



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA
MODALIDAD SEMIPRESENCIAL

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS

SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA
DE TRITURACIÓN DE MATERIAL PÉTREO EN EL GOBIERNO
AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE SANTO
DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, AÑO 2014.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

JULIO CESAR MULLO CHANGO

DIRECTOR

Ing. LEONARDO BAQUE MITE, M.Sc.

QUEVEDO – ECUADOR

2015

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Julio César Mullo Chango**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

JULIO CÉSAR MULLO CHANGO

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

El suscrito, Ing. Leonardo Baque Mite, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado Julio César Mullo Chango, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial titulada “**SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE TRITURACIÓN DE MATERIAL PÉTREO EN EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, AÑO 2014.**”, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. LEONARDO BAQUE MITE, M.Sc.

DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA
MODALIDAD SEMIPRESENCIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Presentado a la Comisión Académica de la Unidad de Estudios a Distancia como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Aprobado:

Ing. Pedro Intriago Zamora, M.Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Milton Peralta Fonseca, MBA.	Ing. Teresa Llerena Guevara, M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS	MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

QUEVEDO – ECUADOR
2015

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, esposa y a mis hijos por el apoyo moral, que en todo momento fueron soporte fundamental para poder lograr mi objetivo.

Agradezco también la dedicación, paciencia y confianza de parte de mis tutores por haber compartido sus conocimientos, orientación y amistad.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a todas aquellas personas que con su comprensión y apoyo influyeron en el cumplimiento de mi objetivo. Espero contar siempre con el valioso aporte incondicional.

Julio Cesar

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
Portada	i
Declaración de autoría y cesión de derechos	ii
Certificación del director de tesis	iii
Tribunal de tesis.....	iv
Agradecimiento	v
Dedicatoria	vi
Índice general	vii
Índice de cuadros.....	xiii
Índice de gráficos.....	xvi
Índice de tablas.....	xvii
Índice de figuras.....	xviii
Índice de anexos.....	xix
Resumen	xx
Abstract	xxi
CAPÍTULO I: MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Introducción	2
1.1.1. Problematización	3
1.1.2. Justificación	3
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.3. Hipótesis	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Fundamentación teórica	7
2.1.1. Mantenimiento	7
2.1.2. Gestión de mantenimiento	7
2.1.3. Objetivos del mantenimiento.....	8
2.1.4. Funciones del mantenimiento	9

2.1.5.	Tipos de mantenimiento.....	9
2.1.5.1.	Objetivos del mantenimiento preventivo	10
2.1.5.2.	Ventajas del mantenimiento preventivo	11
2.1.5.2.1.	Ventajas operativas del mantenimiento preventivo	11
2.1.5.2.2.	Ventajas económicas del mantenimiento preventivo	11
2.1.5.3.	Desventajas del mantenimiento preventivo	12
2.1.6.	Plan de gestión de mantenimiento.....	12
2.1.7.	Fichas de mantenimiento.....	13
2.1.8.	Ingeniería del mantenimiento.....	14
2.1.9.	Sistemas de gestión de mantenimiento	15
2.1.10.	Medidores de la gestión del mantenimiento.....	15
2.1.10.1.	Ciclo habitual de la gestión de mantenimiento.....	15
2.1.11.	Fallas	16
2.1.11.1.	Fallas tempranas	16
2.1.11.2.	Fallas adultas.....	16
2.1.11.3.	Fallas tardías	17
2.1.12.	Costos de mantenimiento	17
2.1.12.1.	Costos directos	17
2.1.12.2.	Costos indirectos	17
2.1.12.3.	Costos de tiempos perdidos	18
2.1.12.4.	Costos generales.....	18
2.1.13.	Eficiencia	19
2.1.13.1.	Productividad	19
2.1.13.2.	Fórmulas para calcular productividad	20
2.1.14.	Trituración.....	20
2.1.14.1.	Objetivos de la trituración	21
2.1.14.2.	Etapas de la trituración	21
2.1.14.3.	Trituradora	22
2.1.14.4.	Tipos de trituradoras.....	22
2.1.15.	Materiales pétreos	23
2.1.15.1.	Clasificación de materiales pétreos	23
2.1.15.2.	Materiales pétreos naturales.....	24

2.1.15.3.	Materiales pétreos artificiales	24
2.1.15.4.	Materiales pétreos industriales	24
2.1.16.	Marco legal	24
2.1.16.1.	Constitución de la república del Ecuador.....	25
2.1.16.2.	Ley orgánica del servicio público (LOSEP).....	26
2.1.16.3.	Código orgánico de ordenamiento territorial, autonomía y descentralización	26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		28
3.1.	Materiales y métodos.....	29
3.1.1.	Localización de la Investigación	29
3.1.2.	Materiales y equipos	29
3.1.2.1.	Equipo humano.....	29
3.1.2.2.	Materiales de oficina	29
3.1.2.3.	Equipo de oficina	29
3.2.	Tipos de investigación	30
3.2.1.	Investigación de campo	30
3.2.2.	Investigación bibliográfica.....	30
3.2.3.	Investigación descriptiva.....	30
3.3.	Métodos de investigación	30
3.3.1.	Analítico	31
3.3.2.	Deductivo.....	31
3.3.3.	Sintético	31
3.4.	Población y muestra	31
3.4.1.	Población.....	31
3.4.2.	Muestra.....	32
3.5.	Procedimiento Metodológico.....	32
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		34
4.1.	Resultados.....	35
4.1.1.	Estado actual de los equipos de trituración de material pétreo.....	35

4.1.1.1.	Resultados de la encuesta realizada al personal operativo de la planta de trituración.....	35
4.1.1.2.	Resultados de la entrevista Jefe del departamento de obras públicas.....	42
4.1.2.	Estudio técnico de la productividad de la planta de trituración de material pétreo	43
4.1.2.1.	Producción mensual de piedras trituradas.....	43
4.1.2.2.	Producción mensual por tipo de piedras.....	44
4.1.2.3.	Eficiencia del proceso de trituración	45
4.1.2.4.	Problemas que afectan al proceso productivo	46
4.1.2.4.1.	Paralizaciones causadas por daños en las máquinas	46
4.1.2.4.2.	Paralizaciones causadas por material húmedo por lluvia	50
4.1.2.4.3.	Paralizaciones causadas por falta de stock.....	51
4.1.2.4.4.	Paralizaciones causadas por desabastecimiento de combustible.....	52
4.1.2.4.5.	Paralizaciones causadas por producción subbase	53
4.1.2.4.6.	Paralizaciones causadas por riesgo de desastre por lluvia.....	54
4.1.2.4.7.	Paralizaciones causadas por mantenimiento predictivo de equipos	54
4.1.2.4.8.	Paralizaciones causadas por ausencia de cargadora y/o volqueta	55
4.1.2.4.9.	Paralizaciones causadas por otras causas.....	56
4.1.2.5.	Resumen de registro de problemas que afectan la productividad de los equipos de trituración de material pétreo.....	56
4.1.2.5.1.	Frecuencia de número de paralizaciones de las causas que afectan la productividad de los equipos de trituración de material pétreo	58
4.1.2.5.2.	Frecuencia en horas de las causas que afectan la productividad de los equipos de trituración de material pétreo.....	59

4.1.2.6.	Impacto económico del tiempo improductivo en el proceso de trituración de material pétreo.....	61
4.1.2.6.1.	Costo Hora - Hombre.....	62
4.1.2.6.2.	Costo Hora - Máquina.....	63
4.1.2.6.3.	Costo Hora - Improductiva	63
4.1.2.6.4.	Costo anual por concepto de paralizaciones del equipo de trituración	63
4.1.3.	Actividades y recursos para el sistema de gestión de mantenimiento	64
4.1.3.1.	Maquinarias del proceso de trituración	65
4.1.3.2.	Proceso de trituración de material pétreo	65
4.1.3.3.	Actividades necesarias del sistema de gestión.....	67
4.1.3.4.	Recursos necesarios del sistema de gestión.....	70
4.1.3.4.1.	Máquinas-Herramientas necesarias	70
4.1.3.4.2.	Equipos de oficina necesarios	70
4.1.3.4.3.	Galpón necesario para el funcionamiento del sistema	71
4.1.3.4.4.	Evaluación de la propuesta de implementación del sistema de gestión del mantenimiento.....	72
4.1.4.	Frecuencia adecuada de mantenimiento de los equipos de trituración de material pétreo	74
4.1.5.	Acciones de seguimiento para la mejora continua del sistema de gestión de mantenimiento	83
4.1.5.1.	Política de mantenimiento.....	83
4.1.5.2.	Objetivos del mantenimiento.....	84
4.1.5.3.	Sistema de indicadores de gestión del mantenimiento.....	85
4.1.5.3.1.	Tablero de control.....	85
4.1.5.3.2.	Criterios del establecimiento de indicadores de gestión de mantenimiento	86
4.1.5.3.3.	Cálculo de indicadores de efectividad	87
4.1.5.3.4.	Cálculo de indicadores de eficiencia.....	88
4.1.5.3.5.	Cálculo de indicadores de eficacia	89
4.1.5.4.	Sistema documental	90

4.1.5.4.1.	Recopilación de la información	90
4.1.5.4.2.	Hoja de actividades diarias	91
4.1.5.4.3.	Hoja de averías.....	91
4.1.5.4.4.	Hoja de percances.....	91
4.1.5.4.5.	Hoja de trabajo de la maquinaria	91
4.1.5.4.6.	Hoja de orden de trabajo	91
4.1.5.5.	Actividades y frecuencia de mantenimiento.....	92
4.2.	Discusión	92
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		94
5.1.	Conclusiones	95
5.2.	Recomendaciones	96
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA		98
6.1.	Literatura Citada	99
CAPÍTULO VII: ANEXOS.....		102

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Resultados entrevista al jefe del departamento de obras publicas.....	42
2	Producción mensual año 2014	43
3	Producción mensual por tipo de piedra	44
4	Paralizaciones causadas por daños en los equipos	46
5	Paralizaciones causadas por material húmedo debido a lluvia.....	51
6	Paralizaciones causadas por material húmedo debido a lluvia.....	52
7	Paralizaciones causadas por material húmedo debido a lluvia.....	53
8	Paralizaciones causadas por producción subbase	53
9	Paralizaciones causadas por riesgo de desastre por lluvia.....	54
10	Paralizaciones causadas por mantenimiento predictivo de equipos	54
11	Paralizaciones causadas por ausencia de cargadora y/o volqueta	55
12	Paralizaciones por otras causas	56
13	Resumen de horas y paralizaciones de equipos	57
14	Frecuencia del número de paralizaciones de los equipos	58
15	Frecuencia de las horas de paralizaciones de los equipos	60

16	Costo de reparación de equipos de trituración	62
17	Costo anual de las pérdidas económicas	64
18	Equipos para la trituración de material pétreo	65
19	Tareas y actividades de mantenimiento transportador de alimentación en planta	68
20	Tareas y actividades de mantenimiento transportador de producto en planta	68
21	Tareas y actividades de mantenimiento transportador de descarga	68
22	Tareas y actividades de mantenimiento transportador de producto mayor	69
23	Tareas y actividades de mantenimiento de elementos del triturador.....	69
24	Máquinas-herramientas necesarias.....	70
25	Equipos de oficina necesarios	71
26	Costos de construcción de galpón	71
27	Inversión para sistema de gestión	72
28	Flujo de caja de evaluación de propuesta.....	73
29	Beneficio/Costo.....	74
30	Frecuencia de mantenimiento transportador de alimentación en planta.....	76
31	Frecuencia de mantenimiento transportador de producto en planta	77
32	Frecuencia de mantenimiento transportador de descarga	78

33	Frecuencia de mantenimiento transportador de producto mayor.....	79
34	Frecuencia de mantenimiento elementos del triturador	80
35	Frecuencia de mantenimiento elementos del triturador	85
36	Registro de producción real vs programada. TDPM	87
37	Indicadores de efectividad	87
38	Indicadores de eficiencia	88
39	Indicadores de eficiencia	90

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico		Página
1.	Existencia de un cronograma de mantenimiento	35
2.	Nivel de cumplimiento del mantenimiento de los equipos	36
3.	Frecuencia de tiempos improductivos	36
4.	Causas de tiempos improductivos	37
5.	Causas de stock no disponible para la trituración.....	38
6.	Causas principales de daños de los equipos.....	38
7.	Frecuencia de capacitaciones para labores de mantenimiento	39
8.	Accionar de las actividades en plan de gestión de mantenimiento	40
9.	Necesidad de un plan de gestión de mantenimiento	40
10.	Aspectos de mayor desarrollo para el proceso de trituración	41
11.	Producción mensual año 2014	44
12.	Producción mensual por tipo de piedra	45
13.	Resumen de horas y paralizaciones de equipos	57
14.	Frecuencia del número de paralizaciones de los equipos	59
15.	Frecuencia de las horas de paralizaciones de los equipos	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1.	Ejemplo plan de mantenimiento.....	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Ciclo habitual del mantenimiento	16
2.	Flujo del proceso de trituración de material pétreo	66
3.	Identificación método del semáforo	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1.	Encuesta dirigida al personal inmerso en el proceso de trituración de material pétreo	103
2.	Entrevista al jefe del departamento de obras públicas del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas	106
3.	Minado del Material Pétreo	109
4.	Clasificación del Material Pétreo.....	109
5.	Trituración del Material Pétreo.....	110
6.	Transporte de agregados de Material Pétreo	110
7.	Libro diario de actividades	111
8.	Hoja de averías.....	112
9.	Hoja de percances.....	113
10.	Hora de trabajo	114
11.	Orden de trabajo.....	115
12.	Fotos realizando encuestas y entrevista.....	116

RESUMEN

La planta de trituración de material pétreo del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas posee una cantidad significativa de equipos y máquinas para la producción de agregados de material pétreo dentro de su planta industrial, los mismos que al no contar con un sistema de gestión de mantenimiento, se presentan imprevistos con mucha frecuencia que retrasan la producción, generando pérdidas económicas que repercuten en la planificación y presupuesto de esta institución pública. El objetivo general de la investigación fue elaborar un sistema de gestión de mantenimiento para la planta de trituración de material pétreo en el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas. Y con el propósito de cumplir con los objetivos planteados en la investigación, se utilizaron los métodos deductivo, analítico y sintético; los tipos de investigación de campo, bibliográfica y descriptiva, se realizaron en el lugar donde se desarrolló la investigación; se utilizaron técnicas de investigación donde se realizó una encuesta a la población objeto de estudio en un total de 6 personas que laboran en la planta de trituración, obteniendo como resultado una aceptación del 100% sobre la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento. El cálculo de la eficiencia actual de la planta dio como resultado un valor de 36.54%, resultado considerado muy bajo; en donde el análisis de Pareto demostró que el 57.93% de todos los problemas se debe a daños en las máquinas por falta de mantenimiento y que el costo anual por tiempos improductivos asciende a un valor de \$ 232.052,70. Las acciones para la mejora continua se establecieron mediante la utilización de indicadores de gestión de mantenimiento, entre indicadores de efectividad, indicadores de eficacia e indicadores de eficiencia. Además el cronograma de mantenimiento establecido organiza de forma sistemática, dejando evidenciado una buena organización de las paradas para las inspecciones frecuentes en cada una de los equipos de la planta de trituración.

ABSTRACT

The stone crushing plant material Autonomous Decentralized Provincial Government of Santo Domingo de Los Tsáchilas has a significant amount of equipment and machines for the production of aggregates of stone material within the industrial plant, the same as in not having a system of maintenance management, contingencies occur frequently delaying production, generating economic losses affecting the planning and budget of this public institution. In order to meet the objectives in research, deductive, analytical and synthetic methods were used; the types of field research and descriptive literature, were held in the place where the research was conducted; research techniques where a survey of the population under study was conducted in a total of 6 people working in the crushing plant, resulting in a 100% acceptance on the implementation of a maintenance management system were used. The calculation of the current efficiency of the plant resulted in a value of 36.54%, which is considered very low; where Pareto analysis showed that 57.93% of all problems are caused by damage to the machine due to lack of maintenance and that the annual cost of downtime amounted to a value of \$ 232,052.70. The actions for continuous improvement were established using maintenance management indicators, including indicators of effectiveness, performance indicators and efficiency indicators. Besides the established maintenance schedule organized systematically and clearly shows a good organization for frequent stops at each of the teams crushing plant inspections.

CAPÍTULO I
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

La acelerada evolución de la tecnología aumentó el nivel de importancia de las máquinas en la industria moderna, porque las actividades que hasta hace un siglo se realizaban manualmente, hoy en día requieren el uso de equipos sofisticados, situación que impactó directamente en la Gestión de Mantenimiento, porque a mayor grado de utilización de las maquinarias también crecen sus necesidades de conservación.

Los equipos de trituración de material pétreo también son importantes para las actividades productivas, porque proveen de materias primas de gran utilidad en las operaciones industriales, especialmente en el sector de la construcción, motivo por el cual los Gobiernos Autónomos Descentralizados provinciales, quienes llevan a cabo las grandes obras públicas de sus jurisdicciones, requieren del uso de estas maquinarias para poder proveerse de los insumos para la ejecución de las obras civiles.

La conservación de los equipos de trituración de material pétreo garantizará que estas maquinarias se encuentren en óptimas condiciones cuando el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Santo Domingo de Los Tsáchilas, las necesite para proveerse del material pétreo que se requiere a su vez para la ejecución de las obras públicas en beneficio de la provincia.

Por esta razón se propone al Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas, un plan de gestión de mantenimiento para los equipos de trituración de material pétreo, para mantener en óptimo estado de conservación estos equipos que son de gran importancia dentro de la cadena de abastecimiento para la generación de la obra pública que requiere la jurisdicción.

Para el efecto, se considera los recursos humanos, físicos, tecnológicos y documentales, en referencia a los formatos de los registros del plan de gestión

de mantenimiento, que pretende mantener en óptimo estado los equipos de trituración de material pétreo, para maximizar la eficiencia y productividad de estas actividades en el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas.

1.1.1. Problematización

El Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas no dispone actualmente de una infraestructura adecuada para realizar las actividades de mantenimiento de los equipos de trituración de material pétreo, tampoco se ha asignado esta función a un responsable, motivo por el cual solo se aplica el mantenimiento correctivo en caso de daño de estas maquinarias.

Hasta la actualidad no se ha podido conocer que el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas disponga de un plan de gestión de mantenimiento para los equipos de trituración de material pétreo, motivo por el cual cuando los daños de estas maquinarias son importantes, se requiere contratar servicio externo, porque no se cuenta con personal ni infraestructura para realizar estas actividades por cuenta propia de la institución.

Esta situación puede acarrear la paralización de los equipos de trituración de material pétreo, lo que puede afectar la productividad de las operaciones que realizan estas maquinarias, generando ineficiencia y pérdidas de recursos para la institución.

1.1.2. Justificación

El Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas dispone de los equipos de trituración de material pétreo que son indispensables para proveer a la institución de las materias primas necesarias

para realizar las obras públicas de la provincia, como son las carreteras, caminos vecinales, entre otras obras civiles.

Al no contar con un plan de gestión de mantenimiento para los equipos de trituración de material pétreo, la institución puede perder valioso tiempo durante la cadena de abastecimiento de estas materias primas, porque al no disponer de maquinarias en óptimas condiciones, se puede atrasar la entrega de obras públicas a la comunidad de la provincia de Santo Domingo de Los Tsáchilas, con la consecuente insatisfacción de la ciudadanía.

Por esta razón, se considera importante que el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas cuente con un plan de mantenimiento para los equipos de trituración de material pétreo, que garantice la adecuada conservación de estas maquinarias para evitar la paralización de la obra pública e incrementar la productividad de en la institución.

Con el plan de gestión de mantenimiento propuesto para los equipos de trituración de material pétreo se espera fortalecer la imagen institucional del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas, a la vez que se promoverá mayor nivel de satisfacción de la ciudadanía.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Elaborar un sistema de gestión de mantenimiento para la planta de trituración de material pétreo en el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas, año 2014.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el estado actual de los equipos de trituración de material pétreo.
- Realizar un estudio técnico de la productividad de la planta de trituración de material pétreo.
- Identificar las actividades y recursos para el sistema de gestión de mantenimiento.
- Describir la frecuencia adecuada de mantenimiento de los equipos de trituración de material pétreo.
- Planificar las acciones de seguimiento para la mejora continua del sistema de gestión de mantenimiento.

1.3. Hipótesis

El sistema de gestión de mantenimiento de los equipos de trituración de material pétreo influye de manera positiva en la productividad de las operaciones del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas. Año 2014.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentación teórica

2.1.1. Mantenimiento

(Manríquez Víctor, 2012). Combinación de todas las acciones técnicas y administrativas, incluyendo supervisión, previstas para conservar o restablecer un ítem a un estado en el cual pueda desempeñar la función requerida.

(Patton J. D., 2012). Mantenimiento es el conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas.

(Knezevic J., 2010). Mantenimiento es el trabajo emprendido para cuidar y restaurar hasta un nivel económico, todos y cada uno de los medios de producción existentes en una planta.

(RENOVETEC, 2010). Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

2.1.2. Gestión de mantenimiento

(Vargas Zúñiga Ángel, 2010). La gestión del mantenimiento comprende “todas las actividades relacionadas con la conservación de los activos, incluyendo la participación activa por parte de los trabajadores en el proceso de prevención a los efectos de evitar averías y deterioros en las máquinas y equipos”.

(www.net/nakaritsb/, 2011). El hacer mantenimiento con un concepto actual no implica reparar equipo roto tan pronto como se pueda sino mantener el equipo en operación a los niveles especificados. En consecuencia, el buen mantenimiento no consiste en realizar el trabajo equivocado en la forma más

eficiente; su primera prioridad es prevenir fallas y, de este modo reducir los riesgos de paradas imprevistas.

El mantenimiento no empieza cuando los equipos e instalaciones son recibidos y montados, sino en la etapa inicial de todo proyecto y continua cuando se formaliza la compra de aquellos y su montaje correspondiente.

2.1.3. Objetivos del mantenimiento

(Muñoz Leganés Belén Abella, 2010). Considera que el mantenimiento debe cumplir dos objetivos:

- Reducir costos de producción
- Garantizar la seguridad industrial.

(Cuartas Pérez Luis Alberto, 2010). El objetivo de mantenimiento debe reducir los costos de producción en ello se debe considerar lo siguiente:

- Optimizar la disponibilidad de equipos e instalaciones para la producción.
- Se busca reducir los costos de producción por deficiencia en el mantenimiento de los equipos, mediante la aplicación en los momentos más apropiados.
- Se incrementa la vida útil de los equipos.

(Kelly A. & Harris M.J., 2010). Considera los siguientes objetivos del mantenimiento:

- Hay que evitar, reducir, reparar las fallas
- Hay que disminuir las fallas que no se puedan evitar
- Hay que evitar detenciones o paros de máquinas

- Hay que evitar los accidentes
- Hay que conservar los productivos
- Hay que prolongar la vida útil de los bienes.

2.1.4. Funciones del mantenimiento

(Cuartas Pérez Luis Alberto, 2010). Las funciones de mantenimiento son las siguientes:

- Reparar: resolver las averías
- Preservar: lubricación, inspección, limpieza.
- Mantener: control de trabajo
- Mejorar: disminuir trabajos
- Proyectar: participar en la ingeniería.

2.1.5. Tipos de mantenimiento

(Espinosa Fuentes Fernando, 2011). Los tipos de mantenimiento son los siguientes:

- **Correctivo.** – El mantenimiento es correctivo cuando la falla o pérdida de rendimiento de un equipo ya se ha producido, y se interviene para restablecer la condición deseada de operación.
- **Preventivo.** – El mantenimiento preventivo consiste en realizar ciertas reparaciones y cambios de componentes o piezas, según intervalos de tiempo o según ciertos criterios, prefijados para reducir la probabilidad de falla o de pérdida de rendimiento en un equipo

- **Predictivo.** – El mantenimiento predictivo está basado en el conocimiento del estado de un equipo por medición periódica o continua de algún parámetro significativo. La intervención de mantenimiento se condiciona a la detección temprana de los síntomas de la falla.
- **De modificación.** – Modificación significa que el trabajo a desarrollarse en el equipo cambiara sus características físicas, buscando lograr o mantener su función original.
- **Autónomo.** – Tiene que ver con la involucración del personal de operadores con las labores de mantenimiento manteniendo las condiciones básicas del equipo limpieza, lubricación y ajuste.

2.1.5.1. Objetivos del mantenimiento preventivo

(Cepeda N., 2006). Los objetivos del mantenimiento preventivo se pueden sintetizar en la consecución de tres logros de fundamental importancia y de vital necesidad para una buena economía empresarial en el área de mantenimiento:

1. Máximo ofrecimiento actividad - funcionamiento máquina productiva, con máxima eficiencia funcional, alta confiabilidad operativa y elevado grado de seguridad industrial.
2. Reducción al máximo del desgaste o deterioro de los equipos de producción, preservando el capital invertido en dichos medios.
3. Ejecución de las dos funciones anteriores de la manera más económica posible con la máxima eficiencia del servicio.
4. Aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado.

2.1.5.2. Ventajas del mantenimiento preventivo

2.1.5.2.1. Ventajas operativas del mantenimiento preventivo

(Cepeda N., 2006). Las ventajas operativas que se derivan de la aplicación del Sistema de Mantenimiento Preventivo, son:

1. Reducción del número de averías en servicio.
2. Reducción consecuente de emergencia por rotura.
3. Mayor disponibilidad de actividad máquina.
4. Mayor índice de confiabilidad en servicio.
5. Mayor grado de calidad de la producción.
6. Reducción de horas extras del personal de mantenimiento.
7. Reducción de los materiales requeridos y tiempo – tareas correctivos vs tiempos - tareas preventivos.
8. Ampliación del límite de vida útil de los equipos.
9. Eliminación de la necesidad del equipo de reserva.
10. Mayor grado de seguridad industrial.
11. Logro de una programación estable de trabajos de mantenimiento.
12. Armonía en la relación con el área de producción.

2.1.5.2.2. Ventajas económicas del mantenimiento preventivo

(Cepeda N., 2006). Las ventajas económicas del mantenimiento preventivo se derivan en gran medida de las ventajas operativas antes señaladas:

1. Reducción del lucro cesante.
2. Reducción de inversiones para renovación del equipo productivo.

3. Reducción del costo de reparaciones en mano de obra y materiales.
4. Menor cantidad de productos rechazados por control de calidad.
5. Identificación de partes de máquina o máquinas con elevado costo.
6. Reducción de costos de producción.
7. Establecimiento de la clínica de costos.

2.1.5.3. Desventajas del mantenimiento preventivo

1. Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra.
2. Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
3. Los trabajos rutinarios cuando se prolonga en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan.

2.1.6. Plan de gestión de mantenimiento

(Muñoz Leganés Belén Abella, 2010). El plan de gestión de mantenimiento es una herramienta básica para procurar la organización de las actividades de mantenimiento, así como con la frecuencia y periodicidad más recomendable, de modo que las tareas de conservación se puedan ejecutar con orden y control.

El plan de gestión de mantenimiento es la denominación de las actividades de conservación e inspección a realizar en los activos organizacionales, en el que

se definen las tareas, fechas y recursos necesarios para la ejecución del mantenimiento.

(Vargas Zúñiga Ángel, 2010). La planificación del mantenimiento garantiza a la organización, contar con equipos y maquinarias bien conservadas en buen estado para el funcionamiento, mejorando la capacidad de la producción, en calidad, productividad, seguridad y rentabilidad.

En la siguiente tabla se presenta un ejemplo de una planificación de mantenimiento:

Tabla 1. Ejemplo plan de mantenimiento

Descripción de la actividad	Tiempo Horas	Año 2013																			
		Máquina 11					Máquina 20					Máquina 22					Máquina 9				
		S1	S2	S3	S4	S5	S1	S1	S2	S3	S4	S1	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5
	3	■					■					■					■				
	3	■																			
	3	■					■					■					■				
	4		■					■					■					■			
	4		■					■					■					■			
	2			■					■					■					■		
	1			■						■					■					■	
	2			■							■					■					
	3			■								■					■				
	2				■					■					■					■	
	6				■						■					■				■	
	8					■					■					■				■	
	1					■					■					■				■	

Fuente:(Vargas Zúñiga Ángel, 2010)

2.1.7. Fichas del mantenimiento

(Vargas Zúñiga Ángel, 2010). Son aquellas fichas que contiene el plan de mantenimiento de la empresa u organización y que son la herramienta de trabajo para la revisión de las máquinas, equipos o instalaciones.

El contenido y complejidad de estas fichas depende del tipo de maquinaria o equipo a revisar, de los puntos a comprobar y de los datos que se quieran obtener. El contenido básico de estas fichas es el siguiente:

- Datos de identificación del equipo a revisar.
- Autorización del responsable.
- Puntos a comprobar y/o piezas a sustituir según la intervención que se tenga que hacer.
- Lista de control (check list).
- Referencias de recambios específicos.
- Tiempo invertido por tareas.
- Apartado de observaciones.
- Identificación y firma personal del operario que ha intervenido

2.1.8. Ingeniería del mantenimiento

(Arata A. & Furlaneto L., 2005). El concepto base que da lugar a la ingeniería de mantenimiento es la mejora continua del proceso de gestión del mantenimiento mediante la incorporación de conocimiento, inteligencia y análisis que sirvan de apoyo a la toma de decisiones en el área del mantenimiento, orientadas a favorecer el resultado económico y operacional global en una organización.

La ingeniería de mantenimiento permite, a partir del análisis y modelado de los resultados obtenidos en la ejecución de las operaciones de mantenimiento, renovar continua y justificadamente la estrategia y, por consiguiente, la programación y planificación de actividades para garantizar la producción y resultados económicos al mínimo costo global.

(Pintelon & Gelders L.F., 2002). La gestión del mantenimiento no es un proceso aislado, sino que es un sistema linealmente dependiente de factores propiamente ligados a la gestión del mantenimiento, así como de factores internos y externos a la organización.

2.1.9. Sistemas de gestión de mantenimiento

(Álvarez Carlos, 2011). A efectos de organizar el mantenimiento, lo primero que se tiene que considerar es la creación de un enunciado que englobe un propósito, una misión, una razón de ser, éste debe convertirse en una filosofía de gestión y ser la base para construir el modelo; es así que es necesario darle forma y foco a la gestión de mantenimiento, dicho de otro modo, orienta absolutamente todos los trabajos de mantenimiento aplicado.

2.1.10. Medidores de la gestión del mantenimiento

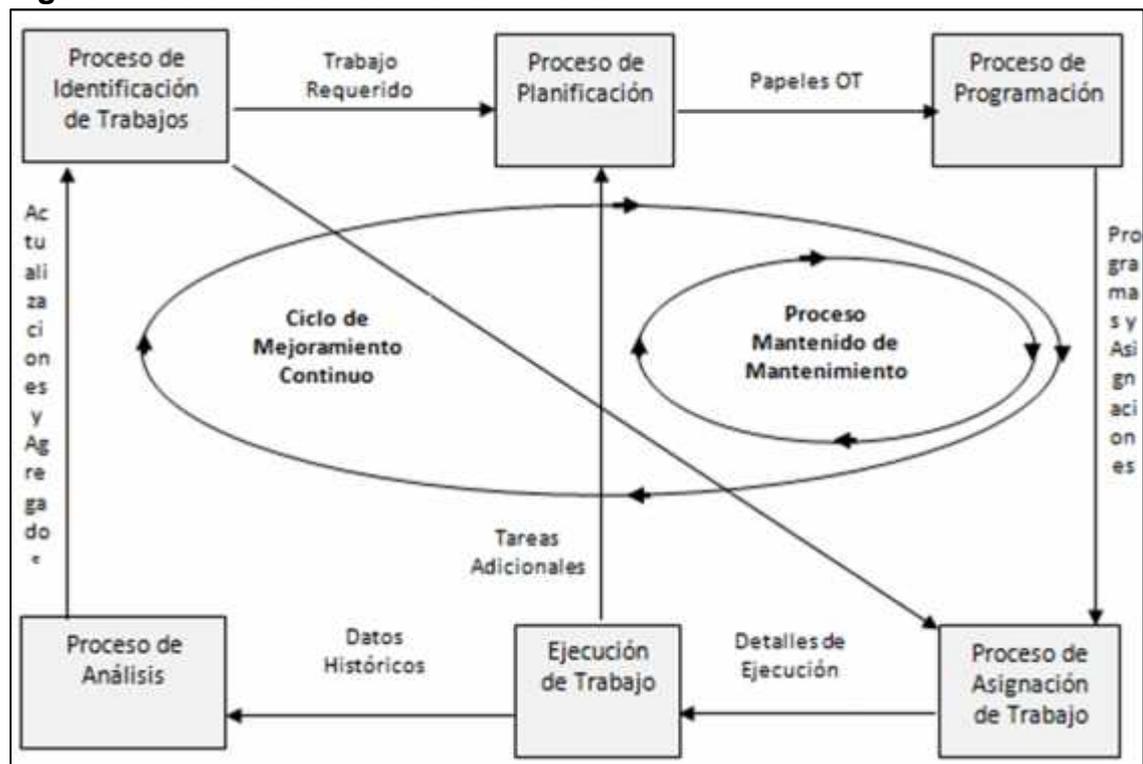
(Manríquez Víctor, 2012). Los medidores de la Gestión del Mantenimiento se fundamentan de la siguiente manera:

- **La Disponibilidad.-** Condición de tiempo en que están los servicios.
- **La Eficacia.-** Tiempo efectiva para la producción de su servicio.

2.1.10.1. Ciclo habitual de la gestión de mantenimiento

(Arata A., 2009). En base a la Norma ISO 9001-2008 y características reales de las unidades de mantenimiento se puede establecer un diagrama reconocido como ciclo de trabajo de mantenimiento. De este modo, se distinguen claramente varios aspectos que deben ser considerados al momento de elaborar e implementar un modelo de gestión del mantenimiento, como el que se muestra en la siguiente figura 1.

Figura 1. Ciclo habitual del mantenimiento



Fuente:(Arata A., 2009)

2.1.11. Fallas

(Cepeda N., 2006). Desperfectos ocurridos durante la vida útil de un equipo o maquinaria, se presentan en tres etapas. Fallas tempranas, fallas adultas y fallas tardías.

2.1.11.1. Fallas tempranas

(Cepeda N., 2006).Ocurren al principio de la vida útil de un equipo y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.

2.1.11.2. Fallas adultas

(Cepeda N., 2006). Son las fallas que se presentan con mayor frecuencia durante la vida útil de un equipo. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las fallas tempranas.

2.1.11.3. Fallas tardías

(Cepeda N., 2006). Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida útil de un equipo.

2.1.12. Costos de mantenimiento

2.1.12.1. Costos directos

(Cepeda N., 2006). Están relacionados con el rendimiento de la empresa y son menores si la conservación de los equipos es mejor, influye la cantidad de tiempo que se emplea el equipo y la atención que requiere, estos costos son fijados por la cantidad de revisiones, inspecciones y en general las actividades y controles que se realizan a los equipos, comprendiendo:

- Costo de mano de obra directa.
- Costo de materiales y repuestos.
- Costos asociados directamente a la ejecución de trabajos, consumo de energía, alquiler de los equipos. etc.
- Costos de utilización de herramientas y equipos. Los costos de servicios se calculan por estimación proporcional a la capacidad instalada.

2.1.12.2. Costos indirectos

(Cepeda N., 2006). Son aquellos que no pueden atribuirse de una manera directa a una operación o trabajo específico. En mantenimiento, es el costo que no puede relacionarse a algún trabajo específico. Por lo general suelen ser: la supervisión, almacén, instalaciones, servicio de taller, accesorios diversos administración, etc.

Con el fin de contabilizar los distintos costos de operación del área de mantenimiento es necesaria utilizar alguna forma para prorratarlos entre los

diversos trabajos, así se podrá calcular una tasa de consumo general por hora de trabajo directo, dividiendo este costo por el número de horas totales de mano de obra de mantenimiento asignadas.

2.1.12.3. Costos de tiempos perdidos

(Cepeda N., 2006). Son aquellos que aunque no están relacionados directamente con mantenimiento pero si están originados de alguna forma por estos tales como:

- Paros de producción
- Baja efectividad
- Desperdicios de material
- Mala calidad
- Entrega en tiempos no prefijados (demoras)
- Perdidas en ventas

(Cepeda N., 2006). Para ello debe de contar con la colaboración de mantenimiento y producción, pues se debe recibir información de tiempos perdidos o paros de máquinas, necesidad de materiales, repuestos y mano de obra estipulados en las ordenes de trabajo, así como la producción perdida, producción degradada. Una buena inversión de mantenimiento no es un gasto sino una potencial fuente de utilidades. Las producciones son máximas cuando los costos de producción son óptimos

2.1.12.4. Costos generales

(Cepeda N., 2006). Son los costos en que incurre la empresa para sostener las áreas de apoyo o de funciones no propiamente productivas. Para que los gastos generales de mantenimiento tengan utilidad como instrumento de análisis, deberán clasificarse con cuidado, a efecto de separar el costo fijo del variable, en algunos casos se asignan como directos e indirectos.

2.1.13. Eficiencia

(Mokate Karen Marie, 2011). La eficiencia se puede entender como el grado en que se cumplen los objetivos de una iniciativa al menor costo posible.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Capacidad de producción}}$$

(Chiavenato Idalberto, 2008). Eficiencia "significa utilización correcta de los recursos (medios de producción) disponibles. Puede definirse mediante la ecuación $E=P/R$, donde P son los productos resultantes y R los recursos utilizados.

(Koontz Harold & Weihrich Heinz, 2009). La eficiencia es "el logro de las metas con la menor cantidad de recursos.

2.1.13.1. Productividad

(Velázquez M., 2007). Describe la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema.

(Heizer J. & Barry R., 2007). Se denomina como productividad a la relación entre la producción obtenida y los recursos necesarios para obtenerla; cuanto menor sean los costos y los recursos empleados para la producción de la misma o mayor cantidad de bienes o servicios, la productividad será más alta, en realidad la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de producto utilizado con la cantidad de producción obtenida.

(Heizer J. & Barry R., 2007). La productividad como la proporción de outputs (bienes o servicios) dividida por los inputs (recursos como el trabajo o el capital). La productividad monofactorial indica la relación entre un recurso (input) y los bienes o servicios producidos (outputs). La productividad multifactorial indica la relación entre todos los recursos (inputs) y los bienes y servicios producidos (outputs).

2.1.13.2. Fórmulas para calcular la productividad

(Heizer J. & Barry R., 2007). Las fórmulas o ecuaciones para calcular la productividad se describen a continuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Inputs empleados (horas de trabajo)}}$$

$$\text{Productividad multifactorial} = \frac{\text{Output (unidades producidas)}}{\text{Trabajo+Material+Energía+Capital+Varios}}$$

2.1.14. Trituración

(Fueyo Luis, 2009). La trituración son “las operaciones mediante las que se efectúan dichas reducciones de tamaño por medios físicos se denominan trituración.”

(Espinosa Fuentes Fernando, 2011). La trituración es el proceso de transferir una fuerza amplificada por la ventaja mecánica a través de un material hecho de moléculas que se unen con más fuerza, y resistir la deformación más, que aquellos en el material que está siendo aplastado. La trituración no solo es utilizada para obtener un mayor grado de reducción en el mineral, sino que también es utilizado por empresas que comercializan mineral triturado para

optimizar la obtención porcentual de un determinado intervalo de granulometría.

2.1.14.1. Objetivos de la trituración

(Vargas Zúñiga Ángel, 2010). La trituración tiene por objeto facilitar el transporte de los materiales, las operaciones físicas (tales como mezclado, dosificación, aglomeración o disolución) y facilitar o permitir las reacciones químicas (como consecuencia de que la velocidad de reacción es función de la superficie de las partículas y es tanto más grande cuanto mayor es su grado de subdivisión).

(Marín García Juan, 2008). “El objetivo de la trituración es reducir el tamaño de los trozos del mineral, de manera que puedan pasar a través de quebrantadoras y molinos.”

(Fueyo Luis, 2009). La trituración tiene por objetivo:

- a) Liberación del mineral valioso de la ganga antes de las operaciones de concentración.
- b) Incrementar la superficie específica de las partículas, por ejemplo, para acelerar la velocidad de reacción en los procesos de lixiviación, flotación, etc.
- c) Producir partículas de mineral o cualquier otro material de tamaño y forma definidos.

2.1.14.2. Etapas de la trituración

(Fueyo Luis, 2009). La desintegración se realiza en distintas etapas y en una gran diversidad de máquinas. Así el material extraído de cantera y que se trata en una trituradora, en esa etapa se realizara la trituración primaria. Si de allí el

material producido pasa a una segunda trituradora, en esta se efectuara la trituración secundaria. Si sigue triturándose en otra máquina, la terciaria, etc.

(Fueyo Luis, 2009). Con frecuencia, la capacidad de reducción de una trituradora o molino será insuficiente para asegurar la desintegración total deseada, por lo que se hará necesario efectuarla en dos o más etapas. Para ello se colocan trituradoras o molinos en serie, de modo tal que el mineral extraído del yacimiento alimenta una trituradora (o molino) primario, y la descarga de esta alimenta la trituradora (o molino) secundario, y así sucesivamente llamándose las etapas posteriores terciaria, cuaternaria, etc.

2.1.14.3. Trituradora

(Cañarte Jaime, 2010). La trituradora es una máquina que procesa un material de forma que produce el material con trozos de menor tamaño al original. La trituradora disminuye el tamaño de los objetos mediante el uso de la fuerza para romper y reducir el objeto.

(ONUUDI, 2011). Las máquinas trituradoras son utilizadas para la minería, en la construcción o para el proceso industrial, puede procesar rocas u otros materiales sólidos.

(Hirschman Albert, 2010). Las trituradoras se pueden utilizar para reducir el tamaño, o cambiar la forma, de materiales de desecho para que puedan ser más fácilmente eliminados o reciclados, o para reducir el tamaño de un sólido mezcla de materias primas, por lo que las piezas de diferente composición se pueden diferenciar.

2.1.14.4. Tipos de trituradoras

(López Casillas Arcadio, 2008). Los tipos de trituradoras utilizadas, deben utilizarse dependiendo de la etapa en la que se utiliza y el tamaño de material tratado.

- a) Trituradoras primarias: Trituradoras de mandíbulas y Giratorias.
- b) Trituradoras secundarias: Trituradoras giratorias y cónicas.
- c) Trituradoras terciarias: Trituradoras cónicas y de rodillos.

(Espinosa Fuentes Fernando, 2011). La trituración primaria reduce el tamaño de los trozos de mineral a un valor comprendido entre 8” a 6”, los productos obtenidos se criban en un tamiz vibrante con el objeto de separar aquellas partículas, el tamaño ya es lo suficientemente fino, con el consiguiente aumento en la capacidad de las quebrantadoras secundarias.

(Marín García Juan, 2008). La trituración secundaria el tamaño de las partículas se reduce a un valor comprendido entre 3” y 2”, dejando en condiciones de poder pasar a las operaciones de molturación o concentración preliminar. Las quebrantadoras utilizadas en esta fase son por lo general de tipo giratorio.

2.1.15. Materiales pétreos

Los pétreos corresponden a una de las formas de clasificación de los materiales en general. Éstos pueden ser pétreos naturales extraídos directamente de la naturaleza o pétreos artificiales procesados e industrializados por el hombre.

(Hirschman Albert, 2010). Los pétreos así como todas las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen a este fin, se exceptúan en la Ley Minera como concesibles, salvo que requieran trabajos subterráneos para su extracción.

2.1.15.1. Clasificación de materiales pétreos

(González Francisco & Camprubi Antoni, 2009). Manifiestan que dentro de la clasificación de los materiales pétreos se pueden encontrar 3 tipos:

- Naturales
- Artificiales
- Industriales

2.1.15.2. Materiales pétreos naturales

(González Francisco & Camprubi Antoni, 2009). Localizados en yacimientos naturales, para utilizarlos sólo es necesario que sean seleccionados, refinados y clasificados por tamaños. Comúnmente se hallan en yacimientos, canteras y/o graveras.

2.1.15.3. Materiales pétreos artificiales

(González Francisco & Camprubi Antoni, 2009). Se localizan en macizos rocosos, para obtenerlos se emplean procedimientos de voladura con explosivos, posteriormente se limpian, machacan y clasifican y con ello se procede a utilizarlos.

2.1.15.4. Materiales pétreos industriales

(González Francisco & Camprubi Antoni, 2009). Son aquellos que han pasado por diferentes procesos de fabricación, tal como productos de desecho, materiales calcinados, procedentes de demoliciones o algunos que ya han sido manufacturados y mejorados.

2.1.16. Marco legal

Las principales normativas legales en que se fundamenta la presente investigación, hacen referencia a la Constitución de la República del Ecuador, Ley Orgánica del Servicio Público. (LOSEP) y el Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización. (COOTAD).

2.1.16.1. Constitución de la República del Ecuador

Las principales normativas correspondientes a la Constitución de la República del Ecuador que constituyen el fundamento de la presente investigación, son las siguientes:

Art. 227. –La administración pública constituye un servicio a la colectividad que se rige por los principios de eficacia, eficiencia, calidad, jerarquía, desconcentración, descentralización, coordinación, participación, planificación, transparencia y evaluación.

Art. 264.- Los gobiernos provinciales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

1. Planificar el desarrollo provincial y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, cantonal y parroquial.
2. Planificar, construir y mantener el sistema vial de ámbito provincial, que no incluya las zonas urbanas.
3. Ejecutar, en coordinación con el gobierno regional, obras en cuencas y micro cuencas.
4. La gestión ambiental provincial.
5. Planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego.
6. Fomentar la actividad agropecuaria.
7. Fomentar las actividades productivas provinciales.
8. Gestionar la cooperación internacional para el cumplimiento de sus competencias.

2.1.16.2. Ley Orgánica del Servicio Público. (LOSEP)

Las principales normativas correspondientes a la Ley Orgánica del Servicio Público (LOSEP) que constituyen el fundamento de la presente investigación, son las siguientes:

Artículo 1.- Principios.- La presente Ley se sustenta en los principios de: calidad, calidez, competitividad, continuidad, descentralización, desconcentración, eficacia, eficiencia, equidad, igualdad, jerarquía, lealtad, oportunidad, participación, racionalidad, responsabilidad, solidaridad, transparencia, unicidad y universalidad que promuevan la interculturalidad, igualdad y la no discriminación.

Artículo 2.- Objetivo.- El servicio público y la carrera administrativa tienen por objetivo propender al desarrollo profesional, técnico y personal de las y los servidores públicos, para lograr el permanente mejoramiento, eficiencia, eficacia, calidad, productividad del Estado y de sus instituciones, mediante la conformación, el funcionamiento y desarrollo de un sistema de gestión del talento humano sustentado en la igualdad de derechos, oportunidades y la no discriminación.

2.1.16.3. Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización. (COOTAD)

Las principales normativas correspondientes a la Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) que constituyen el fundamento de la presente investigación, son las siguientes:

Artículo 3.- Principios. - El ejercicio de la autoridad y las potestades públicas de los gobiernos autónomos descentralizados se regirán por los siguientes principios:

d) Subsidiariedad.- La subsidiariedad supone privilegiar la gestión de los servicios competencias y políticas públicas por parte de los niveles de gobierno más cercanos a la población, con el fin de mejorar su calidad y eficacia y alcanzar una mayor democratización y control social de los mismos.

h) Sustentabilidad del desarrollo.- Los gobiernos autónomos descentralizados priorizarán las potencialidades, capacidades y vocaciones de sus circunscripciones territoriales para impulsar el desarrollo y mejorar el bienestar de la población, e impulsarán el desarrollo territorial centrado en sus habitantes, su identidad cultural y valores comunitarios.

La aplicación de este principio con lleva asumir una visión integral, asegurando los aspectos sociales, económicos, ambientales, culturales e institucionales, armonizados con el territorio y aportarán al desarrollo justo y equitativo de todo el país.

Artículo 55.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado provincial.- Los gobiernos autónomos descentralizados provinciales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

l) Planificar el desarrollo provincial y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, cantonal y parroquial.

Artículo 163.- Recursos propios y rentas del Estado.- De conformidad con lo previsto en la Constitución, los gobiernos autónomos descentralizados generarán sus propios recursos financieros y, como parte del Estado, participarán de sus rentas, de conformidad con los principios de subsidiariedad, solidaridad y equidad interterritorial.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Materiales y métodos

3.1.1. Localización de la investigación

El estudio para elaborar un plan de gestión de mantenimiento para equipos de trituración de material pétreo se lo realizó en la planta de trituración de material pétreo del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cuya ubicación geográfica es de 0° 19´ 0" de latitud sur y de 79° 15´ 0" de longitud oeste, a una altura promedió de 625 msnm.

3.1.2. Materiales y equipos

Para el desarrollo de la investigación se necesitaron los siguientes recursos.

3.1.2.1. Equipo humano

- Autor
- Personal planta de trituración
- Jefe de obras públicas GAD provincial

3.1.2.2. Materiales de oficina

- Útiles de Oficina
- Material didáctico

3.1.2.3. Equipo de oficina

- Computadora
- Impresora
- Calculadora.

3.2. Tipos de investigación

Los tipos de investigación que se emplearon fueron los siguientes:

3.2.1. De campo

Para la presente investigación se realizó una encuesta (anexo 1) al personal que labora en la planta de trituración y entrevista (anexo 2) al jefe de obras públicas del GAD provincial; que de forma directa e indirecta estuvieron involucrados en la investigación.

3.2.2. Bibliográfica

A través de este método se logró obtener información importante como: datos estadísticos, registros, y libros; los mismos que contienen información sobre el tema referente al mantenimiento para equipos de trituración de material pétreo.

3.2.3. Descriptiva

Mediante la investigación descripción fue posible realizar un informe que determine las causas y consecuencias de la problemática referente al mantenimiento de los equipos de trituración de material pétreo en el GAD, comprobando los procesos efectuados, los mismos que se convertirán en datos que podrán ser medidos y comparados, para luego diseñar alternativas de solución con el objetivo de que la situación actual mejore.

3.3. Métodos de investigación

Los métodos que se emplearon en la investigación fueron: método analítico, deductivo e inductivo:

3.3.1. Analítico

La aplicación de este método se llevó a cabo con el análisis de la situación actual del proceso en estudio del área de mantenimiento para equipos de trituración de material pétreo en el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas, utilizando como instrumentos, el análisis e interpretación de los resultados obtenidos que lleven a elaborar una propuesta de mejora para dicha área del GAD.

3.3.2. Deductivo

Mediante este método se interpretó los resultados particulares, en base a los criterios de las personas involucradas en la investigación, para establecer las causas y consecuencias del problema y realizar el diagnóstico de dicha complicación.

3.3.3. Sintético

El método sintético permitió conocer el problema mediante la aplicación de la entrevista, los resultados fueron sintetizados para emitir conclusiones generales y sugerir la aplicación de un plan de gestión de mantenimiento para los equipos de trituración de material pétreo en el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población evaluada fue un total de 6 personas, limitada a los operadores y técnicos de mantenimiento de la planta de trituración de materiales pétreos del Gobierno Autónomo y Descentralizado de Santo de los Tsachilas.

3.4.2. Muestra

En esta investigación la población es finita, por ello se usó el método de muestreo no probabilístico intencional, en donde la muestra la constituyó el 100% de la población seleccionada.

3.5. Procedimiento metodológico

Para determinar el estado actual de los equipos de trituración se procedió a efectuar una encuesta al personal operativo inmerso en el proceso de trituración de material pétreo, y una entrevista dirigida al jefe del departamento de obras públicas del GAD Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas, según formatos (ver anexo 1 y 2); en donde se plantearon preguntas para conocer la realidad del área de influencia del presente estudio.

El estudio técnico para medir la productividad de los equipos de trituración de material pétreo se realizó a través de las respectivas ecuaciones y fórmulas de cálculo de eficiencia y productividad, en donde el principal recurso a medir es el insumo laboral, en donde se analizó fundamentalmente el trabajo del hombre vs la maquinaria. Las principales fórmulas utilizadas fueron:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Capacidad de producción}}$$

Para organizar las actividades y recursos para el plan de gestión de mantenimiento se procedió a elaborar procedimientos, en donde se detalló las funciones específicas de los responsables del mantenimiento de los equipos de trituración de material pétreo.

Para establecer la frecuencia adecuada de mantenimiento de los equipos de trituración de material pétreo se clasificó a las diferentes partes estructurales de la máquina trituradora según su importancia en la producción y así poder

asignar una prioridad o regularidad de inspección utilizando el criterio de equipos vitales, esenciales, importantes y normales.

Las acciones de seguimiento para la mejora continua se establecieron mediante el diseño del sistema de gestión, el cual está compuesto de la siguiente estructura:

- Política de mantenimiento
- Objetivos de mantenimiento
- Sistema de indicadores de gestión del mantenimiento
- Sistema documental
- Actividades y frecuencia de mantenimiento

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

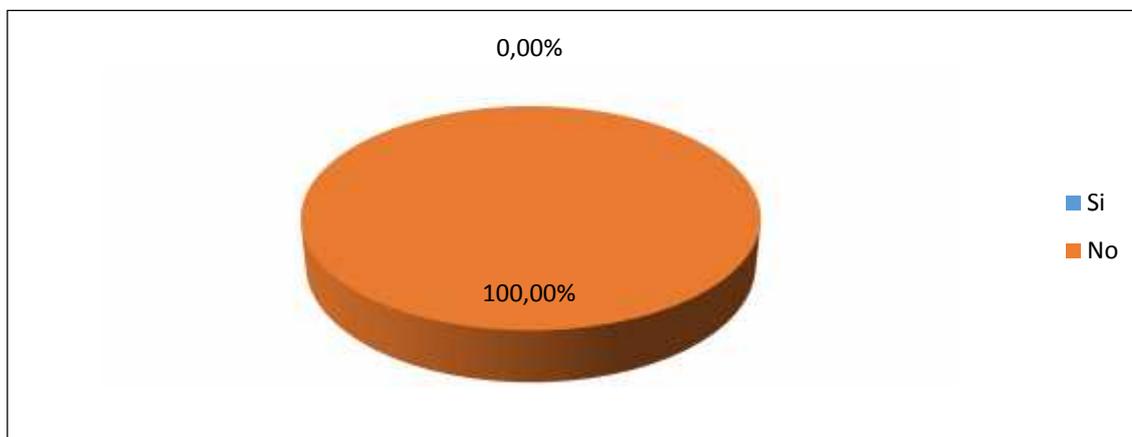
4.1.1. Estado actual de los equipos de trituración de material pétreo

4.1.1.1. Resultados de la encuesta realizada al personal operativo de la planta de trituración

Pregunta 1. ¿La institución cuenta con un cronograma anual de mantenimiento preventivo para la conservación de los equipos de trituración de material pétreo?

El 100.00% de la personas encuestadas manifiestan que en la planta de trituración de material pétreo del Gobierno Provincial no existe un cronograma de mantenimiento preventivo para los equipos de trituración de material pétreo.

Gráfico 1. Existencia de un cronograma de mantenimiento



Fuente: Investigación de campo

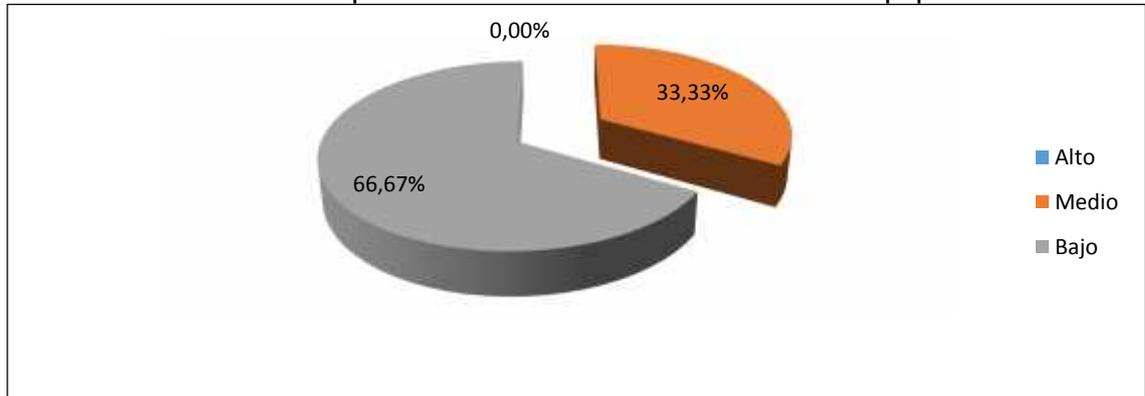
Elaborado por: Autor (2015)

Pregunta 2. ¿Cuál es el nivel de cumplimiento del mantenimiento de los equipos de trituración de material pétreo?

Las respuestas a esta pregunta dió como resultado que el 66.67% de los encuestados manifiestan que el cumplimiento de mantenimiento a los equipos

de trituración es bajo, mientras que el 33.33% indicaron que es medió, ninguno de los encuestados supieron manifestar que es alto.

Gráfico 2. Nivel de cumplimiento del mantenimiento de los equipos



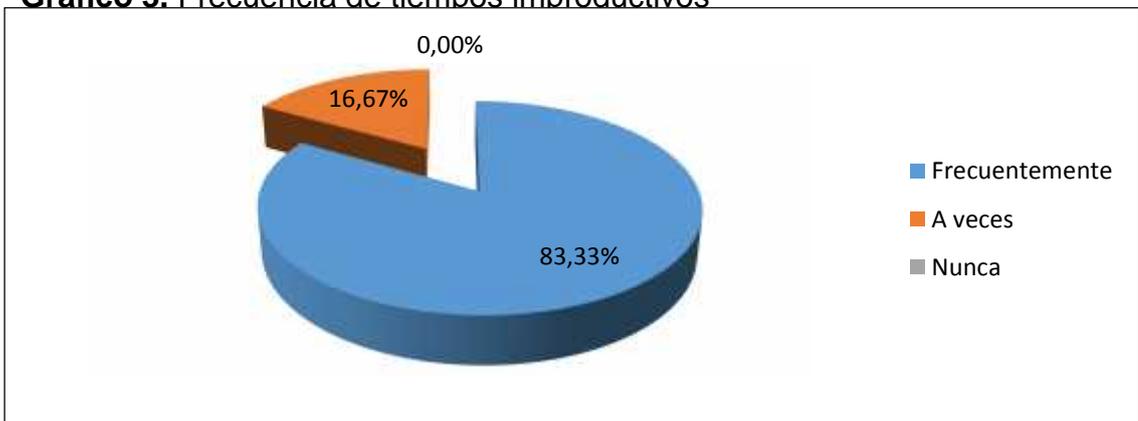
Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Pregunta 3. ¿Con qué frecuencia sufre tiempos improductivos el proceso de trituración de material pétreo?

Según el 83.33% de los encuestados manifiestan que es muy frecuente los tiempos improductivos en la planta de trituración, el 16.67% dijeron que solo a veces existen tiempos improductivos y ninguno de los encuestados manifestaron que no existen tiempos improductivos.

Gráfico 3. Frecuencia de tiempos improductivos



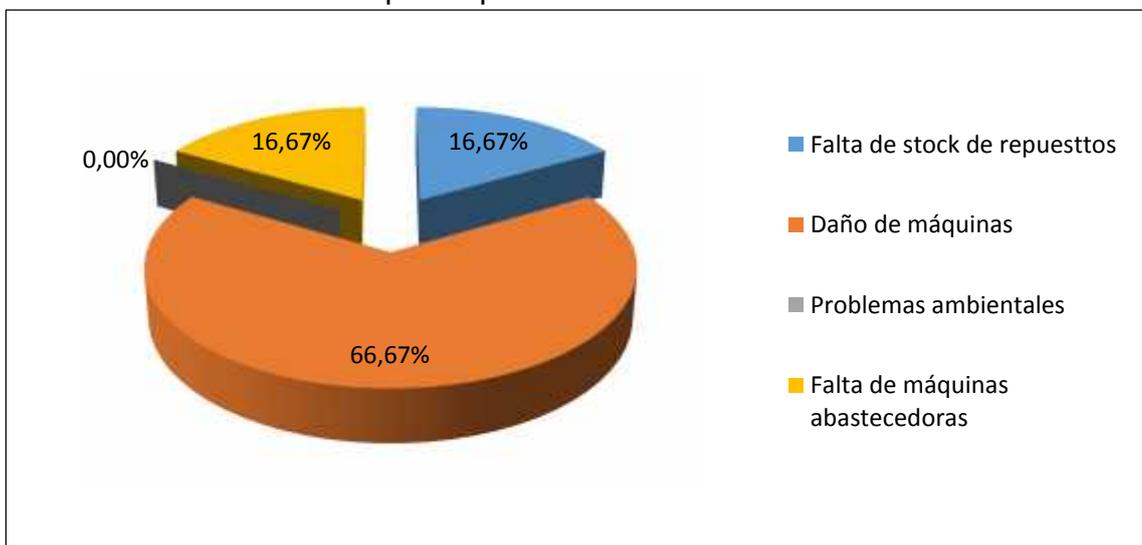
Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Pregunta 4. ¿Por qué causas ocurren los tiempos improductivos en el proceso de trituración de material pétreo?

Las respuestas a esta pregunta dió como resultado que el 66.67% de los encuestados manifiestan que las causas de los tiempos improductivos se debe a los daños de las máquinas, un 16.67% dijeron que la causa es la falta de stock de repuestos y también el restante 16.67% manifestaron que las causas se debe a las falta de máquinas abastecedoras.

Gráfico 4. Causas de tiempos improductivos

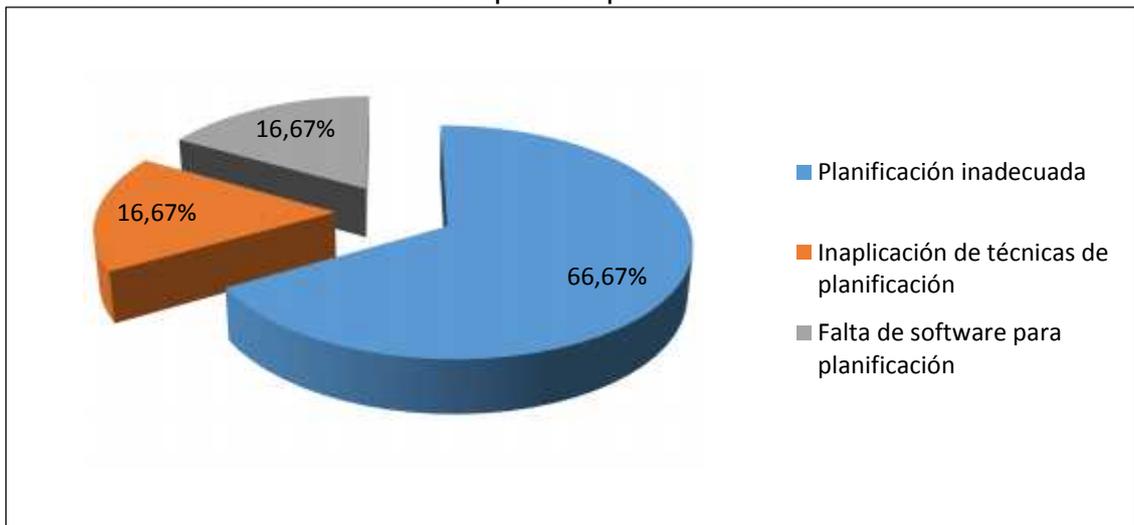


Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autor (2015)

Pregunta 5. ¿Por qué causa no se cuenta con stock disponible en el proceso de trituración de material pétreo?

Las respuestas a esta pregunta evidenció que el 66.67% de los encuestados manifestaron que las causas de no contar con stock disponible en el proceso de trituración se debe a una planificación inadecuada, un 16.67% dijeron que la causa es la inaplicación de técnicas de planificación, mientras que el restante 16.67% manifestaron que las causas se debe a las falta de un software para realizar la planificación.

Gráfico 5. Causas de stock no disponible para la trituración

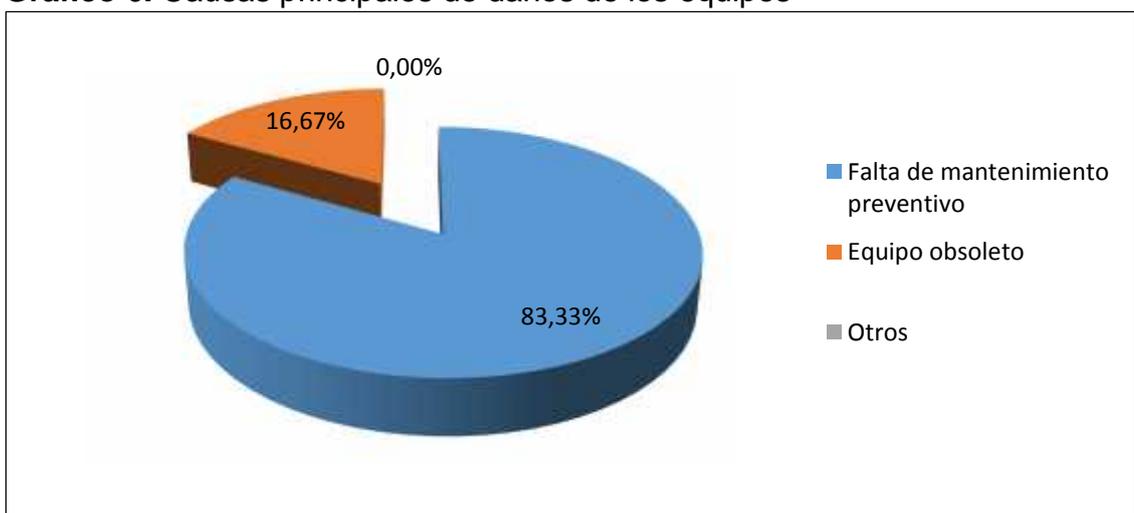


Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autor (2015)

Pregunta 6. ¿Por qué razón manifiesta que los daños del equipo son la principal causa del problema de los paros no programados?

Según el 83.33% de los encuestados manifiestan que la falta de mantenimiento preventivo es la principal causa de los daños de los equipos, el 16.67% dijeron que esto se debe a que los equipos se encuentran obsoletos.

Gráfico 6. Causas principales de daños de los equipos

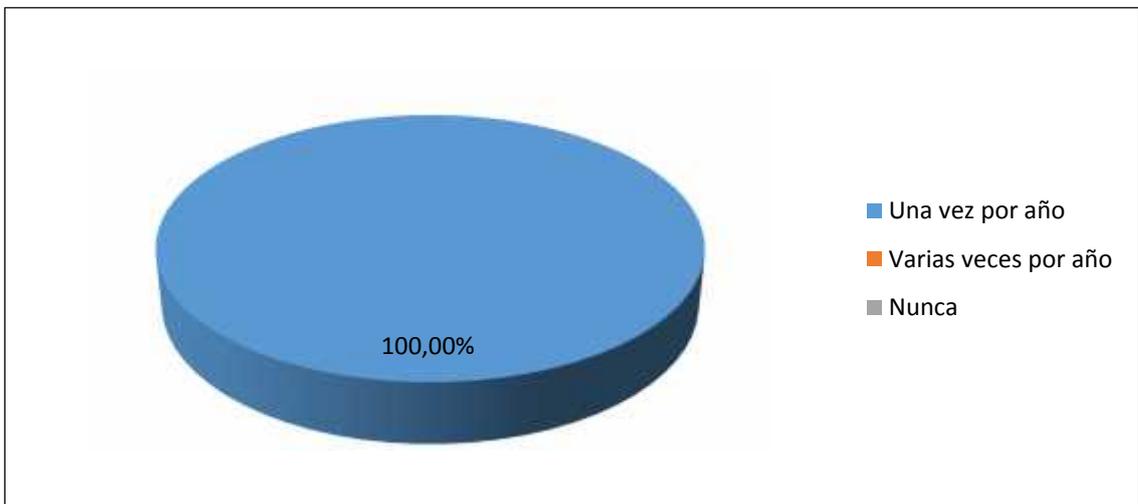


Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autor (2015)

Pregunta 7. ¿Con qué frecuencia fue capacitado para proporcionar el mantenimiento rutinario de los equipos de trituración de material pétreo?

Las respuestas a esta pregunta fueron contundentes, ya que el 100.00% del personal operativo de la planta de trituración manifestaron que solo una vez por año están recibiendo capacitación en labores de mantenimiento a los equipos de trituración.

Gráfico 7. Frecuencia de capacitaciones para labores de mantenimiento



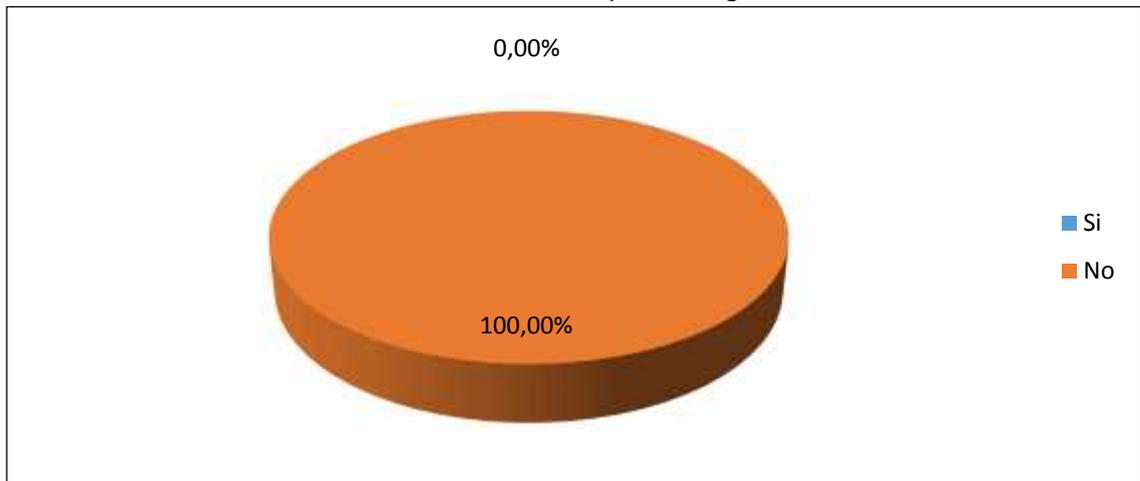
Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Pregunta 8. ¿Guía su accionar en un Plan de gestión de mantenimiento para los equipos de trituración de material pétreo?

Esta pregunta también tuvo resultados contundentes, ya que también el 100.00% del personal operativo manifestó que todas las actividades que se realizan en la planta de trituración no se guían en el accionar de un plan de mantenimiento preventivo, lo que es muy preocupante, ya que esto indica que no existe ningún tipo de planificación.

Gráfico 8. Accionar de las actividades en plan de gestión de mantenimiento



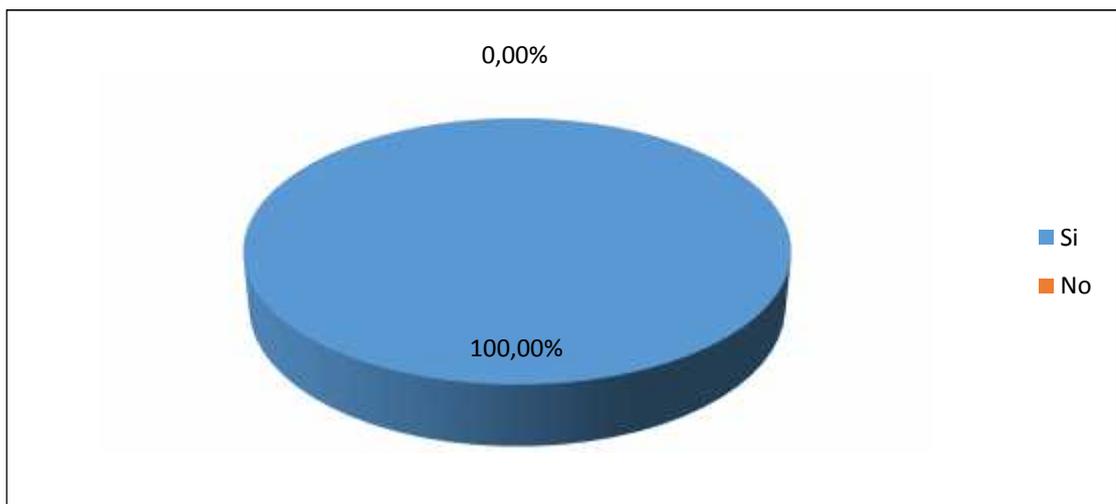
Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Pregunta 9. ¿Es necesario un Plan de gestión de mantenimiento en el proceso de trituración de material pétreo?

Según el 100.00% de los encuestados indican que si es necesario la implementación de un plan de gestión del mantenimiento en el proceso de trituración de material pétreo.

Gráfico 9. Necesidad de un plan de gestión de mantenimiento



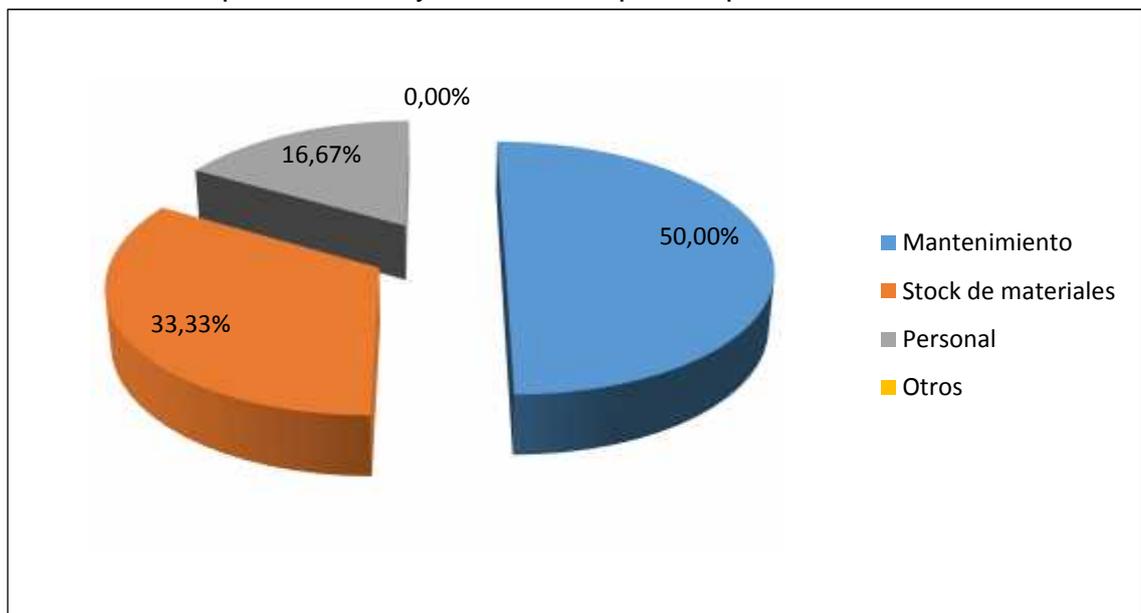
Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Pregunta 10. ¿En qué aspecto requiere mayor desarrollo el proceso de trituración de material pétreo?

El 50.00% del personal operativo encuestado detalló que uno de los aspectos que mayor desarrollo requiere el proceso de trituración de material pétreo es el mantenimiento de los equipos, el 33.33% indicó que es el stock de materiales, mientras que el 16.67% manifestó que se requiere mayor desarrollo en el aspecto personal (mano de obra).

Gráfico 10. Aspectos de mayor desarrollo para el proceso de trituración



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autor (2015)

4.1.1.2. Resultados de la entrevista Jefe del departamento de obras públicas

Cuadro 1. Resultados entrevista al jefe del departamento de obras publicas

Pregunta	Respuesta	Análisis
¿De qué manera está midiendo la eficiencia del proceso de trituración de material pétreo?	De acuerdo a la capacidad de producción que tiene los equipos de trituración, comparo con las producciones diarias	La eficiencia en la planta de trituración no está siendo medida ni evaluada técnicamente, originando que no se tomen decisiones acertadas y a tiempo
¿Por qué existe muchos tiempos muertos en el proceso de trituración de material pétreo?	Principalmente a las paralizaciones debido a daños mecánicos en los equipos	Es obvio que la falta de un plan de mantenimiento es la principal causa de los daños en los equipos
¿Qué hace la institución cuando se daña un accesorio de los equipos de trituración de material pétreo? ¿Contrata personal externo o utiliza al personal interno?	Dependiendo del daño en los equipos de trituración, cuando estos son muy críticos se contrata mantenimiento externo	Al no existir un plan de gestión, no existe personal capacitado, esta es la razón para contratar personal externo cuando hay que hacer reparaciones
¿Considera usted que se debe implementar un Plan de Gestión de Mantenimiento para los equipos de trituración de material pétreo? ¿Mejorará la eficiencia institucional?	Sería muy importante, hay que gestionar con las autoridades provinciales para que un plan de gestión de mantenimiento en la planta de trituración se implemente	La respuesta es contundente, es necesaria la implementación de un plan de gestión de mantenimiento.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2. Estudió técnico de la productividad de la planta de trituración de material pétreo

4.1.2.1. Producción mensual de piedras trituradas

La capacidad de los equipos de trituración de la planta es de 50 m³ / hora, es decir, de 400 m³ diarios en una jornada de 8 horas laborables, capacidad que puede ser rebasada si se trabaja horas extras, en caso de que sea requerido por la institución.

La producción mensual y anual del producto piedras de 3/4", 3/8" y 3/16" en el área de trituración de material pétreo en el último período anual se detalla en el cuadro 2.

Cuadro 2. Producción mensual año 2014

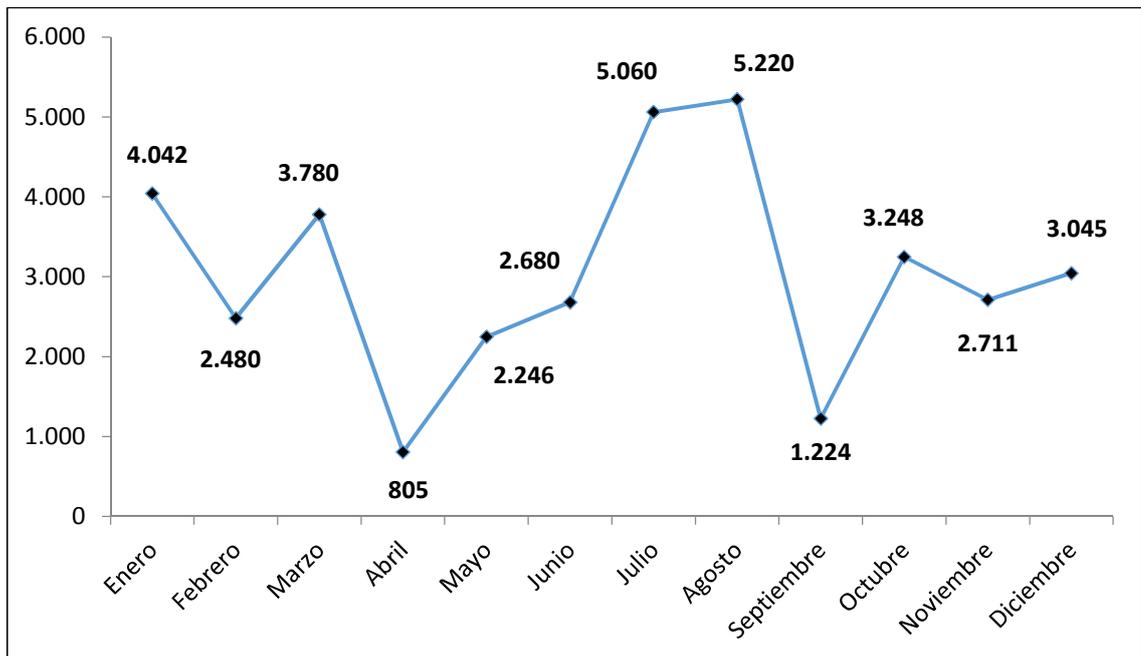
Meses	Producción en m³
Enero	4.042
Febrero	2.480
Marzo	3.780
Abril	805
Mayo	2.246
Junio	2.680
Julio	5.060
Agosto	5.220
Septiembre	1.224
Octubre	3.248
Noviembre	2.711
Diciembre	3.045
Total	36.541

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Los meses de julio y agosto fueron los meses de mayor producción de piedras de 3/4", 3/8" y 3/16" en el área de trituración de material pétreo, siendo los de mayor participación como se muestra en el gráfico 11.

Gráfico 11. Producción mensual año 2014



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.2. Producción mensual por tipo de piedras

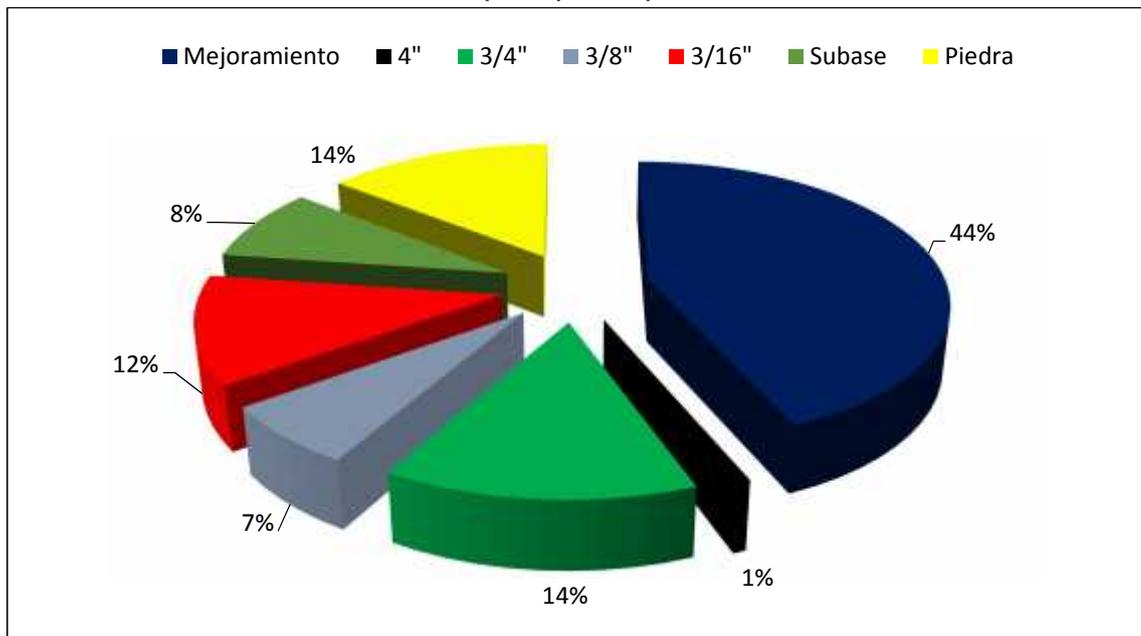
El producto con mayor participación en la producción de piedras en el área de trituración de material pétreo, es el producto para mejoramiento, le sigue la piedra de ¾", como se detalla y observa en el cuadro 3 y gráfico 12 respectivamente.

Cuadro 3. Producción mensual por tipo de piedra

Tipo de producto	m ³	Porcentaje
Mejoramiento	15.951	43,65%
4"	229	0,63%
¾"	5.117	14,00%
3/8"	2.464	6,74%
3/16"	4.457	12,20%
Subase	3.078	8,42%
Piedra	5.246	14,36%
Total	36.541	100,00%

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autor (2015)

Gráfico 12. Producción mensual por tipo de piedra



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.3. Eficiencia del proceso de trituración

La eficiencia del proceso de trituración de material pétreo, se calculó dividiendo la producción anual del último período anual para la capacidad instalada de producción, para la cual se supone que se trabajan 8 horas diarias, los 5 días a la semana y durante 50 semanas al año, para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción anual}}{\text{Capacidad instalada anual}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{36.541 \text{ m}^3}{(50 \text{ m}^3 / \text{hora}) \times 8 \text{ horas} \times 5 \text{ días} \times 50 \text{ semanas}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{36.541 \text{ m}^3 \text{ anuales}}{100.000 \text{ m}^3 \text{ anuales}}$$

$$\text{Eficiencia} = \mathbf{36,54\%}$$

La eficiencia calculada en el período de estudio asciende a un 36.54%.

4.1.2.4. Problemas que afectan al proceso productivo

Se tomó como referencia el informe de trabajo diario en la cantera de la institución, cuya responsabilidad está a cargo de la Dirección de Obras Públicas, área que proporcionó la información de paralizaciones de los equipos de trituración que se detallan a continuación.

4.1.2.4.1. Paralizaciones causadas por daños en las máquinas

En el cuadro 4, se observa el registro correspondiente que los equipos de trituración se paralizaron en el período de estudio, en total suman 95 paralizaciones por daños de máquinas, sumando un total de 701 horas.

Cuadro 4. Paralizaciones causadas por daños en los equipos

Ítems	Descripción del daño	Horas
1	Compactación de plataforma para la trituradora	8
2	Construcción de plataforma de alimentación del primario	8
3	Oficina esperando para desarme de caseta de la mina la Cristóbal	8
4	Construcción de plataforma y ubicación de trituradora primaria	8
5	Graduación de muela de primario para producción de material de mejoramiento	8
6	Ampliación de plataforma usada por la cargadora para la alimentación de trituradora	8
7	Acople de banda auxiliar cebado de sistema hidráulico y ajuste de muela para producción	8
8	Producción - daño de compuerta de abastecimiento sacada para hacer soldar	2
9	Arreglo de compuerta de criba soldada - producción	2
10	Puerta de criba rota una pata se lleva a taller a soldar - producción	2
11	Puerta soldada no coincidió en la maquina se trae a taller para repara	8
12	Informe de daño de puerta mal soldada y construcción de meza para ubicación de zaranda	8

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 4. Paralizaciones causadas por daños en los equipos (continuación)

Ítems	Descripción del daño	Horas
13	Se ubica la clasificadora para producción de material clasificado de distintas medidas puerta en taller para rectificar la suelda	8
14	Se eleva la plataforma de la zaranda y se hace las adecuaciones en las barrederas y cauchos de protección de la zaranda	7
15	Se instala las rejillas de la zaranda y se arma la máquina para producción con cauchos de protección y pasamanos de la maquina	6
16	Producción solo de la zaranda - primario se para por falla de conexión del embrague (bobina pt tech)	3
17	Producción de zaranda - primario falla en bobina del pt tech	5
18	Informe de falla pt tech se espera asistencia técnica para revisión de falla maquina está en garantía	8
19	Se espera asistencia técnica para revisión de falla maquina está en garantía	8
20	Se espera asistencia técnica para revisión de falla maquina está en garantía	8
21	Se espera asistencia técnica para revisión de falla maquina está en garantía	8
22	Se espera asistencia técnica para revisión de falla maquina está en garantía	8
23	Se espera asistencia técnica para revisión de falla maquina está en garantía	8
24	Técnico de multiequipo arregla la máquina e informe de grasa necesaria para la lubricación de los rodamientos	8
25	Muela trabada mantenimiento - producción	4
26	Muela atorada por piedras no hay cadena para aflojar las piedras	8
27	Muela atorada por piedras no hay cadena para aflojar las piedras	8
28	Se usa un cable de acero para sacar las piedras pero no funciona por que las piedras rompieron el cable	8
29	Se espera la compra de la cadena para desalojar las piedras atoradas y a que el cable de acero se rompió	8
30	Se espera la compra de la cadena para desalojar las piedras atoradas y a que el cable de acero se rompió	8
31	Se espera la compra de la cadena para desalojar las piedras atoradas y a que el cable de acero se rompió	8
32	Se espera la compra de la cadena para desalojar las piedras atoradas y a que el cable de acero se rompió	8

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 4. Paralizaciones causadas por daños en los equipos (continuación)

Ítems	Descripción del daño	Horas
33	Se espera la compra de la cadena para desalojar las piedras atoradas y a que el cable de acero se rompió	8
34	Se espera la compra de la cadena para desalojar las piedras atoradas y a que el cable de acero se rompió	8
35	Construcción de plataforma para ubicación de cono y zaranda	8
36	Ubicación de cono y zaranda adecuación de la plataforma	8
37	Producción - máquina se paró por piedra atorada	5
38	Desalojando piedra atorada y la excavadora se dañó y no se puede hacer stock	7
39	No hay volqueta para hacer stock y la excavadora sigue dañada	8
40	Producción por la tarde se rompe la oreja de la puerta y se trae a taller a soldar	4
41	El cono y zaranda se prenden para movilización y mantenimiento primario sigue parado por puerta en taller a soldar	8
42	Armado de puerta soldada y producción	4
43	Informe de maquina parada por pernos que sujetan la muela están flojos y se va hacer cambio de muela	8
44	Haciendo en taller pedido del carro taller para soldar orejas para sacar la muela	8
45	Buscado herramientas para ajustar los pernos que sujetan la muela	8
46	Desarma la maquina en la zona de la muela fija en el lado que sujeta la muela	8
47	Proceso de cambio de muela	8
48	Proceso de cambio de muela	8
49	Proceso de cambio de muela	8
50	Carro taller se suelda orejas a muela fija y se la saca de la maquina se necesita trabajo adicional de suelda en la muela	8
51	Proceso de cambio de muela	8
52	Proceso de cambio de muela	8
53	Proceso de cambio de muela	8
54	Cambia la posición de la muela fija y queda lista para producción	8
55	Rodillo atorado por una piedra y producción después de solucionar el problema	5
56	Selenoide de máquina presenta fuga de aceite hidráulico por falla de o-rin	6
57	Buscado empaque para Selenoide y se completa aceite hidráulico	8

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 4. Paralizaciones causadas por daños en los equipos (continuación)

Ítems	Descripción del daño	Horas
58	Producción problema con pin fusible que sostiene la placa de la maquina	4
59	Construcción en taller llave para tuerca que ajusta la espiral de la placa fusible	8
60	Arreglando acople de bomba de aspersores que fue dañada por una piedra	8
61	Desarma los 3 pisos de la zaranda para cambiar malas para producción de súbbase y piedra	8
62	Ruptura de banda principal de salida de la zaranda por barredera dañada	7
63	Informe de ruptura y corte de la banda	8
64	Arreglo de banda por trabajo externo vulquibandas	8
65	Montaje de barrer describa y protección de la banda ubicación de mayas de 1" ubicación de maquinas	8
66	En talleres comprando pernos para protección de muela móvil del primario	8
67	Taller soldando puerta del primario	8
68	Construcción de puerta y ubicación en la maquina	7
69	Desgaste excesivo de base de pines de todo el conjunto del espiral se trae a taller para su respectiva reparación	8
70	Informe de piezas dañadas por desgaste	8
71	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
72	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
73	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
74	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
75	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
76	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
77	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
78	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
79	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
80	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
81	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
82	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
83	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
84	Reconstruyendo pieza dañada por desgaste	8
85	Malla de zaranda dañada se para producción para cambiar malla dañada	5
86	Solicitando Malla en bodega para la zaranda	8
87	Solicitando cambio de malla 3/8 para la zaranda en campamento	8

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 4. Paralizaciones causadas por daños en los equipos (continuación)

Ítems	Descripción del daño	Horas
88	Parada por cambio de malla y pernos templadores	8
89	Parada por cambio de malla y pernos templadores	8
90	Parada por cambio de malla y pernos templadores	8
91	Parada por cambio de malla y pernos templadores	8
92	Parada por cambio de malla y pernos templadores	8
93	Parada por cambio de malla y pernos templadores	8
94	Parada por cambio de malla y pernos templadores	8
95	Se procede a cambiar la malla dañada y los pernos aislados con la asistencia de carro taller	8
Total		701

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.4.2. Paralizaciones causadas por material húmedo debido a lluvia

En el cuadro 5, se evidencia el registro correspondiente en que los equipos de trituración se paralizaron en el período de estudio, en total suman 17 paralizaciones por material húmedo debido a las lluvias, sumando un total de 96 horas.

Cuadro 5. Paralizaciones causadas por material húmedo debido a lluvia

Ítems	Descripción del daño	Horas
1	Lluvia- material húmedo - producción solo por la tarde	5
2	Lluvia- material húmedo - producción- Abastecimiento de combustible	4
3	Material húmedo y producción	5
4	Máquina parada por lluvia material húmedo	4
5	Material húmedo y banda principal parada por arena y tierra	8
6	Material húmedo producción	3
7	Lluvia y material húmedo - producción	6
8	Lluvia y material húmedo - producción	5
9	Lluvia y material húmedo - producción	4
10	Lluvia y material húmedo - producción	4
11	Material húmedo - mantenimiento y producción	6
12	Material húmedo - mantenimiento y producción	8
13	Material húmedo - mantenimiento y producción	6
14	Material húmedo - mantenimiento y producción	6
15	Material húmedo y maquina parada por lluvia	8
16	Material húmedo	8
17	Lavado de máquina con el tanquero - material húmedo y producción	6
Total		96

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.4.3. Paralizaciones causadas por falta de stock

En el cuadro 6, se observa el registro correspondiente en que los equipos de trituración se paralizaron en el período de estudio, en total suman 13 paralizaciones por falta de stock, sumando un total de 95 horas.

Cuadro 6. Paralizaciones causadas por falta de stock

Ítems	Descripción del daño	Horas
1	La cargadora realiza un stock pequeño para producción	6
2	Sin stock para producción y sin máquina por emergencia vial	8
3	Sin stock para producción y sin máquina por emergencia vial	8
4	Sin stock para producción y sin máquina por emergencia vial	8
5	Sin stock para producción y sin máquina por emergencia vial	8
6	Sin stock para producción y sin máquina por emergencia vial	8
7	Sin stock para producción y sin máquina por emergencia vial	8
8	Sin stock para producción	8
9	Sin stock para producción	8
10	Sin stock para producción	8
11	Sin stock para producción	8
12	Producción de 2 horas por falta de material, la excavadora sigue dañada	6
13	Producción de ripio y polvo de piedra se acaba con el stock de material	3
Total		95

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.4.4. Paralizaciones causadas por desabastecimiento de combustible

En el cuadro 7, se detalla el registro correspondiente en que los equipos de trituración se paralizaron en el período de estudio, en total suman 8 paralizaciones por desabastecimiento de combustible, sumando un total de 53 horas.

Cuadro 7. Paralizaciones causadas por desabastecimiento de combustible

Ítems	Descripción del daño	Horas
1	Máquinas sin diésel	8
2	Producción y sin combustible	4
3	Realizando ajustes en la trituradora y máquina parada por falta de combustible en excavadora que alimenta la planta	8
4	Máquina parada por falta de combustible y sin ayudante	8
5	Esperando combustible hasta el medió día - producción	5
6	Maquinas paradas por falta de combustible	8
7	Producción de subase - Máquina parada por falta de combustible	4
8	Máquina parada por falta de combustible y sin ayudante	8
Total		53

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.4.5. Paralizaciones causadas por producción subase

En el cuadro 8, se observa el registro correspondiente en que los equipos de trituración se paralizaron en el período de estudio, en total suman 6 paralizaciones por producción subase, sumando un total de 15 horas.

Cuadro 8. Paralizaciones causadas por producción subase

Ítems	Descripción del daño	Horas
1	Producción de súbbase	2
2	Producción de súbbase	2
3	Producción de súbbase	2
4	Producción de súbbase	3
5	Producción de súbbase	4
6	Producción de súbbase	2
Total		15

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.4.6. Paralizaciones causadas por riesgo de desastre por lluvia

En el cuadro 9, se evidenció el registro correspondiente en que los equipos de trituración se paralizaron en el período de estudio, en total suman 2 paralizaciones por desabastecimiento de combustible, sumando un total de 16 horas.

Cuadro 9. Paralizaciones causadas por riesgo de desastre por lluvia

Ítems	Descripción del daño	Horas
1	Se para producción porque el Río subió de nivel por lluvias y existe riesgo para la máquina	8
2	Inspección de Ing. de Seguridad y Doctor para revisión del muro por crecida del río	8
Total		16

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.4.7. Paralizaciones causadas por mantenimiento predictivo de equipos

En el cuadro 10, se expresa el registro correspondiente en que los equipos de trituración se paralizaron en el período de estudio, en total suman 7 paralizaciones por mantenimiento predictivo, sumando un total de 40 horas.

Cuadro 10. Paralizaciones causadas por mantenimiento predictivo de equipos

Ítems	Descripción del daño	Horas
1	Mantenimiento - producción	4
2	Mantenimiento de la máquina - taller capacitación de aceites	8
3	Limpieza de banda	8
4	Limpieza de la arena de la banda y producción	5
5	Mantenimiento de cargadora y excavador	5
6	Mantenimiento y producción	5
7	Mantenimiento y producción	5
Total		40

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.4.8. Paralizaciones causadas por ausencia de cargadora y/o volqueta

En el cuadro 11, se observa el registro correspondiente en que los equipos de trituración se paralizaron en el período de estudio, en total suman 19 paralizaciones por ausencia de cargadora, sumando un total de 121 horas.

Cuadro 11. Paralizaciones causadas por ausencia de cargadora y/o volqueta

Ítems	Descripción del daño	Horas
1	Cargadora en mantenimiento	
2	Producción - sin volqueta para hacer stock	
3	Sin máquina para abastecer la trituradora y sin volqueta	8
4	Sin máquina para abastecer la trituradora y sin volqueta	8
5	Sin máquina para abastecer la trituradora y sin volqueta	8
6	Producción de ripio chispa y arena se alimenta las máquinas con mini cargadora (no abastece lo suficiente)	7
7	Máquinas haciendo stock para las vías no hay máquina para alimentar trituradora	8
8	Producción 3 horas sin cargadora frontal para desalojar	4
9	Producción sin cargadora frontal para desalojar material	3
10	Sin cargadora para desalojo de materia triturado y excavadora por motivo de mantenimiento	8
11	Sin cargadora para desalojo de materia triturado y excavadora por motivo de mantenimiento	8
12	Sin cargadora para desalojo de materia triturado y excavadora por motivo de mantenimiento	8
13	Sin cargadora para desalojo de materia triturado y excavadora por motivo de mantenimiento	8
14	Sin cargadora para desalojo de materia triturado y excavadora por motivo de mantenimiento	8
15	Sin cargadora para desalojo de materia triturado y excavadora por motivo de mantenimiento	8
16	Sin cargadora para desalojo de materia triturado y excavadora por motivo de mantenimiento	8
17	Sin cargadora para desalojo de materia triturado y excavadora por motivo de mantenimiento	8
18	Lavado y Limpieza de Máquinas trituradoras	8
19	Producción de subbase - sin cargadora para desalojo	3
Total		121

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.4.9. Paralizaciones causadas por otras causas

En el cuadro 12, se detalla el registro correspondiente en que los equipos de trituración se paralizaron en el período de estudio, en total suman 12 paralizaciones por otras causas, sumando un total de 73 horas.

Cuadro 12. Paralizaciones por otras causas

Ítems	Descripción del daño	Horas
1	Producción la mañana - cargadora arreglando acceso a la vía- reunión con talento humano	2
2	Informe de necesidades de la mina y el informe de pérdida de cadena del traslado	8
3	Sin máquinas para producción	8
4	Taller solicitando compra de	8
5	Se para producción por que las máquinas van a trabajar en la puesta de unas alcantarillas para la vía de acceso a la mina	8
6	Se acoplan la tres máquinas para producción de ripio- chispa y arena	8
7	Traslada máquina a nueva zona de producción material a producir mejoramiento	8
8	Producción y acoplamiento de máquinas para producción de ripio chispa y arena	2
9	Producción y acople de transportador de residuos	5
10	Producción se mueve primario y zaranda para producción de piedra y súbase	4
11	Producción - excavadora sale a auxilio mecánico	4
12	Feriado	8
Total		73

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.5. Resumen de registro de problemas que afectan la productividad de los equipos de trituración de material pétreo

En el cuadro 13 y gráfico 13, se evidencia el total de horas y paralizaciones de los equipos de trituración, que en total son 1210 horas y 177 paralizaciones, en el cual el 57.93% se debe a daños en las máquinas.

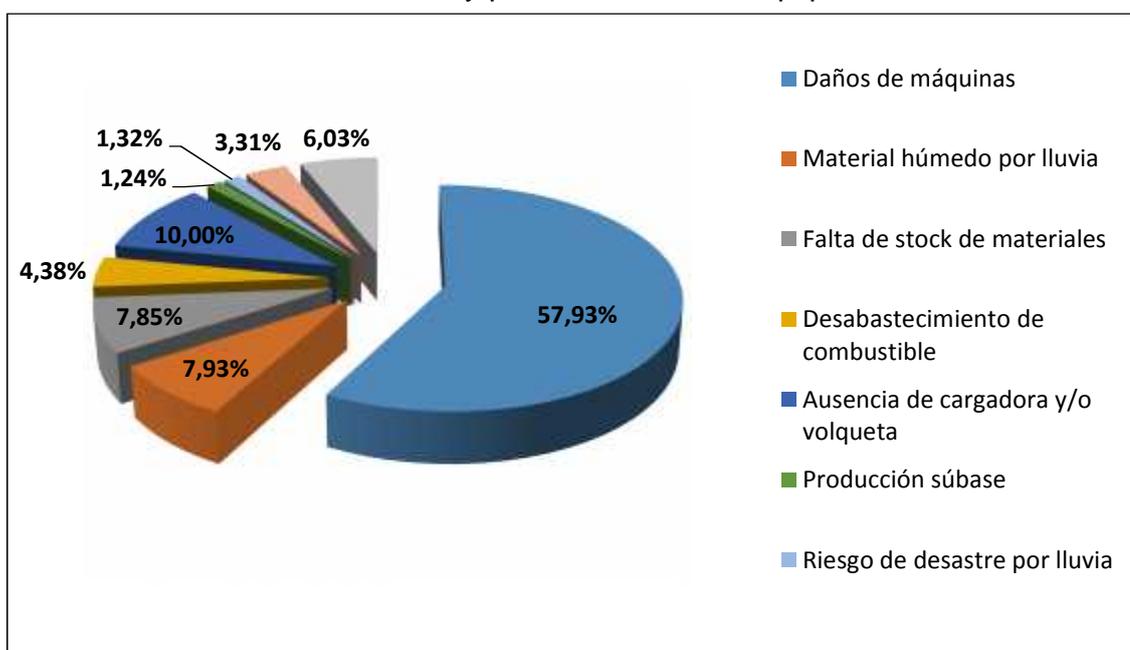
Cuadro 13. Resumen de horas y paralizaciones de equipos

Descripción	Frecuencia	Horas	Porcentaje
Daños de máquinas	95	701	57,93%
Material húmedo por lluvia	17	96	7,93%
Falta de stock de materiales	13	95	7,85%
Desabastecimiento de combustible	8	53	4,38%
Ausencia de cargadora y/o volqueta	19	121	10,00%
Producción sùbase	6	15	1,24%
Riesgo de desastre por lluvia	2	16	1,32%
Mantenimiento predictivo	7	40	3,31%
Otros	12	73	6,03%
Total	179	1210	100,00%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Gráfico 13. Resumen de horas y paralizaciones de equipos



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.5.1. Frecuencia de número de paralizaciones de las causas que afectan la productividad de los equipos de trituración de material pétreo

Para el análisis del impacto de las causas de los problemas relacionados con el número de paralizaciones en el proceso de trituración de material pétreo, se utilizó el diagrama de Pareto, con el cual se realizó la evaluación de la problemática con las frecuencias del número de paralizaciones, como se detalla en el cuadro 14.

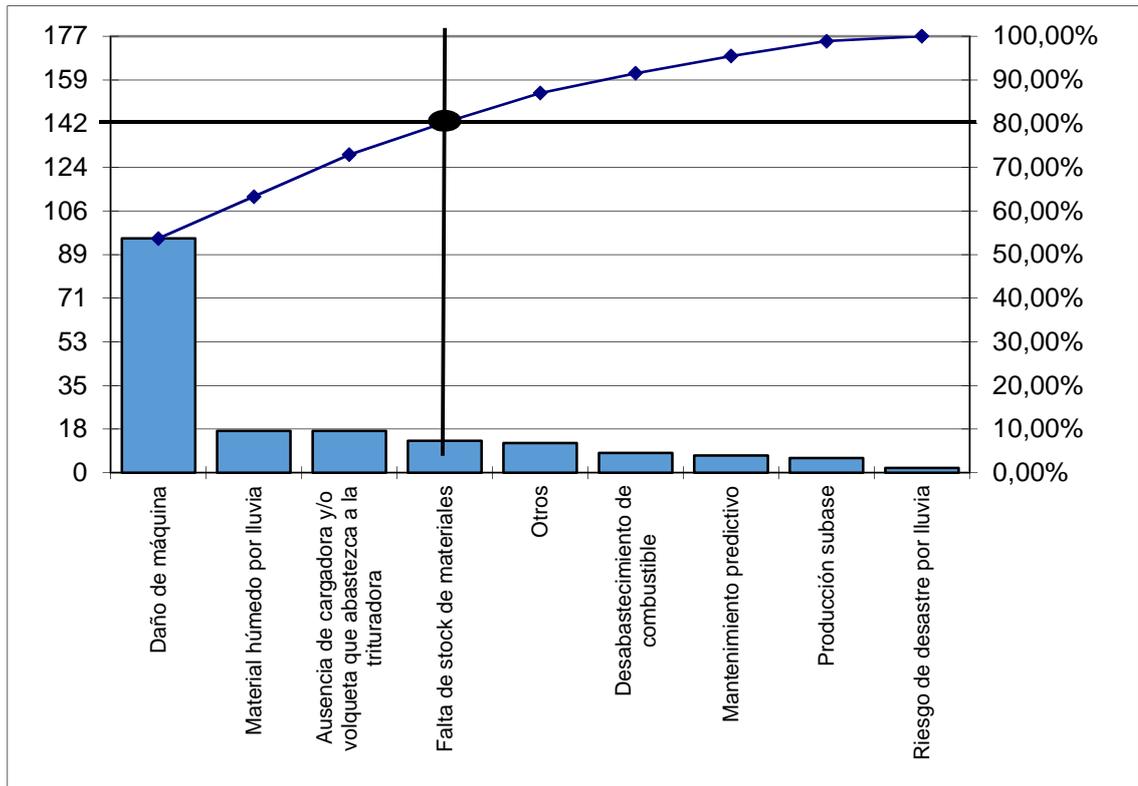
Cuadro 14. Frecuencia del número de paralizaciones de los equipos

Causas	Frecuencia			
	Observada (paralizaciones)	Acumulada (paralizaciones)	Relativa	Acumulada
Daño de máquina	95	95	53,67%	53,67%
Material húmedo por lluvia	17	112	9,60%	63,28%
Ausencia de cargadora y/o volqueta que abastezca a la trituradora	17	129	9,60%	72,88%
Falta de stock de materiales	13	142	7,34%	80,23%
Otros	12	154	6,78%	87,01%
Desabastecimiento de combustible	8	162	4,52%	91,53%
Mantenimiento predictivo	7	169	3,95%	95,48%
Producción subbase	6	175	3,39%	98,87%
Riesgo de desastre por lluvia	2	177	1,13%	100,00%
Total	177		100,00%	

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Gráfico 14. Frecuencia del número de paralizaciones de los equipos



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

En el gráfico 14 (diagrama de Pareto), se aprecia que el 80% de las causas de las paralizaciones del proceso de trituración de material pétreo son daño en las máquinas, material húmedo por lluvia, ausencia de cargadora y falta de stock de materiales, en donde el 53.67% son los daños en los equipos, es decir ocupa más de la mitad de todas las causas que ocasionan el problema de los paros no programados en el proceso de trituración de material pétreo.

4.1.2.5.2. Frecuencia en horas de las causas que afectan la productividad de los equipos de trituración de material pétreo

De igual manera para el análisis del impacto de las causas de los problemas relacionados con las horas de las paralizaciones en el proceso de trituración de material pétreo, se utilizó el diagrama de Pareto, con el cual se realizó la evaluación de la problemática con las horas de las paralizaciones, como se detalla en el cuadro 15.

Cuadro 15. Frecuencia de las horas de paralizaciones de los equipos

Causas	Frecuencia			
	Observada (Horas)	Acumulada (Horas)	Relativa	Relativa Acumulada
Daño de máquina	701	701	57,93%	57,93%
Ausencia de cargadora y/o volqueta	121	822	10,00%	67,93%
Material húmedo por lluvia	96	918	7,93%	75,87%
Falta de stock de materiales	95	1.013	7,85%	83,72%
Otros	73	1.086	6,03%	89,75%
Desabastecimiento de combustible	53	1.139	4,38%	94,13%
Mantenimiento predictivo	40	1.179	3,31%	97,44%
Riesgo de desastre por lluvia	16	1.195	1,32%	98,76%
Producción base	15	1.210	1,24%	100,00%
Total	1.210		100,00%	

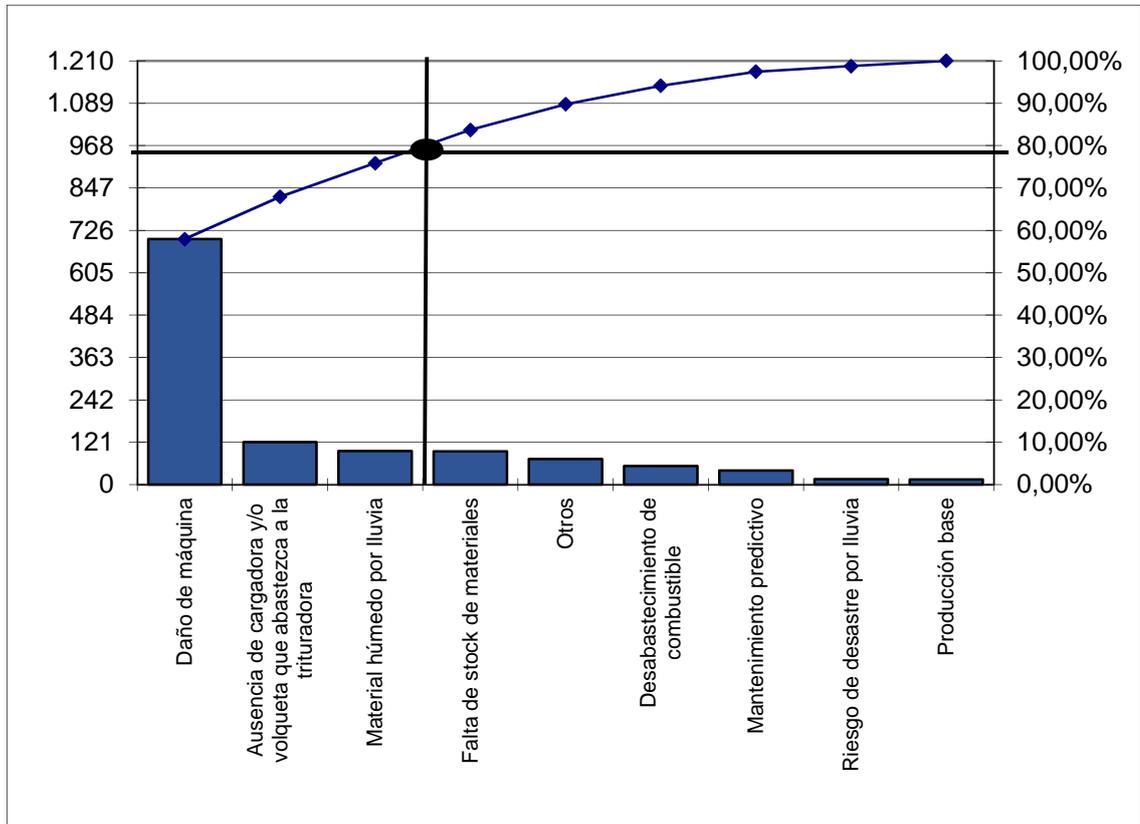
Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

En el gráfico 15 (diagrama de Pareto), se aprecia que el 80% de las causas de las horas de paralizaciones del proceso de trituración de material pétreo son daño en las máquinas, ausencia de cargadora y material húmedo por lluvia, en donde el 57.93% son los daños en los equipos, es decir ocupa más de la mitad

de todas las causas que ocasionan el problema de los paros no programados en el proceso de trituración de material pétreo.

Gráfico 15. Frecuencia de las horas de paralizaciones de los equipos



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.6. Impacto económico del tiempo improductivo en el proceso de trituración de material pétreo

El impacto económico del tiempo improductivo en el proceso de trituración de material pétreo, se calculó en base a los costos que se originan en este ámbito, en el cuadro 16 se observan estos costos proporcionados por la administración de la planta de trituración, en donde el valor del costo por reparaciones de los equipos de trituración ascienden a \$ 45.010,90 por año.

El costo de la hora improductiva resultó de la sumatoria de los costos de la hora-hombre y los costos de la hora-máquina, para el efecto se consideró un

suelo de \$ 550 por trabajador fijado por el empleador, y un valor de hora máquina de \$ 30; la planta de trituración cuenta con dos personas en el área de mantenimiento y con 5 equipos de trituración.

Cuadro 16. Costo de reparación de equipos de trituración

Descripción	Cantidad	Costos (\$)	
		Unitarios	Totales
Plataforma	4.050,00	1	4.050,00
Muelas	335,00	8	2.680,00
Banda auxiliar de sistema hidráulico	145,00	8	1.160,00
Soldadura de compuerta	250,00	1	250,00
Rejillas zaranda	488,00	8	3.904,00
Cadena de acero para aflojar piedras	425,00	1	425,00
Soldado y armado de puerta	164,00	1	164,00
O Rin	151,00	6	906,00
Bombas de aspersores	540,00	1	540,00
Piezas dañadas reemplazadas	326,00	24	7.824,00
Base de pines	250,00	4	1.000,00
Malla de zaranda	489,00	8	3.912,00
Pernos templadores	25,00	12	300,00
		Subtotal	27.115,00
Mano de obra	66%		17.895,90
Total			45.010,90

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.2.6.1. Costo Hora - Hombre

El valor de la hora-hombre fue de \$ 4,58 durante el período de estudio de la mano de obra paralizada debido a las paralizaciones de los equipos de trituración, se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Costo hora hombre} = \frac{\text{Sueldo mensual}}{8 \text{ horas} \times 30 \text{ días}} \times 2 \text{ trabajadores}$$

$$\text{Costo hora hombre} = \frac{\$ 550,00}{240 \text{ horas}} \times 2 \text{ trabajadores}$$

Costo hora hombre = \$ 2,29 x 2

Costo hora hombre = **\$ 4,58**

4.1.2.6.2. Costo Hora - Máquina

El valor de la hora-máquina fue de \$ 150 durante el período de estudio debido a las paralizaciones de los equipos de trituración, se calculó de la siguiente manera:

Costo hora máquina = (Costo / hora / máquina) x (No. de máquinas)

Costo hora máquina = \$30,00 x 5 máquinas

Costo hora máquina = **\$ 150,00**

4.1.2.6.3. Costo Hora - Improductiva

El valor de la hora improductiva debido a las paralizaciones de los equipos de trituración asciende a un valor de \$ 154.58, se calculó de la siguiente manera:

Costo hora improductiva = Costo hora máquina + Costo hora hombre

Costo hora improductiva = \$150,00 + \$4,58

Costo hora improductiva = **\$ 154,58**

4.1.2.6.4. Costo anual por concepto de paralizaciones del equipo de trituración

Para determinar el costo anual de la pérdida económica por concepto de paralizaciones del proceso de trituración de material pétreo se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Costo Anual} = (\text{CHI} \times \text{HI}) + \text{CR}$$

Dónde:

CHI = Costo de la hora improductiva

HI = Número de horas improductivas

CR = Costo de las reparaciones del equipo de trituración

En el cuadro 17, se detalla el costo anual por pérdidas económicas debido a las paralizaciones del equipo de trituración, el cual asciende a **\$ 232.052,70**.

Cuadro 17. Costo anual de las pérdidas económicas

Detalle	Valor
Costo hora improductiva	\$ 154,58
Horas improductivas	1.210
Costo reparaciones	\$ 45.010,90
Costo total anual	\$ 232.052,70

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.3. Actividades y recursos para el sistema de gestión de mantenimiento

El diagnóstico realizado sobre la situación actual de la planta de trituración de material pétreo del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas, evidenció que la causa principal del problema referido a las paralizaciones del proceso de trituración de material pétreo en la cantera de la institución provincial, se debe principalmente al daño de los equipos de trituración, debido a la no existencia de mantenimiento preventivo.

Para ello se requiere que la organización del mantenimiento, políticas y procedimientos estén documentados en un manual, con un cronograma de mantenimiento.

La propuesta del Plan de Gestión de Mantenimiento requiere de máquinas y herramientas, equipos de oficina y de una bodega de repuestos que permita realizar oportunamente los reemplazos y la conservación que constarán en el plan, para lo cual se necesitará la construcción de un galpón en el área donde se encuentran ubicados los mencionados equipos.

4.1.3.1. Maquinarias del proceso de trituración

Los equipos de trituración de material pétreo con los que dispone el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas, se detallan en el cuadro 18.

Cuadro 18. Equipos para la trituración de material pétreo

Ítems	Equipo y/o Maquinaria	Cantidad
1	Plataforma para la trituradora	1
2	Trituradora primaria	1
3	Trituradora secundaria	1
4	Cargadora para abastecer a la trituradora	1
5	Mini-cargadora para abastecer a la trituradora	1
6	Excavadora	1

Fuente: Investigación de campo

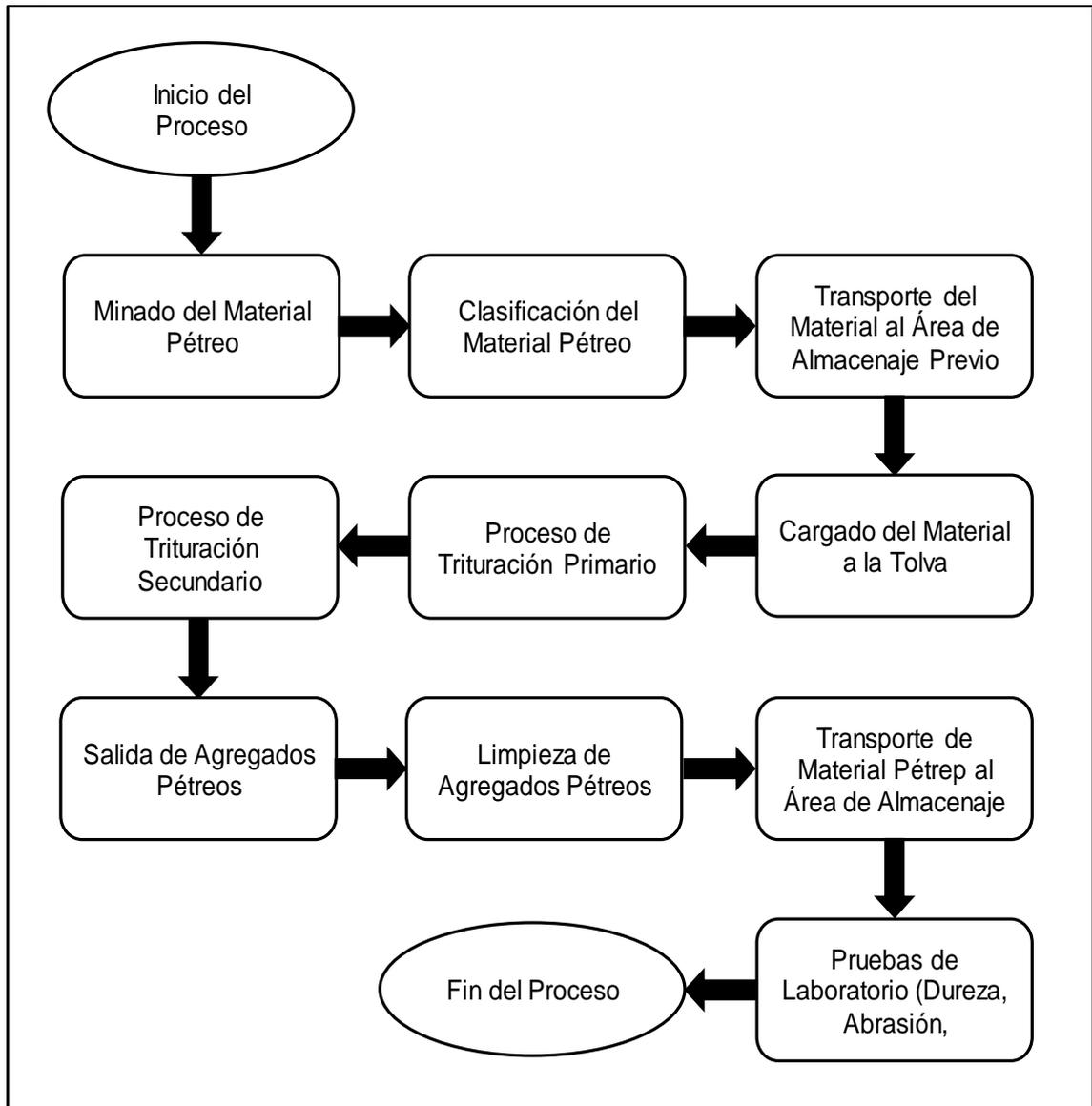
Elaborado por: Autor (2015)

La cargadora y mini-cargadora sirven para el abastecimiento de las máquinas trituradoras primaria y secundaria, mientras que la excavadora, como su nombre lo indica, excava el sitio para la extracción de las piedras.

4.1.3.2. Proceso de trituración de material pétreo

En la siguiente figura 2 se observa el flujo de proceso de trituración de material pétreo en la planta de trituración del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas.

Figura 2. Flujo del proceso de trituración de material pétreo



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

El proceso de trituración de material pétreo está compuesto de cuatro grandes subprocesos, los cuales se detallan a continuación:

➤ **Minado del material**

Es la etapa en donde la excavadora realiza la extracción del material del río, para luego esta ser transportada por las volquetas hacia una criba clasificadora de material (**anexo 3**).

➤ **Clasificación del material**

Debido a las impurezas existentes durante el proceso de minado se realiza una clasificación del material el cual consiste en eliminar la tierra de las piedras, y de esta manera no contaminar el agregado final, ya que la tierra es la causante de su desvalorización y disminución de las propiedades del material agregado pétreo **(anexo 4)**.

Después de que el material es cribado, se obtiene piedras de dimensiones apropiadas para el proceso de trituración, el cual es transportado por una cargadora a la tolva para ser triturado.

➤ **Trituración del material pétreo**

Luego que el material se encuentra en la tolva, inicia la trituración primaria en la trituradora de mandíbulas, luego continua un proceso de trituración secundaria y finalmente el direccionamiento del material por medió de las diferentes bandas transportadoras de balasto, ripio y polvo de piedra **(anexo 5)**.

➤ **Transporte de los agregados de material pétreo**

En la planta de trituración dependiendo de las necesidades en los frentes de trabajo, se procede a despachar los agregados para los diferentes sitios de utilización **(anexo 6)**.

4.1.3.3. Actividades necesarias del sistema de gestión

En los siguientes cuadros se detallan las tareas y actividades del mantenimiento preventivo para los equipos de la planta de trituración del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas.

Cuadro 19. Tareas y actividades de mantenimiento transportador de alimentación en planta

Equipo y/o Maquinaria	Tarea	Actividad
Transportador de alimentación en planta	Lubricación del reductor del tambor de cabeza	Preventiva
	Engrase de boquillas de los ejes de la cabeza	Preventiva
	Lubricación de los cojinetes de los ejes	Preventiva

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 20. Tareas y actividades de mantenimiento transportador de producto en planta

Equipo y/o Maquinaria	Tarea	Actividad
Transportador de producto en planta	Engrase de 4 boquillas situadas en los ejes de cabeza	Preventiva
	Lubricación de los cojinetes de los ejes	Preventiva
	Limpieza de sensor de velocidad	Preventiva

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 21. Tareas y actividades de mantenimiento transportador de descarga

Equipo y/o Maquinaria	Tarea	Actividad
Transportador de descarga	Limpieza de 2 boquillas para el eje de cabeza	Preventiva
	Lubricación de caja de engranajes de la unidad de la oruga	Preventiva
	Lubricación con grasa o aceite, los goznes, pasadores de pivote de los cilindros hidráulicos y puntos de articulación	Preventiva

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 22. Tareas y actividades de mantenimiento transportador de producto mayor

Equipo y/o Maquinaria	Tarea	Actividad
Transportador producto mayor	Ajuste hidráulico del cono	Preventiva
	Cambio de filtro del presión del cono	Preventiva

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 23. Tareas y actividades de mantenimiento de elementos del triturador

Equipo y/o Maquinaria	Tarea	Actividad
Elementos del triturador	Limpieza del manto y cóncavo	Preventiva
	Limpieza de la cabeza de cono	Preventiva
	Recarga de la batería	Preventiva
	Cambio de aceite en el depósito de la machacadora	Preventiva
	Cambio de 2 filtros de presión para la lubricación de la machacadora	Preventiva
	Cambio de aceite en el depósito de la Automax	Preventiva
	Cambio de 2 filtros de presión para la lubricación de la Automax	Preventiva
	Cambio de 1 filtro de succión para la lubricación de la Automax	Preventiva
	Engrase de 12 boquillas de la Automax	Preventiva
	Lubricación del cojinete de embrague	Preventiva
	Lubricación del sistema hidráulico	Preventiva
	Cambio de 2 filtros de presión hidráulica para la lubricación de la Automax	Preventiva
	Reemplazo del revestimiento y la concavidad	Preventiva
	Limpieza y lubricación de la cuña de la Automax	Preventiva

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.3.4. Recursos necesarios del sistema de gestión

4.1.3.4.1. Máquinas-Herramientas necesarias

Las máquinas-herramientas necesarias para el funcionamiento del sistema de gestión del mantenimiento para los equipos de trituración del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas, con sus respectivos costos se detallan en el cuadro 24.

Cuadro 24. Máquinas - herramientas necesarias

Descripción de Máquina	Cantidad	Costo (\$)	
		Unitario	Total
Fresadora	1	25.000,00	25.000,00
Torno	1	30.000,00	30.000,00
Taladro pedestal	1	18.500,00	18.500,00
Esmeril	1	14.200,00	14.200,00
Troquel	1	22.000,00	22.000,00
Cizalla	1	15.100,00	15.100,00
Caja / herramientas	3	600,00	1.800,00
Total			126.600,00

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Las máquinas herramientas requeridas para la puesta en marcha del Sistema de Gestión de Mantenimiento para los equipos de trituración del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas, ascienden a la cantidad de \$126.600,00.

4.1.3.4.2. Equipos de oficina necesarios

Los equipos de oficina necesarios para el funcionamiento del sistema de gestión del mantenimiento para los equipos de trituración del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas, con sus respectivos costos se detallan en el cuadro 25.

Cuadro 25. Equipos de oficina necesarios

Descripción	Cantidad	Costo (\$)	
		Unitario	Total
Equipo de cómputo con impresora	2	1.000,00	2.000,00
Escritorios	2	150,00	300,00
Sillas	6	75,00	450,00
Grapadora, perforadora	2	40,00	80,00
Archivadores	2	120,00	240,00
Línea telefónica	1	200,00	200,00
Teléfono	2	25,00	50,00
Total			3.320,00

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Los equipos de oficina necesarios para la puesta en marcha del Sistema de Gestión de Mantenimiento para los equipos de trituración del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas, ascienden a la cantidad de \$ 3.320,00.

4.1.3.4.3. Galpón necesario para el funcionamiento del sistema

Para el funcionamiento del sistema de gestión del mantenimiento para los equipos de trituración del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas es necesario la construcción de un galpón, los costos se detallan en el cuadro 26.

Cuadro 26. Costos de construcción de galpón

Descripción	Cantidad	Costo (\$)	
		Unitario	Total
Piso (m ²)	240	24,00	5.760,00
Paredes de galpón (m ²)	224	80,00	17.920,00
Techo de galpón (m ²)	240	25,00	6.000,00
Oficina mantenimiento (m ²)	16	340,00	5.440,00
Bodega de repuestos (m ²)	24	380,00	9.120,00
Total			44.240,00

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Los costos del galpón requeridos para la puesta en marcha del sistema, ascienden a la cantidad de \$44.240,00.

4.1.3.4.4. Evaluación de la propuesta de implementación del sistema de gestión del mantenimiento

La propuesta de implementación del Sistema de Gestión de Mantenimiento para los equipos de trituración del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas, requiere la siguiente inversión que se detalla en el cuadro 27.

Cuadro 27. Inversión para sistema de gestión

Descripción	Cantidad	Costo	
		Unitario	Total
Inversión en activos fijos			
Galpón			\$ 44.240,00
Máquinas - herramientas			\$126.600,00
Equipos de oficina			\$3.320,00
Inversión fija total			\$174.160,00
Costos de operación			
Sueldo del talento humano			\$ 54.701,40
Capacitación del talento humano	8	\$ 250,00	\$ 2.000,00
Suministro de oficina	12	\$ 60,00	\$ 720,00
Total Costos de Operación			\$ 57.421,40
Inversión Total			\$231.581,40

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

La inversión total que requiere la implementación del sistema de gestión del mantenimiento asciende a la cantidad de \$ 231.581,40; es la suma de la inversión fija total y los costos totales de operación.

El beneficio que se espera con la implementación del sistema de gestión del mantenimiento será la recuperación mínima del 75% de la pérdida económica anual actual, que se obtiene mediante el desarrollo de la siguiente operación:

Ahorro de las pérdidas económicas anuales = Pérdida económica anual x 75%

Ahorro de las pérdidas económicas anuales = \$ 232.052,70x 75%

Ahorro de las pérdidas económicas anuales = \$ 174.039,53

Se espera que el beneficio que se obtenga ascienda a un valor de \$ 174.039,53; con una expectativa de crecimiento del 5% anual.

Con estos valores se relacionó los ingresos y costos de la propuesta del sistema de gestión planteado, a través de un flujo de caja proyectado a cinco años, el cual se detalla en el cuadro 28.

Cuadro 28. Flujo de caja de evaluación de propuesta

Descripción	Años					
	0	1	2	3	4	5
Beneficios por implementación del sistema		\$ 174.039,53	\$ 182.741,51	\$ 191.878,58	\$ 201.472,51	\$ 211.546,14
Inversión Fija Inicial	\$ 174.160,00					
Costos de Operación						
Sueldo talento humano		\$ 54.701,40	\$ 57.436,47	\$ 60.308,29	\$ 63.323,71	\$ 66.489,89
Capacitación técnica		\$ 2.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Suministros de oficina		\$ 720,00	\$ 720,00	\$ 720,00	\$ 720,00	\$ 720,00
Costos de Operación anual		\$ 57.421,40	\$ 60.156,47	\$ 63.028,29	\$ 66.043,71	\$ 69.209,89
Flujo de caja	(\$ 174.160,00)	\$ 116.618,13	\$ 122.585,04	\$ 128.850,29	\$ 135.428,80	\$ 142.336,24

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Con la información del flujo de caja proyectado se procedió a calcular la relación beneficio/costo que tiene la implementación del sistema de gestión de mantenimiento, el cual se calculó dividiendo el valor actual neto de los beneficios para el valor actual neto de los costos del flujo de caja proyectado.

El costo de oportunidad para los 5 años se valoró en base a la tasa activa promedió del Banco Central del Ecuador que es del 12%.

Cuadro 29. Beneficio/Costo

Beneficio	Costo
Costo de oportunidad	12%
VAN de Ingresos	\$ 685.724,61
VAN de Costos	\$ 399.491,29
B / C	1.72

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

En el cuadro 29 se observa el resultado, el cual dió un valor de 1,72. Este indicador evidencia que a lo largo de los 5 años proyectados, por cada dólar invertido en la implementación del sistema de gestión de mantenimiento, se tendrá un beneficio de 0,72 dólares.

4.1.4. Frecuencia adecuada de mantenimiento de los equipos de trituración de material pétreo

Para establecer la frecuencia adecuada de mantenimiento de los equipos de trituración de material pétreo se clasificó a las diferentes partes estructurales de la trituradora según su importancia en la producción y así poder asignar una prioridad o regularidad de inspección utilizando el criterio de equipos vitales, esenciales, importantes y normales.

En los siguientes cuadros se detallan las frecuencias de mantenimiento para la planta de trituración del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas.

Cuadro 30. Frecuencia de mantenimiento transportador de alimentación en planta

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas		FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN											F. Emisión :			
		MÁQUINA:		TRANSPORTADOR DE ALIMENTACIÓN EN PLANTA											Código :	
				No.Revisión:												
Nº	TAREA	FRECUENCIA	ESTADO DE ACTIVIDAD	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1	Lubricación del reductor del tambor de cabeza	Mensual	Planificado	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	
			Ejecutado													
2	Engrase de boquillas de los ejes de la cabeza	Semanal	Planificado	52 semanas en el año												
			Ejecutado													
3	Lubricación de los cojinetes de los eje	Semanal	Planificado	52 semanas en el año												
			Ejecutado													

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 31. Frecuencia de mantenimiento transportador de producto en planta

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas		FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN										F. Emisión :			
		MÁQUINA:		TRANSPORTADOR DE PRODUCTO EN PLANTA								Código :			
												No.Revisión:			
Nº	TAREA	FRECUENCIA	ESTADO DE ACTIVIDAD	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Engrase de 4 boquillas situadas en los ejes de cabeza	Trimestral	Planificado	S2			S2			S2			S2		
			Ejecutado												
2	Lubricación de los cojinetes de los ejes	Trimestral	Planificado	S2			S2			S2			S2		
			Ejecutado												
3	Limpieza de sensor de velocidad	Semanal	Planificado	52 semanas en el año											
			Ejecutado												

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 32. Frecuencia de mantenimiento transportador de descarga

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas		FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN										F. Emisión :			
		MÁQUINA:		TRANSPORTADOR DE DESCARGA								Código :			
												No.Revisión:			
Nº	TAREA	FRECUENCIA	ESTADO DE ACTIVIDAD	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Limpieza de 2 boquillas para el eje de cabeza	Trimestral	Planificado		S1			S1			S1			S1	
			Ejecutado												
2	Lubricación de caja de engranajes de la unidad de la oruga	Trimestral	Planificado		S1			S1			S1			S1	
			Ejecutado												
3	Lubricación con grasa o aceite, los goznes, pasadores de pivote de los cilindros hidráulicos y puntos de articulación	Trimestral	Planificado		S1			S1			S1			S1	
			Ejecutado												

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 33. Frecuencia de mantenimiento transportador de producto mayor

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas		FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN										F. Emisión :			
		MÁQUINA:		TRANSPORTADOR DE PRODUCTO MAYOR								Código :			
				No.Revisión:											
Nº	TAREA	FRECUENCIA	ESTADO DE ACTIVIDAD	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Ajuste hidráulico del cono	Trimestral	Planificado		S2			S2			S2			S2	
			Ejecutado												
2	Cambio de filtro del presión del cono	Trimestral	Planificado		S2			S2			S2			S2	
			Ejecutado												

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 34. Frecuencia de mantenimiento elementos del triturador

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas		FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN										F. Emisión :			
		MÁQUINA:		ELEMENTOS DEL TRITURADOR								Código :			
Nº	TAREA	FRECUENCIA	ESTADO DE ACTIVIDAD	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
				1	Limpieza del manto y cóncavo	Trimestral	Planificado			S1			S1		
Ejecutado															
2	Limpieza de la cabeza de cono	Trimestral	Planificado			S1			S1			S1			S1
			Ejecutado												
3	Recarga de la batería	Trimestral	Planificado			S1			S1			S1			S1
			Ejecutado												
4	Cambio de aceite en el depósito de la machacadora	Trimestral	Planificado			S1			S1			S1			S1
			Ejecutado												
5	Cambio de 2 filtros de presión para la lubricación de la machacadora	Trimestral	Planificado			S1			S1			S1			S1
			Ejecutado												

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 34. Frecuencia de mantenimiento elementos del triturador (continuación)

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas		FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN										F. Emisión :			
		MÁQUINA:		ELEMENTOS DEL TRITURADOR								Código :			
Nº	TAREA	FRECUENCIA	ESTADO DE ACTIVIDAD	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Cambio de aceite en el depósito de la Automax	Trimestral	Planificado			S2			S2			S2			S2
			Ejecutado												
2	Cambio de 2 filtros de presión para la lubricación de la Automax	Trimestral	Planificado			S2			S2			S2			S2
			Ejecutado												
3	Cambio de 1 filtro de succión para la lubricación de la Automax	Trimestral	Planificado			S2			S2			S2			S2
			Ejecutado												
4	Engrase de 12 boquillas de la Automax	Trimestral	Planificado			S2			S2			S2			S2
			Ejecutado												
5	Lubricación del cojinete de embrague	Trimestral	Planificado			S2			S2			S2			S2
			Ejecutado												

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 34. Frecuencia de mantenimiento elementos del triturador (continuación)

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas		FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN										F. Emisión :			
		MÁQUINA:		ELEMENTOS DEL TRITURADOR								Código :			
Nº	TAREA	FRECUENCIA	ESTADO DE ACTIVIDAD	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
				1	Lubricación del sistema hidráulico	Trimestral	Planificado			S3			S3		
Ejecutado															
2	Cambio de 2 filtros de presión hidráulica para la lubricación de la Automax	Trimestral	Planificado			S3			S3			S3			S3
			Ejecutado												
3	Reemplazo del revestimiento y la concavidad	Trimestral	Planificado			S3			S3			S3			S3
			Ejecutado												
4	Limpieza y lubricación de la cuña de la Automax	Trimestral	Planificado			S3			S3			S3			S3
			Ejecutado												

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.5. Acciones de seguimiento para la mejora continua del sistema de gestión de mantenimiento

Las acciones de seguimiento para la mejora continua se establecieron mediante el diseño del sistema de gestión, el cual está compuesto de la siguiente estructura:

- Política de mantenimiento
- Objetivos de mantenimiento
- Sistema de indicadores de gestión del mantenimiento
- Sistema documental
- Actividades y frecuencia de mantenimiento

4.1.5.1. Política de mantenimiento

La política de mantenimiento de la planta de trituración de material pétreo del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas se definió considerando que sea apropiada a los propósitos de la institución pública, a las expectativas y necesidades de la producción de agregados de material pétreo.

“La planta de trituración de material pétreo del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas tiene como búsqueda la maximización de la efectividad global de los equipos, involucrando la participación de todos los recursos y con ello ofrecer a su personal laboral las mejores condiciones de infraestructura y maquinarias; con la finalidad de asegurar la confiabilidad, la prestación de servicios y la preservación del medio ambiente”.

La administración de la planta de trituración se asegurará que esta Política de Mantenimiento sea implementada, comunicada y entendida en todos los niveles de la misma, a través de actividades de motivación, formación,

entrenamiento específico en la función y la asignación de los recursos requeridos para el mejoramiento continuo del sistema de gestión de mantenimiento descrito en esta investigación.

La Política de Mantenimiento debe ser examinada en la Revisión por la Dirección, cuando sea requerido y así mantener su continua adecuación.

Para ello se demanda especial atención en:

- Satisfacer los requerimientos y expectativas de los clientes del material agregado pétreo.
- Desarrollar y mejorar continuamente el Sistema de Gestión.
- Cumplir la legislación y otros requisitos que suscriba la administración de la planta de trituración de material pétreo del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas.

4.1.5.2. Objetivos del mantenimiento

La administración de la planta de trituración de material pétreo del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas se asegurará que los objetivos de mantenimiento, incluyendo aquellos necesarios para cumplir los requisitos para el producto, se establecen en las funciones y niveles pertinentes dentro de la institución pública y se revisan anualmente.

Los objetivos de mantenimiento son coherentes con la política de mantenimiento, están establecidos en el documento de Gestión de Mantenimiento y están enmarcados en:

- Ofrecer la mejor calidad en el mantenimiento aplicado dentro de la planta de trituración de material pétreo.
- Cumplir con el programa establecido de mantenimiento.
- Aplicar un Sistema de Gestión de Mantenimiento efectivo.

4.1.5.3. Sistema de indicadores de gestión del mantenimiento

Para todo sistema de gestión de mantenimiento de cualquier organización se requiere establecer indicadores de gestión, el cual permite llevar un control sobre el funcionamiento, desempeño y cumplimiento de los objetivos determinados por la institución pública. Estos indicadores de gestión de mantenimiento tienen como propósito evaluar el desempeño de la administración del mantenimiento en la planta de trituración de material pétreo.

4.1.5.3.1. Tablero de control

En el cuadro 35 se detalla el tablero de control de los indicadores que se utilizarán en el sistema de gestión de mantenimiento planteado.

Cuadro 35. Tablero de control de indicadores

Medición	Indicador	Definición	Frecuencia	Observación
Efectividad ₁	$\frac{(Ton.Prog.) - (TDPM)}{(Ton.Prog.)} \times 100$	Este indicador determina el impacto que tiene el mantenimiento en la producción programada	Mensual	Efectividad debe ser igual al 100%
Efectividad ₂	$\frac{(Ton.Reales)}{(Ton.Reales) + TDPM} \times 100$	Este indicador permite determinar el impacto de la cantidad de toneladas perdidas en la producción real por causas de mantenimiento	Mensual	Efectividad debe ser igual al 100%
Efectividad ₃	$\frac{(Ton.Reales)}{(Ton.Prog.)} \times 100$	Este indicador determina como está la producción progmdada vs la real	Mensual	Efectividad debe ser mayor o igual al 100%
Eficacia	$\frac{Ord.Mto.Ejecutdas}{Ord.Mto.Programadas} \times 100$	Este indicador mide cual ha sido el porcentaje de afcacia en las órdenes de mantenimiento ejecutadas respecto a las programadas	Semestral	Eficiacia debe estar entre el 85 y 100% como valores aceptables
Eficiencia	$\frac{Horas Rep.Reales}{Horas Rep.Prog.} \times 100$	Este indicador calcula el porcentaje de las horas de reparación ejecutadas vs las programadas	Mensual	Eficiencia debe estar entre el 90 y 100% como valores aceptables

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor (2015)

Dónde:

Ton. Prog.	= Toneladas de producción programadas
Ton. Reales	= Toneladas de producción reales
TDPM	= Toneladas dejadas de producir imputadas al mant.
Ord. Mto. Ejecutadas	= Ordenes de mantenimiento ejecutadas
Ord. Mto. Programadas	= Ordenes de mantenimiento programadas

El tablero de control de se caracteriza por lo siguiente:

- En la primera columna de la izquierda del tablero de control se muestra lo que se desea medir.
- En la siguiente columna se está el modelo matemático del indicador que medirá el cumplimiento de los objetivos establecidos por la administración.
- En la columna posterior se especifica el significado o la definición del indicador.
- En la siguiente columna del tablero de control se muestra la frecuencia de medición del indicador.
- En la última columna de la derecha son las observaciones donde se define el valor fijo de excelencia o el rango de aceptación del indicador.

4.1.5.3.2. Criterios del establecimiento de indicadores de gestión de mantenimiento

Todo indicador que se establezca en un sistema de gestión debe ser:

- Medibles
- De fácil manejo
- De sencilla interpretación
- Accesibles a todo el personal de la administración de mantenimiento de la planta de trituración de material pétreo
- Facilidad en sus cálculos al momento de medir el indicador.

4.1.5.3.3. Cálculo de indicadores de efectividad

En los siguientes cuadros se detalla el formato para el registro de información necesaria para el cálculo de los indicadores de efectividad.

Cuadro 36. Registro de producción real vs programada. TDPM

Producción Año_____			TDPM Año_____
Mes	Programado	Real	Real
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			
Noviembre			
Diciembre			
Promedió Anual			

Elaborado por: Autor (2015)

Cuadro 37. Indicadores de efectividad

Efectividad Año_____			
Mes / Indicador	Efectividad 1	Efectividad 2	Efectividad 3
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			
Noviembre			
Diciembre			
Promedió Anual			

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.5.3.4. Cálculo de indicadores de eficiencia

En toda administración de mantenimiento cuando ocurre una falla o avería en algún equipo o maquinaria, es importante estimar el número de horas requeridas para la reparación del mismo, de esa manera le permite a la administración de la producción reprogramar el proceso de producción. Por tal motivo es importante calcular el porcentaje de eficiencia de las horas de reparación programadas vs las horas de reparación reales.

Para determinar el desempeño en la gestión de la administración de mantenimiento de la planta de trituración de material pétreo, se calculará el porcentaje de eficiencia en el tiempo de reparación mensual de los equipos pertenecientes a la planta por medio del uso del siguiente indicador.

$$Eficiencia = \frac{Horas\ Rep.\ Reales}{Horas\ Rep.\ Prog.} \times 100$$

En el siguiente cuadro se detalla el formato para el registro de información necesaria para el cálculo del indicador de eficiencia.

Cuadro 38. Indicadores de eficiencia

Eficiencia Año _____			
Mes	Horas de reparación programadas	Horas de reparación reales	Eficiencia
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			
Noviembre			
Diciembre			
Promedió Anual			

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.5.3.5. Cálculo de indicadores de eficacia

El indicador de eficacia en toda organización representa el porcentaje de cumplimiento de uno o más objetivos específicos. La planta de trituración de material pétreo del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas en su proceso de mejora continua busca alcanzar los más altos estándares de calidad en sus procesos, tanto a lo referente a producción como a mantenimiento.

Con el propósito de evaluar el desempeño de la administración de mantenimiento, se establecen indicadores de eficacia, los cuales se calcularán con la finalidad de determinar el porcentaje de cumplimiento de las órdenes de mantenimiento programadas vs las que se ejecuten.

$$Eficacia = \frac{Ord. Mto. Ejecutdas}{Ord. Mto. Programadas} \times 100$$

Para este indicador será necesario identificar y agrupar los equipos que presenten irregularidades, utilizando el método del semáforo, el cual consta de tres colores (rojo, amarillo y verde), el cual permitirá identificar los porcentajes de eficacia en las ordenes de mantenimiento que se ejecutaren, la figura 3 muestra el método de identificación del semáforo.

Figura 3. Identificación método del semáforo

Color	Significado	Rango
	Crítico	Menor o igual al 70%
	Alerta (Medio Crítico)	Entre (70 - 79)%
	Óptimo o Ideal	Mayor o igual al 80%

Elaborado por: Autor (2015)

En el siguiente cuadro se detalla el formato para el registro de información necesaria para el cálculo del indicador de eficacia.

Cuadro 39. Indicadores de eficiencia

Eficacia Año_____			
Mes	Total de órdenes programadas	Total de órdenes ejecutadas	Eficacia
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			
Noviembre			
Diciembre			
Promedió Anual			

Elaborado por: Autor (2015)

4.1.5.4. Sistema documental

Para el sistema de gestión de mantenimiento se necesita la recopilación de planos, catálogos de partes y piezas, etc., y así tener a disposición información útil en la gestión y administración del mantenimiento, además en busca de la mejora continua será necesario establecer el historial de los trabajos que se realicen o adaptaciones que se pudieren realizar.

4.1.5.4.1. Recopilación de la información

Para que la administración de la planta tenga un amplio conocimiento del funcionamiento de los equipos de trituración y llevar un control del personal, es importante establecer hojas (formatos) en los cuales se detallen el funcionamiento diario con registros que se evaluarán.

4.1.5.4.2. Hoja de actividades diarias

En esta hoja se registrará todo el desarrollo en la planta de trituración, tales como horas de trabajo de los equipos de trituración, material triturado y cantidad de material producido, etc., esta hoja debe llenarse diariamente por el administrador de los equipos de trituración. En el anexo 7 se detalla la información de la hoja de actividades diarias.

4.1.5.4.3. Hoja de averías

En esta hoja se recopilara la información acerca de todos los eventos y las posibles soluciones según el percance que ocurra, esta hoja solo se recopila información cuando se producen las fallas en partes y piezas de los equipos de trituración. En el anexo 8 se detalla la información de la hoja de averías.

4.1.5.4.4. Hoja de percances

Este formato tiene como objetivo controlar el tiempo total de paralizaciones de los equipos de trituración por causas inesperadas sin que sea necesario para el proceso de trituración. En el anexo 9 se detalla la información de la hoja de percances.

4.1.5.4.5. Hoja de trabajo de la maquinaria

En este formato se registrará la información sobre el tiempo de trabajo de la maquinaria, control de combustibles y lubricantes, etc. En el anexo 10 se detalla la información de la hoja de trabajo de la maquinaria.

4.1.5.4.6. Hoja de orden de trabajo

En esta hoja se registrará los trabajos que se realizan en los equipos de trituración, el tiempo necesario para cumplir el objetivo deseado y los posibles repuestos que se necesiten. En el anexo 11 se detalla la información de la hoja de orden de trabajo.

4.1.5.5. Actividades y frecuencia de mantenimiento

A nivel industrial toda administración de mantenimiento dentro una institución debe preservar y garantizar que los equipos que pertenecen al proceso productivo de la empresa estén constantemente disponibles para operar, ya que de esto depende el éxito de una organización.

El mantenimiento para la planta de trituración de material pétreo del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas esta designado en las actividades y frecuencias detallados en esta investigación, por lo que para el buen funcionamiento de los equipos deberá vigilarse el cumplimiento del mismo.

4.2. Discusión

El estudio comprensivo de cada uno de los elementos de este trabajo investigativo, y con la información compilada es posible establecer que si es procedente la implementación y puesta en marcha del sistema de gestión de mantenimiento para la planta de trituración de material pétreo del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas.

Esta investigación se relaciona con el criterio de ciertos autores entre ellos **(Vargas Zúñiga Ángel, 2010)**, quien manifiesta que la gestión del mantenimiento comprende “todas las actividades relacionadas con la conservación de los activos, incluyendo la participación activa por parte de los trabajadores en el proceso de prevención a los efectos de evitar averías y deterioros en las máquinas y equipos”. Criterio que es aceptado en esta investigación, ya que la administración de la planta de trituración de material pétreo debe planificar esta conservación, como un objetivo de su proceso.

Para el establecimiento de plan de gestión de mantenimiento se citó a **(Muñoz Leganés Belén Abella, 2010)**, quien manifiesta que un plan de gestión de

mantenimiento es una herramienta básica para procurar la organización de las actividades de mantenimiento, así como con la frecuencia y periodicidad más recomendable, de modo que las tareas de conservación se puedan ejecutar con orden y control. El plan de gestión de mantenimiento es la denominación de las actividades de conservación e inspección a realizar en los activos organizacionales, en el que se definen las tareas, fechas y recursos necesarios para la ejecución del mantenimiento.

A efectos de organizar el mantenimiento en la planta de trituración se relacionó el criterio de **(Álvarez Carlos, 2011)**, que en un sistema de gestión de mantenimiento lo primero que se tiene que considerar es la creación de un enunciado que englobe un propósito, una misión, una razón de ser, éste debe convertirse en una filosofía de gestión y ser la base para construir el modelo; es así que es necesario darle forma y foco a la gestión de mantenimiento, dicho de otro modo, orienta absolutamente todos los trabajos de mantenimiento aplicado.

El sistema de gestión de mantenimiento de los equipos de trituración de material pétreo si influye de manera positiva en la productividad de las operaciones del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas, por lo tanto se acepta la hipótesis planteada.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El mantenimiento a los equipos de trituración de material pétreo no se realiza en las mejores condiciones, existen muchas paralizaciones, el personal que labora en la operatividad de la planta de trituración no tiene una capacitación planificada que mejore el accionar en realizar eficazmente tareas de gestión de mantenimiento, a esto se suma según el 66.67% de los encuestados que indicaron que el cumplimiento del mantenimiento a los equipos es bajo, y que el 66.67% de las paralizaciones de planta de trituración se debe a los daños en las máquinas.
- El estudio técnico de la productividad demostró principalmente que la planta de trituración no esta producción al 100%, y que debe ser preocupante para la administración por el valor de eficiencia que arrojó el estudio, que fue del 36.54%. Además se evidencio que el 57.93% de las horas paralizadas por los equipos de trituración en el período de estudio se debe a daños en las máquinas según el análisis de Pareto realizado, y que el impacto económico debido a las paralizaciones ascendió a \$ 232.052,70.
- En las actividades y frecuencia de mantenimiento adecuado para los equipos de trituración, se identificó que este proceso se subdivide en cuatro grandes sub-procesos que son el minado de material, la clasificación del material, la trituración del material pétreo y el transporte de los agregados de material pétreo. Además que las tareas y actividades a realizarse en el mantenimiento de estos equipos son de tipo preventivo.
- Las tareas y actividades planteadas necesitan recursos, los cuales ascienden a un valor de inversión de \$ 174.160,00 y un costo de operación para el primer año de 27.421,00.
- Las acciones de seguimiento para la mejora continua se sustentó en la elaboración de un sistema de gestión, el cual incluye principalmente los

aspectos como política de mantenimiento, objetivos de mantenimiento, sistema de indicadores de gestión del mantenimiento, sistema documental y actividades y frecuencia de mantenimiento.

5.2. Recomendaciones

- La construcción inmediata del galpón necesario para el desarrollo normal de las actividades propuestas en el sistema de gestión de mantenimiento, capacitación a todo el personal operativo en el funcionamiento y mantenimiento diario para cada uno de los equipos de trituración.
- Aplicar correctamente los indicadores de gestión de mantenimiento propuestos en la investigación, para lo cual la administración debe hacer seguimiento a cada uno de los elementos que se necesitan para la aplicación y ejecución de los indicadores, esto demostrará si la eficiencia, eficacia y efectividad de la planta de trituración mejora.
- Ejecutar y desarrollar las tareas, actividades y frecuencias de mantenimiento para los equipos de la planta de trituración de material pétreo del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas, y que la aprobación de presupuestos para estas labores no se minimicen.
- Si la administración de la planta de trituración de material pétreo del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas adquiere nuevos equipos y/o maquinarias de trituración el sistema de gestión de mantenimiento debe actualizarse, basándose en las especificaciones del fabricante.
- Los procesos de mejora continua en las organizaciones no deben ser rígidos, deben ser revisados periódicamente en su estructura, con esto la planta de trituración de material pétreo del Gobierno Autónomo

Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas logrará siempre estar en la globalización de los procesos industriales.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura citada

Álvarez Carlos. (2011). Sistemas de Gestión de Mantenimiento. Quito: UPS.

Arata A. & Furlaneto L. (2005). Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento. RIL Editores.

Arata A. (2009). Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales. RIL Editores.

Cañarte Jaime. (2010). Las máquinas agrícolas y su aplicación. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.

Cepeda N. (2006). Sistematización del Mantenimiento del Equipo Caminero del Honorable Consejo Provincial de Napo. Riobamba: ESPOCH.

Chiavenato Idalberto. (2008). Introducción a la Teoría General de la Administración. México: McGraw-Hill.

Cuartas Pérez Luis Alberto. (2010). Mantenimiento. E.E.U.U.: Fundamentos.

Espinosa Fuentes Fernando. (2011). Gestión del Mantenimiento Industrial. E.E.U.U.: Diseño y Fotomecánica.

Fueyo Luis. (2009). Equipos de Trituración. molienda y clasificación. México: Tecnología, diseño y aplicación.

González Francisco & Camprubi Antoni. (2009). La pequeña minería. México: Departamento de Geoquímica. universidad Nacional Autónoma de México.

Heizer J. & Barry R. (2007). Dirección de la Producción. México: Prentice Hall.

Hirschman Albert. (2010). La estrategia de desarrollo económico. New York: Yale University Press, New Haven.

Kelly A. & Harris M.J. (2010). Management of industrial Maintenance Conference, MCE.Bruselas: Tecnología de Máquinas.

Knezevic J. (2010). Fundamentos de mantenimiento. Fundamentos de lecturas escuelas universidades.

Koontz Harold & Weihrich Heinz. (2009). Administración una Perspectiva Global. México: McGraw-Hill.

López Casillas Arcadió. (2008). Máquinas. Cálculos de Taller. Bogotá: McGraw-Hill.

Manríquez Víctor. (2012). Gestión del Mantenimiento Predictivo. Obtenido de www.slideshare.net/vmanriquez62/gestion-del-mantenimiento-predictivo:
<http://www.slideshare.net/vmanriquez62/gestion-del-mantenimiento-predictivo>

Marín García Juan. (2008). Apuntes de diseño de máquinas. Madris: Ediciones Díaz de Santos S.A.

Mokate Karen Marie. (2011). Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad. Washington.

Muñoz Leganés Belén Abella. (2010). Mantenimiento Industrial. E.E.U.U.: Tecnología de Máquinas.

ONUDI. (2011). Manual de mini cadenas productivas. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Bogotá: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia.

Patton J. D. (2012). Prevención de Mantenimiento. Instrumento de Sociedades en América.

Pintelon & Gelders L.F. (2002). Maintenance management decisión making.

RENOVETEC. (2010). Ingeniería del Mantenimiento. México: Renove Tecnología S.L.

Vargas Zúñiga Ángel. (2010). Organización del Mantenimiento Industrial. Guayaquil: Series V.Z.

Velázquez M. (2007). Administración de los Sistemas de Producción. México: Limusa S.A.

www.net/nakaritsb/. (2011). Concepto actual de gestión de mantenimiento. Obtenido de www.net/nakaritsb/ : <http://www.net/nakaritsb/>

CAPÍTULO VII
ANEXOS

Anexo 1. Formato de encuesta dirigida al personal inmerso en el proceso de trituración de material pétreo



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL INMERSO EN EL PROCESO DE TRITURACIÓN DE MATERIAL PÉTREO.

INVESTIGADOR: JULIO CÉSAR MULLO CHANGO

OBJETIVO.- Determinar el estado actual de los equipos de trituración de material pétreo.

INSTRUCCIONES:

A continuación marque con una **(X)** la alternativa o escriba la respuesta que considere más pertinente.

1) ¿La institución cuenta con un cronograma anual de mantenimiento preventivo para la conservación de los equipos de trituración de material pétreo?

a) Si b) No

2) ¿Cuál es el nivel de cumplimiento del mantenimiento de los equipos de trituración de material pétreo?

- a) Alto
- b) Medió
- c) Bajo

3) ¿Con qué frecuencia sufre tiempos improductivos el proceso de trituración de material pétreo?

- a) Con mucha frecuencia
- b) A veces
- c) Nunca

4) ¿Por qué causas ocurren los tiempos improductivos en el proceso de trituración de material pétreo?

- a) Falta de stock de repuestos
- b) Daños de máquinas
- c) Problemas ambientales
- d) Falta de máquinas abastecedoras

5) ¿Por qué causa no se cuenta con stock disponible en el proceso de trituración de material pétreo?

- a) Planificación inadecuada
- b) Inaplicación de técnicas de planificación
- c) Falta de software para planificación

6) ¿Por qué razón manifiesta que los daños del equipo son la principal causa del problema de los paros no programados?

- a) Falta de mantenimiento preventivo
- b) Equipo obsoleto
- c) Otros

7) ¿Con qué frecuencia fue capacitado para proporcionar el mantenimiento rutinario de los equipos de trituración de material pétreo?

- a) Una vez al año
- b) Varias veces al año
- c) Nunca

8) ¿Guía su accionar en un Plan de gestión de mantenimiento para los equipos de trituración de material pétreo?

- a) Si b) No

9) ¿Es necesario un Plan de gestión de mantenimiento en el proceso de trituración de material pétreo?

- a) Si b) No

10) ¿En qué aspecto requiere mayor desarrollo el proceso de trituración de material pétreo?

- a) Mantenimiento
- b) Stock de materiales
- c) Personal
- d) Otros

Anexo 2. Formato de entrevista al jefe del departamento de obras públicas del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**GUIÓN DE ENTREVISTA AL JEFE DEL DEPARTAMENTO DE OBRAS
PÚBLICAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL
DE SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS**

INVESTIGADOR: JULIO CÉSAR MULLO CHANGO

OBJETIVO.- Determinar el estado actual de los equipos de trituración de material pétreo.

INSTRUCCIONES:

El éxito de una indagación depende de la objetividad y sinceridad de las respuestas. Las respuestas que consigne son de carácter confidencial y serán utilizadas exclusivamente para esta investigación.

1) ¿Cuál es la capacidad instalada de los equipos de trituración de material pétreo?

2) ¿Cuál es la producción del proceso de trituración de material pétreo?

3) ¿Hay una alta ineficiencia en el proceso de trituración de material pétreo?

4) ¿Por qué hay mucho tiempo improductivo en el proceso de trituración de material pétreo?

5) ¿Cuánto cuesta la hora máquina en el proceso de trituración de material pétreo?

6) ¿Qué hace la institución cuando se daña un accesorio de los equipos de trituración de material pétreo? ¿Contrata personal externo o utiliza al personal interno?

7) ¿Considera usted que se debe implementar un Plan de Gestión de Mantenimiento para los equipos de trituración de material pétreo?
¿Mejorará la eficiencia institucional?

8) ¿Dispone de recursos suficientes la institución, para invertir en un Plan de Gestión de Mantenimiento para los equipos de trituración de material pétreo?

Anexo 3.



Figura 1. Minado del Material Pétreo

Anexo 4.



Figura 2. Clasificación del Material Pétreo

Anexo 5.



Figura 3. Trituración del Material Pétreo

Anexo 6.



Figura 4. Transporte de agregados de Material Pétreo

Anexo 7. Libro diario de actividades

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas			
LIBRO DIARIO DE ACTIVIDADES – PLANTA DE TRITURACIÓN			
FECHA: _____	Rev.: _____	Elaborado: _____	
Movilización : _____	Combustible: _____	Gal _____	Aceite: _____ Gal _____
Otros: _____	Conductor: _____		
TRITURADORA			
HORÓMETRO	INICIAL : _____ h	FINAL: _____ h	
Combustible: _____ Gal	Repuestos: adquisiciones , pedidos, trituradora, insumos. _____		
Jornada de trabajo	<input type="text"/> suplementarias	<input type="text"/> h	extraordinarias <input type="text"/> h
PRODUCCIÓN M³			
MATERIAL RECIBIDO: _____ m ³	MATERIAL TRITURADO: _____ m ³		
BALASTO: _____ m ³	Ripio, %: _____	M³	POLVO : _____ m ³
Novedades : _____			
MATERIAL ENTREGADO			
FERROCARRILES: _____	m ³ DESTINO: _____		
NOVEDADES: _____			
PERSONAL EN LA TRITURADORA			
AYUDANTES: _____	ADMINISTRADOR: _____	Operador enc. _____	
MAQUINARIA	CARGADORA: _____	MINICARGADORA: _____	EXCAVADORA: _____
	RETROEXCAVADORA: _____	VOLQUETAS: _____	
NOVEDADES (permisos, faltas, salida de maquinaria, atrasos, guardia) _____			
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO			

Anexo 8. Hoja de averías

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas			
HOJA DE AVERÍAS – PLANTA DE TRITURACIÓN			
	Rev.:	Aprob:	Elab:
FECHA:			
PROBLEMA			
Selección del sistema			
Identificación del problema			
Cuantía del problema			
CAUSAS			
Análisis	1		
	2		
	3		
	4		
selección			
SOLUCIÓN			

Anexo 9. Hoja de percances

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas			
HOJA DE PERCANCES – PLANTA DE TRITURACIÓN			
	Fecha:	Realizado por: _____ Revisado por: _____ Aprobado por: _____	
IDENTIFICACIÓN			
SISTEMA: _____			
ELEMENTO ASO: _____			
FUNCIÓN: _____			
CLASIFICACION DE CRITICIDAD: Vital: <input type="checkbox"/> Importante: <input type="checkbox"/> Normal: <input type="checkbox"/>			
AVERÍA			
NATURALEZA		TIPO DE FALLO	
Mecánica <input type="checkbox"/>	Hidráulica <input type="checkbox"/>	Progresivo <input type="checkbox"/>	Total <input type="checkbox"/>
Eléctrica <input type="checkbox"/>	Neumática <input type="checkbox"/>	Súbito <input type="checkbox"/>	Oculto <input type="checkbox"/>
Electrónica <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>	Parcial <input type="checkbox"/>	Múltiple <input type="checkbox"/>
CONSECUENCIAS			
PRODUCCIÓN	INMOVILIZACIÓN	SEGURIDAD	M AMBIENT
Sin Consec. <input type="checkbox"/>	Breve <input type="checkbox"/>	Sin daños Pers <input type="checkbox"/>	Ninguno <input type="checkbox"/>
Bajo Rend. <input type="checkbox"/>	Largo <input type="checkbox"/>	Posible Lesión <input type="checkbox"/>	Bajo <input type="checkbox"/>
Parada. <input type="checkbox"/>	Muy Largo <input type="checkbox"/>	Riesgo Grave <input type="checkbox"/>	Alto <input type="checkbox"/>
COSTE DIRECTO	FRECUENCIA	CALIFICACIÓN GRAVEDAD	
*Bajo <input type="checkbox"/>	Ocasional <input type="checkbox"/>	Menor <input type="checkbox"/>	Critico <input type="checkbox"/>
*Medio <input type="checkbox"/>	Frecuente <input type="checkbox"/>	significativo <input type="checkbox"/>	Catastróf <input type="checkbox"/>
*Alto <input type="checkbox"/>	Muy Frecuent <input type="checkbox"/>		
DIAGNÓSTICO			
CAUSAS INTRINSECAS		CAUSAS EXTRINSECAS	
Desgaste		Accidente	
Corrosión		Mala Utilización	
Fatiga		Falta de Limpieza	
Desajuste		Coordinación	
Otras		Mal Diseño	
		Mal Montaje	
		Mal Mantenimiento	
SOLUCIÓN			
Para Resolver la Avería: _____			
Para Evitar su Repetición: _____			

Anexo 11. Orden de trabajo

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de Los Tsáchilas		
ORDEN DE TRABAJO – PLANTA DE TRITURACIÓN		
SOLICITADO POR:		
AUTORIZADO POR:		
FECHA DE PEDIDO:		
DESCRIPCIÓN DE TAREA		
REALIZADO POR:		
REPUESTOS REQUERIDOS		
CODIGO	DESCRIPCIÓN DEL REPUESTO	CANTIDAD

Anexo 12. Fotos de la investigación



Realizando encuestas a Director de Obras Públicas



Realizando encuestas a Ing. Andrea y compañeros operadores