

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **ESTUDIO DE LAS CONDICIONES FÍSICAS DE LOS EQUIPOS QUE OPERAN EN LAS EMPRESAS MINERAS DEL ESTADO PORTUGUESA MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL, PERIODO 2013.**

Presentado ante la Ilustre.  
Universidad Central de Venezuela  
Por Porras R., Manuel A  
Para optar al título de:  
Ingeniero de Minas

**Caracas, 2014**

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **ESTUDIO DE LAS CONDICIONES FÍSICAS DE LOS EQUIPOS QUE OPERAN EN LAS EMPRESAS MINERAS DEL ESTADO PORTUGUESA MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL, PERIODO 2013.**

TUTORA ACADÉMICA: Profa. Aurora Piña

Presentado ante la Ilustre.  
Universidad Central de Venezuela  
Por Porras R., Manuel A  
Para optar al título de:  
Ingeniero de Minas

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Central de Venezuela, “La Casa que vence las Sombras” donde me he formado como profesional y ser humano.

Agradezco al Departamento de Minas y los profesores que forman parte de esta comunidad, por la ayuda incondicional brindada durante mi hospedaje como estudiante.

Un muy especial agradecimiento a la profesora Aurora Piña, tutora de esta obra la cual siempre ofreció su apoyo, guía y conocimiento para lograr el mejor trabajo posible cumpliendo a cabalidad cada uno de sus objetivos.

Agradezco a mis padres, mi hermano, mi novia, mis suegros y a mis amigos que siempre me apoyaron y me impulsaron para dar lo mejor de mí.

Al personal de la empresa socialista minera del estado Portuguesa (ESOMEPE), por todo su apoyo y colaboración durante las visitas a las canteras.

Agradezco a todas las industrias mineras que me recibieron y ayudaron para lograr esta investigación.

**Porras R, Manuel A.**

**ESTUDIO DE LAS CONDICIONES FÍSICAS DE LOS EQUIPOS QUE OPERAN EN LAS EMPRESAS MINERAS DEL ESTADO PORTUGUESA MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL, PERIODO 2013.**

**Tutora Académica: Profa. Aurora Piña.**

Trabajo especial de grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2013. 142 Páginas

**Palabras claves:** confiabilidad, equipos mineros, canteras-estado Portuguesa, condiciones-equipos, Censo-Minería (CEMCA).

**Resumen.** Este estudio se desarrolló como una investigación no experimental de tipo diagnóstico de campo; evaluando las condiciones de equipos mineros, en 18 canteras en el estado Portuguesa. La primera fase comenzó con visitas a estas empresas y la aplicación de la herramienta de recolección de datos denominada: CEMCA (Censo de Equipos Mineros a Cielo Abierto) a la cual se le realizaron algunas modificaciones. A partir de la información recolectada se agruparon y estructuraron los datos obtenidos, mediante tablas elaboradas de forma tal que, permitieran realizar análisis empleando algunas herramientas estadísticas y de Confiabilidad Operacional.

El análisis se basó sobre la gestión de mantenimiento, en función de cantidad y tipos de fallas, estipulando de alguna manera la disponibilidad física, Confiabilidad Operacional (análisis causa-raíz, criticidad y confiabilidad humana) de los equipos.

# ÍNDICE

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES .....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos .....	4
Tareas de los Objetivos Específicos.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	5
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....	6
MARCO TEÓRICO .....	7
2.1 antecedentes de la investigación.....	7
2.2 Ubicación del área de estudio .....	9
2.2.2 División política territorial.....	10
2.2.3 Formaciones geológicas.....	11
2.2.4 Rasgos estructurales.....	14
2.3 Bases teóricas .....	15
2.3.1 Minería .....	15
2.3.2 Minería a cielo abierto .....	15
2.3.3 Canteras.....	15
2.3.4 Descripción de los métodos de explotación a cielo abierto .....	15
2.4. Operaciones básicas de minería (ITGE, 1995).....	18
2.4.1 Operaciones auxiliares (Villanueva, 2003) .....	19
2.4.2 Los equipos de carga empleados más frecuentemente en minería a cielo abierto se pueden dividir en dos grandes grupos: (ITGE, 1999).....	19
2.4.3 Equipos para el transporte del material .....	20
2.4.4 Los equipos más utilizados para las operaciones auxiliares son .....	21
2.5 Preparación y concentración de minerales (Peláez, 1981).....	24
2.5.1 Mantenimiento y tipos.....	25
2.5.2 Rendimiento .....	26
2.5.3 Etapas y duración de vida de los equipos .....	27
2.5.4 Disponibilidad física (Vásquez, s/f).....	30
2.5.5 Confiabilidad (Nava, 2004) .....	30
2.5.6 Desconfiabilidad .....	30

2.5.7 Tasa o rata de fallas .....	30
2.5.8 Curva de vida de un equipo (Curva de la Bañera) .....	31
2.6 Confiabilidad operacional. Espinosa (2001) .....	32
2.6.1 Aplicación de la Confiabilidad Operacional .....	33
2.6.2 Herramientas de confiabilidad operacional.....	34
2.6.3 análisis de causa raíz (RCFA) .....	36
2.7. Encuesta.....	36
2.7.1 Cuestionario .....	37
2.8 Ley Orgánica del Trabajo (LOT) .....	38
CAPITULO III. MARCO METODOLOGICO .....	41
MARCO METODOLÓGICO.....	42
3.0 Tipo de Investigación.....	42
3.1 Diseño de la Investigación.....	42
3.3 Instrumentos y técnicas para la recolección de la información.....	42
3.4 Análisis de datos.....	43
4.0 Aspectos Encontrados.....	45
4.1 Arenera y Constructora Gil, C.A. (ACG) .....	45
4.2 Empresa socialista de infraestructura servicios y redes del estado (ESISRE) .....	47
4.3 Arenera Ceconave, C.A (ACe) .....	48
4.4 Consogua - Complejo Socialista Guanare (CSG).....	50
4.5 Agregados el Palotal, C.A (AEP) .....	52
4.6 Arenera Valera, C.A (AV) .....	54
4.7 Agregados Río Guanare, C.A (ARG).....	56
4.8 Maquinarias obras de tierra y asfalto C.A (MOTIASCA).....	59
4.9 Agregados Río Acarigua, C.A. (ARA) .....	61
4.10 Agregados Santanita, C.A (AS) .....	63
4.11 Arenera Mijaguito, C.A (AM, C.A.) .....	64
4.12 Asfalto y Premezclado Venezuela, C.A (ASPREVENCA) .....	66
4.13 Asfalto Portuguesa, S.A (AP, S.A).....	68
4.14 Arenera Gavilán, C.A.....	70
4.15 Asda, C.A .....	72
4.16 Agregados Valona, C.A .....	74
4.17 Agrícola las Vegas, C.A.....	76

4.2 Aspectos recolectados durante las visitas.....	77
4.2.1 Condiciones de acarreo.....	77
CAPITULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS	79
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	80
5.0 Equipos empleados en las operaciones básicas, auxiliares y beneficio mineral, en el estado Portuguesa.....	80
5.1 Equipos para las operaciones de carga.....	81
5.2 Equipos para las operaciones de acarreo .....	86
5.3 Equipos para las operaciones auxiliares .....	90
5.4 Equipos para operaciones de beneficio mineral .....	93
6.0 Análisis situacional de equipos mineros en el estado Portuguesa .	94
6.1 Situación de equipos para operaciones de carga, acarreo, auxiliares y beneficio mineral.....	95
6.1.2 Según el mantenimiento.....	99
7.0 Diagnóstico de equipos para las operaciones de carga, acarreo y auxiliares, utilizando las herramientas de Confiabilidad Operacional .	102
7.1. Análisis Causa – Raíz.....	102
7.1.1 Equipos de carga .....	103
7.1.2 Equipos de acarreo .....	112
7.1.3 Equipos auxiliares .....	117
7.2. Análisis de Criticidad .....	120
7.3 Análisis de averías utilizando la Curva de la Bañera .....	129
7.4 Confiabilidad Humana .....	129
8.0 Determinación de las acciones a seguir para prevenir y/o predecir fallas en equipos mineros.....	131
RECOMENDACIONES.....	138
BIBLIOGRAFÍA.....	140
ANEXO 1 .....	143
ANEXO 2 .....	144



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad diagnosticar el estado físico de los equipos de empresas mineras ubicadas en el estado Portuguesa.

Los entes gubernamentales de la entidad, las empresas mineras y los propios fabricantes carecen de una base de datos sobre las condiciones físicas, en las que se encuentran los equipos operantes. Anteriores investigaciones han analizado el estado de máquinas empleadas en la minería de otras entidades venezolanas.

La presente investigación tendrá varias etapas: la primera es modificar la encuesta CEMCA (Censo de Equipos Mineros a Cielo Abierto) diseñada por Garrido (2012), la misma recolectará toda información que se necesite para lograr inventariar, diagnosticar y utilizar los instrumentos de Confiabilidad Operacional para equipos de operaciones básicas y auxiliares. La Confiabilidad Operacional, se define como el desarrollo de una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma general y sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías de mantenimiento.

Este estudio está estructurado en cuatro (4) capítulos: el primero comprende el planteamiento del problema, objetivos y justificación; el segundo se refiere al marco teórico que muestra la ubicación, geología de la zona, definiciones de términos y características de equipos de operaciones básicas y auxiliares. El capítulo III abarca el marco metodológico donde se exponen las fases, diseño, tipo de investigación, instrumentos empleados, así como selección de población y muestra. El capítulo IV indica los resultados reflejados en tablas, para luego ser estudiados en el capítulo V a través de un análisis situacional de equipos y herramientas de Confiabilidad Operacional.

# CAPÍTULO I

## ASPECTOS GENERALES

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Se desconoce el estado físico de los equipos que operan en las distintas empresas mineras del estado Portuguesa. El Estado venezolano, las mismas industrias mineras y los fabricantes de las maquinarias no tienen una base de datos sobre las condiciones físicas de los equipos, que son utilizados para el arranque, carga y acarreo en el área minera, para la obtención del mineral depende de ellos. Es significativo tener una base de datos del estado físico de los equipos porque conociendo las condiciones en que se encuentra, podemos comprender si estas unidades están óptimas para el trabajo que se realiza en las minas a cielo abierto. En realidad se desconoce la producción real del sector minero debido a la escasa información y el ritmo de explotación depende de los conjuntos de operaciones básicas y auxiliares

Esta investigación busca conocer las condiciones físicas, con miras a un inventario de equipos que opera en las distintas empresas mineras para que el Estado venezolano, estado Portuguesa, las mismas industrias, puedan planificar y buscar mejoras en las líneas de producción.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Estudiar las condiciones físicas de los equipos que operan en las empresas mineras del estado Portuguesa mediante el uso de herramientas de confiabilidad operacional, período 2013.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Delimitar el área de estudio con uso de mapa y GPS.
- Adecuar la encuesta CEMCA (Censo de Equipos Mineros a Cielo Abierto diseñada por Garrido Z., Marianne L. (2012).
- Recolectar la información de los equipos en empresas mineras del estado Portuguesa.
- Sistematizar la información recolectada de los equipos.
- Aplicar las herramientas de confiabilidad operacional para el análisis de los equipos mineros que operan en el estado Portuguesa.

### **TAREAS DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Delimitar el área de estudio con uso de mapa y GPS.
- Solicitar; la ubicación, teléfonos, nombre de la empresas mineras, por medio de la Empresa Socialista Minera del estado Portuguesa (Esomep, S,A) ubicado en el estado Portuguesa.
- Contactar cada empresa minera del estado Portuguesa para la solicitud de la visita técnica.
- Ubicar cada empresa por GPS para su fácil acceso geográfico.
- Recolectar la información de los equipos en empresas mineras del estado Portuguesa.
- La recolección de información se hará en cada empresa en un único momento, se tratará de encuestar al personal encargado de la mina y de tomar las observaciones pertinentes que ayude a obtener los datos necesarios para su posterior uso.

## JUSTIFICACIÓN

El estado Portuguesa y las distintas industrias del sector minero no maneja una base de datos de las condiciones de los equipos que operan en las empresas mineras, por tal motivo se desconoce factores importantes en la línea de producción minera, este trabajo quiere dar conocer las condiciones físicas de los equipos de arranque, carga y acarreo, también se busca generar un diagnostico de las flotas que operan en las distintas empresas mineras con el fin de detectar las debilidades y fallas de estas unidades.

Dentro de los beneficios de esta investigación se encuentra obtener la metodología de recolección de información del estado físico de los equipos y las herramientas utilizadas para la aplicación de los instrumentos de confiabilidad operacional.

Se obtendrá los tipos de fallas, causas y frecuencia en que se repite las averías, con estos datos se puede mantener en *stock* los repuestos necesarios para proteger las unidades operantes o sustituir por otra unidad nueva si este equipo haya cumplido su tiempo de vida útil.

Con la información y datos obtenidos acerca de las flotas de los equipos mineros, el estado Portuguesa puede planificar la producción para satisfacer la demanda interna del país.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

## MARCO TEÓRICO

En este capítulo se conocerán, antecedentes, diferentes parámetros y bases teóricas para el entendimiento de la investigación.

### 2.1 antecedentes de la investigación

**Nava A, Javier J.** (2011). “Diagnóstico de las condiciones físicas de los equipos que operan en la actividades mineras a cielo abierto en el estado Bolívar en el año 2011”.

**Resumen:** Tiene la finalidad de conocer y diagnosticar las condiciones físicas de los equipos en operaciones de minas y canteras del estado Bolívar.

**Morales F, Juan L.** (2011). “Análisis de la situación física de los equipos mineros que operan a cielo abierto mediante el uso de herramientas de confiabilidad operacional durante el año 2011, en el estado Aragua”.

**Resumen:** El objetivo de este trabajo es realizar un diagnostico del estado en que se encuentran el parque de máquinas mineras en el estado Aragua. Para llevar a cabo el análisis de la situación física de los equipos mineros que operan en la entidad, se encuestaron a las tres principales empresas mineras con la finalidad de recolectar los datos de cantidad, marca, modelo, pertenencia, año de compra, características del mantenimiento que ejecutan y las fallas más comunes que estas maquinas presentan.

**Garrido Z., Marianne L.** (2011). “Diseño y aplicación de una metodología de recolección y procesamiento de datos, referentes a equipos de minería a cielo abierto en los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital”.

**Resumen:** Se plantea establecer una estrategia a través de un censo que permitirá obtener una metodología para la recopilación y procesamiento

de datos de condiciones de los equipos utilizados en minería a cielo abierto en los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital.

**Rivas C. José E. (2011).** “Diagnostico de la situación y estado físico de la maquinaria que opera en las actividades mineras a cielo abierto de los estados Zulia y Falcón en el año 2011”.

**Resumen:** realizar un diagnóstico de la situación y estado físico de la maquinaria que opera en las actividades mineras a cielo abierto de los estados Zulia y Falcón.

**Rodríguez P. Yexi M. (2012).** “Análisis del estado físico de los equipos que operan en minas a cielo abierto en los estados Guárico y Anzoátegui”.

**Resumen:** En este trabajo de investigación se realizó un diagnóstico del estado físico de los equipos que operan en minas a cielo abierto de los estados Guárico y Anzoátegui, se realizaron comparaciones entre las máquinas que se proponen teóricamente para la extracción de minerales y las encontradas en las empresas, se describieron las fallas que estas presentan y se indagó sobre las marcas de equipos más utilizadas. Para ello se contactaron con las empresas mineras de estos estados, se realizaron visitas a las mismas, donde se recogió información a través de la aplicación de una encuesta diseñada anteriormente. Con estos datos se procedió al análisis de los mismos obteniendo la cuantificación de las minas en las entidades estudiadas, las razones de las fallas en la maquinaria y el tipo de estas utilizadas, consiguiéndose que el estado Anzoátegui cuenta con 68 equipos y Guárico con 43 equipos que operan en minas a cielo abierto.

## 2.2 Ubicación del área de estudio

Ubicado al occidente de la República Bolivariana de Venezuela. El estado limita al norte con el estado Lara, al este con el estado Cojedes, al oeste con el estado Trujillo y al sur con el estado Barinas. Su localización Geográfica es 080 06'; 09° 50' de latitud Norte, 680 30'; 700 11' de longitud Oeste. (Ver figura 1).

Figura 1. Ubicación del estado Portuguesa.



Fuente: web, [www.venezuelatuya.com](http://www.venezuelatuya.com) fecha de consulta: Marzo (2013).

El estado tiene una superficie de 15,200 km<sup>2</sup> ocupando un espacio de 1,65% del territorio nacional. La superficie está constituida por zonas montañosas que están ocupadas por las estribaciones de la cordillera de Portuguesa, que forma parte de las elevaciones montañosas de Mérida, con alturas que superan los 2.000 m (cerro Moroturo, 2.020m), lugar donde se formaron los valles de Chabasquén y Biscucuy. A continuación se sucede el piedemonte que se extiende en dirección noreste-suroeste, donde alternan terrazas degradadas por procesos erosivos provocados por los ríos que forman conos de deyección y abanicos fluviales. Su altitud media oscila entre 500 y 150 m. Los Llanos comprenden dos sectores diferenciados por la altura: el piedemonte llanero, llanos altos y los llanos bajos, separados por la curva de nivel de los 100 m. El descenso es continuo en dirección este y sur. Los llanos bajos son inundables por el desborde de los ríos, aunque existen espacios en los

cuales no puede acumularse el agua, como los 'bancos', que son antiguos diques levantados de los ríos, y los médanos o dunas costeras. Por lo general los suelos del Llano bajo son arenosos y poco fértiles. En las tierras bajas la vida oscila entre las crecientes y disminuciones de caudal (estiajes) del río Orinoco y sus afluentes. Cuando suben las aguas, durante la estación lluviosa, se practica una transhumancia con el ganado vacuno, que vuelve a la zona de pastizales naturales ribereños cuando las aguas vuelven a su cauce. Durante la estación seca se realiza la siembra. El clima es tropical de sabana, con una temperatura media de 28 °C que se atenúa en las zonas altas y una precipitación media anual de 1.400 a 1.800mm.

### 2.2.2 División política territorial

Está dividido en 14 municipios los cuales son Araure, Esteller, Guanare, Guanarito, Ospino, Páez, Sucre, Turen, Monseñor José V. de Unda, Agua Blanca, Papelón, San Genaro de Boconoíto, San Rafael de Onoto, Santa Rosalía. Y como ciudades principales destacan, Acarigua, Agua Blanca, Araure, Biscucuy, Boconoíto, Guanarito, Píritu y Villa Bruzual (ver figura 2).

Figura 2. Ubicación de los municipios del estado Portuguesa.



Fuente: web, [www.venezuelatuya.com](http://www.venezuelatuya.com) fecha de consulta: Marzo (2013).

### 2.2.3 Formaciones geológicas

A continuación, se describe de manera general la geología presente en las minas y canteras que se estudiarán en el estado Portuguesa.

En el área afloran rocas cuya edad se extiende desde el PRECÁMBRICO hasta el CUARTENARIO.

El PRECÁMBRICO, representado por la Formación Sierra Nevada del Grupo Iglesia, expuesta al norte de la Falla de Boconó, ocupa un área aproximada de 4 Km cuadrado y consiste aquí en esquistos cuarzo-biotítico-muscovíticos con cristales de turmalina, cuarcitas grises y algunos diques de pegmatita, en contacto de falla con rocas del Grupo Villanueva.

El cretáceo está representado por el Grupo Villanueva, constituido por las formaciones Volcancito inferior y Yacambú superior.

**Grupo Villanueva.** (<http://www.pdv.com/lexico/m510w.htm>) Fecha de consulta: Marzo del 2013.

VON DER OSTEN & ZOZAYA (1957), Designa como Formación Villanueva una secuencia de gran espesor de lutita silíceas gris, negra y arenisca intercalada con caliza. La sección tipo original aflora a lo largo de la carretera de penetración agrícola Guárico - Ojo de agua – Villanueva, desde la fila de la montaña hasta el pueblo Villanueva. Unidad constituida por lutita silícea de color negro y gris que meteoriza a marrón, amarillo, blanco y rosado, mala estratificación, muy lenticular, intercalándose con arenisca cuarzosa mal estratificada con capas delgadas (20cm a 1 m) o masa lenticulares relativamente blandas y friables.

También aflora roca caliza de color gris oscuro en forma de lentes pequeños y delgados dentro de la lutita, con resto de molusco hacia la parte superior de la formación.

SKERLEC (1979), utiliza el término de Grupo Villanueva, dividiendo la unidad en distintas unidades asignadas.

### **Formación Volcancito**

Aflora en dos franjas: una fundamentalmente calcárea formada por intercalaciones de calizas laminadas y macizas, calizas arenosa a conglomeráticas, metaconglomerados calcáreos, filitas calcáreas o silíceas, *chert* laminado, cuarcitas a veces calcáreas y un porcentaje pequeño de lutita pizarrosas y metalimolitas. Una franja predominantemente cuarzoza compuesta por cuarcitas y metareniscas, con intercalaciones de filitas silíceas o calcáreas.

### **Formación Yacambú**

Es una secuencia fundamentalmente silícea constituida por intercalaciones de lutitas pizarrosas y metalimolitas silíceas, con capas de *chert* y cantidades subordinadas de metareniscas y calizas arenosas. Su contacto con la Formación Volcancito infrayacente es de falla, como también con la formación Río Guache.

### **Formación Palo Gacho**

SKERLEC (1979) define como Formación Palo Gacho a la unidad sedimentaria que aflora entre el río Bocoy en la fila Palo Gacho constituida entre 70% a 80% de caliza y menos de 10% de *chert*. La caliza con grano medio, gris oscuro y capas bien desarrolladas que van desde 5 cm a 1m de espesor, en promedio las capas son de 15 cm, superficie irregular, compuestas generalmente por fragmentos de filita, cuarzo, remanentes materiales orgánicos recristalizado; el *chert* es negro, sus capas son de espesor casi despreciables pero diagnósticos para la unidad.

Aparte del Grupo Villanueva también se encuentra las siguientes formaciones geológicas en el estado Portuguesa.

### **Formación Parángula**

De origen continental, consiste en el área de Guanare en la secuencia siguientes: un paquete conglomerático basal de 25m a 30m de espesor, con intercalaciones de areniscas, limolitas y arcillas ( CAMPOS, 1972);

hacia la parte media predominan arcillas de color púrpura y gris y limolitas varicoloreadas, con intercalaciones de areniscas y conglomerados de colores gris verdoso a pardo amarillento, con estratificación cruzada; en la parte superior se aprecia el contacto transicional (CAMPOS, 1972) entre la Formación Parángula y la Formación Río Yuca suprayacente, caracterizado por una litología mixta, de horizontes gris verdosos y ligeramente micáceos ( Formación Río Yuca) asociados con arcillas abigarradas (Formación Parángula).

Al oeste del río Portuguesa la Formación se presenta en discordancia angular sobre la Formación Paguey, contacto que es visible en el río Tucupido ( donde corta a la fila de La Garza), en la quebrada Hacha, afluente del río Tucupido y en la quebrada Medero al noroeste de Guanare. Al este del río Portuguesa está en discordancia angular sobre sedimentos de la Formación Río Guache; la naturaleza de este contacto se observa en la quebrada San Rafael de Guasduas, al noroeste de Guanare. La unidad es concordante y transicional con la Formación Río Yuca suprayacente (CAMPOS, 1972).

### **Formación Río Yuca**

Es de origen continental, es una secuencia de conglomerados, areniscas, limolitas y arcilitas con desarrollos locales de lentes de calizas arenosas y limolitas calcáreas. El carácter micáceo de esta Formación es notable en contraste con la Formación Parángula, criterio que sirve para diferenciarlas cuando muestran litologías similares ( CAMPOS 1972). Su contacto con la Formación Parángula infrayacente es concordante y transicional; es discordante por debajo de la Formación Guanapa supra yacente, como se aprecia en la quebrada las piedras que pasa por Guanare.

### **Formación El Pegón**

De origen continental y consiste en conglomerados y areniscas friables, limolitas y arcilitas, en contacto de falla con la Formación Río Guache infra

yacente y de discordancia por debajo de las terrazas de la Formación Guanapa.

### **Formación Guanapa**

Aflora a lo largo del pie de monte Formando mesetas. Consiste en sedimentos mal consolidados que incluyen conglomerados, arenas y arcillas en posición discordante por encima de las rocas más antiguas.

#### **2.2.4 Rasgos estructurales**

- La Falla de Boconó de movimiento predominante vertical, que pone en contacto a rocas del grupo Iglesia ( Formación Sierra Nevada) en el labio norte (levantado), con rocas cretáceas (Formación Volcancito) en el labio sur ( deprimido).
- Falla de chabasquencito, también de movimiento vertical, con labio norte levantado (Formación Volcancito) y sur deprimido (Formación Yacambú).
- Falla de Potrerito, de desplazamiento vertical, con labios norte deprimido (Formación Yacambú) y sur levantado (Formación Volcancito).
- Falla de corrimiento de Córdoba pone en contacto a la Formación Volcancito en el lado norte con la Formación río Guache.
- Falla de corrimiento de Suruguapo pone en contacto a las rocas de la Formación río Guache (lado norte) con el terciario joven (Formación Parángula y el Pegón) lado sur.
- Falla de la Garza es una falla inversa de angulo alto (CAMPO 1972) con labios levantados al norte (Formación Paguey) y deprimido al sur (Formación Parángula).
- Falla Guanapa con labio norte deprimido y sur levantado, corta a la roca de la Formación río Yuca y es la causante de la inclinación ( 15 a 20°) de las terrazas de la Formación Guanapa expuestas al sur de esta falla.

## **2.3 Bases teóricas**

En la siguiente sección tiene como finalidad de explicar los términos que se empleara durante el desarrollo de esta investigación.

### **2.3.1 Minería**

Es la obtención selectiva de los minerales y otros materiales de la corteza terrestre. También se denomina así a la actividad económica primaria relacionada con la extracción de elementos de los cuales se puede obtener un beneficio económico. Dependiendo del tipo de material a extraer la minería se divide en metálica y no metálica. Los métodos de explotación pueden ser a cielo abierto o subterráneo.

### **2.3.2 Minería a cielo abierto (ITGE 1995)**

La minería a cielo abierto es aquella que realiza un corte en la superficie de la corteza terrestre con el propósito de extraer una mena que se encuentre a poca profundidad, está asociada a grandes movimientos de estéril. El objetivo en cualquier operación de minado es explotar el mineral al menor costo posible buscando maximizar los beneficios lo cual se logra con el uso de grandes maquinarias y la aplicación de métodos de alta recuperación.

### **2.3.3 Canteras**

Es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridos.

### **2.3.4 Descripción de los métodos de explotación a cielo abierto (ITGE 1995).**

#### **Cortas**

En yacimientos masivos o de capas inclinadas la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones transversales de forma troncocónica.

Figura N° 3 método Cortas

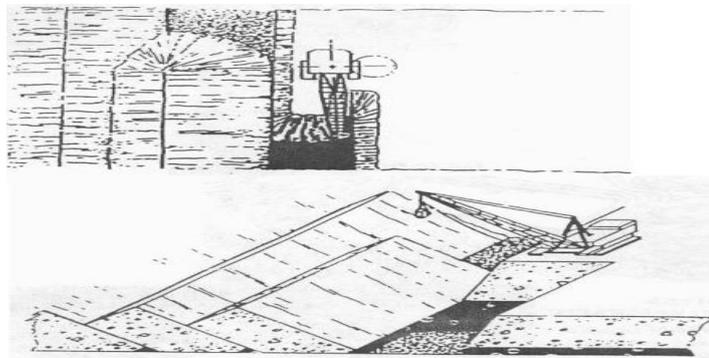


Fuente: Herrera (2006).

### **Descubiertas**

Se aplica en yacimientos ligeramente inclinados u horizontales donde el recubrimiento de estéril es inferior, por lo general, a los 50 m. Consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque de estéril y vertido de éste al hueco de las fases anteriores, el mineral es entonces extraído desde el fondo de la explotación que coincide con el muro del depósito.

Figura N° 4 método Descubierta.



Fuente: Herrera (2006).

### **Terrazas**

Este método se basa en una minería de banqueo con avance unidireccional. Se aplica a depósitos relativamente horizontales de una o varias capas o estratos de mineral, y con recubrimientos potentes que obligan a depositar el estéril en el hueco creado transportándolo alrededor de la explotación. Otro factor que determinan la aplicación de este método son: la existencia de un gran volumen de reservas.

Figura N° 5 método Terrazas.



Fuente: Herrera (2006).

### **Contorno**

En yacimientos semihorizontales y con reducida potencia, donde la orografía del terreno hace que el espesor de recubrimiento aumente de forma considerable a partir del afloramiento del mineral, se realiza minería de contorno.

Figura N° 6 método Contorno.



Fuente: Herrera (2006)

### **Especiales**

Se aplica a aquellos yacimientos, que por sus características se llega muy rápidamente al límite de explotación por minería a cielo abierto.

### **Graveras**

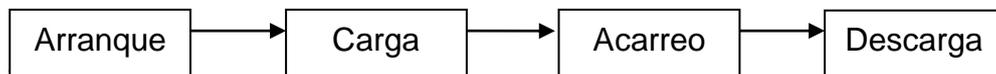
Aplicable a los materiales de aluvión, situados en las terrazas de los cauces, y constituidos por arenas y cantos rodados poco cohexionados se extraen en estas explotaciones en forma de gravas. Se llevan a cabo en

un solo banco, dependiendo de la potencia del depósito y la maquinaria empleada puede ser convencional.

## **2.4. Operaciones básicas de minería (ITGE,1995)**

Un ciclo de explotación minera se puede definir como la sucesión de distintas etapas u operaciones básicas, aplicadas al material estéril o mineral. Además existen diferentes operaciones auxiliares cuya misión es hacer que se cumplan las operaciones básicas con la mayor eficiencia posible, sin embargo, su aplicación dependerá de la naturaleza del trabajo que se esté realizando.

Fases del ciclo minero. Operaciones básicas.



La fragmentación de la roca puede efectuarse fundamentalmente por dos métodos bien definidos. Indirectos, es decir por medio de la energía liberada por los explosivos colocados en el interior de los macizos rocosos dentro de barrenos, y directos, por la acción mecánica de una herramienta montada sobre un equipo.

### **Carga**

Por carga se entiende la recogida de la roca arrancada del suelo, y su traslado hasta un medio de transporte. En el arranque mediante maquinaria esta operación se realiza a la vez que el arranque. Así, por ejemplo, una pala excavadora utiliza su caso para arrancar y cargar.

En las primeras minas la carga se realizaba a mano, con la ayuda de palas. Las máquinas más usadas para realizar la carga son las palas cargadoras, para el exterior.

### **Acarreo**

El transporte es la operación por la que se traslada el mineral arrancado hasta el exterior de la mina.

El transporte dentro de una mina puede ser continuo, discontinuo o una mezcla de ambos. El transporte continuo utiliza medios de transporte que están continuamente en funcionamiento. Dentro de este tipo de transporte se utilizan cintas transportadoras, transportadores blindados y el transporte por gravedad, en pozos y chimeneas.

En el transporte discontinuo los medios de transporte realizan un movimiento alternativo entre el punto de carga y el de descarga. En este grupo se utiliza el ferrocarril y los camiones.

### **Descarga**

Es la operación posterior al acarreo y la que concierne al vertido de los materiales, bien sea en las plantas de tratamiento o en los vertederos o escombreras. Normalmente estas operaciones son realizadas por los equipos que efectúan el transporte, con la ayuda de los equipos auxiliares.

#### **2.4.1 Operaciones auxiliares (Villanueva, 2003)**

Son aquellas actividades que dan soporte para la realización de las operaciones básicas, pero generalmente no son parte directa de ellas, aunque son esenciales para permitir la explotación minera de un modo eficiente y seguro.

#### **2.4.2 Los equipos de carga empleados más frecuentemente en minería a cielo abierto se pueden dividir en dos grandes grupos: (ITGE, 1999)**

Entre estos equipos tenemos:

1. Retroexcavadoras:

Tiene la cuchara hacia abajo. Permite llegar a cotas más bajas. Utilizada sobre todo en construcción para zanjas, cimentaciones, desmontes, entre otros.

2. Palas Frontales:

Equipo de gran maniobrabilidad, movilidad y versatilidad de gran popularidad tanto en obras públicas como en minería a cielo abierto. Es empleado para la carga y acarreo de material en distancias cortas. Su configuración básica consta de un cazo o balde accionado hidráulicamente ubicado en la parte delantera del chasis, sobre el cual se monta el motor en la parte trasera. El tren de rodaje puede ser sobre orugas o sobre ruedas, siendo este último es más utilizado.

### 3. Palas eléctricas:

Son máquinas pesadas y robustas empleadas para la excavación y carga de cualquier tipo de material. Constan de dos partes básicas: la superestructura, capaz de girar 360° sobre su propio eje, y el tren de rodaje sobre orugas y de accionamiento eléctrico. Reciben su nombre gracias a que el mecanismo de movimiento del brazo es accionado por cables.

Figura N° 7 Cargador Frontal.



Fuente: Web, <http://limacallao.olx.com.pe/cargador-frontal-nuevo-sem-zl60-236f-hp-3-3-m3-tecnol-cat-a-precio-de-fabrica-iiid-67764523>, fecha de consulta: Marzo (2013).

### **2.4.3 Equipos para el transporte del material**

El transporte o acarreo de materiales y minerales en una mina a Cielo Abierto es muy variado dependiendo de las distancias al botadero (escombrera) o planta de beneficio, del material que se esté acarreado de los volúmenes de producción entre otros.

De los sistemas de transporte más utilizados tenemos:

### 1. Volquetas o camiones roqueros

Las volquetas (camiones) es el equipo de acarreo más utilizado actualmente. El aumento de las capacidades de estos equipos se ha incrementado aceleradamente en los últimos años.

### 2. Banda Transportadora

Sistema de transporte utilizado en minería de materiales de baja densidad como lignitos, potasa, etc.

### 3. Trenes

Sistema de transporte utilizado en años pasados para evacuar el material de los sitios de extracción a los botaderos o plantas trituradoras. Pero debido a los problemas acarreados en el traslado de la carrilera en el banco de trabajo o el traslado de esta a un nivel inferior o superior, hizo que este sistema disminuyera en uso.

### 4. Cable aéreo

Sistema de transporte más barato que hoy se acomoda o utiliza en aquellos sitios donde la topografía es muy accidentada y donde se hace difícil el acceso o la construcción de vías.

Figura N° 8 Camión Roquero.



Fuente: Web,

[http://www.google.co.ve/imgres?imgurl=http://bimg2.mlstatic.com/cat-777d-camion-roquero\\_MLV-F-3314124669\\_102012.jpg](http://www.google.co.ve/imgres?imgurl=http://bimg2.mlstatic.com/cat-777d-camion-roquero_MLV-F-3314124669_102012.jpg), fecha de consulta: Marzo (2013).

## **2.4.4 Los equipos más utilizados para las operaciones auxiliares son:**

**Tractores de orugas (Solanilla, 2003)**

El tractor es un equipo fundamental en casi todos los proyectos que impliquen movimiento de tierra. Consta de tres partes principales: la topadora (*blade*), el tractor (*dozer*) y el escarificador (*ripper*).

Figura N° 9 Tractor



Fuente: Web, <http://www.motorstown.com/images/caterpillar-tractor-07.jpg>, fecha de consulta: Marzo (2013).

### **Tractores de Ruedas**

Son equipos de apoyo en mina, para limpieza de frentes de trabajo, mantenimiento de vías, limpieza de rocas y preparación de las áreas para perforación y voladura.

Figura N° 10 Tractor con Ruedas.



Fuente: web. Caterpillar, fecha de consulta: Marzo (2013).

### **Bulldozers (Solanilla, 2003)**

Para escoger el tipo de topadora que se va a utilizar, primero se debe considerar la clase de trabajo (arrumar, excavar, perfilar, entre otros) que hará el tractor la mayor parte del tiempo, luego de determinar los materiales que se van a mover y las limitaciones del tractor.

### **Motoniveladora**

Sirve de apoyo en las labores de mantenimiento de las vías de acarreo, trabajos de nivelación de vías en obras mineras y civiles, entre otras actividades.

Figura N°11 Motoniveladora



Fuente: Caterpillar, fecha de consulta: Marzo (2013).

### **Camiones de Agua o Estanque aguatero**

Utilizados en el mantenimiento de vías y en el control de polvo para minería a cielo abierto.

Figura N° 12 Camión de Agua.



Fuente: web, Caterpillar, fecha de consulta: Marzo (2013).

## **2.5 Preparación y concentración de minerales (PELÁEZ, 1981)**

Las zafras, tal como salen de la minas no suelen estar en condiciones apropiadas para ser vendidas o empleadas directamente en la industria y por ello deben someterse a un tratamiento previo que mejore sus características.

Las preparaciones de minerales, es por consiguiente el conjunto de operaciones a que se someten las menas y minerales industriales para obtener productos que satisfagan los requisitos del mercado. Generalmente durante el tratamiento se separan y recogen los minerales útiles y se descartan la mayor a de los inútiles o ganga, efectuándose una concentración ya que como consecuencia de dicha eliminación los minerales útiles se recogen en masas reducidas.

Las operaciones para el beneficio mineral son fragmentación y clasificación.

### **Operación por Fragmentación**

Con la fragmentación se obtiene un producto que está constituido por partículas de distintos tamaños pero, ocurre que entre las de un mismo tamaño las hay con proporciones variables de los minerales que proponen la mena pues ello depende de los lugares por donde se rompió cada trozo. Para recoger de este producto la fracción que interesa es necesario efectuar una separación que suele hacerse en dos pasos sucesivos llamados clasificación y concentración según sea la característica de las partículas que se aprovecha para ello.

### **Operación por clasificación**

Mediante la clasificación se separan las partículas en varios grupos, de acuerdo con su tamaño o su velocidad de sedimentación. Esta operación

no es fundamental y puede faltar en algunos procesos pero sin embargo, en la mayor a de ellos, precede a la concentración ya que las maquinas encargadas de descartar las partículas de composición indeseable trabajan mejor si reciben los géneros clasificados.

Las operaciones pueden efectuarse en seco o en húmedo, para obtener productos definitivos o intermedios, y basándose en una propiedad intrínseca del mineral, como por ejemplo el peso específico, o adquirida con el tratamiento, como por ejemplo el tamaño. Lo corriente es distinguir entre dos clases de separación que se llaman respectivamente clasificación y concentración. Si la operación no persigue recoger el mineral útil separándolo del estéril es una clasificación; en caso contrario una concentración.

Para la fragmentación es utilizados los equipos de trituración.

### **2.5.1 Mantenimiento y tipos.** (<http://www.tiposde.org/general/127-tipos-de-mantenimiento/>) fecha de consulta: Marzo, 2013

El mantenimiento es aquella acción por medio de la cual se busca mejorar ciertos aspectos relevantes en un determinado establecimiento como la seguridad, confort, productividad, higiene, imagen, etcétera. Existen cuatro tipos de mantenimientos:

1. **Correctivo:** el mantenimiento correctivo, también conocido como reactivo, es aquel que se aplica cuando se produce algún error en el sistema, ya sea porque algo se averió o rompió. Cuando se realizan estos mantenimientos, el proceso productivo se detiene, por lo que disminuyen las cantidades de horas productivas. Estos mantenimientos no se aplican si no existe ninguna falla. Es impredecible en cuanto a sus gastos y al tiempo que tomará realizarlo.

2. **Preventivo:** este mantenimiento, también conocido bajo el nombre de planificado, se realiza previo a que ocurra algún tipo de falla en el sistema. Como se hace de forma planificada, no como el anterior, se aprovechan las horas ociosas para llevarlo a cabo. Este mantenimiento sí es predecible con respecto a los costos que implicará así como también el tiempo que demandará.
3. **Predictivo:** con este mantenimiento se busca determinar la condición técnica, tanto eléctrica como mecánica, de la máquina mientras esta está en funcionamiento. Para que este mantenimiento pueda desarrollarse se recurre a sustentos tecnológicos que permitan establecer las condiciones del equipo. Gracias a este tipo de mantenimientos se disminuyen las pausas que generan en la producción los mantenimientos correctivos. Así, se disminuyen los costos por mantenimiento y por haber detenido la producción.
4. **Proactivo:** esta clase de mantenimiento están asociados a los principios de colaboración, sensibilización, solidaridad, trabajo en equipo, etcétera, de tal forma que quienes estén directa o indirectamente involucrados, deben estar al tanto de los problemas de mantenimiento. Así, tanto los técnicos, directivos, ejecutivos y profesionales actuarán según el cargo que ocupen en las tareas de mantenimiento. Cada uno, desde su rol, debe ser consciente de que deben responder a las prioridades del mantenimiento de forma eficiente y oportuna. En el mantenimiento proactivo siempre existe una planificación de las operaciones, que son agregadas al plan estratégico de las organizaciones. Además, periódicamente se envían informes a la gerencia aclarando el progreso, los aciertos, logros y errores de las actividades.

### **2.5.2 Rendimiento**

Es el promedio de unidades de producción realizadas por el equipo por cada unidad de tiempo de operación.

Es directamente proporcional a la velocidad de producción del equipo e inversamente proporcional al tiempo de pérdida operacional.

### **2.5.3 Etapas y duración de vida de los equipos**

Como todos los seres vivos, los equipos tienen un principio y un fin. Conocer las diversas etapas en la vida de los equipos, así como las características de cada una, ayuda a elevar la productividad de los mismos.

Así como los seres humanos experimentan, de manera individual, diversas épocas en su desarrollo, los equipos también manifiestan variadas etapas en su vida, hasta alcanzar la plenitud. Por tanto, los integrantes de cada equipo deben conocerlas, así como los comportamientos típicos, con la finalidad de propiciar el mejor empleo del tiempo, los recursos y las energías del equipo.

Según Lacoursiere (1980), las etapas en la vida de los equipos son:

#### **Orientación**

En esta etapa, los miembros del equipo manifiestan tensión y estrés por arriba de lo habitual, pues se presenta cierto temor ante lo desconocido. Existe preocupación respecto de la misión y los objetivos del equipo, los resultados esperados, el papel, las actitudes, los comportamientos y la personalidad de cada miembro del equipo así como el significado de éste para cada persona, e igualmente respecto de las acciones y actitudes del líder (en caso de existir éste).

El trabajo se caracteriza por un desempeño bajo o moderado con respecto a la misión o los objetivos del equipo pues los recursos (tiempo, energía, atención y actos) se dedican a tratar de definir la misión y los objetivos, así como a la asignación de tareas, la manera de lograrlas, las habilidades requeridas, etcétera.

## **Insatisfacción**

Los miembros del equipo manifiestan cierta discrepancia entre las esperanzas iniciales (pues generalmente son muy ambiciosas) y el desempeño del equipo. En ocasiones muestran cierta insatisfacción con el líder (aun cuando no exista formalmente, casi siempre surge alguno) y su actuación. Con frecuencia, aun cuando no lo manifiesten abiertamente, denotan cierta frustración y enojo respecto de los objetivos y la actuación del propio equipo. También pueden surgir reacciones negativas hacia el líder y/o hacia otros miembros del equipo. No es raro encontrar sentimientos de confusión o incompetencia.

En muchos grupos la insatisfacción llega al grado de un rompimiento total: ya no se va más allá. En otros casos, algunos de los miembros más insatisfechos se retiran. En todo caso, quedan secuelas emocionales de frustración y descontento.

## **Solución**

Poco a poco va disminuyendo la insatisfacción, conforme se clarifican las formas de trabajo del equipo y se resuelven las diferencias entre las expectativas iniciales en referencia a la misión y a los objetivos del equipo así como a las tareas, las habilidades y el estilo personal de cada miembro del mismo.

Por tanto, decrece la animosidad contra los demás miembros y el líder y van desarrollándose sentimientos de cohesión, respeto mutuo, armonía y confianza.

Empieza a surgir la satisfacción por el logro de algunos objetivos, lo **cu**al refuerza el agrado de pertenecer al equipo. La productividad va incrementándose, conforme las habilidades y la comprensión mutua van aumentando.

## **Producción**

Por tanto, decrece la animosidad contra los demás miembros y el líder y van desarrollándose sentimientos de cohesión, respeto mutuo, armonía y confianza.

Empieza a surgir la satisfacción por el logro de algunos objetivos, lo **cu**al refuerza el agrado de pertenecer al equipo. La productividad va incrementándose, conforme las habilidades y la comprensión mutua van aumentando.

### **Separación**

En esta etapa los miembros experimentan sentimientos positivos de identificación con el equipo y sienten confianza en los resultados. Existe comprensión sobre la naturaleza de las relaciones mutuas, así como comunicación franca y abierta, sin temor al rechazo o al conflicto. Los miembros dedican su tiempo, atención y energía al logro de los objetivos, en vez de dedicados a la resistencia y/o la insatisfacción. Hay mayor identificación con el equipo por los resultados obtenidos y se denotan comportamientos de apoyo mutuo, complementación de funciones y orgullo de pertenecer al equipo. Igualmente puede identificarse un incremento en las habilidades, el conocimiento mutuo, la confianza, la motivación, la responsabilidad y el desempeño.

Inevitablemente, el equipo se desintegra. Por lo menos, algunos de sus miembros se separan. Por tanto, surgen sentimientos de tristeza, disminución de la motivación, decremento en el nivel de producción y pérdida de la identidad.

### **Duración de las etapas**

Es preciso reconocer dos hechos trascendentes: no todas las etapas tienen la misma duración ni todos los equipos transitan por todas. Es decir, en múltiples ocasiones la segunda etapa es tan intensamente percibida que el equipo termina por desintegrarse.

También es necesario aclarar otro punto: las etapas no siempre se desenvuelven en forma lineal. Con frecuencia existen avances y

retrocesos. Por ejemplo: un equipo puede llegar a la etapa de producción y, por alguna circunstancia, retroceder a la de insatisfacción. Este tránsito en sentido contrario al deseado puede ser de corta duración o permanente o, inclusive, llegar a la desintegración si no se atiende con presteza y diligencia.

#### **2.5.4 Disponibilidad física (Vásquez, s/f)**

Es la fracción del total de horas hábiles, expresada en porcentaje, en la cual el equipo se encuentra en condiciones físicas de cumplir su objetivo de diseño.

Este indicador es directamente proporcional a la calidad del equipo y a la eficiencia de su mantención y/ o reparación, e inversamente proporcional a su antigüedad y a las condiciones adversas existentes en su operación y/ o manejo.

#### **2.5.5 Confiabilidad (Nava, 2004)**

Se define como la probabilidad de que un componente o equipo lleve a cabo su función adecuadamente durante un período bajo condiciones operacionales dadas.

Se dice que un equipo es confiable cuando funciona cada vez que se necesita y hace bien el trabajo para el cual fue diseñado, de otra manera, se dice que es desconfiable.

#### **2.5.6 Desconfiabilidad**

La probabilidad de que un ítem o equipo fallará en operación durante un período dado de tiempo o bajo un tiempo específico de interés.

#### **2.5.7 Tasa o rata de fallas**

También llamada “Frecuencia de ocurrencia de fallas”, se define para efectos de confiabilidad como la probabilidad casi inmediata de falla de un componente o equipo al llegar a “t” hora de operación.

### **2.5.8 Curva de vida de un equipo (Curva de la Bañera)**

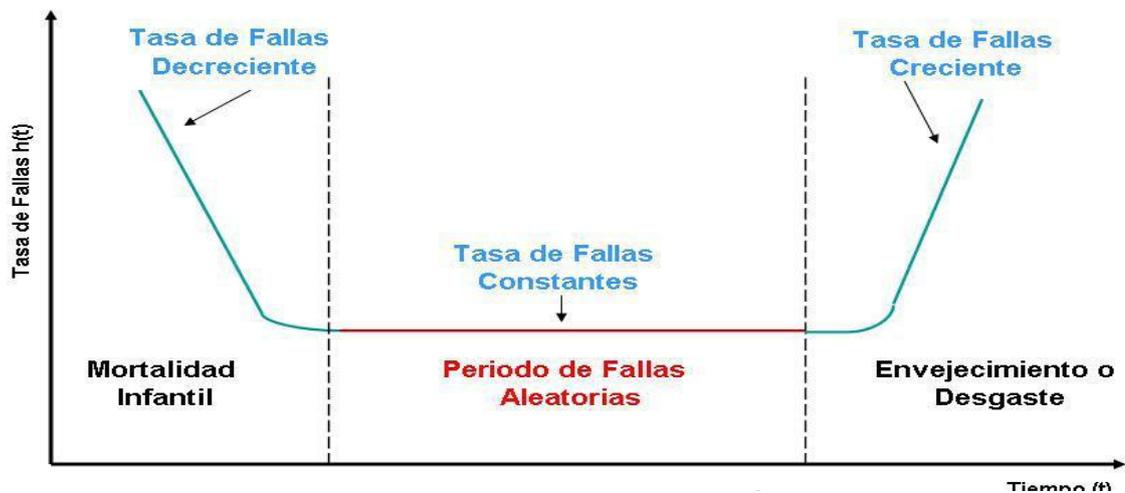
(<http://maintenancela.blogspot.com>) fecha de consulta: Marzo, 2013.

La curva de la bañera es una grafica ampliamente utilizada, esta representa las fallas durante el período de vida útil de un sistema o un equipo. Se llama de esta manera puesto que tiene dicha forma (bañera cortada a lo largo). En ella normalmente se observa o describen tres tipos de comportamientos o también llamadas etapas:

1. En la primera se encuentran los conocidos como Fallas Tempranas o Iniciales, esta etapa se caracteriza por tener un elevado porcentaje que disminuyen rápidamente con el tiempo. Estas fallas pueden deberse a diferentes razones como equipos defectuosos, o mal instalados, errores en el diseño del equipo, o también por el desconocimiento del procedimiento adecuado de utilización de los mismos.
2. Luego, se tienen las Fallas Normales, estas se caracterizan por una tasa de errores menores y constantes, donde las fallas no se relacionan directamente con el equipo, sino por causas externas al azar, tales como accidentes, mala operación, condiciones inadecuadas, entre otros.
3. Por último, se encuentran las Fallas por Desgaste, en esta la tasa de errores posee un porcentaje que va en aumento. Las fallas se producen por desgaste natural del equipo debido al tiempo.

Figura N° 13 Curva de la Bañera.

## Curva de la Bañera



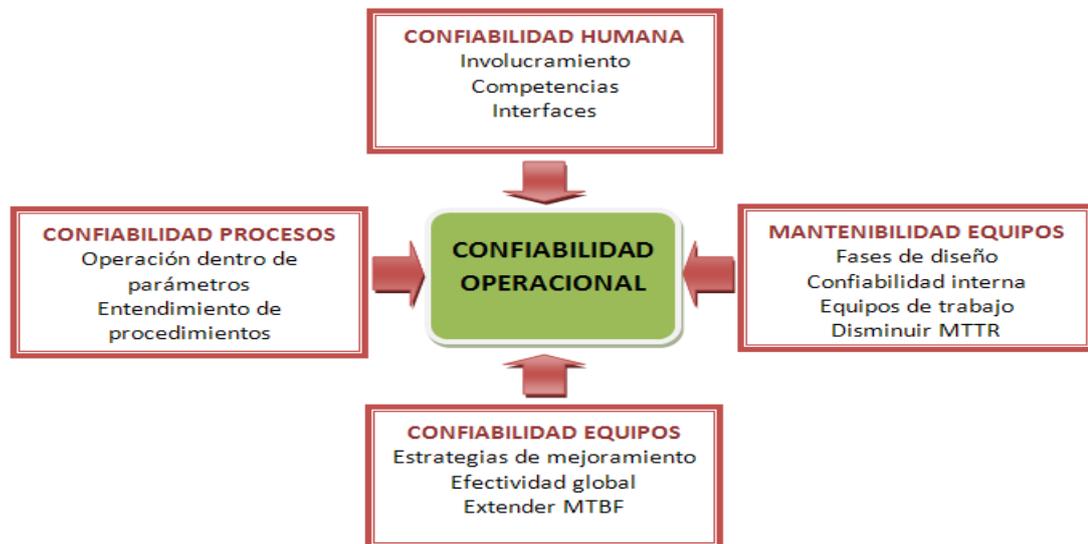
Fuente: Bottini (2007)

## 2.6 CONFIABILIDAD OPERACIONAL. ESPINOSA (2001)

La Ingeniería de la Confiabilidad se destaca como el marco teórico en el cual conviven las metodologías y técnicas necesarias para la optimización del uso de los activos fijos. La confiabilidad de un sistema o un equipo, es la probabilidad que dicha entidad pueda operar durante un determinado período de tiempo sin pérdida de su función. El fin último del Análisis de Confiabilidad de los activos físicos es cambiar las actividades reactiva y correctivas, no programadas y altamente costosas, por acciones preventivas planeadas que dependan de análisis objetivos, situación actual e historial de equipos y permitan un adecuado control de costos. La Confiabilidad Operacional se define como una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control de la producción industrial. La Confiabilidad Operacional lleva implícita la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un específico contexto operacional. Es importante, puntualizar que en un sistema de Confiabilidad Operacional es necesario el análisis de sus cuatro parámetros operativos: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad y confianza de los equipos;

sobre los cuales se debe actuar si se quiere un mejoramiento continuo y de largo plazo. Estos cuatro elementos se muestran en la figura.

Figura N° 14 Factores de la Confiabilidad Operacional



Fuente: Espinosa (2001)

### 2.6.1 Aplicación de la Confiabilidad Operacional

Las estrategias de Confiabilidad Operacional se usan ampliamente en los casos relacionados con:

1. Elaboración de los planes y programas de mantenimiento e inspección de equipos e instalaciones industriales.
2. Solución de problemas recurrentes en los activos fijos que afecten los costos y la efectividad de las operaciones.
3. Determinación de las tareas que permitan minimizar riesgos en los procesos, equipos e instalaciones y medio ambiente.
4. Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro.
5. Determinar el alcance y frecuencia óptima de paradas de planta.

La Confiabilidad Operacional impulsa el establecimiento de tecnologías que faciliten la optimización industrial, entre las cuales se pueden destacar:

1. Modelaje de sistemas, en la confiabilidad operacional se gasta a nivel de elementos (equipos, procesos y clima organizacional) y se recibe beneficios a nivel de planta.
2. Confiabilidad Organizacional, llamada también en forma sesgada error humano siendo este el ancla más fuerte.
3. Gestión del Conocimiento, valor agregado de nuevas prácticas y conocimientos, a través de mediciones sistémicas, bancos de datos, correlaciones, simulaciones, minería de datos y estadísticas.
4. Manejo de la incertidumbre, a través del análisis probabilístico de incertidumbre y riesgo asociado.
5. Optimización Integral de la Productividad, a través de pruebas piloto en seguridad y confiabilidad desde el diseño.

### **2.6.2 Herramientas de confiabilidad operacional**

Según Espinosa (2001) la confiabilidad como metodología de análisis debe soportarse en una serie de herramientas que permitan evaluar el comportamiento del activo de una forma sistemática a fin de poder determinar el nivel de operatividad, la cuantía del riesgo y las demás acciones de mitigación que se requieren, para asegurar su integridad y continuidad operacional. Son múltiples las herramientas de que se sirve la confiabilidad con el fin de formular planes estratégicos para lograr la excelencia en las actividades de mantenimiento. Las seis que se muestran en la Fig. 41, son las más utilizadas y que se desarrollan a continuación:

Figura N° 15 Herramientas para la Confiabilidad Operacional.



Fuente: Espinosa (2001).

### **Análisis de Criticidad (CA)**

Es una técnica que permite jerarquizar sistemas, equipos e instalaciones, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

### **Análisis de Modos, Efectos de Falla y Criticidad (FMECA)**

Es una metodología que permite determinar los modos de falla de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan.

### **Análisis Causa Raíz (RCFA)**

Es una técnica sistemática que se aplica con el objetivo de determinar las causas que originan las fallas, sus impactos y frecuencias de aparición, para poder mitigarlas o eliminarlas.

### **Inspección Basada en Riesgos (RBI)**

Es una técnica que permite definir la probabilidad de falla de un equipo o sistema, y las consecuencias que las fallas pueden generar sobre la gente, el ambiente y los procesos.

### **Análisis Costo Riesgo Beneficio (BRCA)**

Es una metodología que permite establecer una combinación óptima entre los costos de hacer una actividad y los logros o beneficios que la actividad

genera, considerando el riesgo que involucra la realización o no de tal actividad.

### **Costo del Ciclo de Vida (LCC)**

El análisis LCC es una metodología que permite elegir entre opciones de inversión o acciones de incremento de la confiabilidad con base en su efecto en el costo total del ciclo de vida de un activo nuevo o en servicio.

Para efectos de este trabajo solo se tomará como herramienta de confiabilidad Operacional la del Análisis de Causa Raíz (RCFA) por ser el que más se ajusta a los datos a obtener.

### **2.6.3 análisis de causa raíz (RCFA)**

Es una metodología utilizada para identificar las causas que originan las fallas o problemas, las cuales al ser corregidas evitarán la ocurrencia de los mismos. RCFA permite buscar la razón por la cual un sistema, instalación, equipo, componente o elemento no funciona satisfactoriamente.

## **2.7. Encuesta**

(<http://www.promonegocios.net/mercadotecnia/encuestas-definicion.html>)

fecha de consulta: marzo de 2013.

Nuestra "sociedad", requiere un rápido y preciso flujo de información sobre las preferencias, necesidades y comportamiento de sus miembros. Es en respuesta a esta necesidad crítica de información por el gobierno, el comercio y las instituciones sociales que tanta confianza se pone en las encuestas.

Hoy en día la palabra "encuesta" se usa más frecuentemente para describir un método de obtener información de una muestra de individuos. Esta "muestra" es usualmente sólo una fracción de la población bajo estudio.

### **2.7.1 Cuestionario**

Los cuestionarios proporcionan una alternativa muy útil para la entrevista; si embargo, existen ciertas características que pueden ser apropiada en algunas situaciones e inapropiadas en otra. Al igual que la entrevistas, deben diseñarse cuidadosamente para una máxima efectividad.

#### **Recaudación de datos mediante cuestionarios**

Para los analistas los cuestionarios pueden ser la única forma posible de relacionarse con un gran número de personas para conocer varios aspectos del sistema. Cuando se llevan a cabo largos estudios en varios departamentos, se puede distribuir los cuestionarios a todas las personas apropiadas para recabar hechos en relación al sistema. En mayor parte de los casos, el analista no verá a los que responde; no obstante, también esto es una ventaja porque aplican muchas entrevista ayuda a asegurar que el interpelado cuenta con mayor anonimato y puedan darse respuestas más honesta (y menos respuestas pre hechas o estereotipadas). También las preguntas estandarizadas pueden proporcionar datos más confiables.

#### **Selección de formas para cuestionarios**

El desarrollo y distribución de los cuestionarios; por lo tanto, el tiempo invertido en esto debe utilizarse en una forma inteligente. También es importante el formato y contenido de las preguntas en la recopilación de hechos significativos.

Existen dos formas de cuestionarios para recabar datos: cuestionarios abiertos y cerrados, y se aplican dependiendo de si los analistas conocen de antemano todas las posibles respuestas de las preguntas y pueden incluirlas. Con frecuencia se utilizan ambas formas en los estudios de sistemas.

#### **Cuestionario Abierto**

Al igual que las entrevistas, los cuestionarios pueden ser abiertos y se aplican cuando se quieren conocer los sentimientos, opiniones y

experiencias generales; también son útiles al explorar el problema básico, por ejemplo, un analista que utiliza cuestionarios para estudiar los métodos de verificación de crédito, es un medio.

El formato abierto proporciona una amplia oportunidad para quienes respondan escriba las razones de sus ideas. Algunas personas sin embargo, encuentran más fácil escoger una de un conjunto de respuestas preparadas que pensar por sí mismas.

### **Cuestionario Cerrado**

El cuestionario cerrado limita las respuestas posibles del interrogado. Por medio de un cuidadoso estilo en la pregunta, el analista puede controlar el marco de referencia. Este formato es el método para obtener información sobre los hechos. También fuerza a los individuos para que tomen una posición y forma su opinión sobre los aspectos importantes.

## **2.8 LEY ORGÁNICA DEL TRABAJO (LOT)**

### **Límites de la jornada de trabajo**

**Artículo 173.** La jornada de trabajo no excederá de cinco días a la semana y el trabajador o trabajadora tendrá derecho a dos días de descanso, continuos y remunerados durante cada semana de labor. La jornada de trabajo se realizará dentro de los siguientes límites:

- 1.- La jornada diurna, comprendida entre las 5:00 a.m. y las 7:00 p.m., no podrá exceder de ocho horas diarias ni de cuarenta horas semanales.
- 2.-La jornada nocturna, comprendida entre las 7:00 p.m. y las 5:00 a.m. no podrá exceder de siete horas diarias ni de treinta y cinco horas semanales. Toda prolongación de la jornada nocturna en horario diurno se considerará como hora nocturna.
- 3.- Cuando la jornada comprenda períodos de trabajos diurnos y nocturnos se considera jornada mixta y no podrá exceder de las siete horas y media diarias ni de treinta y siete horas y media semanales.

Cuando la jornada mixta tenga un período nocturno mayor de cuatro horas se considerará jornada nocturna en su totalidad.

## **2.9 Bases legales para el trámite de desincorporación de los bienes vinculado a los derechos Mineros**

- Artículos N° 12, 112, 113, 156 numerales 12 y 16, y 311 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, G.O. N° 5.453 del 24-03-2000.
- Artículo N° 12, Decreto N° 6.732 sobre Organización y Funcionamiento de la Administración Pública Nacional, publicado en G.O. N° 9.202 del 17-06-2009
- Artículo 4, Decreto N° 8.683, mediante el cual se hace la transferencia de las competencias relacionadas con la minería al Ministerio del Poder Popular de Energía y Petróleo, ahora denominado Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería.
- Artículo 102: Las tierras, obras permanentes, incluyendo las instalaciones, accesorios y equipos que formen parte integral de ellas así como cualesquiera otros bienes muebles o inmuebles, tangibles e intangibles, adquiridos con destino a las actividades mineras, deben ser mantenidos y conservados por el titular en comprobadas condiciones de buen funcionamiento según los adelantos y principios técnicos aplicables, durante todo el término de duración de los derechos mineros y de todo el término de duración de los derechos mineros y de su posible prórroga, y pasarán en plena propiedad a la República libres de gravámenes y cargas, sin indemnización alguna, a extinción de dichos derechos, cualquiera sea la causa de misma.
- Artículo 103: El titular de derechos mineros deberá presentar al Ministerio de Energía y Minas un inventario detallado de todos los bienes adquiridos, con destino a las actividades mineras que realice, afectos a ellas, bienes de los cuales

podrá disponer en forma alguna sin la previa autorización Ministerio de Energía y Minas, dada por escrito. Art. 33 numeral 2, artículos 48, 49 y siguientes del Decreto 1.234 Reglamento General de la Ley de Minas, publicado G.O. N° 37.155 del 09-03-2001, Capítulo IV Sobre las obligaciones del Concesionario y otros.

- Artículo 49, Ley Orgánica de Procedimientos Administrativos.
- Artículos. 31, 32 numeral 8 de la Ley de Timbre Fiscal, G.O. 5.416 del 22-11-1999.

# **CAPÍTULO III**

## **MARCO METODOLÓGICO**

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **3.0 Tipo de Investigación**

Es una investigación de exploración de campo porque consiste en recaudar la información pertinente para la elaboración y el diagnóstico de los equipos mineros que se encuentran en el estado Portuguesa. La recolección de los datos necesario para llevar a cabo esta investigación se realiza directamente en el sitio de cada empresa, dentro del estado.

### **3.1 Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación es no experimental – transversal. Es no experimental debido a que solo se tomaron datos *in situ* sin ninguna manipulación de la naturaleza de los datos; es transversal porque se recolectaron datos en un solo momento, en un tiempo único.

### **3.2 Población y muestra**

La población son todos los equipos mineros del estado Portuguesa y la muestra son todos los equipos utilizados para las operaciones básicas y auxiliares en las empresas mineras que faciliten sus datos en dicho estado.

### **3.3 Instrumentos y técnicas para la recolección de la información**

El instrumento a utilizar para la recolección de los datos será por intermedio de la encuesta llamada CEMCA (Censo de Equipos Mineros a Cielo Abierto) diseñada por Garrido (2012) que será modificado. La modificación se basará en las recomendaciones y conclusiones de antiguos trabajos de esta misma línea de investigación que se realizó en otros estados, también el investigador agregará preguntas que crea conveniente para optimizar el uso de las herramientas de confiabilidad operacional. Los puntos que se va añadir a la encuesta son:

- El tipo de fallas que pueden ser: mecánico, estructural, hidráulicas y eléctricos, también las causas que lo genera y frecuencia en que se repite.
- Si la empresa posee taller mecánico, almacén o repuestos en *Stock*.
- En la parte humana se busca si los operadores, mecánicos han hecho algún curso o taller, además saber si el mecánico tiene algún estudio técnico del área en que desempeñe, tiempo de experiencia tanto para el operador de los equipos y mecánicos.
- Uso del manual del equipo para realizar mantenimientos y el modo de utilización del equipo.
- El diseño de la encuesta se cambió con el fin de optimizar el espacio físico de las hojas.

Con la modificación de la encuesta CEMCA se busca en conseguir toda la información necesaria para el diagnóstico de los equipos mineros que operan en el estado Portuguesa.

Un método importante que se utilizara es la observación directa y preguntas que ayuden a nutrir la información obtenida por la encuesta

### **3.4 ANÁLISIS DE DATOS**

Los datos recolectados por medio de encuestas, cuestionarios y observaciones serán vaciados en tablas de hojas de cálculo para agrupar y estructurar los datos obtenido con el fin de procesar esta información de manera más fácil y sencilla.

Luego de obtener los datos de interés, en hojas de cálculo se procede a elaborar gráficos y tablas para la construcción del análisis y a su vez sirve como material para el uso de las herramientas de confiabilidad operacional que se usarán para diagnosticar el estado físico de los equipos mineros que operan en el estado Portuguesa.

# **CAPÍTULO IV**

## **RESULTADOS**

## RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados encontrados en las visitas realizadas a 18 empresas minera. El estado Portuguesa cuenta por lo menos con más de 24 industrias dedicadas a la minería. Las industrias restantes no se inspeccionaron debido a su difícil acceso y su operación no es constante.

### 4.0 ASPECTOS ENCONTRADOS

En primer lugar se expondrán resultados recogidos de las empresas y luego otros aspectos y datos relevantes recaudados en estas visitas, pertinentes en el análisis de los resultados.

#### 4.1 ARENERA Y CONSTRUCTORA GIL, C.A. (ACG)

La ACG, se encuentra ubicada en la Carretera Nacional vía Barinas, Sector Colonia, el mineral que se extrae es no-metálico en forma de grava (2mm- 6cm). La producción se realiza en el río Guanare. La producción es aproximada de 26400 m<sup>3</sup>/mes, el producto de comercialización es arena lavada, piedra picada de 1/2" y 3/4". Las instalaciones cuentan con taller mecánico y almacén con refracciones para el mantenimiento de los equipos. Opera 40 hrs semanal, es tal y como está previsto en la LOTT. El arranque es mecánico y las máquinas utilizadas en las operaciones unitarias se mostrarán en la tabla N° 1.

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	P / A	N/U	O/R
Cargador frontal	Hyundai	757	1	2012	2,5	P	N	O
Cargador Frontal	Hyundai	HL760	1	2012	3	P	N	O

Retro excavadora	Hyundai	250LC	1	2012	0,90	P	N	O
Retro excavadora	Hyundai	Robex2 60	1	2012	1	P	N	O
Camión	Caterpillar	D250B	1	1985	11	P	U	O
Camión	John Deere	250D	1	2000	9	P	U	O

Tabla N°1. Descripción de equipos en ACG.

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

N= Nuevo.

O= Operativo.

R= Reparación.

La Arenera y Constructora Gil, C.A. posee una planta de beneficio mineral que es alimentada por el material extraído del río Guanare, la planta posee trituración primaria y secundaria. La primaria es de mandíbula de marca Premiertrack, el revestimiento es de acero al manganeso de forma dentada en el sentido de la altura para facilitar la caída por la cámara. Las dimensiones de la chancadora es 1100 x 650mm posee además un cono giratorio de marca Maxtrak con dimensión 1000mm para la trituración secundaria los motores eléctricos de 150 HP que utilizan las trituradoras.

Los equipos han fallado en el sistema eléctrico con frecuencia, motivado a averías en el suministro eléctrico de la zona; los forros de la trituradora de mandíbula son cambiados cada siete (7) meses y el del cono giratorio cada cuatro (4) meses.

Las condiciones en que se encontraban los equipos de carga, puede considerarse como buena debido a que fueron adquiridos nuevos. Las máquinas de acarreo no han tenido grandes problemas, encontrándose operativas (para el momento de las visitas). Las averías más comunes son: desgaste de motor, cauchos, mangueras y bombas hidráulicas. La arenera realiza mantenimiento cada 250 hrs esto solo aplica para el cambio de aceite, filtros, engrase. El plan de mantenimiento que sigue la empresa es el correctivo.

## 4.2 Empresa socialista de infraestructura servicios y redes del estado (ESISRE)

Es un ente gubernamental con autonomía funcional, cuya facultad es la inversión en obras de infraestructura de los 14 municipios de Portuguesa, a través de recursos obtenidos de operaciones propias y sus asociaciones, así como recursos adicionales percibidos de donaciones, transferencias de entes gubernamentales o privados. Tiene como objetivo principal proyectar, planificar, diseñar, gestionar, construir, ejecutar, administrar, reparar, mantener, comercializar y operar obras de infraestructura públicas estatales y servicios públicos estatales, la cual está adscrita a la Secretaría de Infraestructura y Servicios (SINSE).

Empresa Socialista de Infraestructura Servicios y Redes del estado Portuguesa (ESINSEP), S.A; maneja una empresa de extracción ubicada en la Troncal 05, vía Barinas, la empresa produce arenas (0,06mm – 2mm), gravas (2mm – 6 cm) y canto rodados (6cm – 25 cm) del río Guanare, cuyo material es procesado para la obtención de canto rodados, arena lavada, piedra picada de ½”, 1” y arrocillos. La producción de la empresa es 15400 m<sup>3</sup>/mes, no posee taller mecánico pero sí almacén, con *stock* de repuestos, cuyos suministros en depósito son únicamente para el servicio de los equipos. Una parte del material procesado es empleado como agregado en la planta de producción de asfalto ubicada en los espacios de la empresa cuyo uso es obras públicas.

Los operadores de equipos tienen nivel académico que va de bachiller y técnico medio, no han recibido ningún adiestramiento por parte de la empresa, solo se labora una jornada de ocho (8) horas.

En la producción es utilizado los siguientes equipos que se mostrará en la tabla n°2:

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	P/A	N/U	O/R
Cargador frontal	XCMG	LW800	1	2012	5	P	N	O
Cargador Frontal	International	515B	1	1983	2	A	U	O

Cargador Frontal	Caterpillar	966	1	1975	1,5	A	U	R
Cargador Frontal	Caterpillar	950G	1	1999	2,5	P	U	R
Retroexcavadora	XCMG	700K	1	1985	4	P	N	R
Camión	Ford	750	5	1975	8	A	U	O
Camión	Chevrolet	600	4	1980	8	A	U	O
Camión	Fiat	N3	7	1975	8	A	U	O
Camión	International	----	8	-----	15	A	U	O
Motoniveladora	Caterpillar	1205	1	1995		P	N	O

Tabla N°2. Descripción de equipos en ESINSEP.

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

N= Nuevo.

O= Operativo.

R= Reparación.

Los equipos Caterpillar 950G y 966 se encuentran en reparación. La causa de la reparación del 966 es desgaste del motor y el 950G la caja de velocidades, el 966 es alquilado, siendo las refracciones realizadas directamente por la empresa que arrenda a la retroexcavadora XCMG 700K las puntas del cucharón se encuentran dañadas, están esperando repuestos. Con respecto a los camiones utilizados para el acarreo son alquilados, la empresa desconoce las averías porque el servicio y reparación es realizada por la empresa que los renta.

ESINSEP cuenta con equipos de beneficios minerales, pero para el momento de la aplicación de la encuesta se encuentra inoperativo. La trituración primaria se realiza con una trituradora de mandíbula marca Power Crusher cuyas dimensiones son 1250x1020mm y una secundaria de martillo, marca Power Crusher. Ambos equipos están inoperativos esperando repuestos, las fallas son de los sistemas hidráulico y eléctrico.

### 4.3 Arenera Ceconave, C.A (ACE)

La arenera está localizada en la Carretera Vieja de Barinas, sector Los Totunitos, mineral que se extrae es no-metálico, directo del río Guanare. El material que se obtiene después del proceso de trituración y

separación es: piedra picada, grava, arrocillo y arena. Las instalaciones cuentan con taller mecánico y almacén.

Ceconave opera solo de lunes a viernes trabajando 40 horas semanales. Los operadores y mecánicos poseen nivel académico básico aprobado, la empresa no tiene planes de entrenamiento para el manejo de los equipos.

La producción planificada es de 8800 m<sup>3</sup>/mes pero solo se cumple 5500 m<sup>3</sup>/mes.

El parque automotor pesado se encuentra en obsolescencia hay equipos que tiene entre 40 a 50 años operando. En la tabla N°3 se mostrará los equipo utilizados para las operaciones básicas y auxiliares.

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	P/A	N/U	O/R
Cargador Frontal	Caterpillar	950E	1	1983	2	P	U	O
Cargador Frontal	Caterpillar	950	1	1975	2	P	U	R
Cargador Frontal	Caterpillar	950	1	1975	2	P	U	R
Cargador Frontal	Caterpillar	950	1	1975	2	P	U	O
Retroexcavadora	Poclair	-----	1	1960	2	P	U	O
Camión	Caterpillar	D25C	2	1992	14	P	N	O
Camión	Caterpillar	D250E	1	1996	14	P	N	O
Tractor de Oruga	Caterpillar	D7	1	1980		P	U	O

Tabla N°3. Descripción de equipos en ACe.

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

N= Nuevo.

O= Operativo.

R= Reparación.

En la tabla anterior se resumen los equipos utilizado para las operaciones en esta empresa, se observa que los equipos están ya obsoletos, pero se les está alargando su vida útil. Dos (2) de las unidades de carga modelo Caterpillar 950 está siendo reparado: en motor y caja de velocidad por desgaste; en la retroexcavadora Poclair falla con frecuencia el sistema hidráulico y el tren de rodaje trayendo problemas al desplazarse; mientras

que, los camiones las averías son cruceta, bomba del sistema hidráulico y mangueras.

La planta de beneficio, posee dos (2) trituradoras: una primaria de mandíbula marca Allis Chalmers, de dimensiones 62x90”, mientras que, la secundaria es un (1) cono giratorio marca Faco. Estas máquinas presentan averías frecuentes con el motor eléctrico debido a discontinuidades en el servicio eléctrico en la zona.

#### 4.4 Consogua - Complejo Socialista Guanare (CSG)

El complejo se encuentra ubicado en el sector Palotal cercano al río Guanare, pertenece al sector público. Estas instalaciones fueron creadas por la Alcaldía de Guanare y tiene menos de seis (6) años en operaciones. La empresa cuenta con una planta de producción de asfalto y equipos móviles de trituración y separación.

Para el mantenimiento de los equipos cuenta con taller mecánico, el tipo que aplica es el correctivo.

El CSG extrae del río Guanare y produce 11.000 m<sup>3</sup>/mes de canto rodado, arena cernida, arrocillo marrón y piedra picada.

Los equipos que posee el Complejo Socialista Guanare, está resumida en la tabla N°4.

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	P/A	N/U	O/R
Cargador Frontal	XCMG	LW800K	1	2011	4,92	P	N	O
Cargador Frontal	XCMG	LW300K	1	2011	2	P	N	R
Retroexcavadora	XCMG	X230	2	2011	1,4	P	N	O
Camión	Internacional	WorkStar	4	2012	12,05	P	N	O
Motoniveladora	Case	B845	2	2007 2012		P	N	R---1 O---1

Tabla N°4. Descripción de equipos en CSG.

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

N= Nuevo.

O= Operativo.

R= Reparación.

R- cantidad de equipos

O- Cantidad de equipos

Se reporta que en la unidad XCMG LW300K desde su adquisición presenta fallas en la caja de velocidades. Otro equipo que se encuentra en reparación es la motoniveladora Case B845 por alternador dañado y en espera de repuestos.

Los equipos para el beneficio mineral son unidades móviles, modelo J40 (compacta trituradora de mandíbula), las dimensiones son 1016x610mm con un motor de 225 Hp. El equipo posee orugas para su desplazamiento.

La empresa cuenta además con dos (2) clasificadoras móviles R105 *high Energy Screener Durable*, todas estas unidades marca *McCloskey International*, que clasifica el material en tres (3) diferentes tamaños.

La unidad J40 se encuentra en reparación, debido al desgaste del forro, mientras las clasificadoras están operativas.

A modo de ilustración las siguientes figuras 16 y 17 mostrarán el equipo J40 y R105.

Figura N° 16. Unidad móvil modelo J40 compacta trituradora de mandíbula.



Fuente: Propia (2013).

Figura N° 17. Clasificadora móvil R105 *high Energy Screener Durable*.



Fuente: Propia (2013)

#### 4.5 Agregados el Palotal, C.A (AEP)

Agregados El Palotal es una empresa de extracción de granzón del río Guanare. Se encuentra ubicada en la Autopista José Antonio Páez, vía de Guanare a Barinas, sector El Palotal. El sector institucional es privado.

La producción real de la empresa es 3000 m<sup>3</sup>/mes y la planificada 4000 m<sup>3</sup>/mes, ésta depende de la disponibilidad de los equipos, clima y crecida del río.

Agregados El Palotal, posee taller mecánico y almacén, solo realizando refracciones básicas como: cambio de filtros, aceites, mangueras, sellos, cauchos y el mantenimiento que aplica la empresa es correctivo.

La flota de equipos con que cuenta la AEP es de cinco (5) unidades, cuatro (4) de carga y un equipo auxiliar; para el acarreo utiliza camiones arrendados para ahorrarse los gastos de mantenimiento. En la tabla N° 5 se compilan los modelos y marcas de los equipos que opera en Agregados El Palotal, C.A.

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	P/A	N/U	O/R
Retroexcavadora	Hyundai	250	1	2008	1,5	P	N	O
Cargador Frontal	Caterpillar	966C	3	1979	2,5	P	U-1998 U-2006 U-2007	O
Camión	Ford	----	2	---	6	A	----	O

Camión	Chevrolet	----	2	---	6	A	----	O
Motoniveladora	John Deere	970 <sup>a</sup>	1	1990	----	P	U-2006	R

Tabla N°5. Descripción de equipos en AEP.

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

N= Nuevo.

O= Operativo.

R= Reparación.

U- Año de Uso.

Los equipos de carga, acarreo y auxiliares han presentado algunas fallas son:

- Retroexcavadora Hyundai 250: pasador de la pala.
- Cargador Frontal Caterpillar 966C: tren de rodaje, la rolinera de la polea del motor, bomba de presión hidráulica y mangueras.
- Motoniveladora John Deere 970: bomba de presión hidráulica y mangueras.

Inicialmente, Agregados El Palotal, C.A comenzó a trabajar para la separación granulométrico realizado de forma artesanal. En la actualidad, aún se utiliza para la arena lavada, así como, cuenta con una pequeña planta alquilada de trituración y separación, compuesta por una trituradora de mandíbula y una de cono. La información proporcionada está relacionada con el cono de marca Symons, dimensiones 4 ¼”.

La empresa adquirió en 2006 una trituradora de mandíbula marca Allischalmer de dimensiones 40x35”, con el plan de ensamblar su propia planta de beneficios minerales. La gráfica N° 18 ilustra el método antiguo de separación granulométrico con tela artesanal.

Figura N° 18. Malla artesanal, tomada en Agregados El Palotal, C.A



Fuente: Propia (2013).

#### **4.6 Arenera Valera, C.A (AV)**

La arenera Valera se encuentra ubicada en la Carretera Nacional vía Barinas antes de Puente Coromoto. Los frentes de extracción se ubican en áreas del río Guanare. La empresa manifiesta que el permiso de extracción se encuentra suspendido debido a infracciones realizadas por la empresa. Para el momento de la visita ejecutada el 31/07/2013, llevaba tres (3) meses sin extracción, aunque se encuentra operativa debido a que compra el granzón a otros distribuidores y es procesada en la planta obteniendo productos como: arena lavada, granzón cernido, piedra picada y arrocillo.

Arenera Valera cuenta con taller mecánico y almacén; posee repuestos básicos para el mantenimiento de los equipos. El personal de mecánica tiene experiencia laboral, pero no emplean los manuales de los equipos para planificar y realizar las reparaciones. El nivel académico de estos está entre educación básica y media aprobada. La política de mantenimiento de los equipos es correctiva.

La flota encontrada es de once (11) equipos para la carga y acarreo, están en condición operativa ocho (8) unidades. En la tabla N° 6 se

mostrara los modelos y marcas de los equipos que operan en la Arenera Valera, C.A

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	Propio/Alquilado	N/U	O/R
Cargador Frontal	Hyundai	760-7	2	2010	3	P	N	O
Cargador Frontal	Caterpillar	980B	2	1994	3,80	P	U-1999	O-1 R-1
Cargador Frontal	Caterpillar	966D	1	1994	2	P	U-1999	O
Retroexcavadora	Hyundai	320L	1	2012	1,80	P	N	O
Cargador Frontal	Caterpillar	944	1	1965	----	P	U	R
Motoniveladora	Caterpillar	14E	1	1970	----	P	U	R
Camión	Mack	R600	3	1998 2-2002	15	P	N	O

Tabla N°6. Descripción de los equipos de AV, C.A

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

N= Nuevo.

O= Operativo.

R= Reparación.

U- Año de Uso.

R- Cantidad de equipos.

O- Cantidad de Equipos.

Las máquinas de carga, acarreo y auxiliares han presentado algunas fallas y entre éstas se encuentran:

- Los cargadores frontales marca Hyundai modelo 760-7. Estos han presentado fallas como: caja de cambios, sistemas hidráulicos, mangueras y sensores. Se informa que el fabricante no ha respondido a la garantía de estas máquinas.
- Los cargadores Caterpillar modelo 980 y 944 se encuentran inoperativos y tal vez los descarten de la flota, motivado a de que el Cat 980 tiene la caja dañada y el Cat 944 motor dañado y en el mercado actualmente, no se encuentra repuestos para estas unidades de carga.
- La motoniveladora Caterpillar 14E está inoperativo por obsolescencia.
-

Las instalaciones cuentan con dos (2) plantas de trituración y separación; la diferencia de las plantas es que una produce arena y la otra para piedra. Cada planta tiene su propia unidad de trituración primaria y secundaria. Para ambos procesos de trituración primaria se cuenta con plantas homónimas en modelo de equipo: mandíbula marca TeleSmith dimensiones 36"x24". Para la trituración secundaria, la planta de arena utiliza un cono giratorio marca Giradisk para finos (2mm a 64mm), mientras que la de piedra picada maneja un cono giratorio *Short Head* de 3 1/8" a 1" de salida. Los trituradores solo presentado averías en correas y desgaste de forro.

#### **4.7 Agregados Río Guanare, C.A (ARG)**

Agregados río Guanare es una empresa que tiene dos (2) locaciones: la principal está ubicada en la Autopista José Antonio Páez, kilómetro 8 sentido Guanare- Barinas, sector Los Playones. La segunda está ubicada en la misma autopista, pero sentido Acarigua-Guanare, sector río Guache, La Yaguara.

La arenera principal ubicada en el sector Los Playones las instalaciones son de mayor tamaño y fue la primera que instaló ARG, C.A. La extracción de la primera se realiza en el río Guanare, mientras que la segunda en río Guache, la distancia entre éstas dos (2) sucursales es de 120 km aproximadamente; la configuración de las instalaciones y equipos de ambas areneras pueden considerarse sinónimas, cambiando la cantidad de equipos y producción.

La producción de Agregados río Guanare ubicado en el sector Los Playones es de 19.800 m<sup>3</sup>/mes y la sucursal de Acarigua, sector río Guache genera 17.600 m<sup>3</sup>/mes, ambos valores son aproximados. La empresa produce piedra picada ¾", arrocillos finos-gruesos y arena lavada.

Cada sucursal posee taller mecánico y almacén, repuestos en *stock*, y se realizan servicios a cada unidad cada 250 horas. El tipo de mantenimiento que aplica la empresa es correctivo.

Los mecánicos y operadores, posee un nivel académico entre educación básica y bachiller. Dado que la empresa no tiene la infraestructura para capacitar a su persona, es requisito para ingresar a trabajar que tengan experiencia en el área donde se va a desempeñar.

Agregados río Guanare ha estado operativa por 10 años, y en la adquisición de equipos mineros ha mostrado preferencia por la marca Caterpillar. Además considera inadecuado prolongar el trabajo en máquinas cuya vida útil estimada por el fabricante se haya sobrepasado. Esta empresa tiene la flota más joven de la entidad, tanto de planta como en operaciones mineras.

En la siguiente tabla se resumen los equipos encontrados en las operaciones básicas y auxiliares de dos (2) areneras pertenecientes a Agregados río Guanare.

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	P/A	N/U	O/R
Retroexcavadora	Caterpillar	330	6	2010 2012	2,5	P	N	O
Cargador Frontal	Caterpillar	966H	4	2011 2012	3,7	P	N	O
Cargador Frontal	Hyundai	HL770A	2	2011 2012	3,7	P	N	O
Cargador Frontal	Caterpillar	966C	1	1980	2	P	U-2003	O
Camión	Caterpillar	725	7	2006	15	P	N	O
Camión	Mack	Granite	6	2011	22	P	N	O
Camión	Mack	Granite	2	2011	15	P	N	O
Motoniveladora	Caterpillar	120K	2	2011	----	P	N	O
Motoniveladora	Caterpillar	----	1	1980	----	P	U	R

Tabla N°7. Descripción de los equipos de ARG, C.A

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

N= Nuevo.

O= Operativo.

R= Reparación.

U- Año de Uso.

Las fallas frecuentes en estos equipos son:

- En cargadores marca Caterpillar modelo 330 y 966H los de mayor frecuencia son: sensores, motivado a altas temperaturas del sitio de trabajo aunado a la jornada diaria de trabajo de ocho (8) horas.
- El modelo 966C ha presentado fallas de manguera, motor, bomba de presión hidráulica, por desgaste, tiene 33 años en operaciones continuas.
- El modelo de camión articulado marca Caterpillar 725 desde su adquisición ha sido un equipo que se puede considerar, según opinión recogida en la empresa visitada, pues es confiable y solo una (1) de las unidades de la flota se ha averiado en la caja de velocidades y en el sensor de movimiento de la tolva.
- Una de las motoniveladoras esta operativa con falta de operador.

La empresa, posee planta de beneficio mineral en cada locación, los equipos instalados son idénticos en las dos (2) sucursales. Las unidades son:

- Trituradora primaria: de mandíbula de marca Brocuser, dimensiones 100"x60", motor eléctrico de 200 hp.
- Trituración secundaria es un cono giratorio, pues no fue suministrada información sobre las características de los equipos instalados, al momento de la visita se estaban situando nuevas máquinas de trituración secundaria, que también es un cono giratorio. Se observó cuatro (4) conos giratorios recientes, hecho que se puede interpretar como que cada planta tendrá tres (3) niveles de trituración: primaria, secundaria y terciaria. Las unidades mencionadas son marca Sandvik CH440; el equipo tiene la capacidad de producir entre 65- 415 ton/h, (<http://www.miningandconstruction.sandvik.com/13/8/2013>).

Otra adquisición en equipos en la que invirtió la empresa son los motores eléctricos de marca Weg de 300 hp, así como conos con sendos sistemas de refrigeración (Figura N° 19).

Figura N° 19 Cono Giratorio Sandvik CH440 y motor Weg. Fotos tomadas en instalaciones de Agregados río Guanare, C.A



Fuente: Propia (2013).

#### **4.8 Maquinarias obras de tierra y asfalto C.A (MOTIASCA).**

MOTIASCA se constituye como la empresa más grande del estado Portuguesa y fue fundada en 1970, produciendo asfalto, concreto y áridos. Está ubicada en el kilometro 8, vía Camburito, municipio Araure, estado Portuguesa, su producción es de aproximadamente 40000 m<sup>3</sup>/mes y pertenece al sector privado. La extracción se realiza en el río Acarigua: de piedra picada, canto rodado y arena lavada.

La empresa tiene como misión:

- Construcción de obras de vialidad en el ámbito de movimiento de tierra y de colocación de asfalto.
- Fabricación y venta de concreto.
- Fabricación y venta de agregados para empleo en trabajos de infraestructura vial y en la construcción.
- Alquiler de equipos y maquinarias para vialidad y manejo de componentes pesados.

Las instalaciones cuentan con taller mecánico y almacén con repuestos en *stock*; las actividades de mantenimiento se realizan cada 250 h. y según el manual del fabricante.

Aunque la empresa maneja una amplia variedad de equipos, de los que hablamos aproximadamente de 247 en total, solo nos enfocaremos, para los efectos de este trabajo, en aquellos empleados en minería a cielo abierto, como se muestra en tabla 8 a continuación.

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	P/A	N/U	O/R
Retroexcavadora	Caterpillar	345CL	1	---	4	P	U	O
Retroexcavadora	Volvo	EC360	1	2001	2	P	N	O
Retroexcavadora	Volvo	EC460	1	2003	2,9	P	N	O
Retroexcavadora	Caterpillar	345BLC	1	2000	3	P	N	O
Cargador Frontal	Hyundai	HL770-7A	2	2007	3,1	P	N	O
Cargador Frontal	Hyundai	HL760-7A	2	2007	4	P	N	O
Cargador Frontal	Hyundai	HL770-7	2	2007	3,1	P	N	O
Cargador Frontal	Caterpillar	950G	2	2000	2	P	U	O
Camión	Caterpillar	D250E	3	2002	12	P	U	O
Camión	Mack	RD688SX	4	2002	16	P	N	O
Camion	Mack	R611SX	2	1973 1976	14	P	U-1980 U-1977	O
Mototrailla	Caterpillar	631B	2	1965 1966	----	P	U-1971	O
Tractor	Caterpillar	D8N	1	2000	----	P	----	O
Tractor	Caterpillar	D6H	1	1991	-----	P	-----	O
Motoniveladora	Caterpillar	140G	3	1993-2 1995-1	----	P	U-2004	O
Motoniveladora	Caterpillar	120H	1	2004	----	P	N	O
Camión Cisterna	Chevrolet	C60	1	1976	----	P	----	O
Camión Cisterna	Internacional	LS1900	1	1983	-----	P	----	O

Tabla N°8. Descripción de los equipos de MOTIASCA.

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

N= Nuevo.

O= Operativo.

R= Reparación.

U- Año de Uso.

Todos los equipos se encontraban operativos en el momento de la visita, aunque las fallas más comunes son:

- Mecánico: en el motor: empaques y desgaste del motor; caja de velocidades, bomba de agua, correas, poleas y tren de rodadura.
- Hidráulico: bomba de presión, mangueras y sellos de brazos hidráulicos.
- Eléctrico: batería, alternador y bujías.

Los equipos que han fallado con mayor frecuencia son los que han acumulado un tiempo de vida mayor a diez (10) años operando.

La empresa tiene una planta de beneficio mineral, que está compuesta por dos (2) trituradoras: primaria y secundaria. La primaria es de mandíbula, marca *SVEDALA* con capacidad aprox. de 1000 m<sup>3</sup> /día el equipo se adquirió nuevo en el año 2001; un cono giratorio marca *NEYRTEC*, con la misma capacidad de la primaria. Estas unidades solo han requerido cambio de forro y correas, este último cambio se realiza cada seis (6) meses.

MOTIASCA posee otro cono giratorio fuera del circuito de trituración y separación; esto motivo a que la empresa asume que la alimentación de la trituradora de cono marca TeleSmith, es mayor de aquella que puede suministrarle la planta instalada propiamente dicha. Podemos deducir esta particularidad, debido posiblemente a una inadecuada elección de los equipos de reducción de tamaño en algún momento en su implementación.

#### **4.9 Agregados Río Acarigua, C.A. (ARA)**

Las instalaciones de ARA se encuentran ubicadas en la carretera Acarigua-Guanare, sector Palo Gordo, Troncal 5. Esta empresa tiene tres

turnos de trabajo, cada jornada es de 8 horas. La producción real es 15.000 m<sup>3</sup>/mes de arena lavada, piedra picada y arrocillo; en el futuro tiene planificado en producir 25.000 m<sup>3</sup>/mes. Se observa que la empresa no ha cumplido con las metas propuestas.

Agregados río Acarigua, C.A. posee taller mecánico y almacén con algunos repuestos en *stock*; los mecánicos y operadores tienen educación básica aprobada y no han recibido adiestramiento por parte de la empresa.

Para las operaciones unitarias: se utilizan dos (2) equipos para la carga mientras que para el acarreo se manejan cuatro (4) camiones alquilados. En las operaciones auxiliares emplean una motoniveladora. El uso de los equipos alquilados es para evitar el costo de mantenimiento y reparación asociado a dichas unidades. En la siguiente tabla N° 9 se mostrará las unidades mencionadas:

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	P/A	N/U	O/R
Retroexcavadora	Kobelco	320L	1	----	2	P	U	O
Retroexcavadora	Caterpillar	32S	1	----	2	P	U	R
Camión	Fiat	N3	3	----	9,54	A	----	O
Camión	Fiat	N7	1	----	8,86	A	----	O
Camión	Chevrolet	Chevy	2	----	7,92	A	----	O
Camión	Ford	750	1	----	5,62	A	----	O
Camión	Iveco	330	4	----	10	P	U	R-1 O-3
Motoniveladora	Caterpillar	12F	1	----	----	P	U	O

Tabla N°9. Descripción de los equipos de ARA, C.A.

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

N= Nuevo.

O= Operativo.

R= Reparación.

R- Cantidad de equipos.

O- Cantidad de Equipos.

El tiempo de reparación es mayor debido a la tardanza en la llegada de repuestos. Por ejemplo, la retroexcavadora CAT 325 tenía tres (3) meses

de espera (al momento de la visita) por reparación por estas mismas razones.

Referido a los camiones la información suministrada es muy poca, debido a que son alquilados. Según datos de la misma empresa ARA, las fallas/ averías más comunes en los camiones son: motor, caja de velocidades, sistema hidráulico, cauchos, amortiguadores, tren delantero y trasero. Estas máquinas tienen una vida útil de uso mayor a 20 años.

La empresa cuenta con una planta de trituración y separación del material. El circuito se constituye en trituración primaria y secundaria: de los cuales la primaria, es de mandíbula marca TEREX con dimensiones 2,5 x 4 m<sup>2</sup> y la secundaria de cono giratorio marca TeleSmith de 2 x 2 m<sup>2</sup>. El mantenimiento de estas máquinas es cada 5 días. El estado de estos equipos es operativo y se puede considerar en buenas condiciones.

#### **4.10 Agregados Santanita, C.A (AS)**

Esta mina se encuentra ubicada en Carretera vía La Misión, sector Mijaguito. Extrae un material del río Acarigua, aproximadamente 1.200 m<sup>3</sup>/mes de granzón. El mismo es procesado en una planta y se obtiene piedra picada y arena.

Las reparaciones de equipos, en general, se realizan en taller de mantenimiento propiedad de la empresa. En el mismo tienen un almacén con repuestos básicos para las maquinarias.

Los operadores de equipos y personal de mantenimiento tienen un nivel de instrucción con primaria aprobada. Por otra parte, se conoció que el personal carece de algún otro adiestramiento específico, bien sea dado por la empresa o por particulares. El tipo de mantenimiento que realiza la empresa es correctivo para todas las máquinas.

En la tabla N° 10 se mostrarán los equipos utilizados para las operaciones básicas y auxiliares en Agregados Santanita, C.A.

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de fabricación	Capacidad (m3)	P/A	N/U	O/R
Retroexcavadora	Caterpillar	320	1	2004	0,8	P	U-2011	O
Cargador Frontal	Caterpillar	966D	1	1985	2,70	P	U-2011	O
Cargador Frontal	Caterpillar	950D	1	1985	2	P	U-2011	O
Cargador Frontal	Caterpillar	9386	1	2002	2,5	P	U-2011	R
Camión	Caterpillar	225D	1	1998	8	P	U-2011	O
Camión	Mack	R600	1	1982	10	A	----	----
Camión	Fiat	N3	1	1975	10	A	----	----
Motoniveladora	Caterpillar	12H	1	2002	----	A	----	----

Tabla N°10. Descripción de los equipos de AS, C.A.

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

U- Año de Uso.

N= Nuevo.

O= Operativo

R= Reparación.

Los tipos de fallas mecánicas de los equipos investigados son: desgaste del motor, anillos, empaaduras y caja de velocidad. Dentro de las hidráulicas se ubican: gato hidráulico, mangueras, sellos y bomba de presión.

Entre los equipos empleados para el beneficio mineral se mencionan dos (2) trituradoras: de mandíbula y cono giratorio. La primera cumple funciones en la primaria, marca SYMONS dimensiones 80 x 60 cm; mientras que la segunda corresponde a la trituración secundaria, también marca SYMONS con dimensión: tres (3) pies.

Se recibió información al momento de la visita que las trituradoras se encontraban en buenas condiciones. Las fallas más frecuentes en estos equipos son rolineras y correas. En el cono giratorio se ha remplazado recientemente la bomba de presión hidráulica.

#### **4.11 Arenera Mijaguito, C.A (AM, C.A.)**

La arenera Mijaguito, C.A. se encuentra ubicada en las proximidades de Caserío Mijaguito, municipio Páez. Trabaja en el río Acarigua, extrayendo

aproximadamente 8.800 m<sup>3</sup>/mes de material granular y produciendo piedra y arena lavada para agregados. Esta empresa solo realiza lavado y separación granulométrica, por otra parte no posee equipos de trituración.

En sus instalaciones esta empresa cuenta con taller mecánico y almacén de repuestos. El mantenimiento aplicado a los equipos es correctivo. El nivel educativo de los operadores y mecánicos es básico aprobado. La empresa no suministra algún tipo de adiestramiento.

La descripción de los equipos utilizado en la arenera Mijaguito se mostrara en la tabla.

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	P/A	N/U	O/R
Cargador Frontal	Case	621	1	2000	1,5	P	U	R
Cargador Frontal	Sen	638	1	2011	1	P	N	O
Cargador Frontal	Case	821C	1	2002	2,5	P	U	O
Cargador Frontal	Caterpillar	930	1	1980	1	P	U	O
Retroexcavadora	Komatsu	CL300	1	1998	3	P	U	O
Camión	Chevrolet	C60	1	1968	7	A	----	O
Camión	Fiat	N3	3	1970	9	A	----	O
Camión	Dodge	Fargo	1	1972	5	A	----	O
Camión	Mitsubishi	----	2	2001	15	A	----	O

Tabla N°11. Descripción de equipos de la Arenera Mijaguito, C.A

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

N= Nuevo.

O= Operativo.

R= Reparación.

En cuanto a la información suministrada, para el momento de la realización de la visita a MCA, se encontraban en reparación algunos equipos entre los que resalta: el cargador frontal CASE 621, que ha presentado fallas estructurales. Las fallas más comunes que se

encuentran en estas máquinas son: mecánicas, hidráulicas y eléctricas, como se mencionan en el siguiente aparte.

- Falla mecánico: empaaduras, desgaste de motor, bomba de aceite, correas y bomba de gasolina.
- Falla hidráulica: mangueras, bomba de presión hidráulica y sellos.
- Falla eléctrico: alternador.
- 

La ubicación de la explotación es favorable, puesto que en la distribución del río, la granulometría de los granos minerales es adecuada (considerada) para comercializar directamente. La empresa utiliza solo equipos para separación y lavado.

#### **4.12 Asfalto y Premezclado Venezuela, C.A (ASPREVENCA)**

ASPREVENCA produce 5000 m<sup>3</sup>/mes y está ubicada sobre el río Acarigua, sector Los Uvitos, Araure. Estima producir en un futuro cerca de 12000 m<sup>3</sup>/mes.

Esta compañía lleva funcionando desde 2010 con nuevos dueños, pero todos los equipos son los mismos desde esa fecha de adquisición, aunque se ha aumentado la flota con nuevas máquinas.

Esta mina cuenta con taller mecánico y almacén de repuestos. El personal que trabaja como operadores y mecánicos tiene un nivel académico con básica aprobada a título de bachiller. El mismo carece de algún otro tipo de formación relacionado con el manejo y reparación de las máquinas de la empresa.

En la tabla N° 12 se resume la descripción obtenida sobre los equipos de arranque carga y acarreo, así como auxiliares de la empresa.

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	P/A	N/U	O/R
-----------------	-------	--------	----------	--------------------	----------------	-----	-----	-----

Cargador Frontal	Caterpillar	950G	1	2004	3	P	U-2010	O
Cargador Frontal	Caterpillar	950F	1	1999	3	P	U	O
Cargador Frontal	Caterpillar	950B	1	1970	2,5	P	U	O
Cargador Frontal	Caterpillar	920C	1	1970	2	P	U	R
Cargador Frontal	Caterpillar	988	1	1970	5	P	U	R
Cargador Frontal	Hyundai	HL760	1	2012	3	P	N	O
Retroexcavadora	Caterpillar	320DL	1	2011	1	P	U-2012	O
Camión	Fiat	N3	5	1976 1986	9	A	----	O
Camión	Ford	750	7	1980	6	A	----	O
Camión	Chevrolet	C60	2	1978	7	A	----	O
Motoniveladora	Caterpillar	12E	2	1976	----	P	U	O
Motoniveladora	Caterpillar	D7G	1	1986	----	P	U	R

Tabla N°12. Descripción de equipos en ASPREVENCA.

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

U- Año de Uso.

N= Nuevo.

O= Operativo.

R= Reparación.

La mayor parte de la maquinaria de la empresa tiene muchas horas de trabajo acumuladas. Se estima que como muchos de ellos fueron adquiridos entre los años '70 y '80 del siglo XX; y que por tanto cuentan con entre 30 y 40 años de uso, considerando una sola vida útil económica, por lo que se puede deducir que la falla de desgaste de motor se deba a esta razón.

Los tipos de fallas con mayor frecuencia son:

- Mecánica: desgaste del motor, empacaduras, correas, bomba de agua, anillos, pistones y tren de rodaje.
- Hidráulicas: bomba de presión hidráulica, mangueras y sellos.
- Eléctrico: alternador y cables de bujías.

Para el momento de la visita, uno de los cargadores frontales marca Caterpillar, modelo 988 que tenía estatus inoperativo, se recibió información que se tenía planificado la desincorporación, motivado a altos costos de reparaciones mayores, entre las que se encontraban averías de motor y en la caja de velocidad.

Otra información pertinente de reportar está referida al beneficio mineral, cuyo circuito está constituido por trituración primaria, secundaria y terciaria.

La trituración primaria está compuesta por una trituradora de mandíbula, marca Faco modelo 8050C de dimensiones 80 x 50 cm.

Para la trituración secundaria se emplea un cono giratorio marca Telesmith con dimensiones aproximadamente de tres (3) pies y para la trituración terciaria un hidrocono Faco con capacidad de tres (3) pies.

Las fallas típicas de estos equipos son:

- Trituradora de mandíbula: correas, polea y cambio de forro por desgaste.
- Trituradora de cono giratorio: correa y cambio de forro.
- Trituradora de hidrocono: partes hidráulicas, contactores térmicos, correa y sellos.

#### **4.13 Asfalto Portuguesa, S.A (AP, S.A)**

Asfalto Portuguesa, carece de una producción planificada debido a que la misma empresa depende de la demanda, pero es de aproximadamente 1000 Ton/mes. La ubicación de las instalaciones se encuentra en la Carretera Acarigua-Espinita km 5.

Esta compañía posee taller mecánico y un pequeño almacén, con repuestos básicos para un mantenimiento preventivo de la maquinaria. El mismo se realiza siguiendo como base las guías recomendadas por los fabricantes de los equipos.

El nivel académico de operadores y mecánicos está entre la básica aprobada y el bachillerato. El personal carece de entrenamientos específicos en sus quehaceres, pero si cuentan con los conocimientos y experiencias adquiridas, en la empresa y en su trabajo.

La tabla N° 13 mostrará la descripción de los equipos de operaciones básicas y auxiliares.

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	P/A	N/U	O/R
Cargador Frontal	Caterpillar	966	5	1975	1,5	P	U-2003 U-2005	O-3 R-2
Cargador Frontal	Caterpillar	950	2	1975	1	P	U-1998	O-1 R-1
Cargador Frontal	International	970	1	1970	1	P	N	R
Cargador Frontal	International	60B	1	1970	0,7	P	N	R
Retroexcavadora	Hyundai	----	1	2010	0,5	P	N	O
Camión	Ford	750	4	1980	7	P	N	O-3 R-1
Camión	Chevrolet	Chevy	1	1980	7	P	N	O
Camión	Fiat	N3	3	1975	9	A	----	----
Camión	Chevrolet	---	1	----	9	A	----	----
Camión	Mercedes	---	2	1975	9	A	----	----
Motoniveladora	Caterpillar	12E	4	1970	----	P	U-1985	R-4
Motoniveladora	Caterpillar	99E	1	1970	----	P	U-1985	O

Tabla N°13. Descripción de equipos de Asfalto Portuguesa, S.A

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

U- Año de Uso.

N= Nuevo.

O= Operativo.

R= Reparación.

R- Cantidad de equipos.

O- Cantidad de Equipos.

En los equipos de carga las fallas que presentan las unidades Caterpillar 966, 950 y International 970, 60B son de tipo mecánica e hidráulicas; se presentaron las averías: caja de velocidades, desgaste de motor, gatos hidráulicos, bomba de presión hidráulica y tren de rodaje. Mientras que, las unidades de acarreo solo presentan: desgaste del equipo, cauchos, gato hidráulico, tren delantero y trasero.

Por otra parte, los equipos auxiliares empleados son: motoniveladoras Caterpillar modelos 12E y 99E. En el modelo 12E se encontraron cuatro (4) unidades de los cuales dos (2) se encuentran deshabilitados en el trabajo, probablemente con intenciones a ser desincorporado; mientras que los otros dos (2) están inoperativos y esperan ser reparados. Las fallas más comunes son: motor, brazo de la pala que gira y cauchos.

En las instalaciones de la empresa se encuentra una planta de beneficio mineral, cuyo circuito consta de tres (3) fases: primaria, secundaria y terciaria. La primaria está compuesta por una trituradora de mandíbula, marca Fliorentini, de dimensiones 50 x 40" y salida 8" a 2". La trituradora secundaria es otro equipo similar al anterior, con salida 2" a 1". Las dos presentan fallas de desgaste de piezas, correas, rolineras, poleas y forros.

La trituración terciaria es realizada con un cono giratorio, marca Faso dimensiones 36". Este equipo se encontraba en reparación al momento de la visita.

#### **4.14 Arenera Gavilán, C.A**

La explotación se encuentra sobre el río Guanare y las instalaciones de mina están ubicadas en la vía Boca de Monte, Km.5, Galpón N° 01, sector El Gavilán. Se extrae granzón, el cual es procesado y se obtiene arena lavada, piedra picada y arrocillo.

La empresa planifica producir 45.000 ton/mes pero la producción real solo llega a 35.200 ton/mes.

Dentro de las instalaciones se encuentran el taller mecánico y almacén de repuestos; en las primeras se realizan labores de reparación y mantenimiento de los equipos. El personal que se encarga de las labores de reparación de equipos, carece de nivel académico que supere el título de bachiller; mientras que, la empresa tampoco dicta algún curso o taller relativo al trabajo que realizan en mantenimiento. El tipo de

mantenimiento aplicado en la empresa es el correctivo, aunado a que no se emplean manuales de uso proporcionados por el fabricante. Las máquinas utilizadas en la empresa para carga, acarreo y apoyo se señalan en la tabla N° 14.

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	/A	N/U	O/R
Cargador Frontal	Hyundai	770	2	2008	4	P	N	O-1 R-1
Cargador Frontal	Caterpillar	966G	1	2002	4	P	U-2011	O
Cargador Frontal	Caterpillar	966F	1	1999	3	P	U-2005	O
Cargador Frontal	Caterpillar	986	1	----	4	P	U	R
Cargador Frontal	Caterpillar	966C	1	1981	----	P	U	R
Camión	Ford	Cargo 1721	2	2007	9	P	N	O-1 R-1
Motoniveladora	Caterpillar	12F	1	1992	----	P	U	R
Motoniveladora	Caterpillar	12E	1	1992	----	P	U	O

Tabla N°14. Descripción de equipos de Arenera Gavilán, C.A.

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

R= Reparación.

R- Cantidad de equipos.

O- Cantidad de Equipos.

Para el momento de la visita, los equipos de carga en reparación: Hyundai 770 y Caterpillar 986. El modelo 770 presentaba fallas en el diferencial de las ruedas y bomba de inyección; mientras que el modelo 986 la avería que presentaba era el turbo y se encontraban procediendo a su montaje. El modelo Caterpillar 966 C está en reparación con fallas en motor.

Con respecto a las unidades de acarreo, solo se encontraba inoperativo el camión marca Ford 1721, debido al mal funcionamiento del gato de la tolva, amortiguadores y tren delantero. Referidos mientras con los equipos de soporte, la motoniveladora Caterpillar 12F estaba en estatus inoperativa debido a diversas fallas entre ellas desgaste de cuchilla.

Por su parte, la planta de trituración y separación instalada en la empresa está compuesta por tres (3) equipos de reducción de tamaño que son:

una trituradora primaria, marca Loroparisini de mandíbulas, dimensiones 45 x 32"; la secundaria es un cono giratorio, marca Symons, dimensiones 41/4"; por último, la terciaria está compuesta también por un cono giratorio, esta vez de cabeza corta, igualmente que el anterior marca Symons.

Las averías más frecuentes en la primera y tercera: desgastes, cambio de forros y correas. De la segunda no hay información suministrada.

#### **4.15 Asda, C.A**

Esta compañía se encuentra ubicada en la carretera vieja vía Guache, a 800 mts. de la Carretera Negro (Troncal 05), sector La Valona. El frente de trabajo está ubicado en el río Guache, donde se extrae granzón directo y procesado en una planta en las propias instalaciones. El producto obtenido es piedra picada, arena lavada y arrocillo. La producción planificada es de 22.000 m<sup>3</sup>/mes, pero solo han alcanzado a producir 15.000 m<sup>3</sup>/mes.

Asda, C.A opera desde el año 2011 y solo tiene dos (2) años en actividades; para el momento de la visita se encontraba en construcción el taller mecánico y almacén.

Con respecto a los operadores y mecánicos que laboran para esta empresa, se pudo conocer que el nivel académico es la básica aprobada a bachillerato. En cuanto a conocimientos formales en los aspectos de operación y reparación de equipos, los mismos carecen de formación, pero han acumulado experiencia al respecto. Referidos a los proveedores estos dan asesoría sobre manejo y operación de las máquinas. El tipo de mantenimiento aplicado en esta compañía es el correctivo.

A continuación la tabla N° 15 con el resumen de los equipos de ASDA,C.A.

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	P/A	N/U	O/R
-----------------	-------	--------	----------	--------------------	----------------	-----	-----	-----

Retroexcavadora	Caterpillar	330BL	1	1998	1,5	P	U-2011	O
Retroexcavadora	Cato	430HD	1	1998	1,5	P	U-2011	O
Cargador Frontal	Kawasaki	K70Z	3	2010	2,5	P	N-2010	O-2 R-1
Cargador Frontal	Caterpillar	938H	1	2012	2,5	A	U	O
Camión	Caterpillar	D300	2	1989	14	P	U-2011	O-1 R-1
Camión	Caterpillar	B250	1	1989	14	P	U-2011	R
Camión	Terek	4066	1	1990	16	P	U-2011	O
Camión	Terek	2766	1	1992	14	P	U-2011	R
Camión	Terek	3TA30	3	1999	14	P	U-2011	O-2 R-1
Motoniveladora	Caterpillar	12E	1	1978	----	P	U-2011	O

Tabla N°15. Descripción de equipos de ASDA, C.A

Legenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

U- Año de Uso.

N= Nuevo.

O= Operativo.

R= Reparación.

R- Cantidad de equipos.

O- Cantidad de Equipos.

Un ejemplo es un cargador Frontal marca Kawasaki K70Z, que se encontraba inoperativo por tren de rodaje y motor. Las demás unidades también han manifestado fallas en: bomba de presión hidráulica, motor, sellos y mangueras.

Las máquinas de acarreo han tenido varias averías, de las cuales pueden proporcionarse varios ejemplos. Para el caso de los camiones Caterpillar y, rodamiento del transfer. Por otra parte, dos (2) camiones marca Terex, modelos 3TA30 y 2766 presentaron sendas averías en la bomba de dirección y motor de arranque.

La situación para los equipos de soporte, como la motoniveladora Caterpillar 12E, es que se encontraba en reparación debido a fallas en manguera y rines. La mayoría de los equipos inoperativos están en ese estatus de reparación en ocasión de espera de repuestos.

En otro aspecto, la planta de beneficio está compuesta por dos (2) trituradoras, una primaria y la otra, secundaria. Estos equipos procesan 681 m<sup>3</sup>/mes. La descripción de las mismas es la siguiente: trituración

primaria, mandíbulas marca Trio, dimensiones 24 x 36". Trituradora secundaria: cono giratorio, marca Trio, dimensiones 5". Las fallas frecuentes para el primero son correa, polea y motor eléctrico. La segunda fue apenas adquirida en 2012 y para el momento de la visita estaba operativa.

#### 4.16 Agregados Valona, C.A

Está ubicada en las cercanías del río Guache, municipio Araure y contigua a la Arenera ASDA, C.A. mencionada anteriormente. La explotación es a cielo abierto, en el río Guache. El material es procesado en la planta que se encuentra en sus instalaciones. El producto final es piedra picada, canto rodado y arena lavada. La producción aproximada es de unas 5.000 m<sup>3</sup>/mes.

El mantenimiento de las máquinas se realiza en taller propio y posee almacén con algunos repuestos. El tipo de mantención que la empresa realiza es correctivo.

El tema del nivel académico es también pertinente en este caso, puesto que tanto para el personal que opera como los mecánicos para la maquinaria, el nivel académico es hasta bachillerato aprobado, mientras que la preparación y adiestramiento previo es solicitado al momento del ingreso a la compañía, haciendo diferencia entre este caso y otros visto anteriormente, en el que se promueve la adquisición y refuerzo de conocimientos pertinentes, en las diversas áreas, dictando cursos y dando prácticas en el manejo de las maquinarias.

La descripción de los equipos utilizado en Agregados Valona C.A. se mostrará en la siguiente tabla N° 16.

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m3)	P/A	N/U	O/R
Cargador Frontal	Caterpillar	950	1	1970	1	P	U-2009	O
Cargador Frontal	Caterpillar	28G	1	2000	1,5	P	U-2009	R
Retroexcavadora	Caterpillar	312	1	1998	1	P	U-	R

dora	ar						2011	
Retroexcavadora	Hyundai	320	1	2007	2	P	N	O
Cargador Frontal	John Deere	544	1	2004	----	P	U	R
Camión	Mack	600	1	1993	13	P	U	O
Camión	Fiat	N3	2	1970	10	P	U	O-1 R-1
Motoniveladora	Caterpillar	12E	1	1980	----	A	----	----

Tabla N°16. Descripción de equipos de Agregados Valona, C.A

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

U- Año de Uso.

N= Nuevo.

O= Operativo

R= Reparación.

R- Cantidad de equipos.

O- Cantidad de Equipos.

Para el momento de aplicación de la encuesta y vista, fue suministrada la información que las fallas que ocurren con mayor frecuencia son: bomba de presión hidráulica, sellos, mangueras, cauchos, desgastes en el motor, empaaduras y gatos (levante).

Se proporcionó la siguiente información: Caterpillar 28G en reparación por bomba de presión hidráulica y aspa del radiador; Caterpillar 312 por reparación mayor en cucharón y bocina; y Fiat N3 por suspensión, caja de velocidades y motor. El equipo marca John Deere 544 estaba inoperativo por falta de repuestos (caja de velocidad). La empresa se encuentra en fase de toma de decisiones de posible desincorporación, debido a que no es posible encontrarle las refracciones.

Para el proceso de beneficio mineral, la compañía cuenta con dos (2) trituradoras, primaria y secundaria. La trituradora primaria se corresponde a una mandíbula marca TeleSmith, dimensiones 28 x 30". Las averías que ha presentado son: desgaste de correa, polea y cambios de forro (que se realiza con una frecuencia de cada 8 meses). La segunda es un cono giratorio, de la misma marca, dimensión 4". Las fallas de esta última son con respecto a cambio de forros y gatos hidráulicos.

#### 4.17 Agrícola las Vegas, C.A

Las instalaciones se encuentran ubicadas en el Caserío Mijaguito, municipio Páez. La producción de la empresa es de 16.500 m<sup>3</sup>/mes de canto rodado, piedra picada y arena lavada.

Las operaciones de reparación y mantenimiento de los equipos son ejecutados en el taller de la misma empresa. Cuenta además con un almacén con algunos repuestos. Por otra parte, los operadores y mecánicos poseen nivel académico ente básica aprobada y bachillerato. Como condición de ingreso a la empresa deben tener experiencia comprobada en el área en el que aspira laborar.

La compañía Agrícola las Vegas, cuenta con once (11) equipos que realizan las operaciones unitarias básicas y auxiliares. En la tabla N° 17 se describen estas unidades:

Tipo de Máquina	Marca	Modelo	Cantidad	Año de Fabricación	Capacidad (m <sup>3</sup> )	P/A	N/U	O/R
Cargador Frontal	Caterpillar	966C	2	1998	2,7	P	U-2000	O
Cargador Frontal	Caterpillar	950F	2	2001	2	P	U-2004	O
Retroexcavadora	Caterpillar	32K	1	1990	2	P	U-2000	O
Retroexcavadora	Caterpillar	325L	1	2002	1,5	P	U-2006	O
Retroexcavadora	Caterpillar	320L	1	2000	1,5	P	U-2006	O
Camión	Mack	315	3	1999	14	P	U-2003	O
Motoniveladora	Caterpillar	12E	1	1987	----	P	U-2005	O

Tabla N°17. Descripción de equipos de Agrícola Las Vegas, C.A

Leyenda:

P= Propio.

A= Alquilado.

U= Usado.

U- Año de Uso.

N= Nuevo.

O= Operativo

En el día predeterminado para la visita a esta empresa, toda la maquinaria se encontraba operativa. Sin embargo, la información

suministrada proporcionó datos que las unidades fallan generalmente, por sistema hidráulico, motor, tren de rodaje y mangueras.

En las labores de beneficio mineral, la industria cuenta con dos (2) trituradoras, al igual que en otros casos reseñados, primaria y secundaria. Las descripciones de estos equipos son: primaria de mandíbulas, marca Universal, dimensiones 16 x 32"; mientras que la secundaria es un cono giratorio, marca Symons, dimensiones 41/4"

Las averías en la trituradora primaria ocurren por desgaste de motor y correas así como cambios de forro. La empresa hace cambios de estas piezas cada dos (2) meses, debido a que son fabricadas en el país y su costo es considerablemente inferior al que ofrece el proveedor del equipo. Para la secundaria, los problemas se presentan por motor eléctrico, forros y correas.

#### **4.2 Aspectos recolectados durante las visitas.**

La Empresa Socialista Minera del Estado Portuguesa (ESOMEPE) tiene como función regular el aprovechamiento racional ambiental, sustentable y sostenible de yacimientos y minas de materiales no metálicos. Igualmente, brinda los permisos y delimita el sector que la empresa debe explotar, determinando secciones donde hay riesgos de inundaciones para así canalizar nuevamente los ríos durante la explotación. ESOMEPE ha logrado disminuir hasta un 80% las inundaciones en el estado Portuguesa.

##### **4.2.1 Condiciones de acarreo.**

Al momento de asignar los sectores de extracción a las empresas, es posible que no sea un aspecto relevante la distancia de acarreo. El espacio que debe ser cubierto desde el frente de explotación al sitio de la planta de beneficio, está entre 4 y 12 Km; sin embargo, existen los casos donde el trayecto es menor a 2 Km. Este aspecto estará impactado directamente por el área de extracción asignada previamente en el río.

Se pudo constatar que las condiciones de la vía podrían considerarse como desfavorables, debido a la falta de mantenimiento constante; este hecho está aunado a que la mayoría de las mismas son de tierra. Esto trae como consecuencia altos niveles de polvo en suspensión, que genera un problema a la visibilidad del conductor, así como otros problemas ambientales. Por otro lado, en caso que el clima cambie y llueva, el acceso es difícil por las mismas razones de falta de mantenimiento. Todos estos escenarios en conjunto provocan la formación de baches que dificultan la libre movilidad en estas carreteras, como se observa en la Figura N° 20.

Figura N° 20. Condiciones de la Carretera.



# **CAPÍTULO V**

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el siguiente capítulo se analizan los resultados con la información reportada anteriormente. Para ello sólo se emplean los datos de las explotaciones en empresas visitadas; los materiales que se explotan es para ser utilizados como agregados para asfalto, materiales de construcción y mezclado de concreto. Las operaciones encontradas en cuanto a equipos y rubro explotado son similares. Para observar de forma detallada el estatus en que se encuentran las unidades identificadas en las operaciones básicas, auxiliares y el beneficio mineral se utilizan gráficos. Se analizan los tipos de fallas: por frecuencia en los equipos, determinando cuáles son las más críticas y apoyado con análisis con la Curva de la Bañera y las Herramientas de Confiabilidad Operacional.

### **5.0 Equipos empleados en las operaciones básicas, auxiliares y beneficio mineral, en el estado Portuguesa**

En el estado Portuguesa solo se extrae minerales no-metálicos. Las explotaciones se realizan en ríos principales del estado como: Guanare, Guache y Acarigua; son yacimientos tipo Placer y su distribución es fluvial.

La ventaja es que no requiere de preparación costosa para su explotación, tratamiento y concentración; también un relativo impacto ambiental bajo y la posibilidad de rehabilitación natural en la extracción en tiempos relativamente cortos. Estos materiales sedimentarios son extraídos por medio mecánico, utilizando cargadores frontales o retroexcavadoras. De las 18 empresas visitadas en el estado Portuguesa, se cuenta con 266 equipos para las operaciones en dichas minas.

El Gráfico N° 1 que se ilustrará a continuación, representa la totalidad de equipos encontrados en las operaciones básicas auxiliares del estado Portuguesa.



Gráfico N°1

En la siguiente sección, de forma de facilitar el análisis se agrupan los equipos por operaciones unitarias.

### **5.1 Equipos para las operaciones de carga**

Los equipos de carga encontrados en empresas mineras, en el estado Portuguesa son cargadores frontales y retroexcavadoras; para las labores de extracción utilizan retroexcavadora, mientras que el cargador frontal realiza trabajos de alimentación de plantas y carga de camiones con el producto final del proceso de trituración y separación.

En total 106 equipos, de 18 empresas, de los cuales 75 son cargadores frontales y 31 retroexcavadoras.

A continuación en los gráficos N° 2 y N° 3 se mostrarán las marcas encontradas para los cargadores frontales y retroexcavadoras.

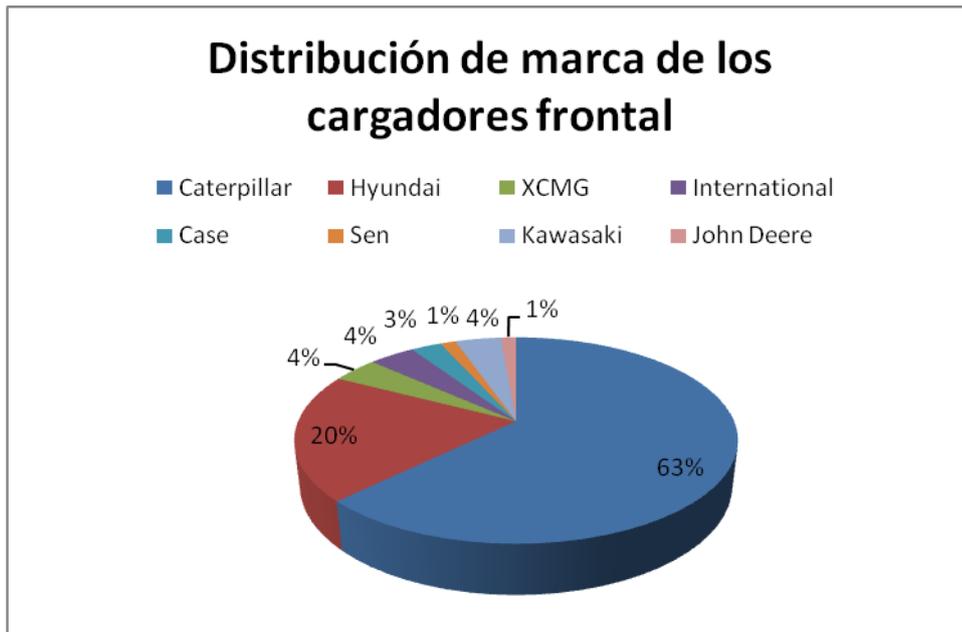


Gráfico N°2

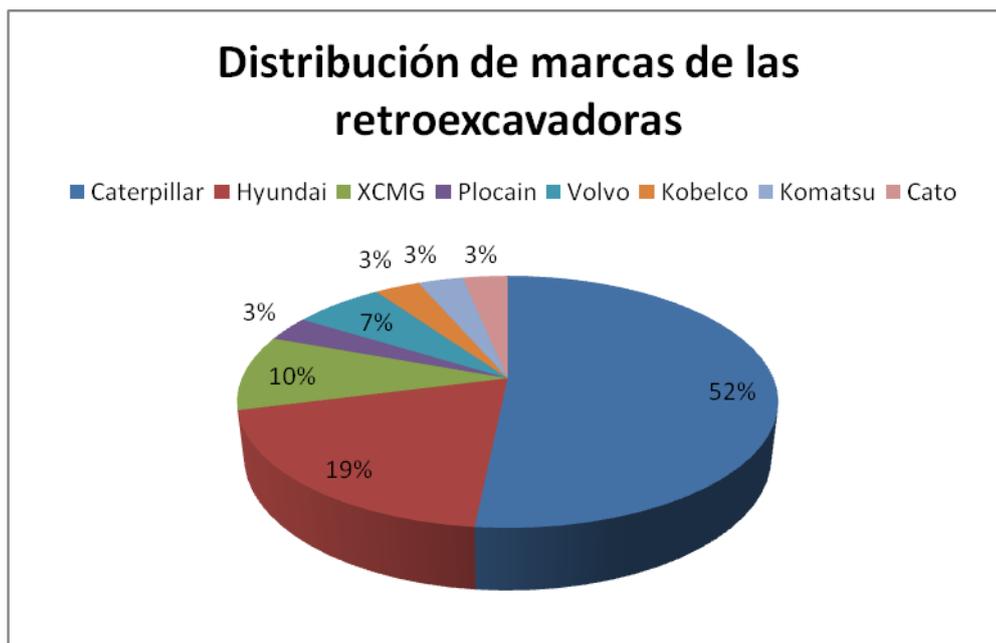


Gráfico N°3

De los gráficos 2 y 3 vistos anteriormente, determinamos que la marca predominante en cargadores frontales y retroexcavadoras en la entidad es: Caterpillar, seguido por Hyundai, aunque podemos observar que en esta entidad regional hay una gran variedad de marcas. Las unidades que

se hacen mención trabajan en operaciones unitarias de arranque, carga y alimentación de la planta para obtención del producto vendible.

En la gráfica N° 4 se mostrarán décadas y período de 3 años en que se presume fabricaron los equipos mineros cuyos datos se recolectaron agrupados en lapso de diez (10) años.

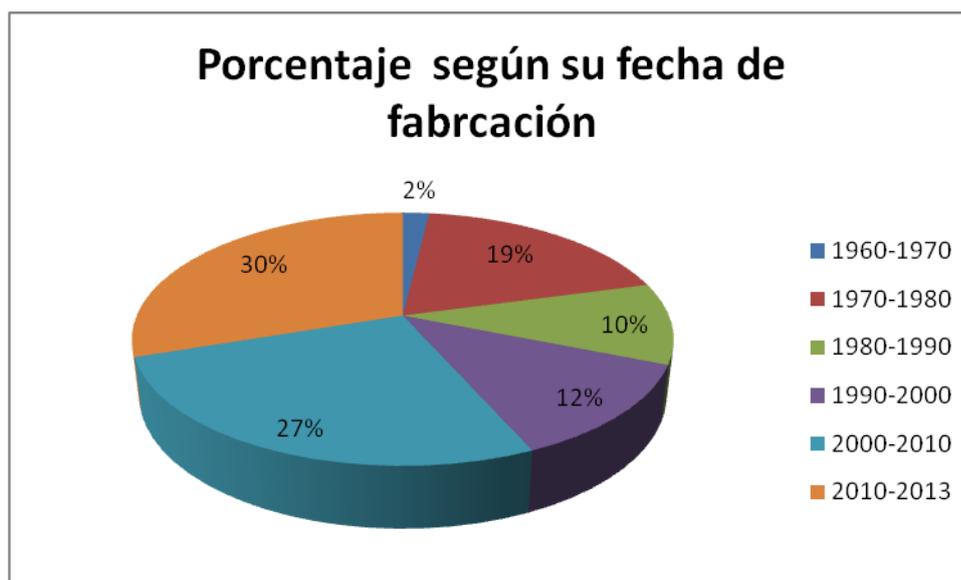


Gráfico N°4

La distribución de los 106 equipos de carga, entre cargadores frontales y retroexcavadoras, (tantos más de 30 años, cuantos más de 15 años y tantos de la última década). Es decir que el 57% de las unidades que trabaja en la entidad son del año 2000 en adelante. Entre 1960 a 2000 hay un 43% de unidades que opera en la minería.

En el gráfico N° 5 se mostrará la distribución de los equipos según su forma de adquisición clasificado en: nuevos, usados y arrendados.

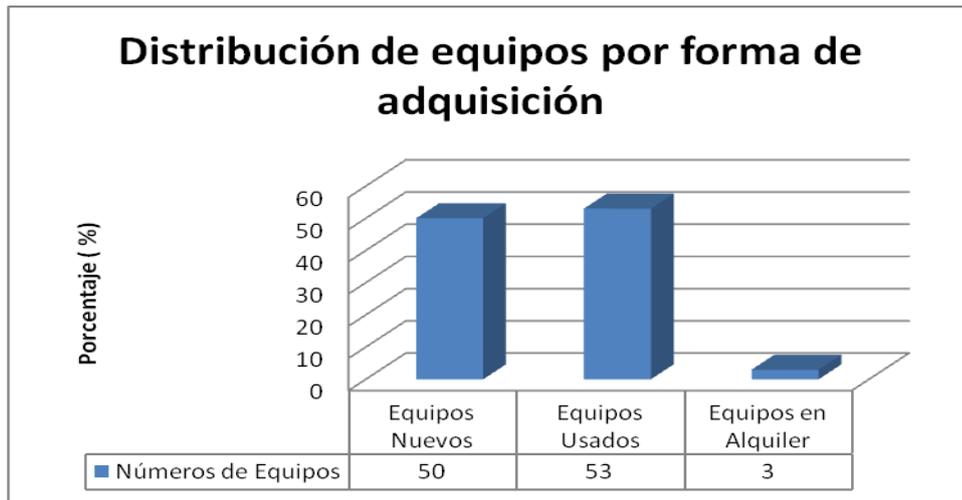


Gráfico N°5

Podemos observar que las empresas mineras en el estado Portuguesa han adquirido un porcentaje mayor de equipos con más horas operativas; según lo informado por las empresas, este fenómeno sucede por los altos costos de adquisición de las maquinarias, escasez en equipos nuevos y las dificultades en la adquisición de divisas para exportación de partes y equipos. Las compras se hacen como transacciones internas entre las mismas canteras.

El gráfico N° 6 tratará sobre los equipos de carga y su estatus operativo.

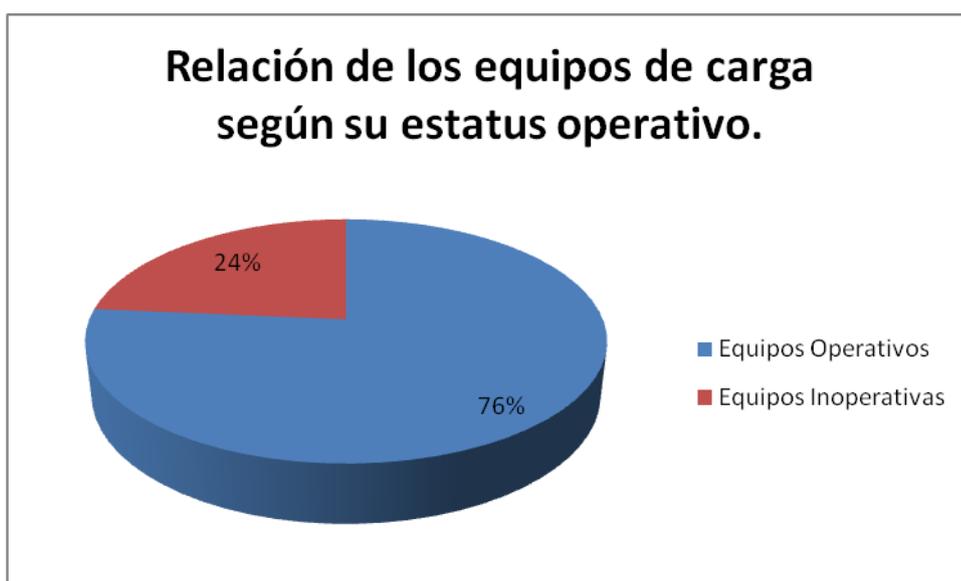


Gráfico N°6

Los equipos operativos en las empresas visitadas suman 81 unidades que representan el 76%; mientras los inoperativos: 25, 24% de maquinarias entre reparación y abandono (gráfica 6). Las unidades desincorporadas son 4, en estatus de reparación 21.

En los gráficos N° 7 y N° 8, se resume las capacidades de los cargadores frontales y retroexcavadoras encontrados en la entidad de estudio.

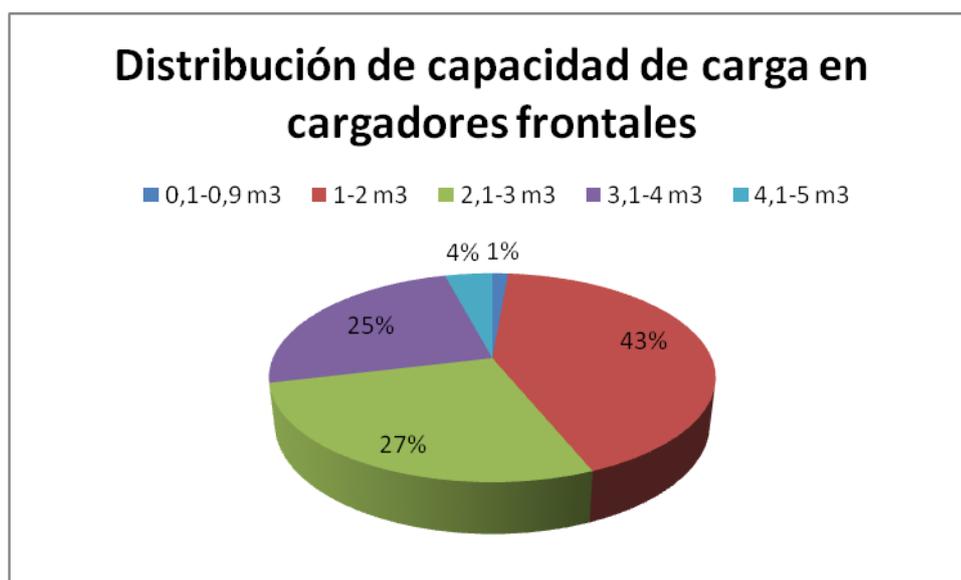


Gráfico N°7

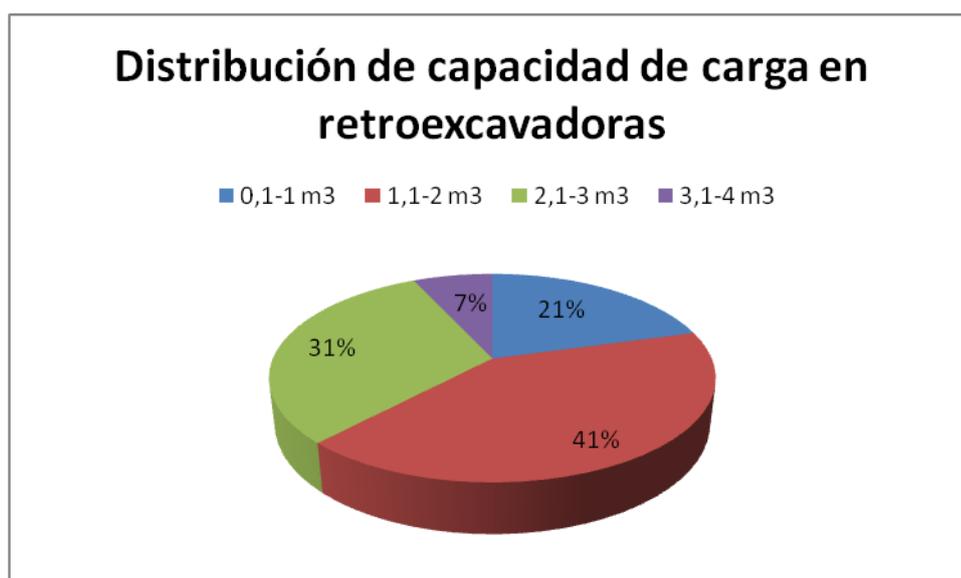


Gráfico N°8

La capacidad predominante en la entidad es entre 1-2 m<sup>3</sup> para el cargador frontal y retroexcavadoras; la gráfica 8 muestra sendos porcentajes de 31% y 41%, representando en ambos casos la mayor cantidad de equipos con estas características en el estado. En segundo lugar se encuentran aquellas entre 2,1-3 m<sup>3</sup>. No existe relación entre la selección de equipos de carga con respecto a los de acarreo, no se aplican métodos de planificación de operaciones.

Considerando la información obtenida en las distintas canteras visitadas, las fallas con mayor frecuencia en cargadores frontales y retroexcavadoras son:

- Tipo Mecánico: averías varias en motor, empaaduras, desgastes del motor y caja de velocidades; bomba de agua, correas, poleas y tren de rodamiento.
- Tipo Hidráulico: bomba de presión, mangueras, sellos de brazos hidráulicos y gatos.
- Tipo Eléctrico: batería, alternador y bujías.
- Fallas Estructurales: cauchos por desgaste.

## **5.2 Equipos para las operaciones de acarreo**

De las empresas visitadas en el estado Portuguesa se encontró una totalidad de 126 unidades de transporte para material extraído y procesado. El circuito que cumplen estos camiones es: desde el frente de extracción a patio de remanejo. Igualmente ciertas empresas realizan el transporte desde las minas hasta empresas que adquieren los productos.

La distribución por marcas en camiones encontrados en la entidad, se observa en el gráfico N° 9.

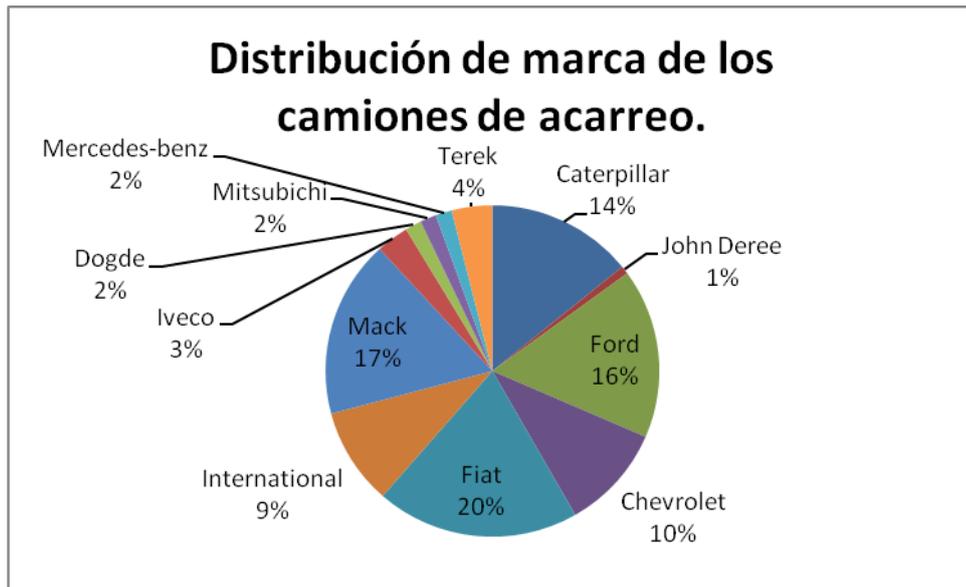


Gráfico N°9

Las marcas más comunes son: Fiat con 25 unidades (20%); Mack 22 camiones (17%); Ford 21 vehículos (16%). Otras empresas emplean equipos articulados marcas: Caterpillar (14% de los camiones de la entidad), así como otras marcas: John Deere y Terex con 5% del total general. El gráfico N° 10 constituye una distribución por año de fabricación de camiones, agrupados en períodos de diez (10) años.

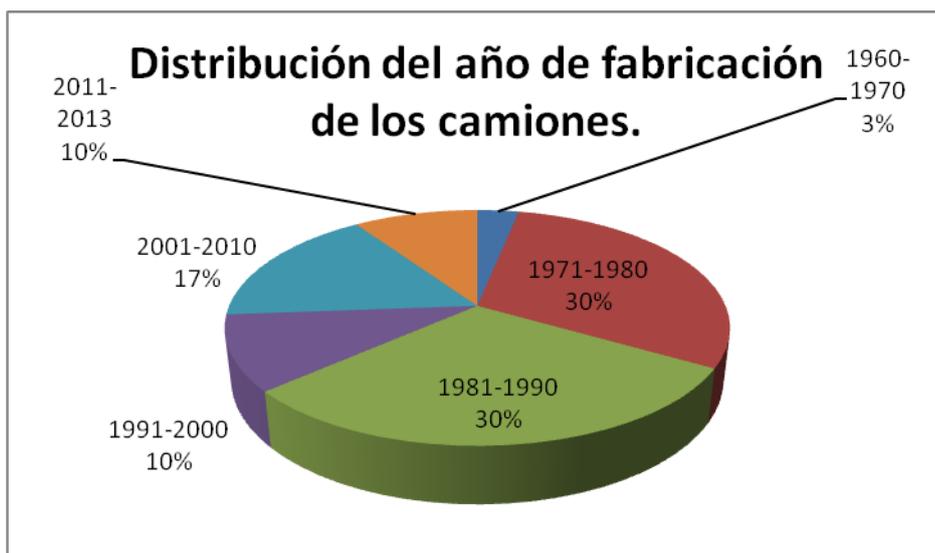


Gráfico N°10

La gráfica 10 muestra que la mayor porción (60%) de los camiones fueron fabricados en en el siglo XX, mientras que un 17% y 10% se construyeron en el siglo XXI. La mayoría de los equipos de esta operación unitaria, poseen muchas horas de trabajo y algunos alcanzan más de 23 años.

La distribución de equipos por modo de adquisición (gráfico 11), muestra que la mayoría de los camiones (51%) 64/126 son alquilados; mientras que el 49% lo constituyen los equipos adquiridos nuevos y aquéllos con segunda o tercera vida útil (usados o con horas operativas). En el gráfico N° 11 se observa la distribución de equipos por modo de adquisición.

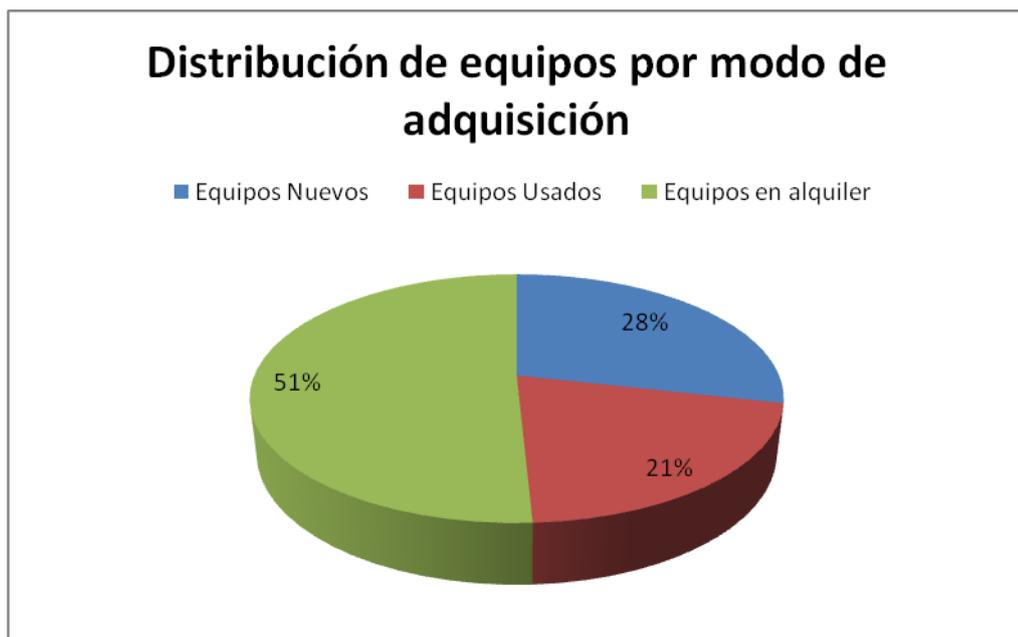


Gráfico N°11

El gráfico N° 12 muestra la relación de los equipos de acarreo según su estatus operativo. Se representa que el 94% de los equipos estaban operativos para el momento de la visita. En esta parte hay que recordar que 51% de estas unidades son alquiladas. De esto se desprende que las operaciones de mantenimiento y refracción quedan a cargo de sus dueños y no de quienes las usan. La información que se obtuvo con respecto a este

aporte, si una máquina de esta flota se daña, es relevada por otro equipo hasta ser reparada.



Gráfico N°12

Las capacidades en las tolvas de los camiones son variadas, y van desde los 5 m<sup>3</sup> a 22 m<sup>3</sup>. La gráfica N° 13 agrupa el porcentaje de capacidades para la muestra tomada en la entidad.

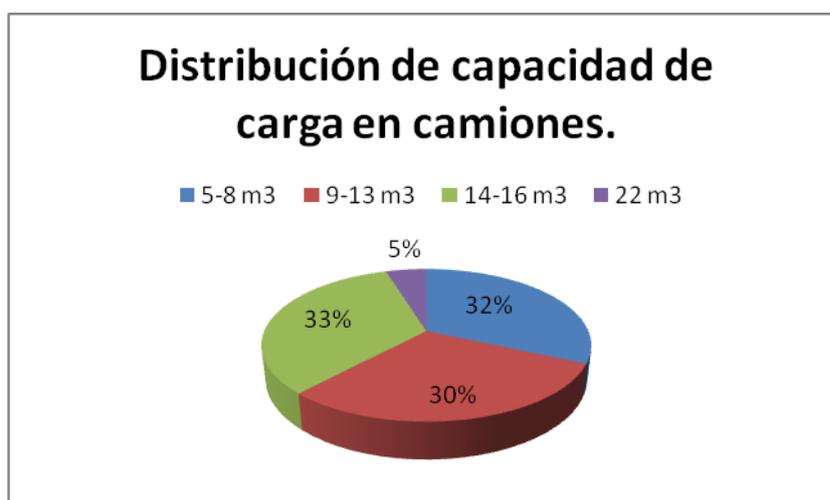


Gráfico N°13

Las unidades de acarreo tienen variadas capacidades, entre 14-16 m<sup>3</sup> con 42 camiones (33%); 5-8 m<sup>3</sup> 40 equipos (32%) y 9-13 m<sup>3</sup> 38 unidades.

La mayoría de los camiones en el estado Portuguesa, son alquilados y vehículos de transporte de carga (tolvas pequeñas), los cuales no se consideran diseñados para trabajos mineros. Existen en otras explotaciones camiones articulados. El gráfico N° 14 muestra la distribución de camiones mineros (articulados) versus camiones de carga trabajando en explotaciones mineras.

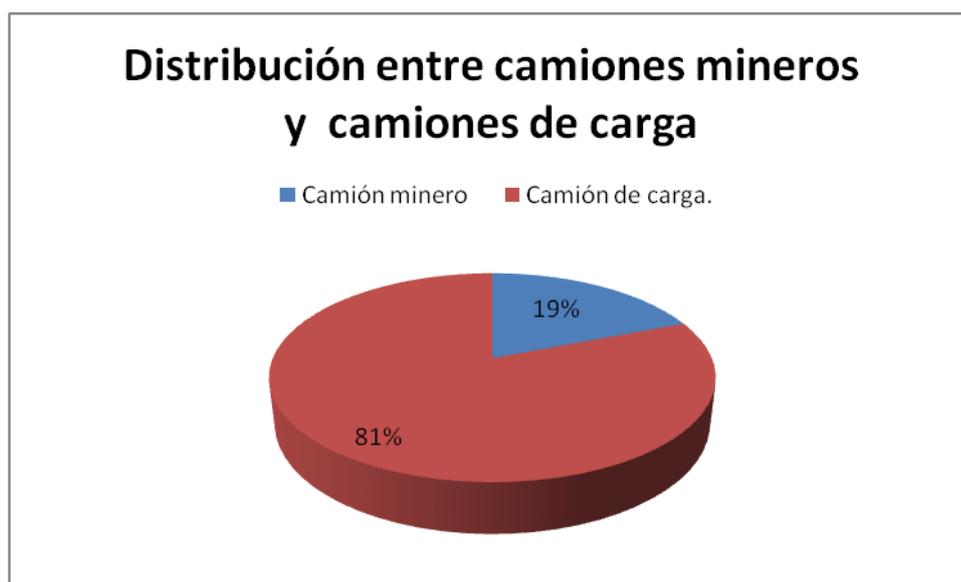


Gráfico N°14

En el estado existen 24 camiones articulados para minería marcas: Caterpillar, Terex y John Deere (19% de la totalidad) empleado en el transporte del mineral.

### 5.3 Equipos para las operaciones auxiliares

Los equipos que prestan apoyo a las operaciones básicas en el estado Portuguesa, están conformados por: tractores, motoniveladoras y camión aguatero.

Entre las actividades por equipo que desempeñan en las empresas visitadas, se encuentran:

- Tractor: movimiento de tierra por empuje, mantenimientos en vías (limpiezas), elaboración de canales y cunetas; así como, en el apilamiento de material en patios.
- Mototraílla: empleados en nivelación y movimiento de tierras.
- Motoniveladora: mantenimiento y limpieza de vías de acarreo.
- Camión cisterna: para el riego controlado en vías para control de polvos. Mantenimiento los utiliza en la limpieza de equipos.

En 18 empresas mineras, en donde se aplicaron las encuestas, se recolectó un total de 34 unidades de las cuales: tres (3) son tractores, 27 motoniveladoras, 2 (dos) mototraíllas y dos (2) cisternas. La gráfica N° 15 esquematiza la distribución de los equipos auxiliares en la entidad.

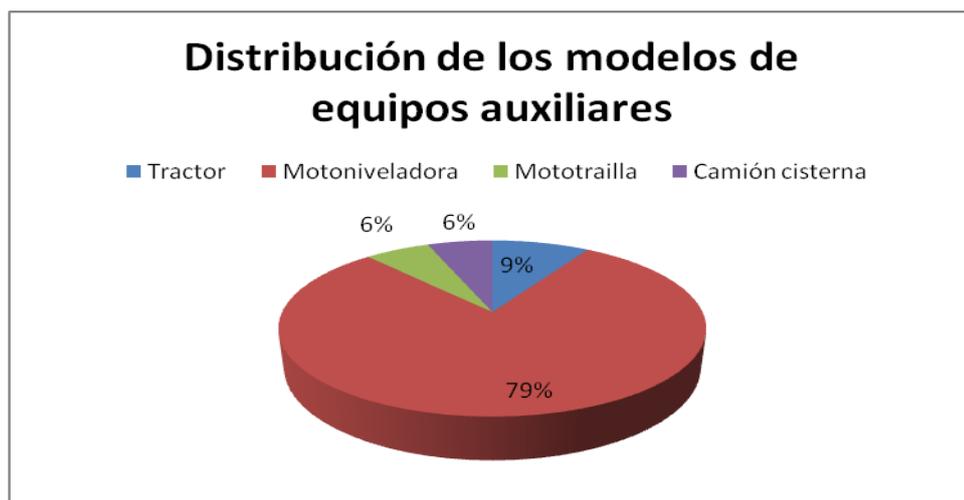


Grafico N°15

Los que se puede ver claramente en el gráfico anterior es que la mayoría de los equipos auxiliares, están constituidos por motoniveladoras (79%).

En la gráfica 16 se ilustra el año de fabricación de las unidades de apoyo; se agruparán los equipos en intervalo de diez (10) años.

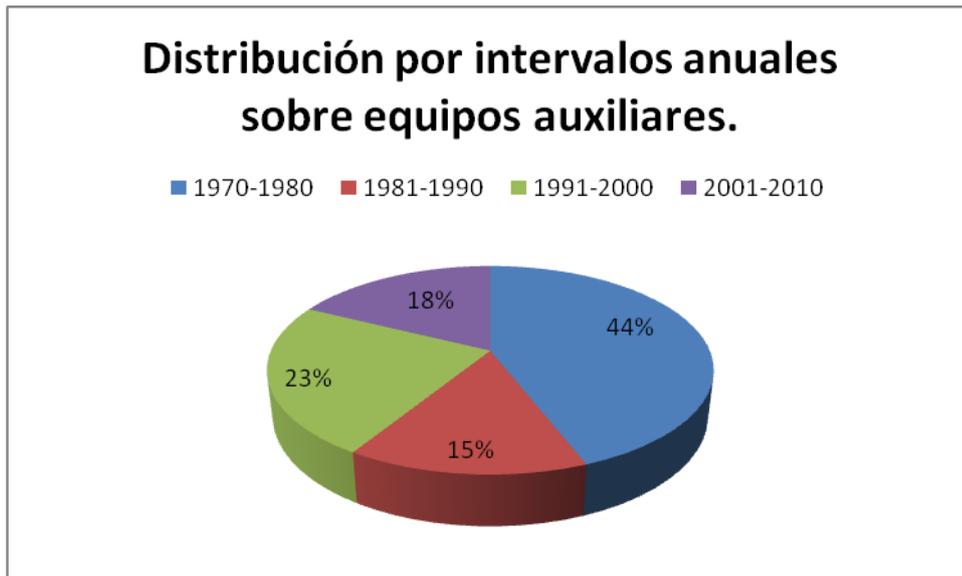


Gráfico N°16

La distribución en la gráfica 16 es la siguiente: la mayoría de los equipos auxiliares (44%) fueron fabricados entre 1970 y 1980; 15% entre 1981-1990; 23% en la década de 1991-2000 y sólo 18% entre 2001-2010.

La relación de equipos auxiliares según su condición operativa se observa en el gráfico N° 17, donde se ilustra que para la fecha de la realización de las visitas y aplicación de la encuesta, el 71% de la flota de apoyo se encontraba operativo, contra 9 unidades (26%) en estatus inoperativo o reparación. Tan sólo uno (1) de estos equipos estaba abandonado y se presume en proceso de desincorporado.



Gráfico N°17

## 5.4 Equipos para operaciones de beneficio mineral

El beneficio mineral es el lugar donde se realizan operaciones y procesos para el tratamiento de minerales o materiales que contengan una especie útil, dependiendo el producto que se quiera obtener se realizarán distintas técnicas. Aquéllas que aplican las canteras del estado Portuguesa son: operaciones de fragmentación y clasificación.

Los equipos utilizados para la fragmentación en la entidad son: la trituradora de mandíbula, cono giratorio y triturador de impacto. En la clasificación o separación se emplean cribas vibratorias. Todas las empresas visitadas en el estado poseen planta de tratamiento de beneficio mineral y algunos con tres (3) fases de reducción de tamaño.

En el gráfico N° 18 se mostrará la distribución de equipos de trituración; mientras que en la gráfica N° 19 el estatus de estas máquinas:

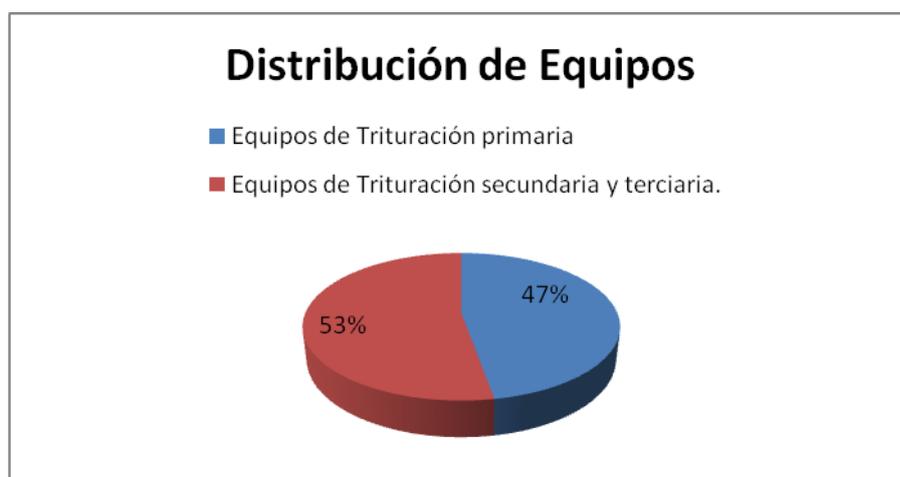


Gráfico N°18

El siguiente gráfico N° 19 muestra la distribución del estatus de los equipos de trituración. Según se informó en las visitas a las industrias, los equipos de reducción de tamaño, pueden considerarse máquinas confiables, lo que se puede corroborar que tan sólo 14% de éstas se encontraban en reparación al momento de la recolección de información.

Las piezas que requieren mayor atención son: rolineras, correas, poleas y cambios de forro por desgaste. Se encontró además, que las averías en motores eléctricos, en trituradoras son generadas por problemas en sistemas de alta tensión reportadas en el sector.



Gráfico N°19

## 6.0 Análisis situacional de equipos mineros en el estado Portuguesa

La forma de explotación minera aplicada en la entidad portuguesa es A Cielo Abierto, en yacimientos considerados tipo sedimentarios recientes (Holoceno).

Por estas condiciones el arranque es directo, siendo una ventaja considerable con las operaciones y costos asociados al arranque indirecto. Los equipos para la extracción son retroexcavadora sobre orugas, con dimensiones ente 0,5 y 3 m<sup>3</sup>. El equipo de back-up en caso de reparación del primero es el cargador frontal, cuyas funciones naturales en este tipo de operación son alimentación de planta y carga de camiones.

## **6.1 Situación de equipos para operaciones de carga, acarreo, auxiliares y beneficio mineral**

Las condiciones en que se encontraban los equipos para el momento de las visitas, están entre buenas a regular, debido a que su disponibilidad física no puede considerarse como satisfactoria. Los números nos muestran esta afirmación cuando: 76% del total de cargadores frontales y retroexcavadoras estaba operativo (disponible físicamente y trabajando), mientras que el 94% de los camiones también lo estaba. Es conveniente mencionar que de todos los equipos de arranque, carga y acarreo, pueden presentar o han presentado fallas que no detienen su operatividad, pero que sí afecta la utilización efectiva del mismo y por consiguiente, su disponibilidad física.

Dado que las empresas mineras, emplean los cargadores y excavadoras para las labores de arranque y otras que pueden considerarse inadecuadas con su diseño original. Un ejemplo de un área inadecuada de trabajo según el equipo es el siguiente: un excavador de oruga es asignado a un frente de trabajo sufre una avería, requiriendo ser sustituido por otro, generalmente por un cargador frontal de ruedas.

Durante períodos cortos los neumáticos del cargador se atascan en el suelo del frente de trabajo, que se encuentra blando. Esto está relacionado con la presión específica (peso total del vehículo dividido por la superficie de contacto con el suelo). Cuanto mayor sea este valor más se hundirá el vehículo, incrementándose el rozamiento y disminuyendo la velocidad de desplazamiento hasta llegar a quedarse atascado.

En los vehículos sobre ruedas, esto depende de la carga por cada rueda, del tamaño del neumático y de su presión. La maniobra que debe realizar el equipo para salir es usar su misma pala para levantarse y desplazarse hacia atrás.

Se observa que tanto las retroexcavadoras como los cargadores frontales, no son asistidas por las unidades de apoyo como tractor y motoniveladoras, lo que puede deducirse en mayor desgaste.

Del universo de equipos, cuyos datos fueron recolectados en las encuestas, 57% de las unidades está entre 0 y 13 años (comprados entre 2000 y 2013). La jornada laboral de estas empresas es de cinco (5) días a la semana, con un promedio de 160 horas de operaciones al mes. En las tablas 18 y 19 se puede ver la relación condiciones de trabajo contra las horas de vida de retroexcavadoras y cargadores frontales.

<b>Vida útil de retroexcavadoras</b>			
Capacidad cucharón (m <sup>3</sup> )	Condiciones de trabajo (hora-vida)		
	Moderado	Medio	Severo
0,5-1,0	15000	12000	10000
1,0-4,0	25000	18000	15000
4,0-8,0	40000	33000	25000
8,0-13,0	60000	50000	40000

Fuente: *Construction Planning, Equipment, And Methods* (2010).

Tabla N°18

<b>Descripción de vida útil de cargadores frontales</b>			
Capacidad cucharón (m <sup>3</sup> )	Condiciones de trabajo ( hora-vida)		
	Moderado	Medio	Severo
2,0-6,0	20000	18000	15000
6,0-8,0	40000	33000	25000
8,0-13,0	60000	50000	40000

Fuente: *Construction Planning, Equipment, And Methods* (2010).

Tabla N°19

Como se ve en las tablas anteriores, hay tres (3) condiciones de trabajo (moderado, medio y severo); para estos equipos en la entidad se escoge “condición media”, dado que el tipo de ambiente, clima y condiciones de trabajo al que son sometidos los mismos se consideran dentro de este rango.

Se estima que en un (1) año tanto, cargadores frontales y retroexcavadoras laboran cerca de 1.920 horas, si consideramos equipos

modelos entre los años 2.000 y 2.013, la unidad en cuestión ha tenido 24.960 horas de uso. Utilizando los datos de las tablas 17 y 18, asumiendo que la capacidad oscila en el rango de 0,5 a 4 m<sup>3</sup>; en todos y ambos casos ya han excedido 6.960 horas. Con todo esto, se puede deducir que los equipos con una vida mayor de diez (10) años, ya se encuentran en la etapa de obsolescencia o ha culminado su vida útil.

El 51% de los camiones de acarreo son alquilados, esto disminuye los costos de mantenimiento, personal y refracciones. Buena parte de las máquinas de acarreo han presentado una o varias fallas a lo largo de su vida útil, de esos el 73% (mayoría) se encuentra en el rango de fabricación ente 1960 y 2000. Las averías que presentan son: hidráulicas, eléctricas, mecánicas y estructurales. Debido a que existe presunción de culminación de sus vidas útiles (recomendados por los fabricantes), las empresas han procurado extender la vida útil de las mismas con reparaciones y refracciones “genéricas”.

Las condiciones de trabajo de estas máquinas pueden considerarse adversas, debido a las condiciones en vías, largos ciclos de acarreo (desde el frente a la planta) y las circunstancias climáticas. Los equipos encontrados que teóricamente son apropiados para las operaciones de acarreo, sólo representa el 19% de la flota estudiada (a quienes se les fue aplicada la encuesta) y lo constituyen camiones roqueros articulados, diseñados para trabajos mineros.

Por otra parte, se encontró que las unidades alquiladas en su mayoría presentan fallas diversas, que no son consideradas de importancia como para parar los equipos y colocarlos en estatus inoperativo, pero que si puede afectar el uso de la disponibilidad física. Los daños y averías de mayor frecuencia son: tren de rodaje, cauchos y condiciones de seguridad.

Parte de las condicionantes en la extracción, es la entrada en escena de ESOMEPE. Antes de que este órgano apareciera las propias empresas

elegían el lugar de su preferencia para explotar, siempre cercanos a sus instalaciones. Después de la llegada de ESOMEPE las empresas perdieron esta potestad y les son asignadas áreas sobre distintos ríos, a conveniencia del estado Portuguesa, donde se aprovecha la capacidad de estas empresas para remover los sedimentos que pudieran ser causa futura de inundaciones y afectaciones sociales disminuyendo en un 80%, mientras que, para los operadores deja de ser positivo, pues ha aumentado los trayectos de acarreo de 6 a 20 Km (desde el frente de extracción y planta en sus respectivas instalaciones). Mucho son los inconvenientes que se suman a estas desventajas entre las que se enumera: vías en malas condiciones; caminos de tierras con deformaciones por el peso que crean baches (huecos), que aunado a las lluvias forman acumulaciones de agua y fango que se traducen en mayor resistencia a la rodadura y por ende, más desgaste y esfuerzo para los equipos. De hecho, se observa que 7 de cada 10 camiones presentan alguno de estos problemas: amortiguación, cauchos, barra estabilizadora, trípodes, tren delantero y trasero, todo por las condiciones en que se encuentran las vías.

En este caso conviene resaltar las bondades de las operaciones auxiliares para: el mantenimiento de las vías, frentes de trabajo y movimiento de material. Se recomienda tanto a los entes del Estado como a las empresas, mejorar sus sistemas y uso de las máquinas en las operaciones unitarias de producción y auxiliares, en pro del mejoramiento continuo y el mejor aprovechamiento de los recursos con los que se cuentan.

Esto puede verse que, en el caso que nos atañe, de las 18 empresas visitadas, tan solo 34 unidades están asignadas a las operaciones de apoyo. De estos datos resaltamos que 82% de estas máquinas fueron fabricadas entre 1970 y 2000, y que para la fecha de las visitas (2013) puede considerarse, tomando como criterios las horas recomendadas de trabajo por los fabricantes y ejemplos con la curva de la bañera, que estos se encuentran en su etapa de obsolescencia.

Para el período de visitas (julio - agosto 2013), se encontró que 71% de la flota de máquinas de soporte de mina estaba operativo y trabajando, el resto inoperativo. Sin embargo, decimos que estaban “operativos” a pesar de presentar algún tipo de falla que no amerita su parada e inclusión en el estatus inoperativo.

Debido que el trabajo de los equipos auxiliares puede condicionar la eficiencia de otras operaciones, el poco o nulo uso de estos puede conllevar a deterioros progresivos de las unidades de carga y acarreo. Se puede dirimir que la relación de unidades de carga y unidades auxiliares no es la adecuada en la entidad, donde en 18 canteras solamente hay tres (3) tractores.

Por otro lado, se requiere que el personal que realiza tanto las labores de operaciones unitarias; auxiliares y mantenimiento, demuestran algún “desconocimiento” en estas áreas. Se recomienda a las empresas y al propio ente regional (Estado) crear sistemas de capacitación para el personal involucrado.

La distribución de equipos de beneficio mineral es 53% para trituración primaria y 47% para secundaria. Sólo el 86% de estas máquinas se encontraban operativas al momento de la visita, mientras que el 14% se ubicaban en reparación. Para las empresas las trituradoras son confiables y presentan bajo nivel de fallas, que se deben a desgaste por uso. Garrido, M (2012) afirma que los equipos de beneficio mineral en Vargas, Miranda y Distrito Capital poseen las mismas fallas ubicadas en esta investigación; así como el diseño de las mandíbulas permite que la capacidad y resistencia sean de alta efectividad.

### **6.1.2 Según el mantenimiento**

Mantenimiento es el cuidado regular que necesitan los vehículos o maquinarias para funcionar bien, seguras y por largo tiempo; a través de acciones que se efectúan para garantizar la disponibilidad de la unidad,

aumentando su eficiencia energética, atender las operaciones con calidad y productividad, así como la conservación del activo fijo y asegurar los costos óptimos (Finning, Cat. Disponible on-line).

El sistema de mantenimiento que se aplica en las canteras de la entidad es preventivo de lubricación, mientras no así, el de componentes de igual manera se realiza mantenimiento correctivo cambio o reparación de la pieza cuando algún equipo presenta fallas. Se pudo observar que este tipo de plan para las unidades de operaciones se considera como incorrecto o incompleto para estas máquinas.

Se observó que la mayoría de las unidades operativas conservaba algún desperfecto que no implica detener su operatividad; por ejemplo: aire acondicionado dañado, amortiguación, desgaste de piezas de motor, fugas, entre otros. Esto puede conllevar a que el desperfecto afecte otras partes del equipo a largo plazo.

La flota de equipos de las distintas canteras visitadas presenta diversas fallas recurrentes en las mismas piezas o sistemas que componen la unidad; esto puede ser debido a consecuencia de inadecuada aplicación de algún plan de mantenimiento, cambio de piezas genéricas o reconstruidas. Algunas empresas tiene que adquirir refracciones de otros equipos usados debido a la obsolescencia del equipo o compra de otra máquina del mismo modelo que esté en desuso para reutilizar las piezas que funcionen.

Las fallas recurrentes en las unidades recolectadas son:

- Mecánico: motor, empacaduras, desgaste del motor y caja de velocidades; bomba de agua, correas, poleas y tren de rodamiento.
- Hidráulico: bomba de presión, mangueras, sellos de brazos hidráulicos y gatos.
- Eléctrico: batería, alternador y bujías.
- Cauchos por desgaste.

Anteriormente se mencionó la importancia de los equipos para operaciones auxiliares, y como esto influye directamente en la calidad del ambiente de trabajo; si la cantidad de partículas abrasivas en suspensión aérea es mayor a la normal, puede provocar a las unidades fallas de desgaste por abrasión. Las partículas en suspensión entran en los distintos sistemas del vehículo causando roce entre piezas y partículas, esto se conoce como abrasión entre tres (3) cuerpos (si polvos quedan atrapados entre dos (2) superficies que se mueven, se dice que existe desgaste abrasivo entre tres cuerpos), cuando las partículas atrapadas pueden rodar y deslizarse. Las superficies pueden sufrir cortes, acanalados, golpes o incrustaciones. En algunos casos, el acanalamiento produce residuos secundarios que causan más desgaste abrasivo y perturban la superficie. (Finning Cat, Disponible on-line).

Otra falla es el desgaste adhesivo las condiciones que hacen posible este tipo de avería son: problemas de las piezas, problemas del montaje, problemas de lubricación, velocidad excesiva y cargas excesivas.

El desgaste adhesivo comienza cuando asperezas o puntos elevados muy pequeños en superficies móviles hacen contacto entre ellos y generan calor de fricción, hasta que uno de los puntos elevados se adhiere al otro y se separa de la superficie en la que estaba originalmente. Como se trata solamente de puntos muy pequeños, este proceso se llama soldadura microscópica. Si se continúa la operación de ese componente, el contacto entre las superficies aumenta y áreas más amplias pueden fundirse y adherirse. Las temperaturas de adhesión pueden alcanzarse en cuestión de segundos cuando las superficies están muy cargadas (Finning Cat, Disponible on-line).

Las empresas deben capacitar y cambiar el plan de mantenimiento para que la vida útil de los equipos se prolongue por más tiempo: por el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Es la versión actual del mantenimiento preventivo, predictivo, optimizando la efectividad del

vehículo evitando averías frecuentes con la intervención de todo el personal técnico y gerencial en forma constante.

## **7.0 Diagnóstico de equipos para las operaciones de carga, acarreo y auxiliares, utilizando las herramientas de Confiabilidad Operacional**

La Confiabilidad Operacional es la serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control de la producción industrial (Espinosa, F. (s/f)).

La confiabilidad como metodología de análisis debe soportarse en una serie de herramientas, que permitan evaluar el comportamiento del activo de una forma sistemática a fin de poder determinar el nivel de operatividad, la cuantía del riesgo y las demás acciones de mitigación que se requieren, para asegurar su integridad y continuidad operacional. Las herramientas que utilizaremos son:

- Análisis causa – raíz
- Análisis de criticidad.

### **7.1. Análisis Causa – Raíz**

Es una técnica sistemática que se aplica con el objetivo de determinar las causas que originan las fallas, sus impactos y frecuencias de aparición, para poder mitigarlas o eliminarlas (Espinosa, F. (s/f)).

Este análisis ayudará a ubicar las fallas que aparecen con regularidad en los equipos y mitigar futuras apariciones de averías que ocurren con frecuencia. En este estudio sólo mostrarán los factores que inciden en la falla, puesto que requerimos más cantidad de datos para lograr deducir las causas posibles de averías.

Para este análisis emplearemos la información de los equipos inoperativos, debido a que son aquéllos que no tienen condiciones

(disponibilidad física) para trabajar y donde se pudo lograr una mayor obtención de datos para este estudio.

Para el análisis causa-raíz se utiliza el Diagrama de Causa y Efecto, se refiere a una representación gráfica de entradas (causas y razones) y una salida (el problema o evento) también llamado diagrama de Ishikawa.

### **7.1.1 Equipos de carga**

Las unidades inoperativos de cargadores y retroexcavadoras constituyen un total de 24 para las 18 empresas visitadas.

En las figuras 21 y 22, mediante el uso de Diagrama de Ishikawa se ilustra las posibles causas y razones que pueden generar la parada de las unidades de estudio, basados en la información suministrada por las distintas empresas mineras visitadas, donde además se pueden ver las fallas de equipos operativos.

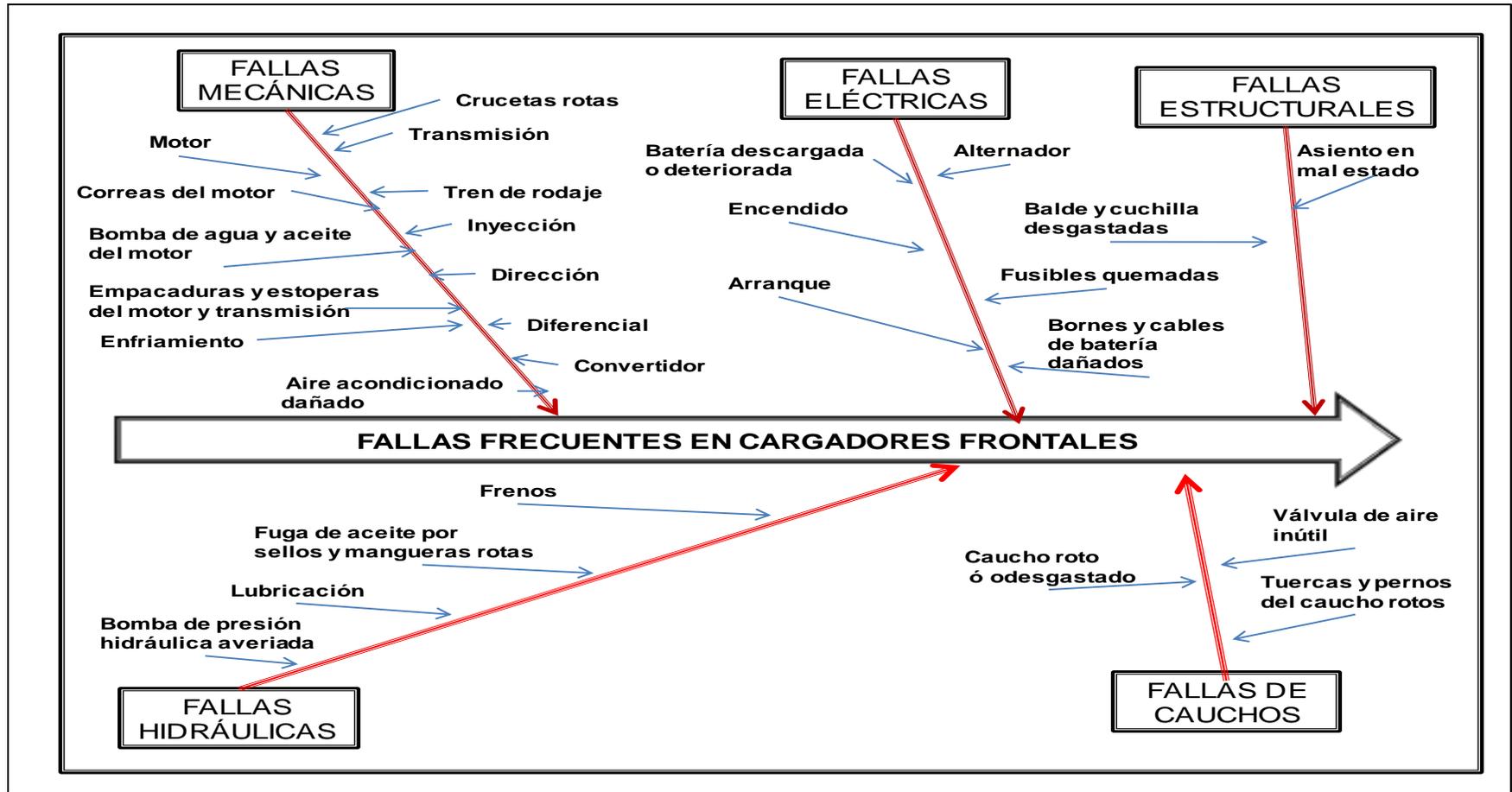


Figura 21: Análisis Causa-Raíz en cargadores frontales.

Fuente: Elaboración del autor

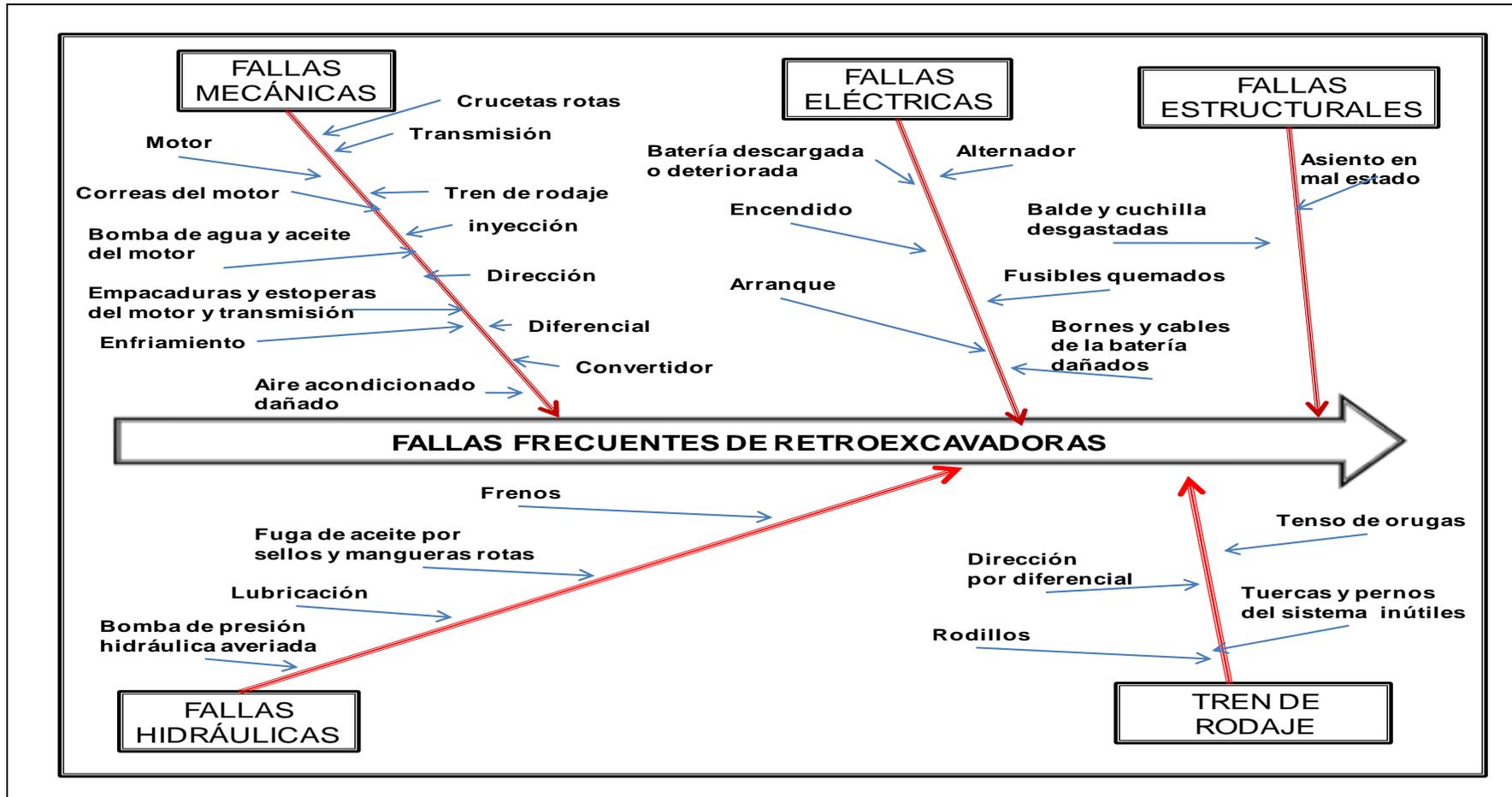


Figura 22: Análisis Causa-Raíz en retroexcavadoras.

Fuente: Elaboración del autor.

Las causas que puedan generar equipos inoperativos, tanto para cargadores y retroexcavadoras son casi siempre las mismas, siendo la única diferencia que el sistema de rodaje en el cargador se considera neumático y en la retroexcavadora es de oruga.

Se procede a continuación, a hacer un análisis por tipos de fallas tanto al cargador frontal como a la retroexcavadora, clasificándolas de la siguiente manera: fallas mecánicas, eléctricas, hidráulicas, estructurales y tren de rodaje; esto con el objeto de determinar cuál o cuáles de estas averías es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona gran parte de las demoras en la incorporación pronta a sus funciones.

#### - **Fallas Mecánicas**

La mecánica es una rama de la física que estudia el movimiento de los cuerpos y conjuntos de elementos que forman un motor o cualquier sistema que requiera armonía y sincronía.

Los equipos de carga que se encontraron en las empresas mineras de la entidad, presentan gran variedad de fallas, sin que esto implique que la unidad deje de operar, pero que la suma de algunas de ellas sí puede causar su parada a largo plazo.

El motor está compuesto por los sistemas de lubricación, inyección, enfriamiento y admisión, cada uno de ellos requiere un seguimiento constante y cambios de fluidos cada cierto tiempo que lo requiera (según el manual del fabricante), los talleres mecánicos de las industrias de explotación en la entidad realiza mantenimiento preventivo de lubricación cada 250 horas y mantenimiento correctivo cuando la unidad deje de funcionar.

Se obtuvo información que las paradas de mantenimiento preventivo que se consideran necesarias, para el cambio y revisión de fluidos, filtros y partes de la máquina no se realizan.

Los datos de mantenimiento, en forma de base de datos, de fallas y reparaciones, así como la aplicación de la refracción preventiva de lubricación o de componentes consumibles, puede llevarse a cabo en un tiempo menor al recomendado por los fabricantes, para el cambio de fluidos, filtros y partes de la máquina.

La realización tardía o irrealizada del cambio de aceite, conlleva a que el fluido vaya perdiendo progresivamente sus propiedades; obteniéndose falla en la lubricación, presentándose mayor desgaste y calentamiento (aumento de temperatura por roce) de piezas, empacaduras y estoperas, lo cual se traduce en fallas diversas en componentes y pérdidas de fluidos.

Las fallas en el sistema de transmisión se pueden deber a varios factores entre los que se mencionan:

- Mal uso del equipo por parte del operador.
- Poco o nulo mantenimiento.
- Varillaje de accionamiento del cambio desalineado o faltar de lubricación.
- Avería interna del cambio (embragues desgastados, caja de válvulas agarrotada, bomba de aceite con desgastes, entre otras).
- Nivel de aceite bajo.
- Convertidor de par averiado (no actúa el rodamiento unidireccional del reactor).
- Crucetas universales faltas de lubricación o deterioradas.
- Holgura en el conjunto de transmisión o en diferencial.
- Rodamiento conjunto diferencial o piñón de ataque deteriorados.
- Falta de grasa en crucetas o juntas homocinéticas.
- Tuerca de la manguera floja.
- Gomas de apoyo del motor deteriorado.
- Disco engrasado o desgastado.

Las fallas mecánicas pueden ocurrir debido a varias razones: operaciones inadecuadas o incompletas de mantenimiento, falta de conocimientos y capacitación referida a las operaciones a emplear, labores realizadas basadas en conocimientos empíricos, así como desconocer y no seguir las recomendaciones de los manuales de mantenimiento de los equipos, según los fabricantes. Otra causa puede deberse además, a que las máquinas realizan trabajos para los que no fueron diseñadas.

#### - **Fallas Hidráulicas**

El sistema hidráulico trabaja en base al principio de fluido a presión, forzando la acción mecánica. A uno de estos sistemas instalado en una máquina se le llama "circuito hidráulico". Estos circuitos están compuestos de una bomba para comprimir el fluido, líneas para llevarlo, un cilindro donde se bombea el líquido y un pistón movido por el mismo a presión en el cilindro.

De las 24 unidades inoperativas de la entidad, 19 lo están por diversas fallas en el sistema hidráulico: bomba de presión de aceite, sellos y mangueras rotas y defectuosas.

El trabajo de la bomba es crear flujo y no, como en ocasiones se puede pensar, presión. Por otro lado, estas bombas serán afectadas considerablemente si no evitamos la acción del primer enemigo del sistema hidráulico: la suciedad. Cuando la bomba funciona en un sistema limpio, libre de aire y con el aceite adecuado, tendrá una larga vida útil. Lógicamente, aparte de su desgaste normal debido a la fricción, la bomba también puede fallar por diferentes causas ajenas a este desgaste. En todos los casos cuando una bomba falla, se determinará primero la causa a fin que no se incurra en el mismo con el nuevo repuesto instalado.

Las retroexcavadoras trabajan en el lecho de los ríos donde es difícil de controlar la exposición al polvo, arena y agua que puede entrar al sistema hidráulico y causar un desgaste prematuro.

Los sellos son dañados por las partículas que se adhieren al cilindro o por el efecto de la humedad, el polvo actúa como un agente abrasivo ocasionando que se dañen sellos que a su vez provoca pérdida de fluidos y entrada de aire causando las mencionadas posteriormente aireación y cavitación.

La aireación y cavitación son discutidas juntas debido a que actúan en forma muy semejante en el sistema. En ambos casos, el vapor del aceite y las burbujas de aire en el aceite causan daños en las bombas. Este fenómeno se produce cuando al comprimirse y expandirse rápidamente se producen burbujas de vapor de aire que se mezclan con el aceite. La aireación se origina por el aire que entra al sistema por conexiones flojas, por una pequeña fuga o por la agitación del aceite en el tanque. La cavitación se origina usualmente por la restricción de la línea de succión de la bomba, creando vacíos en el sistema. La aireación y cavitación erosiona o rompe las placas de presión y la caja de la bomba de engranajes. En la bomba de paletas erosiona, raspa y ondula el anillo, desgasta los bordes y puntas de las paletas. Se recomienda comprobar la viscosidad del aceite al grado, que no produzca espuma y el ajuste de la máxima presión de la unidad.

La falta de aceite puede causar una falla casi instantánea de la bomba y puede ocurrir por: un bajo nivel de aceite en el tanque, gran succión de aire por la línea, funcionamiento en pendientes muy inclinadas, suciedad o conexiones flojas, viscosidad del aceite, entre otros. Los componentes de una bomba tomarán el color azul rápidamente por el recalentamiento. Tanto los cabrestantes como las frenadoras incorporan habitualmente un visor para el control del nivel de aceite.

#### - **Fallas Eléctricas**

La falla eléctrica más común es: alternador debido a la obsolescencia o desgaste de los componentes que lo conforman. La batería tiene un

promedio de vida entre uno (1) a dos (2) años; las empresas al no realizar el cambio de éstas, dejan de funcionar y no pueden ser recargadas.

El alternador tiene como función convertir la corriente continua (adquirida por batería del vehículo) en corriente alterna, al igual que generar energía para otras funciones de la máquina.

#### - **Fallas Estructurales**

Las averías encontradas en las estructuras de cargadores y excavadoras fueron: balde y cuchilla dañadas, debido a inadecuado manejo del equipo por el operador, así como también las utilizaciones para otras operaciones para las cuales no han sido diseñadas y pueden traer como consecuencia varios desgastes prematuros.

Las operaciones para los que se emplean estos equipos son: arrastre de material, limpieza de frentes y mantenimiento de vías las cuales deben ser ejecutadas normalmente por equipos auxiliares, dependiendo de la tarea.

Se reportan además que las cabinas de operación se encuentran deterioradas, lo que pueden considerarse malas condiciones, asientos deteriorados y agrietados, y algunas cabinas sin puertas, vidrios rotos, escaleras oxidadas y deterioradas. Las condiciones de trabajo mencionadas no cumplen con el artículo 59 de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT).

Debido a que las unidades fabricadas antes del 2.000 son aquéllas que han padecido un deterioro más visible: los materiales se han vuelto frágiles con el pasar del tiempo y el uso progresivo trae desgaste, si la estructura no se repara antes que el daño sea más grande siendo la mayor causa en las empresas; aunado al “mal uso” y falta de cuidado de cabinas por los operadores.

**- Fallas Cauchos y Orugas**

La totalidad de los cargadores frontales que se utilizan en las distintas canteras del estado Portuguesa son de neumáticos, esto debido a las condiciones de las vías y facilidad de movilidad. Es una de las razones del porqué el nivel de desgaste es bastante prematuro. En muchas ocasiones los cauchos son dañados por algún bache o piedra sobresaliente, debidos al inadecuado o inexistente mantenimiento de las vías por donde circulan estas máquinas.

Las retroexcavadoras utilizan como medio de desplazamiento un sistema de oruga, éste por lo general falla por desgaste o por retardo del mantenimiento correcto. En la tabla N° 20 se reporta la frecuencia de los tipos de fallas que presentan los equipos inoperativos (para la fecha de la visita).

<b>Frecuencia de tipos de fallas en equipos de carga inoperativos</b>			
<b>Tipo de Falla</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Causa</b>	<b>Consecuencia</b>
<b>Mecánico</b>	21/24	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falla en motor.</li> <li>- Falla en sistema de enfriamiento.</li> <li>- Falla en sistema de transmisión.</li> <li>- Falla en sistema de dirección.</li> <li>- Falla en diferencial.</li> <li>- Falla en el convertidor.</li> <li>- Crucetas rotas.</li> </ul>	Inoperatividad.
<b>Hidráulico</b>	19/24	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bomba de presión hidráulica dañado</li> <li>-Falla de lubricación</li> <li>- Falla en sistema de frenos</li> </ul>	Inoperatividad.

<b>Eléctrico</b>	7/24	-Batería descargada o dañada -Avería del alternador	Inoperatividad.
<b>Estructural</b>	3/24	-Balde y cuchilla deteriorada -Cabina en maltratada. -Escalera dañada.	- Posible enfermedad ocupacional por disergonomías en la cabina por diversas averías. Riesgo en seguridad personal. -Poca penetración del balde debido a cuchilla desgastada.

Elaboración del autor.

Tabla N°20

En la tabla anterior se muestra la frecuencia de tipos de fallas ocurridas a los equipos inoperativos. Un ejemplo que consideramos emblemático es: una cabina de operación que se encuentra bastante deteriorada y que puede ser incómoda para el operador, no es una razón para que pase a estatus “inoperativo” en las empresas donde trabajan. Esta condición de la cabina violaría la norma COVENIN N° 2237 que señala las posibilidades de los equipos de proveer una cabina que aisle al trabajador o dote al operador del equipo de protección personal de acuerdo al riesgo ocupacional. Igualmente este ejemplo incumple el artículo 59 de la LOPCYMAT.

### 7.1.2 Equipos de acarreo

Para el Análisis Causa-Raíz (ACR) en camiones de acarreo se va utilizar sólo la información de los equipos inoperativos; se anexan también fallas que presentan las unidades que no implican detener su trabajo. La siguiente figura N° 23 es el diagrama de Ishikawa para el ACR de unidades de acarreo.

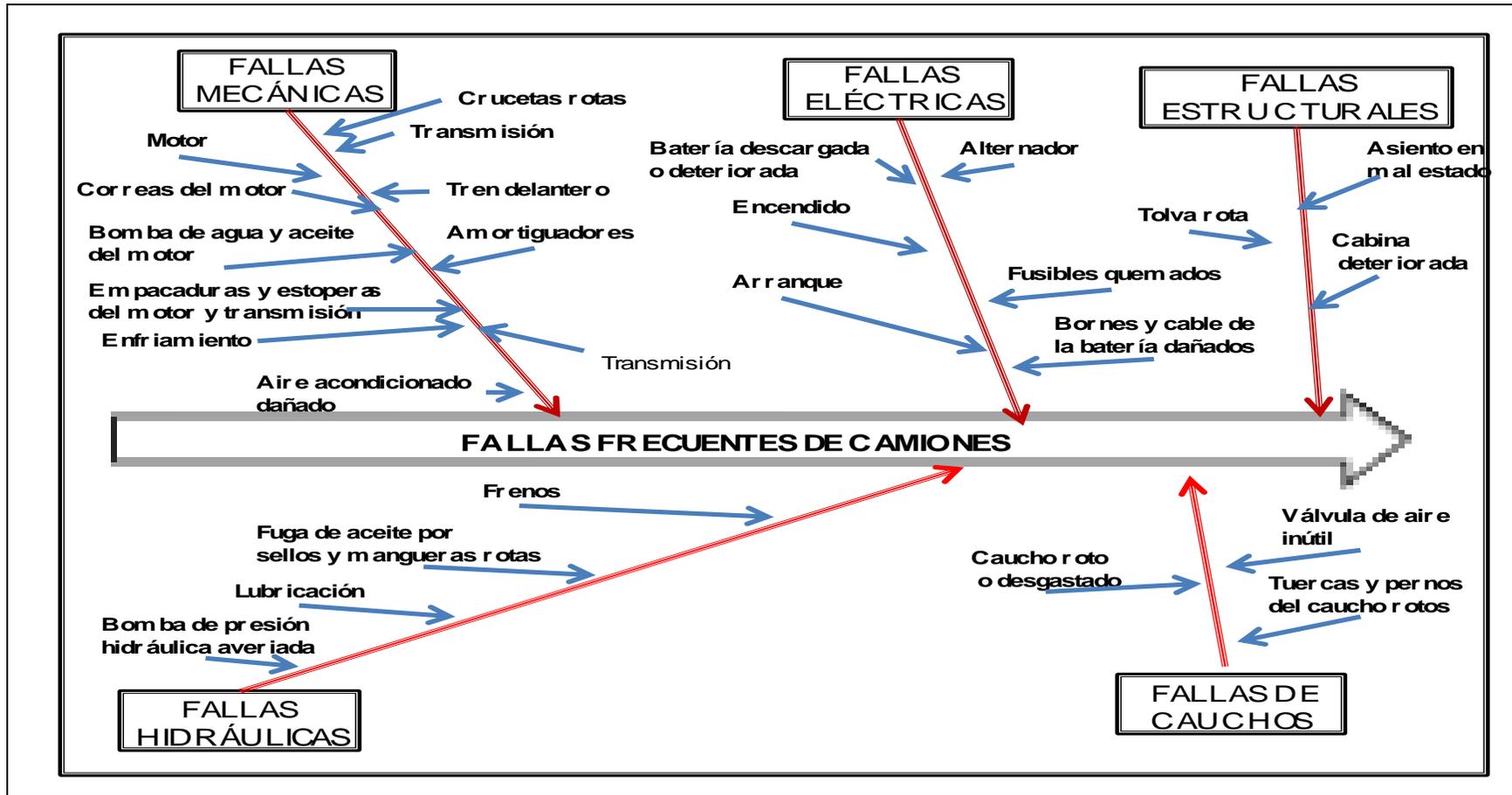


Figura 23: Análisis Causa-Raíz en Camiones.

Fuente: Elaboración del autor.

El 94% de la flota de las unidades de acarreo se encuentra operativo, mientras que el 6% está inoperativo. Las mayores causas de fallas presentadas en estos equipos se van desarrollando a continuación.

#### - **Fallas Mecánicas**

La principal causa de las fallas mecánicas es la obsolescencia. Esto puede ser debido a que el 60% de los camiones tiene un período de vida útil mayor a 20 años, con un uso promedio de 40 horas semanales, esto se conoce como falla por desgaste de componente.

Los tipos de desgaste que se identificaron en camiones son:

- Desgaste por abrasión: ocurre debido al alto nivel de polvo en el ambiente de trabajo y de no realizar el cambio de filtros cuando es requerido.
- Desgaste por fractura: como resultado del desgaste adhesivo debido a que la pieza ha sido debilitada por elevadas temperaturas.
- Desgaste adhesivo: las condiciones que hace posible este tipo de falla se debe a problemas en las piezas, montaje, lubricación, gran velocidad y cargas excesivas.

Otras causas de fallas pueden estar influenciadas por el tiempo en las que se realiza el cambio de lubricantes, que según la información recopilada se hace cada 200 horas, pero que adolece de un control progresivo y sistemático de horas reales entre reemplazo de fluidos.

Los componentes que integran la parte mecánica del camión son reemplazados cuando se dañan, pero los mismos sólo se hacen si la avería implica detener la unidad.

#### - **Falla Hidráulicas**

Dado que los camiones de acarreo son sometidos a ambientes de trabajo similares a los equipos de carga, también presentan fallas en sistema

hidráulico. En la mayoría de los equipos que están operativos se encuentran sellos dañados y mangueras con fugas de fluidos. No son sustituidos, porque no es una avería considerada importante, éste es el motivo porque la bomba de presión hidráulica se daña con tanta frecuencia.

#### - **Fallas Eléctricas**

El mayor número de unidades que tienen trabajando más de cinco (5) años, presentan estas averías, debido a que el alternador sufre desgastes en sus partes internas que deben ser reemplazadas cada cierto tiempo por un repuesto nuevo. Otra parte eléctrica que tiene un período de vida limitada es la batería, la cual oscila entre uno (1) a dos (2) años.

#### - **Fallas Estructurales (FE)**

Se pudo observar que este tipo de fallas tienen mayor recurrencia en tolvas debido a: corrosión, fisuras, que algunas veces incluye la carrocería. Este tipo de averías se presentan en unidades con más de 20 años de servicio. Otra parte donde también ocurren las FE son las cabinas de operadores.

Las fallas estructurales pueden estar relacionadas a faltas o deficiencias en planes de mantenimiento, tanto para la carrocería como para otras estructuras que componen el camión.

#### - **Fallas de Cauchos**

Debido a las condiciones propias del trabajo minero, los cauchos tienden a desgastarse con rapidez en algunas ocasiones y perder presión de aire que ayudan aún más al deterioro. De las empresas visitadas se pudo observar que el componente no se sustituye hasta que pierde las bandas de rodamiento o se vuelva inservible. Esto puede constituirse en un peligro a considerar a la seguridad y salud mencionada en la LOPCYMAT.

En la tabla N° 21 se mostrará la frecuencia en que se presentan los tipos de fallas en equipos de acarreo, tomando como referencia los ocho (8) camiones inoperativos.

<b>Frecuencia de tipos de fallas en equipos de acarreo inoperativos</b>			
<b>Tipo de Falla</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Causa</b>	<b>Consecuencia</b>
<b>Mecánico</b>	8/8	- Falla en motor. - Falla en sistema de enfriamiento. - Falla en sistema de transmisión.	Inoperatividad.
<b>Hidráulico</b>	5/8	- Bomba de presión hidráulica dañado -Falla de lubricación	Inoperatividad.
<b>Eléctrico</b>	2/8	-Batería descargada o dañada -Avería del alternador	Inoperatividad.
<b>Estructural</b>	4/8	-Tolva y carrocería con fisuras. -Cabina deteriorada.	- Posible enfermedad ocupacional por disergonómías en la cabina por diversas averías. Riesgo en seguridad personal. -Pérdida de carga en el acarreo por mal estado de tolva.

Elaboración del autor

Tabla N°21

Para la tabla numero dieciocho (18), se muestra la ocurrencia de los tipos de fallas en un universo de ocho unidades inoperativos, las causas son lo que detiene la producción del equipo.

### **7.1.3 Equipos auxiliares**

El desconocimiento y falta de asesoría adecuada sobre las operaciones unitarias en minería, tanto del estado Portuguesa como de las empresas mineras, puede ser uno de los motivos de peso en la ocurrencia de averías en equipos mineros. La carestía de unidades destinadas para el mantenimiento y apoyo a equipos que trabajan en operaciones unitarias de producción, es una de estas causas. Dado este vacío de información, no fue posible recolectar una buena cantidad de datos que pudiera dar sustento a un análisis más exhaustivo, para determinar o deducir de forma más cercana, las causas de las averías en tractores y motoniveladoras que trabajan en la entidad. En 18 empresas, existen 33 equipos de soporte, siendo solo nueve (9) los que estaban en estatus inoperativo al momento de la recolección de los datos.

En las figuras siguiente N° 24 y 25 se resumen los posibles factores que originan fallas en tractores y motoniveladoras, en estatus inoperativo de la entidad:

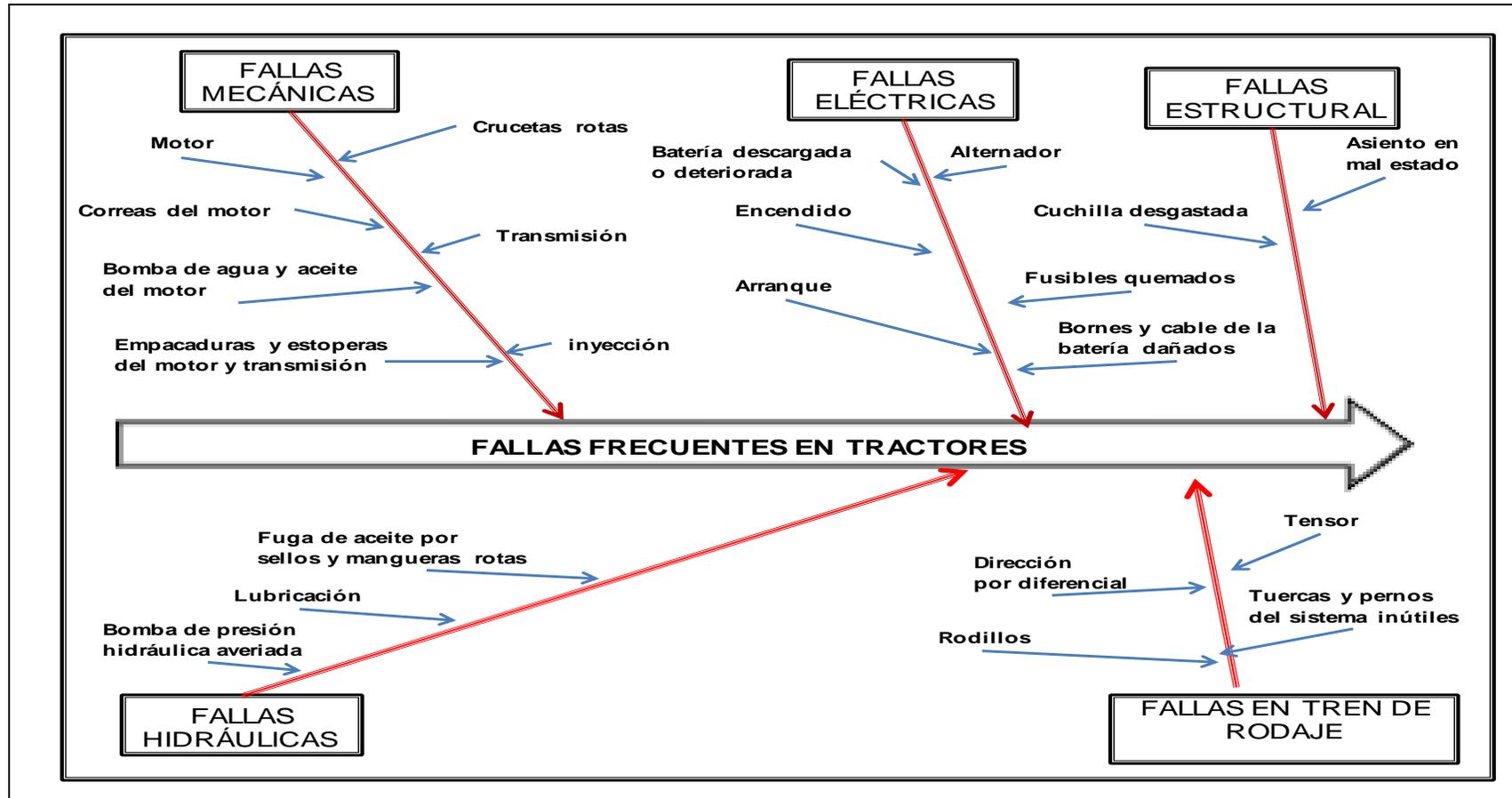


Figura 24: Análisis Causa-Raíz en tractores.

Fuente: Elaboración del autor.

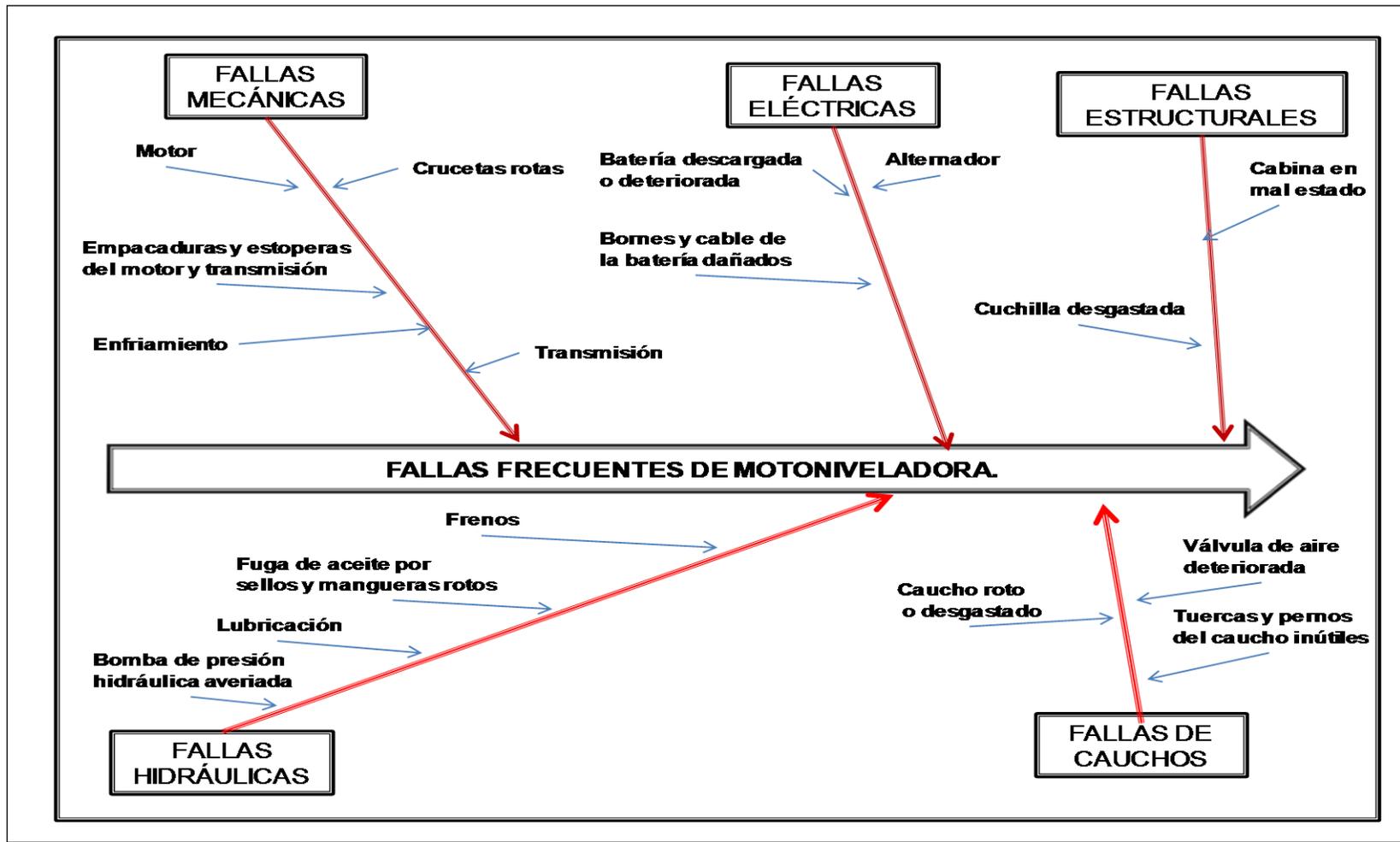


Figura 25: Análisis Causa-Raíz en Motoniveladora.

Fuente: Elaboración del autor.

## - **Fallas Mecánicas, hidráulicas y estructurales**

La causa principal de fallas en equipos auxiliares es la obsolescencia. Se recoge que los datos arrojan que 59% de estos equipos fueron fabricados antes de 1990 por lo que mínimo son 24 años de vida útil. Muchas de estas unidades presentan averías de desgaste en motor y caja de velocidades, así como algunos puntos de corrosión en las estructuras, muchas causadas al paso del tiempo, uso, exposición a polvos y humedad, que pueden causar erosión, desgaste y corrosión.

Otra falla bastante común en tractores y motoniveladoras, son las hidráulicas, en forma de pérdida de fluidos producto de rotura de sellos, mangueras, empaaduras, entre otros, que pueden traducirse en menor lubricación al sistema y aumentando la fricción entre las piezas por incremento en la temperatura, trayendo como consecuencia desgastes, algunas veces, prematuros y daños en las piezas.

### **7.2. Análisis de Criticidad**

Es una técnica que permite jerarquizar sistemas, equipos e instalaciones, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones (Espinosa, F. (2001). *Confiability operacional de equipos: metodologías y herramientas*). El análisis de criticidad es un indicador de la magnitud del problema, que se ocasiona debido a una avería en el sistema o al equipo.

REPSOL YPF fue una empresa que existió entre 1999 y 2012 como resultado de la adquisición de la mayoría del accionariado de la argentina YPF (Yacimientos Petrolíferos Fiscales) por la española REPSOL. Fue una empresa energética global del sector de los hidrocarburos, desarrollando actividades de exploración, producción, refino, *marketing* y nuevas energías en todo el mundo, ellos realizaron un estudio de criticidad para sus equipos con el fin de mejorar el rendimiento y producción de sus unidades. Ellos ajustaron los valores y factores que se consideran para el análisis de criticidad.

Para el estudio de criticidad de los equipos de carga, acarreo y auxiliares en el estado Portuguesa, utilizaremos el trabajo realizado por REPSOL YPF de la evaluación de criticidad para sus componentes.

Para analizar la criticidad de las fallas, se toma en cuenta el efecto del problema en el proceso, la velocidad en que puede ser reparado y la frecuencia con la que esto ocurre.

El efecto se cuantifica según:

- MAS: efecto cuantificado sobre el medio ambiente y la seguridad.
- PROD: efecto cuantificado sobre la producción.
- COP: efecto cuantificado sobre los costos operativos.

La velocidad se mide en base a:

- *stby*: disponibilidad en *stock* de repuestos y equipos de remplazos.

La frecuencia se pondera teniendo en cuenta:

- MTBF: Tiempo medio entre fallas.
- Historial: Considera datos históricos del equipo.
- Nivel de Carga: es el nivel de carga a la que se somete al equipo respecto a su capacidad nominal.
- Régimen: es el régimen de trabajo horario al que es sometido el equipo.
- Fff: factor de frecuencia de fallas, cuantifica la influencia de todas las variables de frecuencia de fallas.

Para establecer el valor de la criticidad Repsol YPF propone la siguiente fórmula.

$$\text{(Ecuación 1): Criticidad (CR)} = \{ [ ( \text{PROD} + \text{COP} ) \times \text{stby} ] + \text{MAS} \} \times \text{Fff}$$

Según el trabajo realizado por REPSOL YPF, califica el resultado de criticidad con el siguiente nivel de prioridad ilustrada en la siguiente tabla N° 22:

<b>Bandas de criticidad establecida por REPSOL YPF</b>	
Nivel de criticidad	Valor de criticidad
Bajo	CR<20
Intermedio	20<CR<40
Alto	CR>40

Fuente: REPSOL YPF (2005).

Tabla N° 22

En tablas N° 23, 24 y 25, se ilustran los valores estandarizados por REPSOL YPF a considerar para el análisis de criticidad.

Tabla N° 23: Parámetros de efectos en Producción (PROD), Costo Operativos (COP) y Medio Ambiente y Seguridad (MAS).

<b>Parámetros de cuantificación de efectos para variables PROD, COP y MAS</b>						
<b>EFEECTO</b>	<b>ALTO</b>		<b>MEDIO</b>		<b>NULO</b>	
	Definición	Valor	Definición	Valor	Definición	Valor
<b>PROD</b>	La falla provoca una pérdida importante dentro de un proceso.	<b>45</b>	La falla provoca alguna pérdida dentro del proceso.	<b>23</b>	La falla no provoca pérdidas productivas dentro del proceso.	<b>0</b>
<b>MAS</b>	La avería provoca una falla grave de seguridad y/o al medio ambiente	<b>45</b>	La falla provoca un efecto leve de seguridad y/o al medio ambiente	<b>23</b>	La falla no provoca efecto de seguridad y/o al medio ambiente.	<b>0</b>
<b>COP</b>	La falla genera un costo operativo mayor o=a	<b>10</b>	La falla genera un costo operativo menor a U\$S 5000	<b>5</b>	La falla no genera costos operativos.	<b>0</b>

	U\$S 5000.					
--	------------	--	--	--	--	--

Fuente: REPSOL YPF (2005).

Tabla N° 23

Leyenda:

- MAS: efecto cuantificado sobre el medio ambiente y la seguridad.
- PROD: efecto cuantificado sobre la producción.
- COP: efecto cuantificado sobre los costos operativos.

Tabla N° 24: Parámetros de cuantificación de frecuencias de fallas.

Cuantificación de Frecuencias de Fallas					
	ALTA		MEDIA		BAJA
<b>FRECUENCIA DE FALLA</b>	Ocurren > 4 fallas por año. MTBF < 3 meses.	Ocurre e/ 1 y 4 fallas por año. MTBF e/ 3 y 12 meses	Ocurre e/0.2 y 1 fallas por año. MTBF e/ 1 y 5 años.	e/ 0.1 y 0.2 fallas por año. MTBF e/ 5 y 10 años.	Menos de 0.1 fallas por año. MTBF > 10 años.
<b>Valor de Factor de Frecuencia de Falla</b>	<b>1</b>	<b>0.9</b>	<b>0.8</b>	<b>0.6</b>	<b>0.4</b>

Fuente: REPSOL YPF (2005).

Tabla N° 24

Tabla N° 25: Parámetros de cuantificación de los efectos por falta de repuestos y equipos de reserva.

Factores de disponibilidad de efectos por falta de disponibilidad de repuestos y equipos de reserva
<b>VALOR</b>

Se requieren de repuestos de alto tiempo de entrega importados y no se dispone de equipos de reemplazo o reserva.	1
Se requieren de repuestos de corto tiempo de entrega nacionales y no se dispone de equipos de reemplazo o reserva.	0.75
Se requieren de repuestos de corto tiempo de entrega y se dispone de equipos de reemplazo.	0.50
Se dispone de repuestos para reparar al equipo y no requiere de equipos de reemplazo.	0.25

Fuente: REPSOL YPF (2005).

Tabla N° 25

Con el cálculo de la criticidad se pretende realizar una clasificación de las averías, que permita conocer la magnitud del problema y actuar con posibles soluciones para mitigar el inconveniente de daños futuros.

En las siguientes tablas N° 25, 26 y 27, se ilustran las fallas recurrentes en equipos inoperativos con los valores. Se considerarán para el cálculo de la criticidad y con el valor que se genera a partir de la ecuación 1.

La primera tabla N° 26: contiene los factores, valores y niveles de criticidad para fallas mecánicas.

<b>Factores, valores y niveles de criticidad para fallas mecánicas</b>							
<b>FALLAS</b>	<b>PROD</b>	<b>COP</b>	<b>styb</b>	<b>MAS</b>	<b>Fff</b>	<b>CR</b>	<b>Nivel de CR</b>
Motor por desgaste	0.45	0.10	1	0	0.60	<b>0,33</b>	Intermedio
Sistema de enfriamiento	0.23	0.05	0.50	0	0.80	<b>0,112</b>	Bajo
Sistema de transmisión	0.45	0.10	1	0	0.90	<b>0,495</b>	<b>Alto</b>
Tren delantero y dirección	0.23	0.10	0.75	0.23	0.90	<b>0,429</b>	<b>Alto</b>
Crucetas rotas	0.23	0.10	0.75	0	0.80	<b>0,198</b>	Bajo
Falla en diferencial	0.45	0.10	0.75	0.23	0.80	<b>0,514</b>	<b>Alto</b>

Empacaduras y estoperas del motor	0.23	0.05	0.50	0.23	0.90	<b>0,333</b>	Intermedio
Falla en el convertidor	0.23	0.10	0.75	0	0.80	<b>0,198</b>	Bajo
Desgaste de correas y polea del motor	0.23	0.05	0.25	0	0.90	<b>0,063</b>	Bajo

Fuente: Elaboración de autor.

Tabla N° 26

Leyenda:

- PROD: efecto cuantificado sobre la producción.
- COP: efecto cuantificado sobre los costos operativos.
- *stby*: disponibilidad en *stock* de repuestos y equipos de remplazos.
- MAS: efecto cuantificado sobre el medio ambiente y la seguridad.
- Fff: factor de frecuencia de fallas, cuantifica la influencia de todas las variables de frecuencia de fallas.
- CR: criticidad.
- Nivel de Carga: nivel de criticidad.

La tabla N° 27 muestra los factores, valores y niveles de criticidad para fallas hidráulicas.

Factores, valores y niveles de criticidad para fallas hidráulicas							
FALLAS	PROD	COP	<i>styb</i>	MAS	Fff	CR	Nivel de CR
Bomba de presión Hidráulica dañado	0,45	0,05	0,75	0	0,80	<b>0,30</b>	Intermedio
Falla de lubricación	0,23	0,05	0,50	0,23	0,80	<b>0,296</b>	Intermedio
Falla en sistema	0,23	0,05	0,75	0,45	0,90	<b>0,594</b>	<b>Alto</b>

de frenos							
Fuga de aceite por sellos y mangueras	0,23	0,05	0,50	0,45	1	<b>0,590</b>	<b>Alto</b>

Fuente: Elaboración del autor.

Tabla N° 27

Idem leyenda Tabla N° 25.

A continuación la tabla N° 28 muestra los factores, valores y niveles de criticidad para fallas estructurales.

<b>Factores, valores y niveles de criticidad para fallas estructurales</b>							
<b>FALLAS</b>	<b>PROD</b>	<b>COP</b>	<b>styb</b>	<b>MAS</b>	<b>Fff</b>	<b>CR</b>	<b>Nivel de CR</b>
Balde y cuchilla dañada	0,23	0,10	1	0,45	0,60	<b>0,468</b>	<b>Alto</b>
Cabina en mal estado	0,23	0,05	0,50	0,45	0,60	<b>0,354</b>	Intermedio
Escalera deteriorada	0,23	0,05	0,25	0,45	0,60	<b>0,312</b>	Intermedio
Tolva y carrocería con fisuras	0,23	0,05	0,25	0,23	0,60	<b>0,180</b>	Bajo

Fuente: Elaboración del autor.

Tabla N° 28

Idem leyenda Tabla N° 25.

Por su parte la tabla N° 29 muestra los factores, valores y niveles de criticidad en fallas eléctricas.

Factores, valores y niveles de criticidad para fallas eléctricas							
FALLAS	PROD	COP	styb	MAS	Fff	CR	Nivel de CR
Batería descargada o dañada	0,23	0,05	0,25	0	0,90	<b>0,063</b>	Bajo
Avería del alternador	0,45	0,05	0,25	0	0,80	<b>0,10</b>	Bajo

Fuente: Elaboración del autor.

Tabla N° 29

Idem leyenda Tabla N° 25.

Para finalizar la tabla N° 30 muestra los factores, valores y niveles de criticidad para fallas en tren de rodaje.

Factores, valores y niveles de criticidad para fallas en tren de rodaje							
FALLAS	PROD	COP	styb	MAS	Fff	CR	Nivel de CR
Cauchos rotos o desgastados	0,45	0,10	0,75	0,45	0,80	<b>0,690</b>	<b>Alto</b>
Válvula de aire dañada	0,23	0,05	0,25	0,23	0,80	<b>0,240</b>	Intermedio
Tuercas y pernos del caucho rotos	0,23	0,05	0,25	0,45	0,80	<b>0,416</b>	<b>Alto</b>
Falla en el tensor	0,45	0,05	0,25	0,23	0,80	<b>0,284</b>	Intermedio
Falla de la dirección por diferencial	0,45	0,10	1	0	0,60	<b>0,330</b>	Intermedio

Falla en los rodillos	0,23	0,05	0,25	0	0,80	<b>0,056</b>	Bajo
-----------------------	------	------	------	---	------	--------------	------

Fuente: Elaboración del autor.

Tabla N° 30

Idem leyenda Tabla N° 25.

De los valores obtenidos de la criticidad (CR) divididos según el rango en el nivel de CR, se encuentran que ocho (8) fallas tienen valor alto. Los resultados altos se deben a la frecuencia de repetición de la avería y a la disponibilidad de repuestos en stock, lo cual puede conllevar a pérdidas en producción por retrasos y elevar los costos operativos. Esta situación se puede presentar mayormente, porque el equipo afectado culminó ya su vida útil recomendada por el fabricante y el propietario ha tratado de extenderla económicamente siendo las más comunes fallas por desgaste.

Para los casos de fallas en sistemas de frenos, cauchos rotos o desgastados, fugas varias de fluidos, así como tuercas y pernos rotos en llantas, se encuentra que el valor de medio ambiente y seguridad (MAS) elevado, debido a que éstas se convierten en condiciones inseguras, que pueden producir efectos graves sobre la seguridad y la salud, daños que pueden ir desde una enfermedad ocupacional a accidentes con pérdidas humanas o materiales. Aunado a esto, la fuga de fluidos de forma indiscriminada y sin control causa contaminación en suelos que afecta a la flora, fauna o población local.

Para aquéllos que se encuentran entre los valores intermedios, el factor más elevado es la disponibilidad de repuestos (*Stby*), pues la espera de refracciones son largas permaneciendo el equipo en estatus inoperativo, muchas veces hasta encontrar las piezas y proceder a instalarlas. Otro factor que puede ser relevante es la frecuencia de falla (*fff*), que depende de la calidad del repuesto y la probabilidad de que la falla pueda volver a ocurrir.

Según Carrero (2013) los principales factores que influyen en niveles de criticidad son: demora en reparaciones y baja disponibilidad en *stock* de

repuestos, ocasionando una disminución importante en producción y aumento en costos operativos. Esto también se obtuvo en el análisis de criticidad para el estado Aragua, realizado por Morales (2012) y en lo encontrado en la presente investigación.

### **7.3 Análisis de averías utilizando la Curva de la Bañera**

La Curva de la Bañera (Bottini, 2007) es un gráfica que representa los fallos durante el período de vida útil de un sistema o máquina. Se llama así porque tiene forma de una bañera cortada a lo largo de su diseño y describe tres (3) fases de fallas: decrecimiento, constantes y creciente.

En el estado Portuguesa los equipos de carga, acarreo y apoyo tienen un porcentaje promedio en máquinas obsoletas de 66% representada por unidades fabricadas antes del 2000. En el análisis situacional mencionado, los equipos con una vida útil económica efectiva mayor de 10 años se consideran en etapa de obsolescencia. Se observó que en esta flota de maquinaria pesada, la ocurrencia de ciertas fallas tiene una frecuencia mayor debido al desgaste. Se puede deducir que las unidades utilizadas en las canteras del estado están en período de envejecimiento. Otro indicador son las fallas recurrentes que generan reparaciones mayores (*overhaul*).

Los equipos de trituración empleados en la entidad son: 17 trituradoras de mandíbula para circuito primario y 19 conos giratorios para trituración secundaria. Ellas son de alta confiabilidad y el nivel de desperfecto es muy bajo. Principalmente las únicas fallas registradas fueron correa de motor, rodamiento y forro de mandíbula móvil. Estos daños dentro de la curva de bañera se sitúan en la etapa de fallas normales.

### **7.4 Confiabilidad Humana**

Es la capacidad de una persona para desempeñar una actividad, en un entorno específico y durante un período de tiempo determinado, sin ejecutar acciones u omisiones que puedan interferir con el proceso (Yañez, 2004).

En el transcurso de los procesos de operaciones en mina, encontramos que la ocurrencia de alguna catástrofe, afecta en mayor grado al ser humano, quién es más propenso a sufrir accidentes en un sistema de producción. Cuando esto sucede es común señalar que se trata de un error humano (acto inseguro) y se dice que la baja confiabilidad del sistema se debe a este. En este punto, es importante mencionar que esos sucesos no deseados son producto de la acumulación de errores (sinergia) o eventos de menor cuantía e impacto, los cuales suelen ser considerados irrelevantes y no ser tratados en su justa dimensión porque generalmente, no tiene impactos significativos en los resultados finales.

La Confiabilidad Humana del personal en las canteras visitadas es baja pues, la capacitación en el área de mantenimiento y uso se lleva a cabo según la experiencia laboral, sin cursos ni adiestramientos. Los trabajadores pueden mostrar desmotivación al trabajo a raíz de la poca estimulación (monetaria, recreacional, higiene, entre otras) de la empresa en correspondencia; ambiente laboral con temperatura mayor a 32°C; infraestructura en precario estado; bajos sueldos y medios de transporte limitados. Para elevar la Confiabilidad Humana es necesario mitigar los factores mencionados.

En Portuguesa, el organismo cuya función es velar por la seguridad, eficiencia y bienestar de los trabajadores, no realizan evaluaciones periódicas en estas empresas; se indaga por lo observado en campo, que es probable la mayor incidencia de accidentes laborales, debido a que no se aplican las normativas vigentes y es inexistente el uso de los implementos de protección personal. Se recomienda, a quien corresponda evaluar y aplicar las normas COVENIN N° 2.237 y 2.247, así como el artículo 59 de la LOPCYMAT<sup>1</sup>, entre otros.

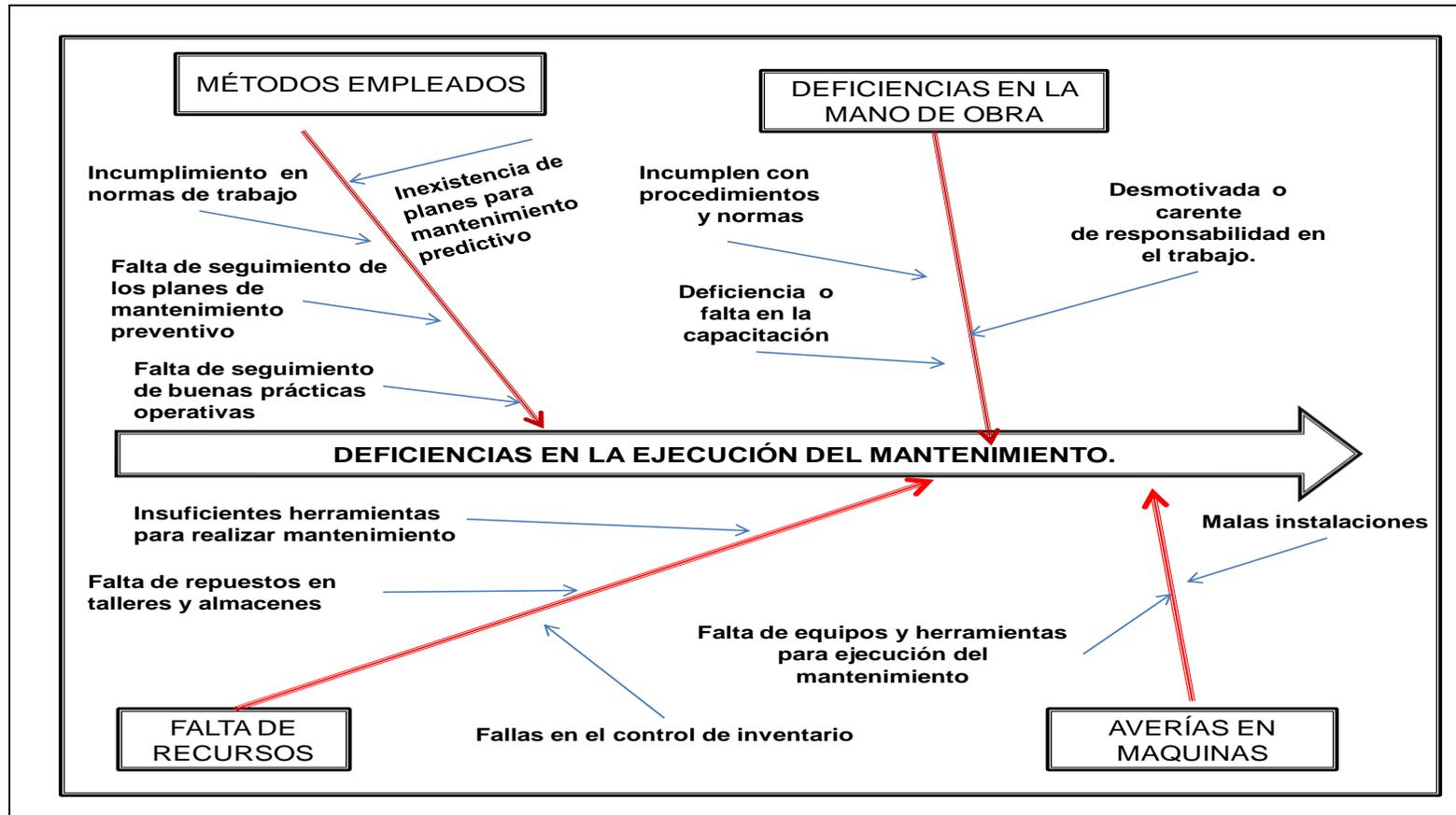
---

El mencionado artículo N° 59 de la LOPCYMAT esta descrito en los anexos.

## **8.0 Determinación de las acciones a seguir para prevenir y/o predecir fallas en equipos mineros**

En esta sección se pretende establecer algunas recomendaciones en las acciones a seguir, en la prevención de fallas en equipos mineros de entidad portuguesa. En primer lugar se diseña una figura para determinar las deficiencias en ejecución del mantenimiento, empleando los criterios del diagrama de Ishikawa, en este caso para canteras del estado Portuguesa (Figura N° 26).

Figura N° 26: Análisis Causa-Raíz sobre deficiencias en la ejecución del mantenimiento en el estado Portuguesa



Fuente: Elaboración del autor.

## **Acciones a seguir para prevenir y predecir las fallas:**

- Establecer tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclica: se recomienda revisión de equipos y componentes con determinada frecuencia, a realizarse en actividades de mantenimiento rutinario.
- Establecer y decidir la frecuencia de mantenimientos preventivos, el cómo se realizará y quién ejecuta y supervisa las actividades, con el fin de minimizar la ocurrencia de fallas.
- Creación de programas específicos para el entrenamiento y capacitación del personal encargado en actividades de mantenimiento, de modo de garantizar la confiabilidad y ordenamiento de tareas en el establecimiento de prioridades.
- Actualizar periódicamente y complementar las guías y manuales de equipos, en especial aquellas partes que se consideren críticas y necesarias para garantizar su buen funcionamiento.
- Sistematizar datos sobre las fallas ocurridas, manteniendo y actualizando bases de datos de forma que pueda realizarse seguimiento a éstas y toma de decisiones en tiempo actualizado.
- En este contexto de la creación de bases de datos, se recomienda el diseño de unidades de registro y control de fallas que permitan la consulta, puntualización, búsqueda y toma de decisiones basadas en averías ocurridas en equipos mineros por entidad.
- Establecer actividades de planificación del mantenimiento a corto, mediano y largo plazo que permitan garantizar la mantenibilidad de los equipos.
- Dado que cada máquina en condiciones de operación consideradas normales, presentan niveles de ruido, vibraciones y temperatura. Todos los equipos tienen sus sistemas de indicadores para estos niveles. Si estos tableros de sensores, en su mayoría, electrónicos se dañan pueden impedir la acción oportuna. Los operadores de estas máquinas pueden y deben ser contruidos para estar alerta sobre diversas fallas que se detectan de este modo.

- Antes de reemplazar alguna pieza que se haya averiado, es recomendable realizar análisis en lo posible, minucioso, con la finalidad de determinar las causas de fallas y aplicar en el futuro correctivos a los que haya lugar.

## CONCLUSIONES

- Para las 18 canteras visitadas en el estado Portuguesa, se contabilizó un total de 266 equipos asignados en las operaciones de carga, acarreo y auxiliares, conformados por retroexcavadoras, cargadores frontales, camiones, tractores, motoniveladoras, entre otros. Divididos en: 106 unidades de carga, 126 camiones y 34 equipos de apoyo.
- La marca predominante en la entidad es Caterpillar con 50% de la población estudiada, sobretodo representado por máquinas para excavar y cargar. Por otro lado, aquéllas asignadas al acarreo las marcas comunes son: Fiat, Ford, Mack, Caterpillar e Internacional.
- Otro aspecto importante es la marcada carencia de equipos para operaciones auxiliares. La mayoría de máquinas son motoniveladoras (27), tres (3) tractores, dos (2) mototraillas y dos (2) cisternas.
- Con respecto a la edad de los equipos, se pudo determinar que la mayoría de las máquinas, que realizan operaciones unitarias de arranque, carga y acarreo, así como, actividades de apoyo, están en etapa de obsolescencia (según la Curva de la Bañera); 66% de las unidades referidas fueron fabricadas antes del año 2000 y presentan diversas fallas por desgaste o envejecimiento, propias características de la etapa final de su vida útil económica.
- El diseño de los equipos de beneficio mineral permite una larga vida útil con ciertos componentes que sufren desgaste por uso, los mismos deben ser reemplazados para evitar daños estructurales así como accidentes laborales.

- Las fallas con mayor recurrencia son: desgaste de motor y transmisión, también averías en bombas de presión hidráulica, sistema de inyección, mangueras y sellos rotos, así como tren de rodaje con variados tipos de desperfectos.
- Se identificaron fallas que no implican detener las operaciones de las unidades, entre éstas: aire acondicionado averiado, amortiguadores, cauchos desgastados, fugas de fluidos y algunas de tipo eléctricas.
- El tipo de mantenimiento aplicado en el estado Portuguesa es el correctivo. El mantenimiento preventivo ejecutado está constituido únicamente por lubricación cada 250 horas, sin ningún tipo de registro o generación de base de datos.
- De los 266 equipos cuyos datos fueron recolectados en este estudio, 43 estaban en estatus inoperativo principalmente por acceso limitado y falta de repuestos, uso inadecuado de las unidades y un deficiente plan de mantenimiento. El 51% de las máquinas en la entidad son arrendados (la justificación es que disminuye costos operativos y mantenimiento) y se encontró poco o nada de información de estos.
- Los equipos de beneficio mineral encontrados en el estado son: trituradoras de mandíbulas y cono giratorio, para operaciones de reducción de tamaño primario, secundario y terciario con salidas de 2" a 1", 3 mm a 20 mm y 3 mm. a 20 mm respectivamente. El estatus en que se observaron es bueno, en donde las fallas más comunes son: eléctricas y desgaste de piezas por uso continuo. Esta última causada por problemas de alta tensión en el suministro eléctrico de la zona.

- En el análisis Causa- Raíz se empleó el diagrama de Ishikawa, para observar de forma más simple las diversas causas de daño de los equipos, que pueden resultar en parada o inoperatividad. Entre los factores que se encontraron que tienen influencia en la ocurrencia de fallas están: poco o nula aplicación de un plan de mantenimiento, falta de seguimiento a averías e inadecuado uso de la máquina por parte de los operadores. Otro factor que puede tener influencia es la calidad y acceso de repuestos. Esto puede afectar la productividad de las unidades, que pueden estar paradas en espera por reparación desde una semana a un año.
- De la aplicación del Análisis de Criticidad (CR) se encontraron ocho (8) fallas con valor alto, debido a la frecuencia en la repetición de la avería y disponibilidad de repuestos en *stock*. Esto puede ocasionar inconvenientes en la producción (por pérdida de tiempo), elevando los costos operativos.

## RECOMENDACIONES

La Empresa Socialista Minera del estado Portuguesa (ESOMEPE), es el ente encargado por la Gobernación tiene como objeto el desarrollo, la planificación y ejecución del aprovechamiento minero de materiales no metálicos. Dado su objeto, ESOMEPE carece de personal capacitado en planificación, desarrollo y producción en el área minera, mientras que en contraposición el mismo son profesionales en otras áreas distintas a las mineras. Esto puede ser contraproducente a la hora de la toma de decisiones en el ámbito minero, por lo que se recomienda la contratación de profesionales de la ingeniería de minas, esto con miras al logro de los objetivos y metas del propio estado Portuguesa y del país.

Las compañías mineras deben proponer al Estado venezolano la creación de un fondo y la facilitación de acceso para la adquisición de divisas, con miras a la reposición de maquinaria y compra de repuestos. Esto con el fin de lograr las metas productivas nacionales de acuerdo con el Plan de La Patria 2013-2019.

Diseñar un plan de mantenibilidad predictiva y preventiva para equipos pesados, ya que los talleres si cuentan con un mantenimiento preventivo de lubricación y correctivo. La finalidad es predecir fallas antes que ocurran y disminuir los tiempos de parada de los equipos.

Garantizar la existencia de repuestos en *stock* de almacén para los que sean considerados como críticos (criticidad alta) y para aquellos que sean intervenidos en los mantenimientos de rutina, lo cual permitirá disminuir las demoras en la ejecución del mantenimiento a estos equipos y contar con los repuestos necesarios en el momento requerido.

Se recomienda realizar una capacitación continua del personal de mantenimiento mediante cursos y seminarios que pueden ser dados por los mismos proveedores. El Estado también debe crear instituciones

especializadas en conocimientos y técnicas que permitan alargar la vida útil de los equipos (manejo y aplicación del mantenimiento), cuyas repercusiones es la sustentación de la producción en el estado Portuguesa.

Es recomendable que las empresas creen bases de datos donde reflejen los datos del equipo, fallas, fecha en que ocurrió la avería, tiempo de reparación y espera de repuestos, todo esto con miras a la mejora en la planificación y aprovechamiento de los recursos. También se exhorta elaborar cronogramas de mantenimientos programados y sistemáticos a las maquinarias, lo que permite aumentar la disponibilidad física de los mismos; así como reducir la ocurrencia de las fallas existentes que puedan incidir en el funcionamiento y desempeño de dichas unidades.

Por último, se sugiere concientizar y enseñar sobre la importancia en el uso correcto de los equipos de apoyo para acondicionamiento de las vías, frente de trabajo, apoyo a las unidades de carga, de forma tal de obtener mayor rendimiento en la producción, mejora en la seguridad laboral e higiene en general.

## BIBLIOGRAFÍA

CAMPOS, V. (1972) Geología de la Región de Calderas, Estados Mérida y Barinas. M.E.M. Informe interno.

CAMPOS, V. (1972). Geología de la Región de Calderas. M.M.H., Caracas, informe interno.

CAMPOS, V, S. OSUNA & V. GUEDEZ. (1977). Geología de la región al noroeste de Acarigua y al sur de la falla de Boconó. Bol. Geol. (Caracas), Public. Esp. 7, 3: 1669-1680.

Espinosa Fuentes, Fernando. (s/f). Confiabilidad operacional de equipos: metodologías y herramientas. Universidad de TALCA. Chile.

F. Arias Galicia y V. Heredia Espinosa, Administración de Recursos Humanos para el alto Desempeño, 6ta Ed, México: Trillas, 2006.

(Finning Cat, *Análisis de falla de equipos pesados*. Extraído de: <http://www.maquinariaspesadas.org> el 10/12/2013).

Garrido Z., Marianne L. (2011). "Diseño y aplicación de una metodología de recolección y procesamiento de datos, referentes a equipos de minería a cielo abierto en los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital". T.E.G. Universidad Central de Venezuela.

HERRERA, Juan (2006) Métodos de minería a cielo abierto. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas.

(<http://www.monografias.com/trabajos12/recoldat/recoldat.shtml#quees>  
) revisado Marzo, 2013.

<http://www.pdv.com/lexico/m510w.htm> revisado Marzo 2013.

(<http://www.tiposde.org/general/127-tipos-de-mantenimiento/>) revisado Marzo, 2013.

(<http://www.venezuelatuya.com/estados/portuguesa.htm>) revisado Marzo, 2013.

Morales F, Juan L. (2011). "Análisis de la situación física de los equipos mineros que operan a cielo abierto mediante el uso de herramientas de confiabilidad operacional durante el año 2011, en el estado Aragua". T.E.G. Universidad Central de Venezuela.

Nava A, Javier J. (2011). "Diagnóstico de las condiciones físicas de los equipos que operan en la actividades mineras a cielo abierto en el estado Bolívar en el año 2011". T.E.G. Universidad Central de Venezuela.

Nava, José D. (2004) "Teoría de Mantenimiento Fiabilidad". 2da edición. Universidad de Los Andes.

PEURIFOY, ROBERT. & SCHEXNAYDER, CLIFFORD J. 2010. "Construction Planning, Equipment, and Methods". Editorial McGraw-Hill.

Ríos Rosas, 1995. Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto. Instituto Tecnológico Geominero de España.

Rivas C. José E. (2011). "Diagnostico de la situación y estado físico de la maquinaria que opera en las actividades mineras a cielo abierto de los estados Zulia y Falcón en el año 2011". T.E.G. Universidad Central de Venezuela.

Rodríguez P. Yexi M. (2012). "Análisis del estado físico de los equipos que operan en minas a cielo abierto en los estados Guárico y Anzoátegui". T.E.G. Universidad Central de Venezuela.

SKERLEC G. M, 1979. Geology of the Acarigua area, Venezuela. Princeton Univ, Tesis PhD. Reproducido en Geos (Caracas) 39:199 + 312 p. en CD.

Solanilla, Jorge (2003) "Gerencia de equipos para obras civiles y minería". Bhandar Editores. Colombia.

Villanueva, A. (2003). "Diseño de minas a Cielo Abierto". Guías de estudios, UCV. Inédito.

VON DER OSTEN E. & D. ZOZAYA. 1957. Geología de la parte suroeste del estado Lara. Región de Quíbor (Carta 2308). Bol. Geol. (Caracas), 4(9): 3-52.

Yañez, M; Gomez de la Vega, H.; Valbuena, G.; Ingenieria de Confiabilidad y Analisis Probabilistico de Riesgo. R2M, S.A. 2004.

## **ANEXO 1**

Modelo del Instrumento de Medición

Tomado y Modificado de Garrido 2012

## **ANEXO 2**

“LEY ORGÁNICA DE PREVENCIÓN, CONDICIONES Y MEDIO  
AMBIENTE DE TRABAJO (LOPCYMAT)”

