm
	Profundidad	900	mm
	Clase de protección	IP 55	
Tanque de combustible	<b>Capacidad</b>	12000	galones
	<b>Tipo</b>	Horizontal	
	<b>Largo</b>	8100	mm
	<b>Diámetro</b>	2700	mm
	<b>Material</b>	ASTM A-36	
	<b>Aislamiento</b>	Aterrizado a tierra	
Tanque diario	<b>Capacidad</b>	250	galones
Sistema de bombas de combustible			
Sistema de malla a tierra			

**Fuente:** Planta Otavalo

**Elaborado por:** José Martínez


## Perforadora

PERFORADORA					
			Datos Técnicos		
			Marca	Atlas Copco	
			Modelo	ECM 590 RC	
			Rango perforación	64 -115	mm
			Profundidad de perforación	22	m
			Potencia de impacto	16,4	kW
			Velocidad de rotación	0-160	RPM
			Torque máximo	578	Nm
			Compresor	118	l/s
				9,7	Bar
			Código	EP-09	
			Zona de trabajo	Explotación	
Unidades disponibles	1	un			

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez


## Bulk Dozer

Bulk Dozer					
			Datos Técnicos		
			Marca	Caterpillar	
			Modelo	D9N	
			Potencia total	275,9	kW
			Capacidad cuchilla	11,9	m3
			Profundidad de corte	619	m3
			Carga útil	42542	kg
			Fabricante motor	Caterpillar	
			Modelo del motor	3408	
			Cilindrada	18	l
			Velocidad máxima	12,1	km/h
			Zona de trabajo	Explotación	
Código					
Unidades disponibles	2	un			

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez

## Cargadora

Cargadora					
			Datos Técnicos		
			Marca	Caterpillar	
			Modelo	992D	
			Potencia efectiva	514,5	kW
			Capacidad pala colmada	10,7	m <sup>3</sup>
			Capacidad de la pala al ras	8,9	m <sup>3</sup>
			Carga útil	89158	kg
			Carga de operación	70	%
			Fuerza de arranque	652,6	kN
			Fabricante motor	Caterpillar	
			Modelo del motor	3412	
			Cilindrada	27	l
			Velocidad máxima	21	km/h
			Zona de trabajo	Recuperación	
			Código		
			Unidades disponibles	2	un

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez

## Excavadora Hidráulica

Excavadora Hidráulica					
			Datos Técnicos		
			Marca	Volvo	
			Modelo	EC210BLC	
			Potencia efectiva	107	kW
			Potencia total	118,6	kW
			Volumen máximo de pala	1,6	m <sup>3</sup>
			Carga útil	21300	kg
			Carga de operación	70	%
			Momento fuerza máximo	647	Nm
			Fabricante motor	Volvo	
			Modelo del motor	D6D EFE2	
			Cilindrada	5,7	l
			Velocidad máxima	5,5	km/h
			Zona de trabajo	Recuperación	
Código					
Unidades disponibles	1	un			

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez

## Dumpers 773D

Dumpers 773D		
	Datos Técnicos	
	Marca	Caterpillar
	Modelo	773D
	Potencia efectiva	485 kW
	Potencia total	509 kW
	Capacidad de carga	35,2 m <sup>3</sup>
	Carga útil	39500 kg
	Carga de operación	70 %
	Momento fuerza máximo	2314 Nm
	Fabricante motor	Caterpillar
	Modelo del motor	3412E
	Cilindrada	27 l
	Velocidad máxima	62,2 km/h
	Zona de trabajo	Recuperación
	Código	
Unidades disponibles	1 un	

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez

## Dumpers 773B

Dumpers 773B		
	Datos Técnicos	
	Marca	Caterpillar
	Modelo	773D
	Potencia efectiva	485 kW
	Potencia total	509 kW
	Capacidad de carga	34,1 m <sup>3</sup>
	Carga útil	53977 kg
	Carga de operación	70 %
	Momento fuerza máximo	2314 Nm
	Fabricante motor	Caterpillar
	Modelo del motor	V3412TA
	Cilindrada	27 l
	Velocidad máxima	57,3 km/h
	Zona de trabajo	Recuperación
	Código	
Unidades disponibles	2 un	

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez

## Dumpers Articulado 735C



Datos Técnicos		
Marca	Caterpillar	
Modelo	735C	
Potencia efectiva	313	kW
Potencia total	324	kW
Capacidad de carga	19,7	m <sup>3</sup>
Carga útil	32700	kg
Carga de operación	70	%
Momento fuerza máximo	2558	Nm
Fabricante motor	Caterpillar	
Modelo del motor	C15 ACERT	
Cilindrada	15,2	l
Velocidad máxima	53,9	km/h
Zona de trabajo	Recuperación	
Código		
Unidades disponibles	3	un

**Fuente:** Planta Otavalo  
**Elaborado por:** José Martínez

## Cargadora 988B



Datos Técnicos		
Marca	Caterpillar	
Modelo	988B	
Potencia efectiva	279,6	kW
Capacidad pala colmada	5,4	m <sup>3</sup>
Capacidad de la pala al ras	4,5	m <sup>3</sup>
Carga útil	43365	kg
Carga de operación	70	%
Fuerza de arranque	356,3	kN
Fabricante motor	Caterpillar	
Modelo del motor	3408	
Cilindrada	18	l
Velocidad máxima	21	km/h
Zona de trabajo	Recuperación	
Código		
Unidades disponibles	1	un

**Fuente:** Planta Otavalo  
**Elaborado por:** José Martínez



## Dumpers 769C

Dumpers 769C		
		
Datos Técnicos		
Marca	Caterpillar	
Modelo	769C	
Potencia efectiva	335,6	kW
Potencia total	353,5	kW
Capacidad de carga	23,6	m <sup>3</sup>
Carga útil	36741	kg
Carga de operación	70	%
Momento fuerza máximo	2314	Nm
Fabricante motor	Caterpillar	
Modelo del motor	3408	
Cilindrada	18	l
Velocidad máxima	75,2	km/h
Zona de trabajo	Recuperación	
Código		
Unidades disponibles	1	un

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez

## Apilador Radial

Apilador radial		
		
Datos Técnicos		
Marca	Hazemag	
Capacidad	600	ton
Ancho banda	1000	mm
Modelo	EP800 6+4	Corrugada
Potencia motor	55	kW
Inclinación	30	grados
Longitud transportador	120	m
Carro de traslación		
Potencia motor	3,725	kW

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez

ANEXO 10: Historial de paras

Historial de paras Perforadora ECM-590 EP-09

PERFORADORA ECM-590 EP-09												
H. Programa	H. Trab.	Horas de parada				Total Horas	Fiab %	Fiab mes %	Disp. mec. %	disp. mec. Mens. %	Disp. mec. Anual %	OBS
		Incid. Mec. Hr.	Inc. Proc. Hr.	Progr. Hr.	Circ. Hr.							
mar-01-ene	12,00	7,0	5,0			12,0	58%	62%	58,3%	61,6%	58,3%	REVISIÓN MECÁNICA
mié-02-ene	12,00	3,0	9,0			12,0	25%	62%	25,0%	61,7%	41,7%	REVISIÓN MECÁNICA
jue-03-ene	0,00	0,1				0,1	100%	62%	100,0%	62,4%	41,9%	VOLADURA
vie-04-ene	12,00	2,0			10,0	12,0	100%	62%	100,0%	62,4%	46,4%	LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DE BANCO
sáb-05-ene	12,00	4,0	8,0			12,0	33%	62%	33,3%	62,3%	42,3%	REVISIÓN MECÁNICA
dom-06-ene	12,00	5,0	7,0			12,0	42%	63%	41,7%	62,9%	42,1%	MANGUERA DEL GATO ESTABILIZADO
lun-07-ene	12,00	4,0	8,0			12,0	33%	63%	33,3%	63,3%	40,4%	MANGUERA DEL GATO ESTABILIZADO
mar-08-ene	12,00	3,0	9,0			12,0	25%	64%	25,0%	64,0%	37,9%	REVISIÓN MECÁNICA
mié-09-ene	12,00	5,0	0,0		7,0	12,0	100%	65%	100,0%	64,8%	41,8%	REVISIÓN MECÁNICA
jue-10-ene	12,00	6,0	1,0		5,0	12,0	86%	64%	85,7%	64,5%	45,4%	SE FRENA LA ROTACIÓN. REVISIÓN M
vie-11-ene	12,00	4,0	0,0		8,0	12,0	100%	64%	100,0%	64,2%	47,8%	REVISION DE MÁQUINA
sáb-12-ene	12,00	4,0	3,0		5,0	12,0	57%	64%	57,1%	63,9%	48,5%	SE AVERÍA UN PIN DEL GATO
dom-13-ene	12,00	5,0	2,0		5,0	12,0	71%	64%	71,4%	64,0%	50,0%	SE PARTIÓ UNA BROCA EN BARRENO.
lun-14-ene	12,00	5,0	0,0		7,0	12,0	100%	64%	100,0%	63,9%	52,3%	REVISIÓN MECÁNICA
mar-15-ene	12,00	4,0	0,0		8,0	12,0	100%	64%	100,0%	63,6%	54,0%	MANTENIMIENTO MECÁNICO
mié-16-ene	12,00	0,1	0,0		11,9	12,0	100%	63%	100,0%	63,3%	54,1%	VOLADURA
jue-17-ene	12,00	5,0	11,0			16,0	31%	63%	31,3%	63,3%	51,2%	PARADA POR FALLA MECÁNICA
vie-18-ene	12,00	7,0	9,0			16,0	44%	64%	43,8%	64,3%	50,4%	PARADA POR REVISIÓN PORQUE SE A
sáb-19-ene	12,00	7,0	9,0			16,0	44%	65%	43,8%	65,0%	49,8%	REVISIÓN MECÁNICA
dom-20-ene	12,00	8,0	0,0		8,0	16,0	100%	66%	100,0%	65,7%	52,1%	REVISIÓN MECÁNICA
lun-21-ene	12,00	4,0	12,0			16,0	25%	65%	25,0%	65,1%	49,8%	REVISIÓN MECÁNICA
mar-22-ene	12,00	6,0	6,0			12,0	50%	67%	50,0%	66,6%	49,8%	PÉRDIDA DE ACEITE POR DESGOGUE D
mié-23-ene	12,00	0,1			11,9	12,0	100%	67%	100,0%	67,0%	49,8%	VOLADURA. PÉRDIDA DE ACEITE POR
jue-24-ene	12,00	0,1			11,9	12,0	100%	67%	100,0%	67,0%	49,8%	VOLADURA
vie-25-ene	12,00	0,1	11,9			12,0	1%	67%	0,8%	67,0%	47,0%	AVERIADA TIRA ACEITE POR EL MOTO
sáb-26-ene	12,00	0,1	11,9			12,0	1%	69%	0,8%	68,9%	44,5%	SE LLEVAN PERFORADORA SM 590 Y T
dom-27-ene	12,00	0,1	11,9			12,0	1%	71%	0,8%	70,9%	42,3%	SE PREPARA NUEVA PERFORADORA
lun-28-ene	12,00	0,1	11,9			12,0	1%	73%	0,8%	73,0%	40,3%	SE HABILITA OPERADOR DE NUEVA PE

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez

### Historial de paras Tractor K-69 DN9

TRACTOR K-69 DN9												
H. Programad	H. Trab.	Horas de parada				Total Horas	Fiab %	Fiab mes %	disp. mec. %	disp. mec. Mens. %	disp. mec. Anual %	OBS
		Incid. Mec. Hr.	Inc. Proc. Hr.	Progr. Hr.	Circ. Hr.							
0,0	0,1					0,1	100%	76%	100,0%	76,3%	100,0%	NO SE PROGRAMO
12,0	10,0				2,0	12,0	100%	76%	100,0%	76,3%	100,0%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	8,0				4,0	12,0	100%	76%	100,0%	76,2%	100,0%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	10,0				2,0	12,0	100%	76%	100,0%	76,1%	100,0%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	8,0				4,0	12,0	100%	76%	100,0%	76,0%	100,0%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	6,0	6,0				12,0	50%	76%	50,0%	75,9%	87,5%	DAÑADO ENFRIADOR DE ACEITE
12,0	0,1	11,9				12,0	1%	76%	0,8%	76,0%	70,2%	MANTENIMIENTO
12,0	0,1	11,9				12,0	1%	76%	0,8%	76,5%	58,7%	MANTENIMIENTO
12,0	0,1	11,9				12,0	1%	77%	0,8%	76,9%	50,4%	MANTENIMIENTO
12,0	9,0				3,0	12,0	100%	77%	100,0%	77,4%	55,2%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	9,0				3,0	12,0	100%	77%	100,0%	77,3%	59,2%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	10,0					10,0	100%	77%	100,0%	77,2%	62,8%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	9,0				3,0	12,0	100%	77%	100,0%	77,0%	65,6%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	10,0				2,0	12,0	100%	77%	100,0%	76,9%	68,2%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	10,0				2,0	12,0	100%	77%	100,0%	76,8%	70,4%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	10,0				2,0	12,0	100%	77%	100,0%	76,7%	72,4%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	10,0				2,0	12,0	100%	77%	100,0%	76,6%	74,1%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	10,0				2,0	12,0	100%	76%	100,0%	76,5%	75,6%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	8,0				4,0	12,0	100%	76%	100,0%	76,3%	76,7%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	8,0				4,0	12,0	100%	76%	100,0%	76,2%	77,7%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	10,0				2,0	12,0	100%	76%	100,0%	76,1%	78,8%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	9,0				3,0	12,0	100%	76%	100,0%	76,0%	79,8%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	10,0				2,0	12,0	100%	76%	100,0%	75,9%	80,7%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	10,0				2,0	12,0	100%	76%	100,0%	75,8%	81,6%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	11,0				1,0	12,0	100%	76%	100,0%	75,6%	82,4%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	7,0				5,0	12,0	100%	76%	100,0%	75,5%	82,9%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	10,0				2,0	12,0	100%	75%	100,0%	75,4%	83,6%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	9,0				3,0	12,0	100%	75%	100,0%	75,3%	84,2%	ALIMENTACION TRANSPORTE

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez

### Historial de paras Excavadora CAT 365CL K-129

EXCAVADORA CAT 365CL K-129												
H. Programad	H. Trab.	Horas de parada				Total Horas	Fiab %	Fiab mes %	disp. mec. %	disp. mec. Mens. %	disp. mec. Anual %	OBS
		Incid. Mec. Hr.	Inc. Proc. Hr.	Progr. Hr.	Circ. Hr.							
12,0	0,1					0,1	100%	71%	100,0%	100,0%	100,0%	NO SE PROGRAMO
12,0	0,1					0,1	100%	71%	100,0%	100,0%	100,0%	NO SE PROGRAMO
12,0	11,0				1,0	12,0	100%	71%	100,0%	100,0%	100,0%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	8,0				4,0	12,0	100%	71%	100,0%	100,0%	100,0%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	8,0				4,0	12,0	100%	71%	100,0%	100,0%	100,0%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	9,0				1,0	10,0	100%	71%	100,0%	100,0%	100,0%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	8,0				4,0	12,0	100%	71%	100,0%	100,0%	100,0%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	2,0	10,0				12,0	17%	71%	16,7%	82,2%	82,2%	ROTURA DE MANGUERA
12,0	0,1	11,9				12,0	1%	71%	0,8%	67,9%	67,9%	ROTURA DE MANGUERA
12,0	8,0				4,0	12,0	100%	71%	100,0%	71,3%	71,3%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	9,0				3,0	12,0	100%	71%	100,0%	74,3%	74,3%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	7,0	5,0				12,0	58%	71%	58,3%	72,3%	72,3%	ROTURA DE MANGUERA
12,0	10,0				2,0	12,0	100%	71%	100,0%	74,9%	74,9%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	10,0				2,0	12,0	100%	71%	100,0%	77,0%	77,0%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	8,0				4,0	12,0	100%	71%	100,0%	78,5%	78,5%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	9,0				3,0	12,0	100%	71%	100,0%	80,0%	80,0%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	9,0				3,0	12,0	100%	71%	100,0%	81,2%	81,2%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	9,0				3,0	12,0	100%	71%	100,0%	82,3%	82,3%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	9,0				3,0	12,0	100%	71%	100,0%	83,3%	83,3%	ALIMENTACION TRANSPORTE
12,0	6,0	6,0				12,0	50%	70%	50,0%	81,0%	81,0%	DAÑO DE TEMPERATURA
12,0	0,1	11,9				12,0	1%	71%	0,8%	75,8%	75,8%	MOTOR DE VENTILADOR DAÑADO
12,0	0,1	11,9				12,0	1%	71%	0,8%	71,2%	71,2%	MOTOR DE VENTILADOR DAÑADO
12,0	0,1	11,9				12,0	1%	71%	0,8%	67,2%	67,2%	MOTOR DE VENTILADOR DAÑADO
12,0	0,1	11,9				12,0	1%	72%	0,8%	63,6%	63,6%	MOTOR DE VENTILADOR DAÑADO
12,0	0,1	11,9				12,0	1%	72%	0,8%	60,4%	60,4%	MOTOR DE VENTILADOR DAÑADO
12,0	0,1	11,9				12,0	1%	72%	0,8%	57,5%	57,5%	MOTOR DE VENTILADOR DAÑADO
12,0	0,1	11,9				12,0	1%	73%	0,8%	54,8%	54,8%	MOTOR DE VENTILADOR DAÑADO
12,0	0,1	11,9				12,0	1%	73%	0,8%	52,4%	52,4%	MOTOR DE VENTILADOR DAÑADO

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez

### Historial de paras Dumper D-18 773 B

DUMPER D-18 773 B												
H. Programad	H. Trab.	Horas de parada				Total Horas	Fiab %	Fiab mes %	disp. mec. %	disp. mec. Mens. %	disp. mec. Anual %	OBS
		Incid. Mec.	Inc. Proc.	Progr.	Circ.							
		Hr.	Hr.	Hr.	Hr.							
16,0	13,0				3,0	16,0	100%	94%	100,0%	95,7%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	13,0				3,0	16,0	100%	94%	100,0%	95,7%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	7,0				9,0	16,0	100%	94%	100,0%	95,6%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	7,0				9,0	16,0	100%	94%	100,0%	95,6%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	8,0				8,0	16,0	100%	94%	100,0%	95,5%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	8,0				8,0	16,0	100%	94%	100,0%	95,5%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	94%	100,0%	95,5%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	93%	100,0%	95,4%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	11,0				5,0	16,0	100%	93%	100,0%	95,4%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	93%	100,0%	95,3%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	3,0				13,0	16,0	100%	93%	100,0%	95,2%	100,0%	SALE DE OPERACIONES

**Fuente:** Planta Otavalo

**Elaborado por:** José Martínez

### Historial de paras Excavadora DOOSAN 500

EXCAVADORA DOOSAN 500												
H. Programada	H. Trab.	Horas de parada				Total Horas	Fiab %	Fiab mes %	disp. mec. %	disp. mec. Anual %	disp. mec. Anual %	OBS
		Incid. Mec. Hr.	Inc. Proc. Hr.	Progr. Hr.	Circ. Hr.							
16,0	5,0				11,0	16,0	100%	86%	100,0%	88,7%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	7,0				9,0	16,0	100%	86%	100,0%	88,6%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	6,0				10,0	16,0	100%	86%	100,0%	88,6%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	11,0				5,0	16,0	100%	86%	100,0%	88,5%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	14,0				2,0	16,0	100%	86%	100,0%	88,4%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	86%	100,0%	88,3%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	7,0	9,0				16,0	44%	86%	43,8%	88,3%	86,8%	PROBLEMA MECANICO
16,0	6,0	9,0			1,0	16,0	40%	86%	40,0%	88,7%	78,3%	PROBLEMA MECANICO
16,0	10,0				6,0	16,0	100%	87%	100,0%	89,2%	80,6%	FALTA DE MATERIAL
16,0	14,0	2,0				16,0	88%	87%	87,5%	89,2%	81,7%	ALIMENTACION
16,0	10,0				6,0	16,0	100%	87%	100,0%	89,2%	83,2%	FALTA DE MATERIAL
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	86%	100,0%	89,1%	85,1%	ALIMENTACION
16,0	11,0				5,0	16,0	100%	86%	100,0%	89,0%	86,2%	ALIMENTACION
16,0	6,0	2,0			8,0	16,0	75%	86%	75,0%	88,9%	85,6%	FALTA DE MATERIAL/MANTENIMIENTO
16,0	10,0				6,0	16,0	100%	86%	100,0%	89,0%	86,5%	FALTA DE MATERIAL
16,0	0,1				15,9	16,0	100%	86%	100,0%	88,9%	86,5%	OPERATIVO
16,0	10,0				6,0	16,0	100%	86%	100,0%	88,9%	87,3%	FALTA DE MATERIAL
16,0	10,0				6,0	16,0	100%	86%	100,0%	88,8%	88,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	11,0				5,0	16,0	100%	86%	100,0%	88,8%	88,7%	FALTA DE MATERIAL
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	86%	100,0%	88,7%	89,5%	ALIMENTACION
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	85%	100,0%	88,5%	89,9%	FALTA DE MATERIAL
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	85%	100,0%	88,5%	90,3%	FALTA DE MATERIAL
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	85%	100,0%	88,4%	90,7%	FALTA DE MATERIAL
16,0	7,0				9,0	16,0	100%	85%	100,0%	88,3%	91,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	13,0				3,0	16,0	100%	85%	100,0%	88,2%	91,4%	ALIMENTACION/TRANSPORTE
16,0	14,0				2,0	16,0	100%	85%	100,0%	88,1%	91,9%	ALIMENTACION /FALLA DE ENERGIA
16,0	11,0				5,0	16,0	100%	85%	100,0%	88,0%	92,2%	FALTA DE MATERIAL
16,0	13,0				3,0	16,0	100%	84%	100,0%	87,9%	92,5%	ALIMENTACION

Fuente: Planta Otavalo  
 Elaborado por: José Martínez

### Historial de paras Pala Cargadora Recuperación K-125 988B

PALA CARGADORA RECUPERACIÓN K-125 988B												
H. Programada	H. Trab.	Horas de parada				Total Horas	Fiab %	Fiab mes %	disp. mec. %	disp. mec. Mens. %	disp. mec. Anual %	OBS
		Incid. Mec. Hr.	Inc. Proc. Hr.	Progr. Hr.	Circ. Hr.							
16,0	11,0			3,0	2,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,7%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	7,0				9,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,6%	100,0%	OPERATIVA
16,0	8,0				8,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,6%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	11,0				5,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,6%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	10,0				6,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,5%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,5%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	8,0				8,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,4%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,4%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	11,0				5,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,4%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	14,0				2,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,3%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,3%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	12,0				4,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,2%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	13,0				3,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,2%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	11,0				5,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,1%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	13,0				3,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,0%	100,0%	PARADA POR INSPECION DE TRITURADORA
16,0	10,0				6,0	16,0	100%	85%	100,0%	85,0%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	13,0				3,0	16,0	100%	84%	100,0%	84,9%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	14,0				2,0	16,0	100%	84%	100,0%	84,9%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	12,0				4,0	16,0	100%	84%	100,0%	84,8%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	14,0				2,0	16,0	100%	84%	100,0%	84,7%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	12,0				4,0	16,0	100%	84%	100,0%	84,7%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	12,0				4,0	16,0	100%	84%	100,0%	84,6%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	5,0	2,0			9,0	16,0	71%	84%	71,4%	84,5%	99,2%	CAMBIO DE ACEITE
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	84%	100,0%	84,6%	99,2%	FALTA DE MATERIAL
16,0	13,0				3,0	16,0	100%	84%	100,0%	84,5%	99,3%	FALTA DE MATERIAL
16,0	14,0				2,0	16,0	100%	84%	100,0%	84,4%	99,3%	ALIMENTACION
16,0	12,0				4,0	16,0	100%	84%	100,0%	84,4%	99,3%	ALIMENTACION
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	84%	100,0%	84,3%	99,4%	ALIMENTACION

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez

### Historial de paras Dumper 224, AO 773D

DUMPER 224.AO 773D												
H. Programada	H. Trab.	Horas de parada				Total Horas	Fiab %	Fiab mes %	disp. mec. %	disp. mec. Mens. %	disp. mec. Anual %	OBS
		Incid. Mec. Hr.	Inc. Proc. Hr.	Progr. Hr.	Circ. Hr.							
16,0	11,0				5,0	16,0	100%	87%	100,0%	88,0%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	87%	100,0%	88,0%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	8,0				8,0	16,0	100%	87%	100,0%	88,0%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	87%	100,0%	87,9%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	8,0				8,0	16,0	100%	87%	100,0%	87,9%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	8,0				8,0	16,0	100%	87%	100,0%	87,9%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	10,0				6,0	16,0	100%	87%	100,0%	87,8%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	87%	100,0%	87,8%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	11,0				5,0	16,0	100%	87%	100,0%	87,7%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	14,0				2,0	16,0	100%	87%	100,0%	87,7%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	10,0				6,0	16,0	100%	87%	100,0%	87,6%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	12,0				4,0	16,0	100%	87%	100,0%	87,6%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	12,0				4,0	16,0	100%	87%	100,0%	87,5%	100,0%	FALTA DE MATERIAL
16,0	10,0				6,0	16,0	100%	87%	100,0%	87,5%	100,0%	TRITURADA ATASCADA
16,0	5,0				11,0	16,0	100%	87%	100,0%	87,4%	100,0%	TRTURADORA DAÑADA
16,0	7,0				9,0	16,0	100%	86%	100,0%	87,4%	100,0%	LIMPIEZA DE TRITURADORA
16,0	12,0				4,0	16,0	100%	86%	100,0%	87,4%	100,0%	ATASCAMIENTO TRITURADORA
16,0	11,0				5,0	16,0	100%	86%	100,0%	87,3%	100,0%	LIMPIEZA DE TRITURADORA
16,0	12,0				4,0	16,0	100%	86%	100,0%	87,3%	100,0%	LIMPIEZA DE TRITURADORA
16,0	13,0	2,0			1,0	16,0	87%	86%	86,7%	87,2%	99,0%	CAMBIO DE ACEITE
16,0	14,0				2,0	16,0	100%	86%	100,0%	87,2%	99,1%	ALIMENTACION
16,0	9,0				7,0	16,0	100%	86%	100,0%	87,1%	99,1%	FALTA DE MATERIAL
16,0	7,0				9,0	16,0	100%	86%	100,0%	87,1%	99,1%	FALTA DE MATERIAL
16,0	7,0				9,0	16,0	100%	86%	100,0%	87,1%	99,2%	FALTA DE MATERIAL
16,0	13,0				3,0	16,0	100%	86%	100,0%	87,0%	99,2%	FALTA DE MATERIAL
16,0	12,0	4,0				16,0	75%	86%	75,0%	87,0%	97,8%	MANTENIMIENTO MECANICO
16,0	12,0				4,0	16,0	100%	86%	100,0%	87,0%	97,9%	ATASCAMIENTO TRITURADORA
16,0	14,0				2,0	16,0	100%	86%	100,0%	87,0%	98,0%	FALTA DE MATERIAL

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez



**Tabla 36.** Historial de paras Pala Despacho K-88

PALA DESPACHO K-88												
H. Programada	H. Trab.	Horas de parada				Total Horas	Fiab	Fiab mes	disp. mec.	disp. mec. Mens.	disp. mec. Anual	OBS
		Incid. Mec.	Inc. Proc.	Progr.	Circ.							
Hr.	Hr.	Hr.	Hr.	Hr.	Hr.	%	%	%	%	%		
16,0	0,1					0,1	100%	97%	100,0%	96,8%	100,0%	NO SE PROGRAMO
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	97%	100,0%	96,8%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	97%	100,0%	96,8%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	97%	100,0%	96,8%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	10,0				6,0	16,0	100%	97%	100,0%	96,8%	100,0%	TERMINA DESPACHO
16,0	0,1					0,1	100%	97%	100,0%	96,7%	100,0%	NO SE PROGRAMO
16,0	14,0				2,0	16,0	100%	97%	100,0%	96,7%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	97%	100,0%	96,7%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	97%	100,0%	96,7%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	97%	100,0%	96,7%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	96%	100,0%	96,7%	100,0%	ALIMENTACION
12,0	11,0				1,0	12,0	100%	96%	100,0%	96,7%	100,0%	ALIMENTACION
0,0	0,1					0,1	100%	96%	100,0%	96,7%	100,0%	NO SE PROGRAMO
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	96%	100,0%	96,7%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	96%	100,0%	96,6%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	96%	100,0%	96,6%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	12,0				4,0	16,0	100%	96%	100,0%	96,6%	100,0%	TERMINA DESPACHO
16,0	11,0				5,0	16,0	100%	96%	100,0%	96,6%	100,0%	TERMINA DESPACHO
0,0	0,1					0,1	100%	96%	100,0%	96,6%	100,0%	NO SE PROGRAMO
0,0	0,1					0,1	100%	96%	100,0%	96,6%	100,0%	NO SE PROGRAMO
16,0	11,0				5,0	16,0	100%	96%	100,0%	96,6%	100,0%	TERMINA DESPACHO
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	96%	100,0%	96,6%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	96%	100,0%	96,5%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	96%	100,0%	96,5%	100,0%	ALIMENTACION
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	96%	100,0%	96,5%	100,0%	ALIMENTACION
0,0	0,1					0,1	100%	96%	100,0%	96,5%	100,0%	NO HAY DESPACHO
0,0	0,1					0,1	100%	96%	100,0%	96,5%	100,0%	NO HAY DESPACHO
16,0	15,0				1,0	16,0	100%	96%	100,0%	96,5%	100,0%	ALIMENTACION

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez

### Historial de paras Cargadora K-81 992D

CARGADORA K-81 992D												
H. Programada	H. Trab.	Horas de parada				Total Horas	Fiab %	Fiab mes %	disp. mec. %	disp. mec. Mens. %	disp. mec. Anual %	OBS
		Incid. Mec. Hr.	Inc. Proc. Hr.	Progr. Hr.	Crc. Hr.							
16,00	14,0				2,0	16,0	100%	75%	100,0%	74,8%	100,0%	REVISIÓN MECÁNICA
16,00	15,0				1,0	16,0	100%	75%	100,0%	74,7%	100,0%	ALIMENTACIÓN, ABASTECIMIENTO COMBUSTIBLE
16,00	14,0	1,0			2,0	17,0	93%	75%	93,3%	74,6%	97,7%	PARADA POR VOLADURA EN MINA. SE PARA POR FALLA DEL ARRANQUE
16,00	13,0				3,0	16,0	100%	74%	100,0%	74,5%	98,2%	ALIMENTACIÓN, ABASTECIMIENTO COMBUSTIBLE
16,00	14,0	1,5			0,5	16,0	90%	74%	90,3%	74,4%	96,6%	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE, ALIMENTACIÓN
16,00	14,0				2,0	16,0	100%	74%	100,0%	74,3%	97,1%	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE. SE PARA POR FALLA EN EL ARRANQUE
16,00	14,0	1,0			1,0	16,0	93%	74%	93,3%	74,2%	96,6%	PARADA POR MANTENIMIENTO, ABASTECIMIENTO
16,00	13,0	2,0			1,0	16,0	87%	74%	86,7%	74,1%	95,3%	PARADA POR MANATENIMIENTO DE BATERIAS Y ABASTECIMIENTO
16,00	15,0				1,0	16,0	100%	74%	100,0%	74,1%	95,8%	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE, ALIMENTACIÓN
16,00	12,0	4,0				16,0	75%	74%	75,0%	74,0%	93,6%	ROTURA DE MANGUERA DEL GATO DERECHO DE DIRECCIÓN.
16,00	7,0	8,0			1,0	16,0	47%	74%	46,7%	74,0%	89,2%	SE CAMBIA DE MANGUERA DEL GATO DERECHO DE DIRECCIÓN. SE PARA POR REVISIÓN DE
16,00	14,0				2,0	16,0	100%	74%	100,0%	74,1%	90,1%	SE REvisa MÁQUINA Y APOYA EN DESCARGA DEL CAT 773 (D-15). SE PARA POR CAÍDA DE F
16,00	14,0				2,0	16,0	100%	74%	100,0%	74,0%	90,8%	REVISIÓN DE MÁQUINA. SE PARA PARA REPOSTAR
16,00	13,0				3,0	16,0	100%	74%	100,0%	73,9%	91,4%	REVISIÓN DE MÁQUINA. SE PARA POR CAÍCA DE ROCAS DEL TALUD.
16,00	10,0	6,0				16,0	63%	74%	62,5%	73,8%	89,3%	SE PARA POR ARRGLLO DE CÁMARA
16,00	7,0				9,0	16,0	100%	74%	100,0%	73,8%	89,6%	SE PARA PARA COLOCAR CÁMARA POR CONTROTEL. SE PARA POR CAÍDA DE ROCAS POR L
16,00	13,0				3,0	16,0	100%	74%	100,0%	73,8%	90,2%	SE COMPLETA AIRE DE RUEDAS. SE PARA PARA REPOSTAR
16,00	14,0				2,0	16,0	100%	74%	100,0%	73,7%	90,7%	REVISIÓN DE MÁQUINA. SE PARA PARA REPOSTAR
16,00	15,0				1,0	16,0	100%	73%	100,0%	73,5%	91,2%	SE PARA POR CAÍDA DE ROCAS POR LLUVIA.
16,00	13,0				3,0	16,0	100%	73%	100,0%	73,4%	91,7%	SE PARA PARA REPOSTAR. SE PARA POR CAÍDA DE ROCAS POR LLUVIA.
16,00	11,0	5,0				16,0	69%	73%	68,8%	73,3%	90,4%	SE PARA POR CALENTAMIENTO DEL TURBO.
16,00	3,0	13,0				16,0	19%	73%	18,8%	73,3%	86,8%	PARADA EN TALLER POR PROBLEMA DE TURBO DERECHO.
16,00	11,0	5,0				16,0	69%	74%	68,8%	73,6%	85,9%	PARADA EN TALLER POR PROBLEMA DE TURBO DERECHO.
16,00	4,0	12,0				16,0	25%	74%	25,0%	73,6%	83,1%	EN TALLER POR CAMBIO DE EMPAQUES Y RETENEDORES DE LA TRANSMISIÓN.
16,00	11,0	5,0				16,0	69%	74%	68,8%	73,9%	82,4%	EN TALLER PARA REPARACIÓN DE FUGAS DE ACEITE EN EMPAQUES Y RETENEDORES DE LA
16,00	15,0				1,0	16,0	100%	74%	100,0%	73,9%	83,1%	ABASTECIMIENTO.
16,00	12,0	4,0				16,0	75%	74%	75,0%	73,8%	82,8%	PARADA POR REVISIÓN DE PERNO CAIDO DEL TURBO.
16,00	6,0	10,0				16,0	38%	74%	37,5%	73,8%	81,0%	PARADA POR DAÑO DE CADENA DE NEUMÁTICO

**Fuente:** Planta Otavalo  
**Elaborado por:** José Martínez

### Historial de paras Excavadora K-108 210LC

EXCAVADORA K-108 210LC												
H. Programada	H. Trab.	Horas de parada				Total Horas	Fiab %	Fiab mes %	disp. mec. %	disp. mec. Mens. %	disp. mec. Anual %	OBS
		Incid. Mec. Hr.	Inc. Proc. Hr.	Progr. Hr.	Circ. Hr.							
12,00	6,0				6,0	0,0	100%	96%	100,0%	99,3%	100,0%	FALTA DE MATERIAL PARA PICAR
12,00	3,0				9,0	1009,5	100%	96%	100,0%	99,3%	100,0%	FALTA DE MATERIAL PARA PICAR
12,00	6,0				6,0	4494,6	100%	96%	100,0%	99,3%	100,0%	FALTA DE MATERIAL PARA PICAR
12,00	7,0				5,0	4303,8	100%	96%	100,0%	99,3%	100,0%	FALTA DE MATERIAL PARA PICAR
12,00	0,1		11,9			4472,7	1%	96%	100,0%	99,3%	100,0%	FALTA DE MATERIAL PARA PICAR
12,00	0,1		11,9			4953,6	1%	97%	100,0%	99,3%	100,0%	FALTA DE MATERIAL PARA PICAR
12,00	0,1		11,9			866,9	1%	97%	100,0%	99,3%	100,0%	FALTA DE MATERIAL PARA PICAR
12,00	0,1		11,9			0,1	1%	98%	100,0%	99,3%	100,0%	FALTA DE MATERIAL PARA PICAR
12,00	4,0				8,0	12,0	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	FALTA DE MATERIAL PARA PICAR
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
12,00	3,0				9,0	12,0	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	LIMPIEZA DE MATERIAL
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
12,00	5,0				7,0	12,0	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	CARGANDO MATERIAL
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
12,00	7,0				5,0	12,0	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	FALTA DE MATERIAL PARA PICAR
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA
0,00	0,1					0,1	100%	99%	100,0%	99,3%	100,0%	NO SE PROGRAMA

Fuente: Planta Otavalo

Elaborado por: José Martínez